



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS PUEBLA

POSTGRADO EN ESTRATEGIAS PARA EL DESARROLLO AGRÍCOLA REGIONAL

ANÁLISIS DE LA VARIACIÓN MORFOLÓGICA DEL RECURSO GENÉTICO *Vanilla planifolia* JACKS. EX ANDREWS EN LA HUASTECA POTOSINA, MÉXICO

MÓNICA LIMA MORALES

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRA EN CIENCIAS

PUEBLA, PUEBLA

2017



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, la que suscribe **Mónica Lima Morales**, alumna de esta institución, estoy de acuerdo en ser partícipe 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 **Análisis de la variación morfológica del recurso genético *Vanilla planifolia* Jacks. ex Andrews, en la Huasteca potosina, México**, y de los productos de dicha investigación al Colegio de Postgraduados. Las patentes y secretos industriales que se pueden 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 la que suscribe, de acuerdo a las negociaciones entre las 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, 28 de abril de 2017

Mónica Lima Morales

Vo. Bo. Profesor Consejero
Dr. Braulio Edgar Herrera Cabrera

La presente tesis titulada: **Análisis de la variación morfológica del recurso genético *Vanilla planifolia* Jacks. ex Andrews, en la Huasteca potosina, México**, realizada por la alumna: **Mónica Lima Morales**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRA EN CIENCIAS

EN ESTRATEGIAS PARA EL DESARROLLO AGRÍCOLA REGIONAL

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO:

DR. BRAULIO EDGAR HERRERA CABRERA

ASESORA:

DRA. ADRIANA DELGADO ALVARADO

ASESOR:

DR. JORGE EDUARDO CAMPOS CONTRERAS

ASESOR:

DR. VÍCTOR MANUEL SALAZAR ROJAS

Puebla, Puebla, México, 28 de abril de 2017

ANÁLISIS DE LA VARIACIÓN MORFOLÓGICA DEL RECURSO GENÉTICO
Vanilla planifolia JACKS. EX ANDREWS, EN LA HUASTECA POTOSINA, MÉXICO

Mónica Lima Morales, M. C.

Colegio de Postgraduados, 2017

Vanilla planifolia es una de las especies más valiosas del mundo, por lo que conocer su variación es muy importante. El tema central de esta investigación residió en estudiar la variación morfológica de esta especie, en la Huasteca potosina, México. Por lo que se propuso conocer si los gradientes ambientales y su distribución, influyen en su variación infraespecífica; identificar su variación morfológica, y determinar su nivel de manejo en la región. El análisis de la distribución espacial consistió en ubicar y georreferenciar sus poblaciones, y determinar las variables abióticas para ser procesadas con Sistemas de Información Geográfica, análisis de clúster y el programa Maxent. Su caracterización morfométrica comprendió la evaluación de 679 labelos, a través del trazado y medición de 76 variables, por medio de un análisis de varianza, prueba de medias y análisis multivariado, con el paquete estadístico SAS. La documentación del manejo se basó en 15 entrevistas semiestructuradas, que se interpretaron conforme a un análisis descriptivo. Se ubicaron 40 poblaciones de *V. planifolia*, distribuidas en cinco tipos de ambientes, a lo largo de nueve municipios de la Huasteca potosina. Sus gradientes estuvieron determinados por el régimen de humedad del suelo, altitud y clima. Su distribución potencial abarcó 13 municipios, con nichos idóneos en los municipios de Aquismón, Axtla de Terrazas, Coxcatlán, Huehuetlán, Matlapa, Tamazunchale, Tancanhuitz de Santos y Xilitla. La precipitación del mes más seco, el régimen de humedad del suelo y la precipitación del trimestre más seco determinaron su distribución geográfica. Esta especie presentó cinco morfotipos, con formas redondeadas, globulares y alargadas, que se diferenciaron por los lóbulos basales, apicales y ángulos internos del labelo. Se identificaron cinco etapas de manejo *in situ* en la Huasteca potosina. Se encontró variación morfológica, y tanto los gradientes ambientales como la intensidad de manejo no influyeron en esta, por lo que es posible que su variación sea genética.

Palabras clave: Caracterización morfométrica, distribución geográfica, gradientes ambientales, labelo, manejo.

MORPHOLOGICAL VARIATION ANALYSIS OF *Vanilla planifolia* JACKS. EX
ANDREWS IN THE REGION OF THE HUASTECA POTOSINA, MEXICO

Mónica Lima Morales, M. C.

Colegio de Postgraduados, 2017

Vanilla planifolia is one of the most valuable species of the world, so know its variation is very important. The aim main of this research was to study the morphological variation of this specie, in the Huasteca Potosina, México. Therefore it was suggested to know if the environmental gradients and its distribution, affect its infraspecific variation; identify its morphology variation, and to determine its level of management in the region. The analysis of the spatial distribution was to locate and to georeference its populations, and to determine the abiotic variables to be processed with Geographical Information Systems, cluster analysis and the Maxent program. Morphometric characterization was evaluated 679 labels, through the drawing and measurement of 76 variables of the lip, by means of an analysis of variance, Tukey test and multivariate analysis with the statistical package SAS. The research of the management was based on 15 semi-structured interviews, which were interpreted according to a descriptive analysis. A total of 40 populations of *V. planifolia* was distributed in five types of environments, it was located along nine municipalities of the Huastec Potosina region. Its gradients were determined by the soil moisture regime, altitude and climate. Potential distribution consisted of 13 municipalities, with suitable niches in Aquismón, Axtla de Terrazas, Coxcatlán, Huehuetlán, Matlapa, Tamazunchale, Tancanhuitz de Santos and Xilitla. The precipitation of the driest month, soil moisture regime and rainfall in the driest quarter determined its geographical distribution. This species presented five morphotypes, with rounded, globular and elongated forms, which were differentiated by the basal lobes, apical and internal angles of the lip. Five management stages in situ were identified in the Huasteca Potosina. A morphological variation was found, and both environmental gradients and the management intensity did not influence it, so it is possible that their variations is genetic.

Key words: Environmental gradients, geographic distribution, labellum, morphometric characterization, traditional management.

DEDICATORIA

A todos mis seres queridos

A mis padres

A mi madre, *Felipa Morales Juárez*, quien con su ejemplo y total entrega ha confiado en mis sueños. Esta es la culminación de ese gran esfuerzo y amor. Es un presente a tu arduo trabajo, ¡mujer, que nunca descansas y sigues adelante pese a todo! Recibe esta minúscula prueba de amor, a toda la paciencia que me has tenido.

A mi padre, *Nazario Celso Lima Aguilar^{††}*, por haber impreso en mí el amor y respeto hacia todas las formas de vida. Y por confiar hasta en el último de sus días en lo que hago. Tu esencia hace latir mis esperanzas, nutre mis sueños e ilusiones, y tus recuerdos fortalecen mi interior. ¡GRACIAS!, te dedico todos mi logros.

A mis hermanas *Carolina y Araceli*, por todo el amor y tolerancia que siempre me han mostrado. Esto es parte de su cariño y convivencia, con esto intentó retribuirles el tiempo y el espacio que me dedicaron durante todo este proceso. Las quiero mucho.

A TODOS mis tíos (as) paternos y maternos, quienes siempre me han apoyado y alentado en mis estudios. En especial, a mi tío *Miguel Lima*, quien a través de su generosidad y sabiduría ha sabido perpetuar en nosotras.

A mi abuelita, *Francisca Juárez*, por sus oraciones y protección.

A mi padrino, *Lic. Francisco Aquino*, porque siempre ha estado conmigo. Apoyándome en momentos vulnerables, pero también en sucesos fecundos. De esta forma te expreso mi cariño, padrino.

A *Javier Cordero Valeriano* por ser mi compañero de vida y compartir las sendas de su conocimiento en los programas SIG; quien en numerosas ocasiones me ayudó, me enseñó y donó su tiempo hacia este sueño. Sus múltiples virtudes me ayudaron a concretar y transcurrir en la búsqueda del conocimiento, así como en mi madurez emocional.

A *mis amistades* por su tolerancia y gran cariño. A mis compañeros, gracias por haber conocido parte de su vida y esencia.



Finalmente, gracias por existir y ser partícipe de este aprendizaje.

AGRADECIMIENTOS



Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por haber financiado mis estudios y trabajo de investigación.

Al Colegio de Postgraduados: cuerpo docente-académico y administrativo del campus Puebla, por haberme dado la oportunidad de estudiar en su casa de estudios.

Al consejo particular por sus valiosas aportaciones en esta investigación.

A mi consejero particular, Dr. Braulio Edgar Herrera Cabrera por ser partícipe dentro de mi desarrollo de formación y madurez profesional durante este proceso. Ante todo, gracias por externarme su amistad y confianza, y enseñarme a plantear diversas estrategias para poder afrontar todos los problemas que se viven dentro de los diferentes contextos de nuestro territorio mexicano.

A la Maestra Cándida Morales Santos quien por más de una década ha trabajado de manera constante para impulsar el cultivo de la vainilla, y demostrado un liderazgo capaz de fortalecer y transformar toda una región, a partir de la sinergia entre la población. Gracias por permitirme conocer todo esto.

Al Sr. Emilio Gonzáles por el gran amor que le tiene a la vainilla y su extraordinario conocimiento, así como la sensibilidad humana y el liderazgo que lleva a cabo a través de sus acciones. ¡Gracias por todo!

Al ingeniero Regulo Sebastián Pérez (especialista en vainilla) por su valioso conocimiento y su extraordinario apoyo durante todos los recorridos en campo. Al Ing. Mateo Morales por haberme permitido conocer diversas zonas vainilleras, y ofrecerme su gran amistad.

Al M.C. Agustín Maceda Rodríguez quien me apoyo en numerosas ocasiones con el traslado hacia la huasteca potosina.

Al Sistema Producto Vainilla del estado de San Luis Potosí.

A todos los vainilleros y sus familias, así como a los miembros del Comité Sistema Producto Vainilla de San Luis Potosí, gracias por su participación y apoyo en toda esta estancia. Nuevamente, muchas gracias por compartir su sabiduría y amistad.



Esta investigación fue financiada por:



**Consejo Nacional de Ciencias y Tecnología
(CONACYT; Beca Maestría en Ciencias)**



Colegio de Postgraduados



**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**

A quienes expreso mi profundo agradecimiento



CONTENIDO

INTRODUCCIÓN GENERAL	1
Justificación	2
Planteamiento del problema	4
Hipótesis.....	6
Objetivo	6
Literatura citada.....	7
CAPITULO 1. MARCO TEÓRICO	10
Resumen.....	10
Abstract.....	11
1.1 Variación	12
1.1.1 Concepto y principio de variación	12
1.1.2 Polimorfismo y morfotipo	13
1.1.3 Clonación en <i>Vanilla planifolia</i>	14
1.1.4 Cambio en el fenotipo.....	15
1.2 Recurso genético	16
1.2.1 Planteamiento del concepto	16
1.2.2 “El germoplasma”: capital natural de México.....	17
1.2.3 El fenotipo [Fenotipo (F) = Genotipo (G) + Ambiente (A) + Interacción (G*A)]	17
1.2.4 Caracterización de los recursos.....	18
1.2.5 El factor humano en el uso de los recursos genéticos	19
1.2.6 El manejo <i>in situ</i>	20
1.3 Agroecosistemas y ambientes	22
1.3.1 El concepto “ecosistema-agroecosistema” y su estructura	22
1.3.2 La diversidad de plantas silvestres y cultivadas: Estudio de caso <i>V. planifolia</i>	24
1.3.3 Valoración de los ecosistemas: Sistemas biológicos de conservación.....	28
1.4 El conocimiento.....	29
1.4.1 ¿Cómo se construye el conocimiento?.....	29
1.4.2 El valor del conocimiento	30
1.5 Literatura citada	31

CAPÍTULO 2. DISTRIBUCIÓN ACTUAL DEL MATERIAL SILVESTRE Y CULTIVADO DE *Vanilla planifolia* JACKS. EX ANDREWS (ORCHIDACEAE) EN LA REGIÓN HUASTECA DE SAN LUIS POTOSÍ, MÉXICO 45

Resumen.....45
Abstract.....46
2.1 Introducción..... **47**
2.2 Materiales y métodos..... **52**
 2.2.1 Área de estudio..... 52
 2.2.2 Análisis de la distribución espacial de las colectas de vainilla..... 58
2.3 Resultados y discusión **60**
 2.3.1 Distribución reportada de *Vanilla planifolia* en México 60
 2.3.2 Distribución actual de las colectas de *Vanilla planifolia* en San Luis Potosí..... 62
 2.3.3 Análisis de las características ambientales de la zona de distribución de *Vanilla planifolia* en San Luis Potosí 64
 2.3.4 Zonificación de la superficie de distribución actual de *Vanilla planifolia* en San Luis Potosí. 79
 2.3.5 Análisis multivariado de las características ambientales y propuesta de grupos de ambientes..... 83
2.4 Conclusión **86**
2.5 Literatura citada **86**

CAPÍTULO 3. MODELO DE DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DE *Vanilla planifolia* JACKS. EX ANDREWS (ORCHIDACEAE) EN EL ESTADO DE SAN LUIS POTOSÍ, MÉXICO 91

Resumen.....91
Abstract.....92
3.1 Introducción..... **93**
3.2 Materiales y métodos..... **96**
 3.2.1 Área de estudio..... 96
 3.2.2 Generalidades del software Maxent versión 3.3.3 98
 3.2.3 Delimitación del “espacio geográfico”: Puntos de presencia georreferenciados..... 98
 3.2.4 Definición del “espacio ambiental”: Capas ambientales 99
 3.2.5 Construcción del modelo de nicho ecológico 100
3.3 Resultados y discusión **104**
 3.3.1 Ubicación espacial de las poblaciones de *Vanilla planifolia* 104
 3.3.2 Modelo de distribución potencial de *Vanilla planifolia*..... 105
 3.3.2.1 Área de distribución potencial 105
 3.3.2.2 Evaluación del modelo 110
 3.3.2.3 Rendimiento del modelo 112
 3.3.3 Factores que determinan la distribución potencial de *Vanilla planifolia* 113
 3.3.3.1 Análisis de la contribución de las variables..... 113

3.3.3.2 Perfil bioclimático de las variables con mayor contribución al modelo	116
3.3.3.3 Curvas de respuesta	122
3.3.3.4 Prueba de Jackknife.....	129
3.3.4 Situación actual de la distribución real de <i>Vanilla planifolia</i>	131
3.3.4.1 Elevación que presenta la distribución real.....	133
3.3.5 Descripción actual del nicho ecológico de <i>Vanilla planifolia</i>	135
3.3.5.1 Clima del nicho ecológico de <i>Vanilla planifolia</i>	137
3.3.5.2 Cobertura de vegetación y uso de suelo del nicho ecológico de <i>Vanilla planifolia</i>	140
3.3.5.3 Régimen de humedad del suelo del nicho ecológico de <i>Vanilla planifolia</i>	142
3.4 Conclusión	144
3.5 Literatura citada.....	147
3.6 Anexo	157

CAPÍTULO 4. CARACTERIZACIÓN MORFOMÉTRICA DEL LABELO DE *Vanilla planifolia* JACKS. EX ANDREWS (ORCHIDACEAE) EN LA HUASTECA POTOSINA

Resumen.....	164
Abstract.....	165
4.1 Introducción.....	166
4.2 Materiales y métodos.....	170
4.2.1 Área de estudio.....	170
4.2.2 Descripción de la especie	175
4.2.3 Diseño experimental.....	176
4.2.4 Ubicación del material biológico	177
4.2.5 Colecta del material biológico.....	178
4.2.6 Análisis morfológico del labelo de <i>Vanilla planifolia</i>	180
4.2.7 Análisis estadístico y procesamiento de datos	187
4.3 Resultados y discusión	187
4.3.1 Análisis de la varianza	187
4.3.2 Comparación de medias	190
4.3.3 Distribución de la variación del labelo	191
4.3.4 Dispersión de las poblaciones de <i>Vanilla planifolia</i>	196
4.3.5 Agrupamiento de la variación del labelo	200
4.3.6 Descripción de los morfotipos.....	204
4.3.7 Distribución geográfica y ambiental de los morfotipos.....	213
4.4 Discusión	226
4.5. Conclusión.....	230
4.6 Literatura citada	231
4.7 Anexo	242

CAPÍTULO 5. RUMBO AL MANEJO IN SITU DE *Vanilla planifolia* JACKS. EX ANDREWS (ORCHIDACEAE) EN LA REGIÓN HUASTECA DEL ESTADO DE SAN LUIS POTOSÍ, MÉXICO 271

Resumen.....271
Abstract.....272

5.1 Introducción..... **272**

5.2 Materiales y métodos..... **277**

 5.2.1 Área de estudio..... 277

 5.2.2 Enfoque de investigación..... 279

 5.2.3 Identificación del proceso de manejo de *Vanilla planifolia* 280

 5.2.4 Muestreo..... 284

 5.2.5 Instrumento 285

 5.2.6 Análisis de la información 287

5.3 Resultados y discusión **288**

 5.3.1 Análisis del proceso de manejo de *Vanilla planifolia* 288

 5.3.1.1 Características generales de la población entrevistada..... 288

 5.3.1.2 Historicidad de la vainilla en la región Huasteca potosina 290

 5.3.1.3 Identificación social de *Vanilla planifolia* en la Huasteca potosina..... 308

 5.3.1.4 Nivel de manejo de *Vanilla planifolia* en la Huasteca potosina..... 313

 5.3.2 Descripción de las etapas de manejo identificadas para *Vanilla planifolia* en la Huasteca potosina..... 318

 5.3.2.1 Etapa 1 (recolección) 318

 5.3.2.2 Etapa 2 (tolerancia)..... 324

 5.3.2.3 Etapa 3 (Inducción y protección) 332

 5.3.2.4 Etapa 4 (Trasplante de individuos y fomento de esquejes)..... 339

 5.3.2.5 Etapa 5 (Siembra y plantación) 354

 5.3.3 Asociación del manejo de *Vanilla planifolia* en la zona de estudio..... 367

 5.3.3.1 Identificación de los municipios con manejo de *V. planifolia*..... 367

 5.3.3.2 Nivel de manejo asociado a las etnias de la región Huasteca..... 370

 5.3.3.3 Relación entre las etapas de manejo y los morfotipos identificados en la Huasteca potosina 374

5.4 Conclusión **378**

5.5 Literatura citada **381**

CONCLUSIONES GENERALES Y REFLEXIÓN DEL TRABAJO 388

6.1 Conclusiones..... **388**

6.2 Perspectivas desprendidas de esta investigación..... **390**

6.3 Prioridades de investigación en el futuro **390**

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2. 1. Porcentaje de distribución de poblaciones de <i>Vanilla planifolia</i> en la Huasteca potosina.....	64
Tabla 2. 2. Tipo y características de los climas presentes en la distribución de <i>Vanilla planifolia</i>	67
Tabla 2. 3. Coordenadas UTM de las poblaciones de <i>Vanilla planifolia</i> en San Luis Potosí, México	80
Tabla 2. 4. Matriz de datos abióticos y espaciales de los puntos de colecta de <i>Vanilla planifolia</i> en la Huasteca potosina.....	81
Tabla 2. 5. Zonificación de los municipios donde se distribuye <i>Vanilla planifolia</i>	83
Tabla 2. 6. Ubicación de ambientes de <i>Vanilla planifolia</i> en la Huasteca potosina.....	85
Tabla 3. 1. Parámetros ambientales empleados en la construcción del modelo de distribución geográfica potencial de <i>Vanilla planifolia</i> en San Luis Potosí, México	100
Tabla 3. 2. Contribución de las variables en la distribución potencial de <i>Vanilla planifolia</i>	114
Tabla 3. 3. Parámetros del perfil de las variables que contribuyen al modelo de distribución de <i>Vanilla planifolia</i> en el estado de San Luis Potosí, México	117
Tabla 3. 4. Datos del perfil de las variables que más contribuyeron al modelo de <i>Vanilla planifolia</i> en los municipios donde se distribuye, San Luis Potosí, México	121
Tabla 3. 5. Distribución de las poblaciones <i>in situ</i> de <i>Vanilla planifolia</i> en San Luis Potosí, México	131
Tabla 3. 6. Distribución altitudinal de poblaciones <i>in situ</i> de <i>Vanilla planifolia</i> en el estado de San Luis Potosí, México.....	133
Tabla 3. 7. Relieve natural del nicho ecológico de <i>Vanilla planifolia</i> en el estado de San Luis Potosí, México.....	136
Tabla 3. 8. Clima de los sitios de presencia de <i>Vanilla planifolia</i> en el estado de San Luis Potosí, México	138
Tabla 3. 9. Cobertura del uso de suelo y vegetación donde se ubican las poblaciones de <i>Vanilla planifolia</i> en el estado de San Luis Potosí, México.....	140

Tabla 3. 10. Régimen de humedad del suelo en los municipios donde se distribuye <i>Vanilla planifolia</i> en el estado de San Luis Potosí, México	143
Tabla 4. 1. Tamaño de la muestra de <i>Vanilla planifolia</i> en la Huasteca potosina	177
Tabla 4. 2. Ubicación del material biológico para el análisis morfométrico del labelo de <i>Vanilla planifolia</i> , en San Luis Potosí, México	177
Tabla 4. 3. Cantidad recolectada de flores de <i>Vanilla planifolia</i> en la región Huasteca del estado de San Luis Potosí, México	179
Tabla 4. 4. Solución conservadora para flores de <i>Vanilla planifolia</i>	181
Tabla 4. 5. Media, coeficiente de variación y cuadrado de la media de las 76 variables evaluadas en 679 especímenes procedentes de 40 poblaciones de <i>Vanilla planifolia</i> de la región Huasteca del estado de San Luis Potosí, México	188
Tabla 4. 6. Vectores propios, valores propios, y proporción acumulada de la varianza explicada para cada variable en las tres dimensiones de los 679 especímenes de <i>Vanilla planifolia</i> en la región Huasteca del estado de San Luis Potosí, México	193
Tabla 4. 7. Varianza total explicada por 39 componentes principales para 76 caracteres morfológicos de labelos de <i>Vanilla planifolia</i> en la Huasteca potosina	195
Tabla 4. 8. Valores propios de los componentes principales para las poblaciones de <i>Vanilla planifolia</i> en San Luis Potosí, México.....	199
Tabla 4. 9. Período de humedad del suelo que presentan los morfotipos de <i>Vanilla planifolia</i> en la región Huasteca de San Luis Potosí, México	214
Tabla 4. 10. Tipo de clima donde se ubican los morfotipos de <i>Vanilla planifolia</i> en la región Huasteca de San Luis Potosí, México.....	217
Tabla 4. 11. Vegetación y uso de suelo donde se localizan los morfotipos de <i>Vanilla planifolia</i> en la Huasteca potosina.....	221
Tabla 4. 12. Suelos característicos donde se ubican los morfotipos de <i>Vanilla planifolia</i> en la región Huasteca del estado de San Luis Potosí, México.....	223
Tabla 4. 13. Características del relieve donde se ubican los morfotipos de <i>Vanilla planifolia</i> en la Huasteca potosina	225

Tabla 5. 1. Identificación de los niveles de manejo asociados a <i>Vanilla planifolia</i> en la región Huasteca del estado de San Luis Potosí, México	286
Tabla 5. 2. Recopilación de la información referente a la edad y sitios de procedencia de <i>Vanilla planifolia</i> en la Huasteca potosina, México	296
Tabla 5. 3. Nivel de manejo de <i>Vanilla planifolia</i> en la Huasteca potosina, México	315
Tabla 5. 4. Identificación de los niveles de manejo de <i>Vanilla planifolia</i> , basados en la procedencia de las guías ubicadas en la Huasteca potosina, México	316
Tabla 5. 5. Nivel de manejo en los municipios de la Huasteca potosina, México	369

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2. 1. Introducción del cultivo de la vainilla en el mundo, desde su área de origen. Fuente: Hagsater <i>et al.</i> , 2005.....	48
Figura 2. 2. Zona de estudio para conocer y ubicar la distribución del germoplasma silvestre y cultivado de <i>Vanilla planifolia</i> en la Región Huasteca de San Luis Potosí, México	53
Figura 2. 3. Distribución de <i>Vanilla planifolia</i> . Fuente Bory <i>et al.</i> , 2008b.....	61
Figura 2. 4. Localización geográfica de poblaciones de <i>Vanilla planifolia</i> en la Huasteca potosina.....	63
Figura 2. 5. Provincias fisiográficas en las que se distribuye <i>Vanilla planifolia</i> en la Huasteca potosina	65
Figura 2. 6. Tipos climáticos en la distribución de <i>Vanilla planifolia</i> en la Huasteca potosina	71
Figura 2. 7. Zona térmica en la distribución de <i>Vanilla planifolia</i> en la Huasteca potosina.....	72
Figura 2. 8. Gradiente de humedad en el área de distribución de <i>Vanilla planifolia</i> en la Huasteca potosina	73
Figura 2. 9. Rango de precipitación en el área de distribución de <i>Vanilla planifolia</i> en la Huasteca potosina	75
Figura 2. 10. Vegetación y uso de suelo en el área de distribución de <i>Vanilla planifolia</i> en la Huasteca potosina	78
Figura 2. 11. Dendograma de 40 colectas de <i>Vanilla planifolia</i> en la Huasteca potosina, con base en el promedio de 10 variables y agrupamiento por distancias de similitud.....	84
Figura 3. 1. Área de estudio de la distribución espacial de <i>Vanilla planifolia</i>	97
Figura 3. 2. Ubicación espacial de poblaciones <i>in situ</i> de <i>Vanilla planifolia</i> en el estado de San Luis Potosí, México	104
Figura 3. 3. Modelo de distribución potencial de <i>Vanilla planifolia</i> en el estado de San Luis Potosí, México	105

Figura 3. 4. Área de distribución potencial de <i>Vanilla planifolia</i> en la región Huasteca, San Luis Potosí, México.....	106
Figura 3. 5. Mapa de distribución hipotética de <i>Vanilla planifolia</i> en 13 municipios de San Luis Potosí, México.....	107
Figura 3. 6. Ubicación de presencias de <i>Vanilla planifolia</i> en las zonas potenciales de la Huasteca potosina	110
Figura 3. 7. Curva AUC que valida el modelo de distribución potencial de <i>Vanilla planifolia</i> en el estado de San Luis Potosí, México	112
Figura 3. 8. Tasa o curva de omisión de <i>Vanilla planifolia</i> sobre el modelo de distribución potencial en el estado de San Luis Potosí, México	113
Figura 3. 9. Perfil de la variable con mayor contribución en la distribución geográfica de <i>Vanilla planifolia</i> en San Luis Potosí, México	118
Figura 3. 10. Perfil de la variación del régimen de humedad del suelo que afecta la distribución potencial de <i>Vanilla planifolia</i> en San Luis Potosí, México	119
Figura 3. 11. Perfil del rango de tolerancia de la precipitación del trimestre más seco que influye en el modelo de distribución de <i>Vanilla planifolia</i> en el estado de San Luis Potosí, México.....	120
Figura 3. 12. Curvas de respuesta de las variables de temperatura no influyentes al modelo de distribución de <i>Vanilla planifolia</i> en San Luis Potosí, México. a) Bio1, b) Bio 6, c)Bio 7, d) Bio 8, e) Bio 9, f) Bio 10 y g) Bio 18	122
Figura 3. 13. Curvas de respuesta de <i>Vanilla planifolia</i> a temperatura en San Luis Potosí, México. a) Bio 2, b) Bio 3, c) Bio 4 y d) Bio 5	123
Figura 3. 14. Curva de respuesta de <i>Vanilla planifolia</i> a la precipitación anual en San Luis Potosí, México	124
Figura 3. 15. Curvas de respuesta de <i>Vanilla planifolia</i> a la precipitación del mes más lluviosos y seco en San Luis Potosí, México. a) Bio 13 y b) Bio 14	125
Figura 3. 16. Curvas de respuesta de <i>Vanilla planifolia</i> a la precipitación trimestral. a) Bio 16, b) Bio 17 y c) Bio 19.....	126
Figura 3. 17. Curvas de respuesta de <i>Vanilla planifolia</i> a la estacionalidad de la temperatura y la altitud. a) Bio 15 y b) Bio 20.....	127

Figura 3. 18. Curvas de respuesta de <i>Vanilla planifolia</i> al régimen de humedad del suelo y cobertura de vegetación y uso de suelo. a) Bio 21 y b) Bio 22.....	128
Figura 3. 19. Tabla de importancia de las variables predictoras del modelo de distribución potencial de <i>Vanilla planifolia</i> en el estado de San Luis Potosí, México	130
Figura 3. 20. Provincias fisiográficas donde se localiza <i>Vanilla planifolia</i> en el estado de San Luis Potosí, México	132
Figura 3. 21. Gradientes altitudinales de la distribución de poblaciones <i>in situ</i> de <i>Vanilla planifolia</i> en el estado de San Luis Potosí, México	135
Figura 3. 22. Relieve natural donde se distribuyen las poblaciones de <i>Vanilla planifolia</i> en el estado de San Luis, México	137
Figura 3. 23. Clima de las poblaciones de <i>Vanilla planifolia</i> ubicadas en San Luis Potosí, México	139
Figura 3. 24. Cobertura vegetación y uso de suelo donde se ubican las poblaciones de <i>Vanilla planifolia</i> en el estado de San Luis Potosí, México.....	141
Figura 3. 25. Distribución del régimen de humedad del suelo de las poblaciones de <i>Vanilla planifolia</i> en el estado de San Luis Potosí, México	143
Figura 4. 1. Área de estudio para conocer la variación morfológica infraespecífica del germoplasma primario de <i>Vanilla planifolia</i> en San Luis Potosí, México.....	171
Figura 4. 2. Criterios de selección de las flores de <i>Vanilla planifolia</i>	180
Figura 4. 3. Etiquetas utilizadas para la colecta de flores de <i>Vanilla planifolia</i>	181
Figura 4. 4. Materiales usados en la disección de las flores de <i>V. planifolia</i>	182
Figura 4. 5. Materiales usados para la extensión del labelo de <i>V. planifolia</i>	183
Figura 4. 6. Materiales usados en la tinción de la estructura floral de <i>Vanilla planifolia</i> . S=sépalo, P= pétalo, L= labelo, C= Columna	183
Figura 4. 7. Proceso para fotografiar el labelo de <i>V. planifolia</i>	184
Figura 4. 8. Edición del labelo de <i>Vanilla planifolia</i>	185
Figura 4. 9. Vectorización del labelo de <i>Vanilla planifolia</i>	185

Figura 4. 10. Proceso de elaboración de trazos del labelo de <i>Vanilla planifolia</i> . a) Imagen de la estructura morfológica del callo y cresta del labelo, y líneas guías en el trazado de las regiones. b) Trazos, ángulos y variables en el labelo.....	186
Figura 4. 11. Dispersión de los 679 especímenes pertenecientes a 40 poblaciones de <i>Vanilla planifolia</i> en la Huasteca potosina, con base en los tres primeros componentes principales del análisis de 76 variables	192
Figura 4. 12. Agrupación de las poblaciones de <i>Vanilla planifolia</i> en San Luis Potosí, México	201
Figura 4. 13. Dendograma de 40 poblaciones de <i>Vanilla planifolia</i> y 76 caracteres morfológicos, mediante la distancia euclidiana	203
Figura 4. 14. Perfil de expresión de los caracteres morfológicos analizados en labelos de <i>Vanilla planifolia</i> del estado de San Luis Potosí. a) Forma biológica del labelo, b) Comportamiento de las variables que describen al morfotipo I; la línea turquesa de la gráfica representan los valores de la población que lo conforma....	205
Figura 4. 15. Perfil de expresión de los caracteres morfológicos analizados en labelos de <i>Vanilla planifolia</i> del estado de San Luis Potosí. a) Forma biológica del labelo, b) Comportamiento de las variables que describen al morfotipo II; la línea café-naranja de la gráfica representan los valores de la población que lo conforma.....	207
Figura 4. 16. Perfil de expresión de los caracteres morfológicos analizados en labelos de <i>Vanilla planifolia</i> del estado de San Luis Potosí. a) Forma biológica del labelo, b) Comportamiento de las variables que describen al morfotipo III; las líneas azules de la gráfica representan los valores de cada una de las poblaciones que lo conforman	208
Figura 4. 17. Perfil de expresión de los caracteres morfológicos analizados en labelos de <i>Vanilla planifolia</i> del estado de San Luis Potosí. a) Forma biológica del labelo, b) Comportamiento de las variables que describen al morfotipo IV; las líneas verdes de la gráfica representan los valores de cada una de sus poblaciones que lo conforman	210
Figura 4. 18. Perfil de expresión de los caracteres morfológicos analizados en labelos de <i>Vanilla planifolia</i> del estado de San Luis Potosí. a) Forma biológica del labelo, b) Comportamiento de las variables que describen al morfotipo V; las líneas rojas de la gráfica representan los valores de cada una de sus poblaciones que lo conforman	211

Figura 4. 19. Morfotipos expresados en el dendograma de 40 poblaciones de <i>Vanilla planifolia</i> en el estado de San Luis Potosí, México	212
Figura 4. 20. Distribución geográfica de los morfotipos de <i>Vanilla planifolia</i> en la región Huasteca del estado de San Luis Potosí, México	213
Figura 4. 21. Distribución de los cinco morfotipos de <i>Vanilla planifolia</i> respecto al régimen de humedad del suelo en la región Huasteca de San Luis Potosí, México.....	216
Figura 4. 22. Ubicación espacial de los cinco morfotipos de <i>Vanilla planifolia</i> con relación al clima de la región Huasteca de San Luis Potosí, México	218
Figura 4. 23. Distribución de los cinco morfotipos de <i>Vanilla planifolia</i> con relación al uso de suelo y vegetación en la región Huasteca de San Luis Potosí, México	222
Figura 4. 24. Suelo característico donde se distribuyen los cinco morfotipos de <i>Vanilla planifolia</i> en la zona de estudio.....	224
Figura 4. 25. Ubicación de los cinco morfotipos de <i>Vanilla planifolia</i> con respecto al relieve y cotas de nivel en la región Huasteca del estado de San Luis Potosí, México.....	226
Figura 5. 1. Área de estudio localizada en la Huasteca potosina, San Luis Potosí, México	278
Figura 5. 2. Grupos sociales ubicados en la zona de estudio. a) Municipios con población hablante de náhuatl, b) Municipios con población hablante de téenek.....	279
Figura 5. 3. Esquema de las etapas de manejo para el estudio de <i>Vanilla planifolia</i> en la Huasteca potosina. Fuente: Herrera-Cabrera, comunicación personal, 4 de marzo del 2014.....	282
Figura 5. 4. Esquema de información sobre el tipo de manejo para elaborar el instrumento. Fuente: Casas <i>et al.</i> , 2014.....	283
Figura 5. 5. Código de identificación de entrevistas	284
Figura 5. 6. Indicadores de las características de la población de estudio en la Huasteca potosina, México.....	288
Figura 5. 7. Paisajes tropicales donde se localiza de manera natural <i>Vanilla planifolia</i> en la Huasteca potosina, México	291
Figura 5. 8. Sistemas agroforestales tradicionales de café donde se localiza de manera <i>in situ</i> <i>Vanilla planifolia</i> en la Huasteca potosina, México	292

Figura 5. 9. Acahuales donde se desarrolla de manera natural <i>Vanilla planifolia</i> en la Huasteca potosina, México	292
Figura 5. 10. Ecosistema modificado dedicado al cultivo de Naranja en la región Huasteca del estado de San Luis Potosí, México. Las flechas indican la localización de <i>Vanilla planifolia</i>	293
Figura 5. 11. Edad estimada de los esquejes de <i>Vanilla planifolia</i> en la Huasteca potosina, México	297
Figura 5. 12. Distribución natural de las plantas nativas de <i>Vanilla planifolia</i> en la Huasteca potosina, México.....	299
Figura 5. 13. Procedencia de las plantas de <i>Vanilla planifolia</i> en la Huasteca potosina, México	302
Figura 5. 14. Delegación de San Luis Potosí asistente al Congreso Internacional de Productores de Vainilla, en Papantla, Veracruz, México.	304
Figura 5. 15. Inauguración del centro de acopio y beneficiado de vainilla en el estado de San Luis Potosí, México.	306
Figura 5. 16. a) Curso teórico-práctico de <i>Vanilla planifolia</i> en la Huasteca potosina, b) Seminario de Vainilla en el Instituto Tecnológico Superior de Tamazunchale	307
Figura 5. 17. Etapas de manejo que presenta <i>Vanilla planifolia</i> en la Huasteca potosina, México	313
Figura 5. 18. Estado de manejo sobre <i>Vanilla planifolia</i> en la Huasteca potosina, México	314
Figura 5. 19. Muestra de la altura que alcanzan algunas de las guías de <i>Vanilla planifolia</i> en su medio silvestre, ubicadas en la Huasteca potosina, México	319
Figura 5. 20. Representación del paisaje de la Sierra Madre Oriental donde se ubican las poblaciones de <i>Vanilla planifolia</i> , en la etapa 1 de manejo <i>in situ</i>	320
Figura 5. 21. Ejemplo de algunas vainas encontradas en estado natural en la cobertura de los árboles donde se desarrollan las guías de <i>Vanilla planifolia</i> en la Huasteca potosina, México	322
Figura 5. 22. Frutos cosechados en estado silvestre en la Huasteca potosina, México.....	323
Figura 5. 23. Ambientes rocosos donde habita de manera natural <i>Vanilla planifolia</i> , en la Huasteca potosina, México.....	324

Figura 5. 24. Plantas de <i>Vanilla planifolia</i> toleradas y mantenidas en los ambientes rupícolas donde las encontraron los agricultores de la Huasteca potosina, México	325
Figura 5. 25. Ambiente característico de <i>Vanilla planifolia</i> en la etapa 2 de manejo, ubicado en la Huasteca potosina, México	326
Figura 5. 26. Crecimiento de <i>Vanilla planifolia</i> durante la segunda etapa de manejo, sin un cuidado específico en el desarrollo de la guía.....	327
Figura 5. 27. Acciones de manejo, dirigidas al control del crecimiento de <i>Vanilla planifolia</i> en la Huasteca potosina, México	328
Figura 5. 28. Abundancia de guías de <i>Vanilla planifolia</i> en floración durante la etapa 2 de manejo, en la Huasteca potosina, México.....	329
Figura 5. 29. Aspectos observados por las personas en la etapa 2 de manejo <i>in situ</i> de <i>Vanilla planifolia</i> en la Huasteca potosina, México	330
Figura 5. 30. Algunos posibles polinizadores observados en los ambientes correspondientes a la etapa 2 de manejo <i>in situ</i> de <i>Vanilla planifolia</i> , en la Huasteca potosina, México	330
Figura 5. 31. Vainas polinizadas de manera natural en sistemas agroforestales de la Huasteca potosina, México.....	331
Figura 5. 32. Modificación al ecosistema donde se encuentra <i>Vanilla planifolia</i> en la Huasteca potosina, México.....	332
Figura 5. 33. Manejo <i>in situ</i> de <i>Vanilla planifolia</i> , dar pie a las guías encontradas en los terrenos de la Huasteca potosina, México	333
Figura 5. 34. Proceso del ciclo biológico de <i>Vanilla planifolia</i> en la Huasteca potosina. a) Crecimiento de la guía, b) Brotes-flor, c) Desarrollo y crecimiento del fruto, d) Frutos o vainas maduras	334
Figura 5. 35. Cuidados incipientes dirigidos al manejo <i>in situ</i> de <i>Vanilla planifolia</i> en la Huasteca potosina. a) Hojarasca alrededor de las raíces, b) Elaboración e integración y elaboración de abonos a las guías, c) Riegos de subsistencia con una botella de agua	336

Figura 5. 36. Cuidados incipientes en el manejo <i>in situ</i> de <i>Vanilla planifolia</i> , con presencia de polinización natural en los acahuales aledaños a la región Huasteca de San Luis Potosí, México.....	337
Figura 5. 37. Acopio de vainas verdes en las casas de los compradores de la región Huasteca potosina, México.....	338
Figura 5. 38. Diagrama de los puntos más destacados en la etapa 4 de manejo <i>in situ</i> de <i>Vanilla planifolia</i> , en la Huasteca potosina, México.....	340
Figura 5. 39. Transformación paulatina de los sistemas agroforestales destinados al establecimiento de <i>Vanilla planifolia</i> , en la Huasteca potosina, México.....	341
Figura 5. 40. Características de los lugares donde trasplantaron las guías de <i>Vanilla planifolia</i> , originarias de espacios naturales en la Huasteca potosina, México.....	342
Figura 5. 41. Labores previas al trasplante de individuos silvestres de <i>Vanilla planifolia</i> , en la Huasteca potosina, México.....	343
Figura 5. 42. Construcción de terrazas en los diferentes sistemas de manejo <i>in situ</i> de <i>Vanilla planifolia</i> , en la Huasteca potosina, México.....	345
Figura 5. 43. Espacios elegidos para el manejo <i>in situ</i> de individuos silvestres de <i>Vanilla planifolia</i> en la Huasteca potosina, México.....	346
Figura 5. 44. Polinización manual de las flores por parte de los agricultores de la región Huasteca de San Luis Potosí, México.....	347
Figura 5. 45. Implementación de abejas nativas de la región Huasteca de San Luis Potosí para ayudar a fortalecer la polinización natural y artificial de esta especie.....	348
Figura 5. 46. Vainas polinizadas manualmente en la Huasteca potosina, México.....	349
Figura 5. 47. División de guías nativas de <i>Vanilla planifolia</i> , albergadas en el centro de acopio de Matlapa, San Luis Potosí, México.....	350
Figura 5. 48. Agregación de materia orgánica y elaboración de composta al sistema tradicional de cultivo de <i>Vanilla planifolia</i> , en la Huasteca potosina, México.....	352
Figura 5. 49. Manejo de acahuales destinados al café, en la Huasteca potosina, México.....	353
Figura 5. 50. Esquejes comprados en el estado de Oaxaca y resguardados en el centro de acopio de Matlapa, San Luis Potosí, México.....	354

Figura 5. 51. Espacios destinados al cultivo de <i>Vanilla planifolia</i> en la Huasteca potosina, México	356
Figura 5. 52. Establecimiento de cultivos de <i>Vanilla planifolia</i> , con plantas procedentes de otros cultivos de la región Huasteca, México	357
Figura 5. 53. Muestra de la infraestructura destinada a la construcción de mallas sombras, en la Huasteca potosina, México	357
Figura 5. 54. Muestra de las mallas sombras localizadas en la Huasteca potosina, México...	358
Figura 5. 55. Labores para el manejo de <i>Vanilla planifolia</i> en mallas sombras de la Huasteca potosina, México	359
Figura 5. 56. Almacenamiento de abono procedente de actividades pecuarias para ser agregadas a las matas de <i>Vanilla planifolia</i> , en la Huasteca potosina, México	359
Figura 5. 57. Animales que dañan alguna parte de las plantas de <i>Vanilla planifolia</i> , en la Huasteca potosina, México.	360
Figura 5. 58. Enfermedades presentadas en los cultivos de <i>Vanilla planifolia</i> en la Huasteca potosina, México.....	362
Figura 5. 59. Aplicación de cal a la punta de los tallos segmentados de <i>Vanilla planifolia</i> para cicatrizar y desinfectar	363
Figura 5. 60. Producción de frutos de <i>Vanilla planifolia</i> en malla sombras, ubicadas en la Huasteca potosina, México.....	365
Figura 5. 61. Actividad colectiva generada en los grupos encargados de las malla sombras, ubicadas en la Huasteca potosina, México	366
Figura 5. 62. Incursión en el proceso del beneficiado de las vainas verdes y agregación de valor por parte de los agricultores de la Huasteca potosina, México	367
Figura 5. 63. Surgimiento de las personas dedicadas al proceso del beneficiado en la región de la Huasteca potosina, México.....	367
Figura 5. 64. Nivel de manejo identificado en los municipios de la Huasteca potosina, México.	370
Figura 5. 65. Etapas de manejo en las etnias de la región Huasteca potosina, México	373

Figura 5. 66. Distribución de los morfotipos en las etapas de manejo <i>in situ</i> de <i>Vanilla planifolia</i> , en la Huasteca potosina, México.	376
Figura 5. 67. Asociación de los morfotipos con las características en cada nivel de manejo de <i>Vanilla planifolia</i> , en la Huasteca potosina, México	377
Figura 5. 68. Especificación de las etapas de manejo y los morfotipos identificados en los municipios estudiados de la Huasteca potosina, México.....	377

INTRODUCCIÓN GENERAL

A medida que la raza humana prosigue su ascensión hacia niveles culturales superiores, la cultura está destinada a desempeñar un papel cada vez más importante en la interacción entre el ser humano y la diversidad biológica ([Zimmermann, 1957](#); [Boege, 2008a](#); [Naranjo y Dirzo, 2009](#)). Las culturas indígenas han logrado conocer y manipular numerosos elementos del entorno biótico y abiótico con el fin de resolver sus problemas para la subsistencia en México. La manipulación de los elementos bióticos ha tenido como resultado la domesticación de numerosas especies, como parte de un proceso evolutivo sometido a la selección natural y cultural ([Perales y Aquirre, 2008](#)).

En este sentido los centros de domesticación han desempeñado un papel extraordinario, al mantener vivo y adecuar el germoplasma original a las condiciones cambiantes, tanto ambientales como socioculturales ([Boege, 2008b](#)). De tal forma que México se considera uno de los ocho centros de domesticación y diversidad genética ([Vavilov, 1992](#); [Acevedo et al., 2009](#)).

México ha sido considerado como posible centro de origen y domesticación de *Vanilla planifolia* Jacks. ex Andrews, por albergar el pool genético primario de esta especie y por el manejo ancestral de los grupos indígenas como el totonaco ([Soto Arenas, 2006](#); [Bory et al., 2008](#)). Y por eso nuestro territorio, se ha denominado como centro de diversificación secundaria de cultivos de importancia económica mundial tales como la vainilla ([Acevedo et al., 2009](#)).

La vainilla tiene un gran potencial productivo y económico en la región del Trópico húmedo, ya que se considera originaria de las regiones húmedas tropicales de México y América Central ([Besse et al., 2004](#); [Hågsater et al., 2005](#); [Bory et al., 2008](#)). De ahí que se cultive en climas tropicales y húmedos de México, como en la Huasteca potosina ([SAGARPA, 2011](#)). Hasta ahora, se tienen registros de que la vainilla ha acompañado al hombre desde 1552 (Códice de la Cruz Badiano) y de acuerdo con el conocimiento específico del manejo de la vainilla, el proceso de domesticación se inició con el

aprovechamiento casual de sus frutos hasta seleccionar sus aromas. Lo que implicó que el ser humano le asignara un uso constante a esta especie hasta atribuirle un mayor valor económico a nivel mundial ([Olvera et al., 2011](#)). Este hecho conllevó una serie de interrelaciones simbióticas y coevolutivas entre el humano y el ambiente, a través del tiempo ([Hernández, 1993](#)). Por esta razón, en muchos agroecosistemas localizados en los centros de domesticación, se conservan poblaciones de cultivares muy variadas, las cuales difieren entre y dentro de ellos; además mantienen organismos procedentes de poblaciones silvestres ([Ortega et al., 1991](#)). Es por ello, que esta investigación tiene como eje central la idea de que existe variación infraespecífica entre poblaciones de *Vanilla planifolia*, a pesar de que su principal sistema de reproducción es vegetativa, lo que genera una diversidad genética limitada a través de plantas clonales ([Besse et al., 2004](#); [Schlütter et al., 2007](#)).

Por este motivo, la investigación propone que existe variación infraespecífica de *V. planifolia*, en la región Huasteca, debido a dos vías: 1) la selección natural y 2) la selección dirigida. En el contexto antes mencionado, se plantea responder a dos preguntas de investigación: la primera de ellas ¿Existe variación infraespecífica en las poblaciones de *V. planifolia*? Y la segunda ¿Qué conocimientos existen sobre el manejo de *V. planifolia* en su forma cultivada y en forma silvestre? Lo anterior, para poder analizar el recurso genético de *V. planifolia*, mediante el estudio de la variación: a nivel fenotípico, cultural y posiblemente geográfico.

JUSTIFICACIÓN

A partir de que la variación genética del material cultivado de vainilla es mínima a nivel mundial ([Besse et al., 2004](#)) y de que actualmente se conoce poco de la diversidad de *V. planifolia*, entonces se considera que el reservorio genético de la vainilla nativa y cultivada, es un recurso estratégico en México ([Soto Arenas, 2006](#)), porque representa oportunidades para el desarrollo agrícola, debido a las múltiples condiciones geográficas y culturales donde se cultiva. Sin embargo, existen regiones, en donde no se ha documentado el germoplasma de *V. planifolia*, tanto en sus poblaciones naturales como en las cultivadas ([Arditti y Robert, 1993](#); [Romeu, 1995](#); [Soto Arenas, 1999](#)). Tal es el

caso de “la Huasteca potosina”, en donde se han localizado un reservorio genético activo. Debido a esto, es básico estudiar el germoplasma de *V. planifolia*, para conocer y caracterizar el recurso genético, ya que se desconoce tanto la variación existente dentro de las poblaciones silvestres como en las poblaciones cultivadas de manera clonal.

Por otra parte, *V. planifolia* es una especie protegida por la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 ([SEMARNAT, 2010](#)), porque se encuentra amenazada por factores que inciden negativamente en su viabilidad ([Soto Arenas, 1999, 2006](#)), por lo que se determina la necesidad de propiciar su recuperación y conservación de poblaciones de esta especie. Y para ello, se requiere como primera instancia conocer a detalle su variación fenotípica. En este sentido, la conservación del germoplasma, requiere de la caracterización del pool primario y secundario que se concentra en las zonas bioculturales de México. Tal es el caso de la Huasteca potosina que alberga a *V. planifolia*, en donde los procesos resultantes de la combinación de la evolución natural y la selección empírica practicada por el hombre, han derivado en cultivos domesticados a partir de sus progenitores silvestres ([Gepts, 2004](#)); los cuales han sido determinantes claves en la estructura de la diversidad genética presente en los cultivares actuales y, por ende, en la variación que presenta este recurso.

Por consiguiente, será sustancial conocer la variación del recurso genético de *V. planifolia* a nivel infraespecífico, tanto en las poblaciones naturales como en las cultivadas de la entidad potosina. Debido a que no se ha caracterizado el germoplasma ubicado en esta región. Así esta investigación aportará sendas al conocimiento científico y se retroalimentará con el saber cultural de las comunidades huastecas, al percibir en forma sistémica el germoplasma. Al mismo tiempo, se tendrán elementos para planificar el manejo promedio de los procesos de *V. planifolia*, en sus múltiples entornos y en su ambiente natural, conducidos por los vainilleros de la Huasteca potosina.

Del mismo modo, la génesis en el conocimiento referente al sistema complejo de la vainilla, es vital para la cultura Huasteca en concomitancia con los procesos dinámicos de selección en el “recurso genético *V. planifolia*”. Dado que, “la variación” le da sustento

fáctico al proceso de domesticación y representa una riqueza conceptual sobre la particularidad de cada ser o entidad biológica.

Finalmente, la comprensión de la “variación del recurso genético”, aportará un elemento estratégico de alto valor biológico, cultural, económico y de uso. En consecuencia del conocimiento particular del pool genético primario en México ([Purseglove et al., 1981](#); [Bory et al., 2008](#)).

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El problema de *V. planifolia* indudablemente es la reducción de la base genética que ha sobrellevado esta orquídea, sin embargo, para contribuir a su diversidad es necesario indagar acerca de la variación infraespecífica existente de esta especie en los estados productores de vainilla, como San Luis Potosí; pues no hay estudios de esta índole en nuestro país y México es considerado centro de origen de la vainilla ([Besse et al., 2004](#); [Bory et al., 2008](#)). A pesar de que no se conozca ninguna población viable en términos demográficos o genéticos ([Soto Arenas, 2004; 2006](#)); tampoco se han hecho estudios que indiquen si existe variación infraespecífica de esta especie en la región de la Huasteca potosina.

Si bien, no existe variación genética de *V. planifolia* en las plantaciones del resto del mundo ([Cibrián, 1999](#); [Besse et al., 2004](#); [Lubinsky et al., 2008](#)), debido a la extensa propagación vegetativa. Existen estudios morfométricos y genéticos ([Cibrián, 1999](#); [Schlütter, 2002](#)) que señalan la presencia de sólo 30 individuos silvestres, la mayoría en México (Veracruz, Oaxaca, Chiapas y Quintana Roo), y un par en Costa Rica ([Soto Arenas, 2006](#)); por lo que el germoplasma primario de *V. planifolia* (poblaciones silvestres y especímenes cultivados) está severamente amenazado ([Hágsater et al., 2005](#)). Por ello, es fundamental identificar la variación que tiene esta especie entre sus miembros, debido a su baja variabilidad genética intraespecífica ([Soto Arenas, 1999, 2006](#)).

Por otra parte, es posible que la subutilización y sobreexplotación de sus poblaciones silvestre ([Soto Arenas, 2006](#)), así como la pérdida de sus hábitats acote la variación infraespecífica de esta especie e incida en su productividad ([Hernández, 2011](#)), sin embargo, esto se desconoce.

Es por ello que la amenaza que se cierne sobre la variación infraespecífica de *V. planifolia*, generalmente tiene correspondencia con el serio desconocimiento del estado de conservación de este recurso genético y los aspectos básicos de su biología, lo cual limita su aprovechamiento; así como el serio desconocimiento sobre saber cultivar la vainilla. No se tiene un conocimiento específico sobre las prácticas de manejo, que contribuyan a la biología de la especie y a su variación. Tan solo existen estudios como los de Salazar-Rojas *et al.* ([2011](#)), quienes reportan seis quimiotipos de vainilla en la región del “Totonacapan”, producto del uso y manejo de esta especie. Debido a esto, es necesario identificar la variación infraespecífica de *V. planifolia* en San Luis Potosí, y conocer el manejo que los huastecos le dan a la vainilla, para poder incidir en el aprovechamiento de esta especie y en la direccionalidad su germoplasma.

Por consiguiente, el principal reto dentro de la investigación, reside en mantener la variación morfológica que aún queda en las poblaciones silvestres y los especímenes cultivados, para conservar y aprovechar a esta especie. Debido a esto, instituciones como el colegio de Postgraduados - Campus Puebla, a través de la línea de investigación de recursos genéticos y del Macroproyecto Vainilla denominado “Estrategias de Investigación Aplicada para el Fortalecimiento Innovación y Competitividad de la Producción de Vainilla en México (SAGARPA-CONACYT, 2012-04-190442) enfatizan el problema de la falta de caracterización y evaluación del germoplasma *V. planifolia*. Pues en tanto, no se conozca la variación del recurso genético primario, conformado por los cultivares y los especímenes silvestres de *V. planifolia*, no se podrá dar una solución estratégica sobre los problemas técnicos y de productividad del cultivo.

HIPÓTESIS

Existe variación morfológica infraespecífica en *Vanilla planifolia* Jacks. ex Andrews, asociada a factores abióticos en la región Huasteca de San Luis Potosí, México.

Existe un proceso de construcción de recurso genético en el germoplasma de *Vanilla planifolia* Jacks. ex Andrews en la región Huasteca de San Luis Potosí, México.

OBJETIVOS

General

Determinar la variación morfológica de *Vanilla planifolia* Jacks ex. Andrews en su forma silvestre y cultivada, e identificar las variables asociadas a su variación y distribución en la región de la Huasteca Potosina.

Particulares

- a) Conocer los gradientes ambientales de distribución de *V. planifolia* y especificar si estos influyen en su variación infraespecífica, a través del análisis de su distribución espacial.
- b) Identificar la variación morfológica del material silvestre y cultivado de *V. planifolia*, por medio del análisis morfométrico del labelo.
- c) Reconocer, describir y sistematizar las interrelaciones que se presentan en las diferentes fases de manejo de *V. planifolia*, mediante técnicas etnográficas.

LITERATURA CITADA

- Acevedo, G. F., Huerta, O. E., Lorenzo, A. S., Ortiz, G. S. (2009). La bioseguridad en México y los organismos genéticamente modificados: cómo enfrentar un nuevo desafío. *In: Capital natural de México, vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio.* CONABIO, México: 319-353.
- Arditti, J., Robert, E. (1993). *Micropropagation of orchids.* Ed. Blackwell Pub. New York. 590-628 pp.
- Besse, P., Da Silva, D., Bory, S., Grisoni, M., Le Bellec, F., Duval, M-F. (2004). RAPD genetic diversity in cultivated *Vanilla planifolia*, and relationships with *V. tahitensis* and *V. pompona*. *Plant Science.* 167: 379-385.
- Boege, S. E. (2008a). Centros de origen, pueblos indígenas y diversificación del maíz. *Revista Ciencias UNAM.* 92-93: 18-28.
- Boege, S. E. (2008b). El patrimonio biocultural de los pueblos indígenas de México. Hacia la conservación *in situ* de la biodiversidad y agrobiodiversidad en los pueblos indígenas. Instituto Nacional de Antropología e Historia: Comisión Nacional de los pueblos Indígenas, ISBN: 978-968-03-0385-4. 158 pp.
- Bory, S, Grisoni, M, Duval, M-F., Besse, P. (2008). Biodiversity and preservation of vanilla: present state of knowledge. *Genetic Resources Crop Evolution.* 55: 551-571.
- Cibrián, J. A. (1999). Variación genética de *Vanilla planifolia* en México. Tesis, Facultad de Ciencias, UNAM, México. *In: Soto Arenas, M. A. (2006). La vainilla: retos y perspectivas de su cultivo.* CONABIO. *Biodiversitas.* 66: 1-9.
- Gepts, P. (2004). Crop domestication as a long-term selection experiment. *In: Hernández-López, V. M., Vargas-Vázquez, M. P., Muruaga-Martínez, J. S., Hernández-Delgado, S. J., Mayek, P. N. (2013). Origen, domesticación y diversificación del frijol común. Avances y perspectivas.* *Revista Fitotecnia Mexicana.* 36(2): 95-104.
- Hágsater, E., Soto Arenas, M. A., Salazar, G. A. Chávez, R. Jiménez Machorro, M. A. López Rosas, Dressler, R. L. (2005). *Las Orquídeas de México.* Instituto Chinoín, México D.F. (edición simultánea en inglés *Orchids of Mexico*).

- Hernández, X. E. (1993). Aspects of plant domestication in México: a personal view. *In*: Rammamoorthy T. P., Bye R., Lot A., Fa J. (Eds). Biological diversity of México: origins and distribution. Oxford University Press. New York. 733-753 p.
- Hernández, H. J. (2011). Programa estratégico para el desarrollo rural sustentable de la región sur-sureste de México: Trópico húmedo 2011. Paquete tecnológico Vainilla (*Vanilla planifolia* Jackson). SAGARPA-INIFAP. Tlapacoyan, Veracruz. 1-26 pp.
- Lubinsky, P. Cameron, K. M., Molina, M. C., Wong, M., Andrzejewski, S. L., Gómez, P. A., Kim, S. C. (2008). Neotropical roots a Polynesian spice: The hybrid origin of Tahitian Vanilla, *Vanilla tahitensis* (Orchidaceae). American Journal of Botany. 95(8): 1040-1047.
- Naranjo, J. E., Dirzo, R. (2009). Impacto de los factores antropogénicos de afectación directa a las poblaciones silvestres de flora y fauna. *In*: Capital natural de México, Vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio. CONABIO. MÉXICO. 247-276 pp.
- Olvera-Salgado, M. D., Gómez-Garzón, A., Plascencia-Beltrán, E. (2011). La región del Trópico húmedo mexicano, principal productor agrícola de temporal en México. 2do Congreso Nacional de Manejo de Cuencas Hidrográficas efectuado del 18 al 20 de Mayo, en la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, México. 1-4 pp.
- Ortega, P., Palomino, R. G., Castillo F. G., González, V. A., Livera, M. M (Eds). (1991). Avances en el estudio de los recursos fitogenéticos de México. SOMEFI. Chapingo. México. 32- 141 pp.
- Perales, H. R., Aguirre, J. R. (2008). Biodiversidad humanizada. *In*: Capital natural de México. Vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad. CONABIO. México. 565-603 pp.
- Purseglove, J. W., Brown, E. G., Green, L., Robbins, S. R. J. (1981). Spices. Longman. New York. Vol. 2. 813 pp.
- Romeu, E. (1995). La vainilla: de Papantla a Papantla, el regreso de un cultivo. CONABIO. Biodiversitas. 1: 10-13.
- SAGARPA. (2011). Estudio de Oportunidades de Mercado Internacional para la vainilla mexicana. Comité estatal Sistema Producto Vainilla de Puebla. A. C. 1-238.
- Salazar-Rojas, V. M. (2011). Estrategia de uso y conservación del germoplasma de *Vanilla planifolia* Jack. En la región Totonacapan Puebla-Veracruz. Tesis doctoral. Colegio de Postgraduados de Chapingo, campus Puebla. 1-213 pp.

- Salazar-Rojas, V. M., Herrera-Cabrera, B. E., 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 Crop Evolution*. 59(5): 875-887.
- Schlütter, P. M. (2002). RAPD variation in *Vanilla planifolia* Jackson (Orchidaceae) and assessment of the putative hybrid *Vanilla tahitensis* Moore. Tesis, School of Biochemistry. University of Oxford. *In*: Soto Arenas, M. A. (2006). La vainilla: retos y perspectivas de su cultivo. CONABIO. *Biodiversitas*. 66: 1-9.
- Schlütter, P. M., Soto Arenas, M. A., Harris, S. A. (2007). Genetic variation in *Vanilla planifolia* (Orchidaceae). *Economic Botany*. 61(4): 328–336.
- SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2010). Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Diario Oficial de la Federación (DOF), jueves 30 de diciembre de 2010.
- Soto Arenas, M. A. (1999). Filogeografía y recursos genéticos de las vainillas de México. Instituto Chinoín AC. Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. J101. México D. F. 1-10, 106 pp.
- Soto Arenas, M. A. (2004). Orchids of Mexico. Part 2-3 Icones Orchidacearum Herbario AMO. México. D. F.
- Soto Arenas, M. A. (2006). La vainilla: retos y perspectivas de su cultivo. CONABIO. *Biodiversitas*. 66: 1-9.
- Vavilov, N. I. (1992). Origin and geography of cultivated plants. *In*: Regine, A. 2008. Governing agrobiodiversity: plant genetic and developing countries. MPG Books. Gran Bretaña. ISBN 978-0-7546-4741-6. 16-18 pp.
- Zimmermann, W. E. (1957) Recursos e industrias del mundo. FCE. México, D.F. 15-34 pp.

CAPITULO 1. MARCO TEÓRICO

RESUMEN

La importancia de *Vanilla planifolia* ha sido trascendental para el mundo, por lo que el desconocimiento de su variación, limita su conservación y aprovechamiento, dentro de sus zonas de origen. Es así que al abordar el análisis de su variación morfológica existente en la Huasteca potosina, fue necesario establecer un soporte teórico para entender la perspectiva de los argumentos vertidos en esta investigación. Por eso en este estudio, se concibe a *V. planifolia* como un recurso genético, entendido a partir de tres aspectos puntuales: su ambiente, su variación morfológica y la intervención del conocimiento del ser humano en su manejo. Se planteó la conceptualización de elementos estructurales como la variación, el morfotipo, la interacción del fenotipo, el factor humano, la construcción del conocimiento y sus prácticas, los agroecosistemas y sus diferentes hábitats, y la importancia de su variación y conservación. Así como la comprensión de herramientas encaminadas a la caracterización de los recursos para ser aplicadas en el análisis del tema central de esta investigación. Toda esta abstracción permitió sustentar el desarrollo de la investigación, desde la interacción de sus componentes y la complejidad de sus relaciones, al explicar que la variación es la relación intraespecífica que comparten los organismos de una población con su ambiente. Dicha variación generalmente se expresa en aspectos como la morfología, que permiten caracterizarla e identificar sus diferentes formas biológicas (morfotipos). De manera que estas diferencias pueden estar causadas por factores ontogenéticos, ambientales o genéticos. Al mismo tiempo, esta variación puede estar sometida a la intervención del ser humano, a través de sus prácticas de manejo y procesos de domesticación; los cuales modifican su ambiente y generan conocimientos específicos para conservar a esta especie. Así que estos conceptos constituyeron el conocimiento previo de nuestro objeto de estudio.

Palabras clave: Caracterización, el conocimiento tradicional, morfotipo, recurso genético y variación.

CHAPTER 1. THEORICAL FRAMEWORK

Abstract

The importance of *Vanilla planifolia* has been momentous for the world, reason why the ignorance of its variation, limits its conservation and use, within its areas of origin. Thus, when analyzing its morphological variation existing in the Huasteca Potosina, it was necessary to establish a theoretical support to understand the perspective of the arguments expressed in this research. Therefore, in this study *V. planifolia* is conceived as a genetic resource, understood from three specific aspects: environment, morphological variation and the intervention of human knowledge in its management. The conceptualization of structural elements such as variation, morphotypes and expression of phenotype is a result of interaction between genes and environment; the human factor and construction of knowledge management practices, agroecosystems and habitats, and the importance of variation to the conservation of *V. planifolia*. As well as the use of tools aimed at the characterization of the resources to be applied in the analysis of this research. This abstraction allowed to support the development of the investigation, to understand the interactions of its components and the complexity of their relations, to know that this is an important consequence of infraspecific variation of the morphology vanilla with environment in its conservation. Such variation is generally expressed in aspects such as morphology, which allow to characterize it and identify its different biological forms (morphotypes). So that these differences may be caused by ontogenetic, environmental or genetic factors. In addition to this variation may be subject to human resource management, practices and domestication processes; which modify its environment and generate specific knowledge to develop a conservation strategy in this specie. Hence, these concepts constituted the prior knowledge our object of study.

Key words: Characterization, genetic resource, morphotypes, traditional knowledge, variation.

1.1 Variación

La variación es inherente en todos los procesos, no hay en la naturaleza dos cosas exactamente iguales.
Anónimo

1.1.1 Concepto y principio de variación

El concepto de variación se refiere específicamente a las diferencias en las características de organismos del mismo tipo o clase, causados por el ambiente o por diferencias en la constitución genética del organismo. Turesson (1922) nombró el término variación, como la relación intraespecífica que comparten los organismos de una población con su ambiente. Para Donoso (2002) implica la existencia de distintas posibilidades para la expresión del fenotipo conexas con el ambiente. Donoso *et al.* (2004) expresaron que la variación es validada por las diferencias individuales de los organismos, en un espacio y tiempo específico. Finalmente para Noguera y Hernández (2009), la variación es una característica de la naturaleza, la cual es inherente a todos los seres vivos, y se identifica mediante la modificación estructural, morfológica o fisiológica de los caracteres que constituyen a los organismos de una población y especie.

Darwin señaló en sus obras “El origen de las especies” (1859) y “La variación de plantas y animales en estado doméstico” (1868), que la variación le da sustento fáctico al proceso evolutivo. Al plantear a la selección natural y la artificial y en menor grado la selección sexual como el mecanismo para explicar las diferencias entre sí de los individuos. Con referencia a esto, Malther (1953) destacó que sobre la variación opera algún tipo de selección (estabilizador, direccional o disruptiva). Mientras Solbrig (1970) planteó que la variación es producto de la selección direccional.

Turrialba (1995), señaló que la variación entre los organismos tiene tres causas principales: 1) Diferencias en el desarrollo, 2) Diferencias ambientales y 3) Diferencias genéticas. Dentro de este contexto, también intervienen procesos ubicuos en la

naturaleza como la mutación, recombinación de genes, flujo de genes, deriva génica e hibridación o introgresión ([Wright, 1964](#); [Briggs, 1969](#); [Donoso, 2002](#); [Arroyo, 2007](#)).

En particular, la variación fenotípica está asociada positiva o negativamente, con diversas interacciones tales como la biótica-abiótica, el genotipo-ambiente y la presión de selección que realiza el ser humano ([López-Mata, 1987](#); [Zobel y Van Buijtenen, 1989](#); [Begon et al., 1990](#); [Ransom et al., 1998](#); [Shoettle y Rochelle, 2000](#); [Keiper y McConchie, 2001](#); [Luna-Morales y Aguirre, 2001](#); [Myster, 2005](#)). Particularmente, lo anterior destaca en los trabajos realizados por Pleasants y Wendel ([1989](#)), Casas et al. ([1999](#)), Soto Arenas ([1999, 2006](#)), Henderson ([2004](#)), Casas et al. ([2006](#)), Hornung y Sosa ([2006](#)), Minoos et al. ([2006a](#)), Mizianty ([2006](#)), Otieno et al. ([2006](#)), Lubinsky et al. ([2008](#)), Palama et al. ([2010](#)), Salazar-Rojas et al. ([2011](#)) y Herrera-Cabrera et al. ([2012](#)).

En las orquídeas los trabajos de variación han sido orientados hacia el estudio del aroma y la morfología de la flor ([Ackerman et al., 2011](#)). Para *V. insignis* se ha estudiado el labelo ([Hernández, 2014](#)) y para *V. planifolia* el aroma ([Salazar-Rojas et al., 2011](#); [Herrera-Cabrera et al., 2012](#)).

1.1.2 Polimorfismo y morfotipo

El término *polimorfismo*, del griego *poly*=varios y *morphos*=forma, significa *muchas formas* o *que posee varias formas diferentes*, lo cual indica la diversidad de un fenómeno, hecho u objeto ([Martín y Molina, 2006](#)). Mayr ([1986](#)) define el término polimorfo, como todo carácter morfológico, fisiológico o de conducta que esté genéticamente controlado y sea menos discontinuo en su expresión fenotípica. Para Falconer ([1989](#)), el polimorfismo son las variantes que ocurren dentro de las poblaciones. Oliva y Vidal ([2006](#)) señalaron el término de *polimorfismo*, como sinónimo de “mutación neutra” (variaciones individuales en la secuencia de ADN, sin efecto alguno sobre la expresión genética). No obstante, el término *polimorfo* se utilizó en un principio para definir todo tipo de variaciones fenotípicas, sin considerar su base genética ([González, 2006](#)). Sin

embargo, en la actualidad, el término *polimorfo* se suele restringir al polimorfismo genético.

Polimorfismo hace referencia a la existencia simultánea de formas continuas/discontinuas, notoriamente diferentes dentro de una población, ya sea en el fenotipo o en el genotipo ([Systema y Schaal, 1985](#); [González, 2006](#); [Arroyo, 2007](#)). Esto no sólo está regulado genéticamente por la selección natural, sino también, ha sido producto del proceso cultural de selección y domesticación ([Herrera-Cabrera, 2013](#)).

El polimorfismo sirve para detectar la variación fenotípica por medio de la existencia de *morfotipos*. El *morfotipo* es una variante en la forma de un ejemplar tipo que representa las formas típicas de una especie ([Mayr, 1986](#); [Urbano et al., 2005](#); [García y Meneguz, 2012](#)).

El polimorfismo estudiado en *V. planifolia* ha sido de tipo molecular y genético. Los trabajos a nivel molecular son descritos por Soto Arenas ([1999](#)), Besse et al. ([2004](#)), Minoos et al. ([2006b](#)), Schlütter et al. ([2007](#)) y Bory et al. ([2008ab](#)), y a nivel genético (microsatélites) por Salazar-Rojas ([2011](#)), Salazar-Rojas et al. ([2011](#)) y Herrera-Cabrera et al. ([2012](#)).

1.1.3 Clonación en *Vanilla planifolia*

La clonación en plantas ha sido natural y ordinaria ([Valenzuela, 2005](#); [Bernal, 2006](#); [George et al., 2008](#); [Janarthanam y Seshadri, 2008](#)). Tal es así, que la palabra misma proveniente del griego *klon*, significa “retoño” o “esqueje”. Aunque en términos específicos, la clonación se refiere al *grupo de organismos de idéntica constitución genética que proceden de un único individuo mediante multiplicación asexual* ([Lacadena, 1995](#); [Bernal, 2006](#)). No obstante, a pesar de que la clonación es capaz de producir individuos externamente indistinguibles, existe la posibilidad de que haya diferencias fenotípicas, debido a las mutaciones (benignas, neutras o nocivas) ([Bernal, 2006](#)).

En el caso de vainilla, la forma de propagación (esquejes) ha generado poblaciones homogéneas genéticamente, lo cual ha provocado procesos de endogamia en la especie ([Kononowicz y Janick, 1984](#); [Phillips y Nainar, 1986, 1988](#); [George y Ravishankar, 1997](#); [Soto Arenas, 1999, 2006](#); [Geetha y Shetty, 2000](#); [Minoo, 2002](#); [Kalimuthu et al., 2006](#); [Minoo et al., 2006a](#); [Lee-Espinosa et al., 2008](#); [Lubinsky et al., 2008](#); [Domingues et al., 2013](#)). Debido a las consecuencias que ha tenido la propagación vegetativa, diversos trabajos como los de Cervera y Madrigal ([1981](#)), Giridhar et al. ([2001](#)), Giridhar y Ravishankar ([2004](#)), Malabadi y Nataraja ([2007](#)) y Minoo et al. ([2008a](#)) proponen la micropropagación de protoplastos viables para subsanar los efectos de la clonación.

1.1.4 Cambio en el fenotipo

Para entender que “*el fenotipo de un individuo cambia permanentemente: nunca es el mismo en un momento dado que en el siguiente*” ([Buxadé, 1995](#)), es fundamental entender la noción de cambio. El *cambio* como señaló Heráclito de Éfeso es la característica de todas las cosas y en ese cambio se generó el resto de las sustancias y de todas las cosas ([Mondolfo, 1981](#)).

De tal manera que los organismos cambian a través del tiempo, con el empleo de estrategias muy diversas como modificar sus patrones morfológicos, fisiológicos, reproductivos, genéticos y de comportamiento. Todo esto para persistir y definir la historia de vida de la especie ([Morrissey et al., 2012](#)).

El cambio finalmente opera sobre el fenotipo como una capacidad funcional para adaptarse a su ambiente ([Williams et al., 1995](#)). A través de mutaciones, polimorfismo o plasticidad ([Sultan y Spencer, 2002](#); [Sultan, 2003](#); [Valladares et al., 2007](#); [Fabian y Flatt, 2012](#); [Premoli et al., 2012](#)).

1.2 Recurso genético

1.2.1 Planteamiento del concepto

En un principio, los recursos genéticos fueron concebidos como parte de una herencia común de la humanidad, hasta que en el Convenio de la Diversidad Biológica ([1992](#)), se define el término de *recurso genético* como todo material de valor real o potencial que tiene estrecha relación y dependencia con el ser humano.

El *recurso genético* alude a todo material de naturaleza biológica que contiene información genética con valor o utilidad real o potencial ([FAO, 2013](#)). Similar a esto, Estrella *et al.* ([2005](#)) puntualizaron a los *recursos genéticos* como el material genético primario (los genes) contenido en plantas, animales, hongos o microorganismos que tienen algún valor o uso actual o potencial.

Según la FAO ([2013](#)) los *recursos genéticos* son una innovación a la agricultura moderna que comprende una amplia variabilidad de los organismos del planeta e incluyen la diversidad, tanto entre especies como dentro de una misma especie. Los recursos genéticos son la fuente primaria que nutre y sostiene la vida.

Por lo que, el concepto “recurso genético” se convierten en una fuente de gran valor monetario, ya que éstos proporcionan una información como materia prima fundamental ([FAO, 2004](#)). No obstante, pese a la cosmovisión capitalista de que -los recursos genéticos son el instrumento de la producción- existe otra concepción que denomina a los recursos genéticos como la construcción social en un ámbito multidimensional de culturas. Dichos recursos no son abordados únicamente en un ámbito económico y material, sino más bien, son entendidos con filosofía y comprendidos a través de la historia, en tiempos diacrónicos y territorios diversos.

En particular, para esta investigación se concibe al *recurso genético* como una *construcción humana* de los recursos *per se* en la naturaleza ([Zimmermann, 1957](#)).

1.2.2 “El germoplasma”: capital natural de México

Weissman ([1892](#)) fue el primero en expresar la noción de germoplasma, en su teoría del *plasma germinal*, refiriéndose a los tejidos reproductores que se perpetúan a sí mismo y es en potencia inmortal, sólo se heredan las variaciones producidas en el plasma germinal ([Buxadé, 1995](#)). El germoplasma es el conjunto de genes que se transmiten en la reproducción por medio de gametos o células reproductoras (semillas, estacas, yemas, esquejes, bulbos, meristemas). Recientemente, el término “germoplasma” se utiliza para designar el genoma de las especies vegetales silvestres y no genéticamente modificadas de interés para la agricultura ([Krishnamurthy y Sahagún, 1991](#)).

El germoplasma que es importante para la agricultura pertenece a una de las siguientes fuentes:

1. Parientes silvestres
2. Parientes semi-silvestres
3. Cultivares primitivos
4. Cultivares modernos y
5. Material de élite

El germoplasma es un capital natural que se encuentra depositado en las regiones bioculturales de México, el cual representa un valor intrínseco para el ser humano ([Elias et al., 2004](#); [Boege, 2008a](#)).

1.2.3 El fenotipo [Fenotipo (F) = Genotipo (G) + Ambiente (A) + Interacción (G*A)]

Johannsen (1911) fue el primero en acuñar el término *fenotipo*, como la suma de todos los caracteres que definen al aspecto externo del organismo (forma, estructura, fisiología, composición química, entre otras), el cual está determinado por la expresión del genotipo y su interacción con el medio ([Solarí, 2007](#)). Por su parte, Weissman ([1892](#)) se refirió al fenotipo como *la forma que el plasma germinal le imprime al soma* ([Barahona et al., 2004](#)). Una postura más radical como la de Dawkins ([1976](#)) expresó que los fenotipos no tienen vida propia sino que son vehículos para la transmisión del ADN, el cual diseña

sofisticados vehículos (fenotipos) para poder propagarse en la biosfera, aunque es incapaz de replicarse por sí mismo ([Andrade, 2006](#)). Para Donoso *et al.* ([2004](#)) el fenotipo es producto de la interacción de los componentes genéticos internos y los factores del ambiente. Finalmente, Gianoli y Valladares ([2012](#)) sugieren que el fenotipo, se refiere a los distintos grados de plasticidad entre genotipos, los cuales configuran fenotipos con valor adaptativo.

El fenotipo, en un momento dado, es siempre la suma del genotipo y la interacción entre el genotipo y el efecto del ambiente:

$$F = G + A + (G * A)$$

Waddington ([1956](#)) señala al fenotipo como la modificación que se percibe directamente en los organismos, a partir de numerosos rasgos asociados a su historia de vida. Particularmente, la interacción genotipo-ambiente es mayor en caracteres fisiológicos o de crecimiento que en los caracteres ligados a la reproducción ([Santos del Blanco *et al.*, 2010](#)).

1.2.4 Caracterización de los recursos

La caracterización se refiere a la descripción de atributos cualitativos o cuantitativos de una especie y sirve para describir las diferencias en las accesiones de una población ([López-Santiago *et al.*, 2008](#)). Algunos estudios, como los de Herrera-Cabrera *et al.* ([2000](#)) emplearon caracteres de naturaleza reproductiva, con el propósito de estimar la variabilidad existente en el genoma de la población, a través del análisis de caracteres altamente heredables ([Krishnamurthy y Sahagún, 1991](#); [Franco e Hidalgo, 2003](#); [Hernández, 2013](#)).

La caracterización se puede estratificar en dos niveles: 1) La caracterización detectable visualmente y 2) La caracterización que no es detectable por simple observación visual, a la que se denomina molecular ([Franco e Hidalgo, 2003](#); [Hernández, 2013](#)).

La caracterización detectable visualmente estudia al fenotipo por medio de caracteres previamente definidos, en función del conocimiento de la especie y de los objetivos de la caracterización, los cuales cuantifican las variantes que conforman la unidad de estudio (población, especie) ([Franco e Hidalgo, 2003](#)).

Los métodos estadísticos para la caracterización pueden ser simples o complejos, que van desde el uso de gráficos y estadísticos de tendencia central y dispersión, hasta los multivariados ([Franco e Hidalgo, 2003](#)). El análisis de los datos tiene el propósito de reducir el volumen de información característicos en trabajos de esta naturaleza. Los estadísticos simples (promedio, media, rango de variación, desviación estándar y coeficiente de variación) permiten estimar y describir la variación de forma general, así como datos no esperados o errores de medición ([Hernández, 2013](#)). Las medidas de similitud (índice de similitud, coeficiente de correlación y de distancia) permiten conocer el grado de asociación entre las variables ([Johnson, 1998](#); [Hernández, 2013](#)). Mientras los métodos multivariados analizan simultáneamente medidas múltiples de cada individuo.

Los métodos multivariados son una extensión de los análisis univariados y bivariados. Su objetivo principal es permitir la descripción simultánea de varias características sin dejar de considerar la relación existente entre ellas. Estos pueden ser de dependencia (ordenación) y de interdependencia (clasificación). La ordenación incluye discriminante múltiple, correlación canónica, regresión múltiple, multivariante de la varianza y conjunta. Los métodos de interdependencia incluyen los componentes principales, factorial, conglomerados, multidimensional y correspondencia ([Hernández, 2013](#)).

1.2.5 El factor humano en el uso de los recursos genéticos

La connotación que el ser humano le ha dado a los recursos ha sido entendida como un término de valoración, referido a la capacidad de utilidad. Por lo tanto, la valoración es un elemento esencial del enjuiciamiento de los recursos ([Zimmermann, 1957](#)). Fundamentalmente por satisfacer las necesidades básicas, existenciales y culturales, los

cuales se han circunscrito en la evolución de las sociedades ([Zimmermann, 1957](#); [Gepts, 2006](#)).

El uso de los recursos es inherente a la filosofía del ser humano y a sus prácticas culturales. De tal manera, los rasgos que se seleccionan en un recurso genético están determinados socialmente por su uso y valor ([Berreta y Rivas, 2001](#); [Boege, 2008b](#)). Tal utilidad cristaliza el uso de necesidades individuales a estándares colectivos de vida ([Zimmermann, 1957](#)).

Los múltiples valores del recurso genético no solo residen en valores de uso directo asociados a los niveles de vida, sino se conjugan con los valores de no uso (valor de opción, de cuasi-opción, de existencia o de legado, ético, ecológico y cultural) ([Keppler, 1999](#); [Estrella et al., 2005](#)). Esto permite comprender tanto a nivel biológico como social el uso continuo de los recursos.

1.2.6 El manejo *in situ*

El manejo es un proceso dirigido por los seres humanos que resulta de la continua manipulación de las especies, con el fin de satisfacer sus necesidades biológicas, existenciales y culturales ([Casas et al., 1999](#); [Boege, 2008b](#); [Rodríguez et al., 2013](#)). Se desarrolla principalmente por medio de la selección artificial. Este proceso determina cambios en las frecuencias de los fenotipos y genotipos que componen las poblaciones de organismos manejados, con respecto a los que existen en poblaciones silvestres ([Gepts, 2004](#); [Casas et al., 2007](#); [Naranjo y Dirzo, 2009](#); [Parra et al., 2010](#)).

En el manejo se identifica la habilidad del hombre para escoger, manejar y conservar las especies útiles, que depende de la capacidad innata y del grado de cultura de los seres humanos, así como de la riqueza de las especies en un área determinada.

Vodouhè et al. ([2011](#)) planteó una metodología para estudiar el proceso del manejo de plantas en los diversos grupos sociolingüísticos. A través de la metodología de selección

de sitios, propuesta por Adéoti *et al.* (2009) y Dansi *et al.* (2009), y modificada por Vodouhè *et al.* (2011). A continuación se describe el modelo de seis pasos planteado por Vodouhè *et al.* (2011):

Paso 0: Especie totalmente silvestre y se colectan sólo cuando es necesario.

Paso 1: Especímenes silvestres ubicadas en terrenos, los cuales son mantenidos por su utilidad y su escasez. Estos ejemplares son objeto de observaciones regulares hasta conocer y comprender su biología reproductiva.

Paso 2: Los agricultores comienzan a prestar más atención a las plantas, por lo cual inicia labores específicas de cuidado. Existe una sensación de responsabilidad y compromiso por el establecimiento de plantas.

Paso 3: Se conoce a detalle la biología reproductiva de la especie, la multiplicación y el cultivo. Las plantas son sembradas en huertos, traspatios o en sitios seleccionados para el cultivo. En esta etapa, los agricultores ya tienen conocimiento sobre el manejo de la especie. Se especifican las fechas de siembra, la densidad de individuos, los cuidados sobre plagas y enfermedades, con el objetivo de incrementar la producción.

Paso 4: La especie es cultivada y cosechada de forma artesanal. Existe un conocimiento colectivo sobre el volumen de producción y las variables que afectan la producción.

Paso 5: Los agricultores establecen criterios específicos para seleccionar las plantas que mejor respondan a sus necesidades. Se empieza a conocer y seleccionar, con base en los criterios de la calidad del producto. Se eligen los mejores cultivares, en función de las propiedades organolépticas y resistencia a plagas y enfermedades. En este paso, los agricultores conocen y adoptan un paquete tecnológico para el

desarrollo y la multiplicación de su cultivo. Pueden existir tecnologías apropiadas para la especie. Se considera la posibilidad de acceso al mercado.

Paso 6: Los usuarios de este recurso seleccionan cualidades más específicas en la especie, como las características de procesamiento o cocción y de almacenamiento (vida de anaquel). Se toman en cuenta los conceptos de cantidad y calidad que son básicos para generar ingresos importantes de su cultivo. Finalmente, se seleccionan y generan variedades que respondan a las necesidades y/o preferencias del consumidor.

Finalmente, este tipo de metodología permite determinar el grado de manejo de una especie y explicar la variación de la especie en un tiempo concreto.

1.3 Agroecosistemas y ambientes

Desde su aparición el ser humano ha progresado en el campo cultural y tecnológico, sin embargo, biológicamente ha evolucionado poco ([Zimmermann, 1957](#)). Su desarrollo depende sustancialmente de los sistemas biológicos ([Maass y Martínez-Yrizar, 1990](#)). De tal manera que en el medio ecológico se refleja la forma de vida de los grupos humanos ([Ortega et al., 1991](#); [Sánchez et al., 2003](#)).

El ambiente es el medio donde el ser humano entabla sus relaciones y las modifica para satisfacer necesidades. De manera que el *ambiente* es un conjunto complejo de factores externos que determinan el curso y la existencia de los organismos en este ([Sánchez et al., 2003](#)). Por lo que es inherente abordar el tema de los ecosistemas y agroecosistemas como ambientes en los que interactúa la vainilla.

1.3.1 El concepto “ecosistema-agroecosistema” y su estructura

El *ecosistema* es un sistema funcional de organización y unidad estructural de la biosfera, con relaciones complementarias entre los organismos vivos y su ambiente. Se encuentra

delimitado por criterios arbitrarios tales como estar constituido por elementos bióticos y abióticos que interactúan hasta establecer mecanismos de retroalimentación y propiedades emergentes ([Maass y Martínez-Yrizar, 1990](#); [Sánchez et al., 2003](#); [Sans, 2007](#)).

Los ecosistemas también son ambientes dinámicos y cambiantes en el tiempo, los cuales son muy diversos y heterogéneos ([Maass y Martínez-Yrizar, 1990](#); [Sánchez et al., 2003](#)). Su estructura puede ser simple o compleja, y está organizada de manera jerárquica (individuo, población, comunidad y ecosistema). Existe un continuo de componentes y procesos interrelacionados que se intercalan a escalas espaciales y temporales. Cada uno de sus componentes puede estar en diferentes estados o situaciones, lo cual es producto de las interacciones que se dan entre los componentes ([Sánchez et al., 2003](#)).

Al considerar que los ecosistemas son sistemas naturales. Se plantea que los *agroecosistemas* son *ecosistemas semidomesticados* que han sufrido una transformación en sus redes tróficas, con el fin de dirigir su potencialidad en beneficio del hombre ([Montaldo, 1982](#); [Odum, 1984](#); [Ruiz, 2006](#)). Entonces, los agroecosistemas son producto de las interacciones tanto ecológicas como sociales, económicas, culturales y tecnológicas ([Maass y Martínez-Yrizar, 1990](#); [Gliessman, 2002](#); [Sarandón, 2002](#)). Tal es así que el enfoque y concepto en *agroecosistema* tiene sus bases epistémicas en el holismo y la teoría general de sistemas, propuesta por Bertalanffy (1976). El primero en acuñar este término fue Harper (1974). Aunque el concepto de *agroecosistema* ha sido utilizado acorde a su perspectiva de acción y objeto de estudio.

Los agroecosistemas presentan varias similitudes con los ecosistemas (procesos y estructura), pero lo que los diferencia son los procesos sociales ([Dávila y Bustillo, 2008](#); [Bustillos et al., 2009](#)). En los agroecosistemas, el ser humano es quien modifica, interviene, orienta y define la vegetación del lugar. También, regula la interceptación de la radiación solar e interfiere en la competencia intraespecífica a través de la densidad de plantas ([Altieri y Toledo, 2011](#)). Es así, que el hombre mantiene etapas sucesionales controladas y ejerce una dominación sobre los componentes y las interacciones

existentes. Finalmente, los agentes sociales son lo que definen las características de los agroecosistemas, y les asignan propósitos y objetivos ([Sarandón, 2002](#)). Sin embargo, en los agroecosistemas la diversidad es reducida en comparación con los ecosistemas. Las plantas que dominan son seleccionadas artificialmente y no por selección natural ([Odum, 1984](#)). De ahí la importancia de la relación sociedad-naturaleza.

1.3.2 La diversidad de plantas silvestres y cultivadas: Estudio de caso *V. planifolia*

V. planifolia es una orquídea tropical perenne de hábito hemiepífito, con tallo suculento, hojas sésiles y raíces adventicias aéreas en los nodos. Esta crece y florea en el dosel de la selva hasta alcanzar alturas de 10 a 20 metros; pero en los cultivos comerciales esta especie se mantiene a una baja altura para facilitar la polinización manual y la cosecha de las vainas. Se caracteriza por tener un metabolismo CAM ([Palama et al., 2010](#); [Sujatha y Bhat, 2010](#)).

V. planifolia pertenece a un linaje primitivo de la familia de las orquídeas, ha sido clasificada dentro de la subfamilia Vanilloideae, tribu Vanillieae, género *Vanilla* y subgénero *Xanata*. Se considera una especie Pantropical ([Soto Arenas, 1999, 2009](#); [Bory et al., 2008a](#); [Minoo et al., 2008b](#); [Bouetard et al., 2010](#); [Soto Arenas y Cribb, 2010](#)). Se distribuye de forma natural desde México hasta Costa Rica, y quizás en las Antillas; aunque se desconoce con certeza el centro de origen de esta especie. No obstante, se considera que es endémica de los bosques tropicales del este de México. Por lo cual, México se concibe como posible centro de origen ([Soto Arenas, 1999, 2009](#); [Besse et al., 2004](#); [Bory et al., 2008a](#)).

A pesar de que México se considera centro de domesticación, como ya se mencionó, aún se desconoce el sitio de origen e introducción del cultivo. Se tienen registros del siglo XVI que indican que la vainilla provenía de “Cuextlaxtlan”, que podría ser Cotaxtla en la planicie costera de Veracruz o Cuetzalan, Puebla. Sin embargo, otras crónicas del siglo XVI mencionan igualmente a Tabasco y a Oaxaca ([Soto Arenas, 1999](#)). No obstante, las primeras plantaciones registradas se establecieron en Papantla, en 1760 por los

indígenas totonacos; aunque antes de esta fecha eran colectadas de manera silvestre, en el sur de Veracruz y el norte de Oaxaca ([Soto Arenas, 2006](#); [Lubinsky et al., 2008](#)).

La domesticación inicio básicamente en los diferentes tipos de agroecosistemas, ubicados en la región del Totonacapan ([Curti, 1995](#); [Toussaint-Samat, 2002](#)). Durante los siglos XIX y XX, los totonacos empezaron a desarrollar el cultivo tradicional de vainilla en acahuales ([Soto Arenas, 2006](#)). Al final de la década de los 80's se establecieron plantaciones de vainilla en la zona chinanteca y mazateca de Oaxaca, con germoplasma nativo ([Soto Arenas, 1999](#)). Sin embargo, Soto Arenas ([2006](#)) afirmó que la vainilla no es una planta propiamente domesticada, ya que no existe evidencia alguna de haber sido manipulada genéticamente, ni diferenciación notable entre las plantas silvestres y cultivadas ([Bory et al., 2008b](#)).

La vainilla al ser ampliamente cultivada desde hace siglos en el norte de Veracruz y Puebla, es muy probable que hayan desaparecido sus poblaciones silvestres en estos lugares o haber sido llevadas a regiones cercanas como San Luis Potosí ([Soto Arenas, 2009](#)). Esta especie habita en las regiones húmedas tropicales de México, en climas cálidos húmedos con lluvia en verano y un rango de temperatura de 21 a 32°C. Se localiza desde el nivel del mar hasta una altitud de 1,500 msnm. Principalmente, se distribuye en la selva alta perennifolia de México, a lo largo de tres distintos manchones aislados unos de otros: a) el soconusco; b) la región norte de la Huasteca de San Luís, Puebla y el norte de Veracruz; y c) la región sur, la más extensa al sur de Veracruz, norte y noreste de Oaxaca, y el norte y noreste de Chiapas ([Soto Arenas, 1999](#); [Sujatha y Bhat, 2010](#)).

Con certeza, en México sólo han sido localizados 30 individuos silvestres en Oaxaca y zonas limítrofes de Veracruz y Chiapas ([Soto Arenas, 1999, 2009](#)); aunque en estudios recientes, Hernández-Ruiz ([2015](#)) y Hernández-Ruiz *et al.* ([2016](#)) localizaron 28 ejemplares silvestres en el noreste, sureste y oriente del estado de Oaxaca. A pesar de esto, la densidad demográfica de plantas silvestres es muy baja, pues es aproximadamente una planta por km² ([Soto Arenas, 1999](#); [Schlütter et al., 2007](#));

mientras en los cultivos se presenta una alta densidad de plantas que se empalman unas sobre otras ([Soto Arenas, 1999](#)).

En condiciones naturales, la vainilla es polinizada por hormigas, abejas meliponas y euglossa; ocasionalmente son visitadas por exeretes y colibríes. De esta manera, la producción de vainas silvestre es de 1 por cada 100 flores producidas ([Soto Arenas, 1999](#); [Lubinsky et al., 2006](#)). Empero, en los cultivos el sistema de reproducción dominante es la autopolinización, en la cual los agricultores llegan a sobrepasar el porcentaje de flores recomendadas para polinizar y en consecuencia, se incrementa hasta cerca del 20% con respecto a la polinización natural, es decir, existe una sobrepolinización ([Hernández, 2011](#)). Además, la polinización manual representa 40% del costo total del cultivo ([Sujatha y Bhat, 2010](#)). Por otra parte, es posible que la autopolinización incida en la endogamia y en la diferenciación local. Sin embargo, se desconoce si esta actividad participa en la generación de la diversidad y la estructura de esta especie ([Soto Arenas, 1999](#)).

La propagación de *V. planifolia* ha sido estrictamente vegetativa ([Kalimuthu et al., 2006](#); [Bory et al., 2008ab](#); [Janarthanam y Seshadri 2008](#); [Sasikumar, 2010](#); [Ab Raham et al., 2013](#)). Debido a esto, gran parte del pool genético secundario se generó de una limitada fuente clonal, mediante la reproducción asexual hasta disminuir su fuente de variación. Existen bajos niveles de heterocigosis ($H=0.000$ a 0.154), por lo cual, la variabilidad de esta especie es muy baja ([Soto Arenas, 1999](#); [Duval et al., 2006](#); [Minoo et al., 2006a](#); [Bory et al., 2008b](#); [Verma et al., 2009](#)). Además, Soto Arenas ([1999](#)) sugirió que se presentan altos niveles de endogamia, producto de la tasa de entrecruzamiento entre el flujo génico existente de clones. No obstante, parece ser que la endogamia juega un factor importante para la diferenciación genética entre los individuos de las poblaciones.

La variación genética es mayor en plantas silvestres provenientes de plantaciones recientes que en plantas cultivadas provenientes de plantas antiguas. Así, la mayor parte de la variación se encuentra en las comunidades indígenas y/o campesinas, especialmente en el norte de Oaxaca (Región Chinanteca y Mazateca) y entre los

ejidatarios del norte de Veracruz; aunque también existen individuos en regiones apartadas de Tabasco, este de Oaxaca y Chiapas que presentan variación ([Soto Arenas, 1999](#)).

En México se cultivan cuatro principales tipos morfológicos de *V. planifolia*: Mansa (dura o verde), Acamaya, Albomarginata y Oreja de Burro; los cuales difieren en su aspecto vegetativo y no se sabe si estos sean clones de la misma especie o híbridos ([Castillo y Engleman, 1993](#); [Soto Arenas, 2006](#); [Bory et al., 2008c](#); [Lubinsky, 2008](#)). La variación fenotípica en vainilla posiblemente sea por la acumulación de mutaciones puntuales somáticas ([Soto Arenas, 2009](#)). No se descarta la probable participación de la reproducción sexual, la cual pudo haber jugado un papel importante, en la aparición de la variación morfológica ([Bory et al., 2008a](#)).

Durante el cultivo de la vainilla, el ser humano ha jugado un papel importante en su dispersión y propagación ([Minoo et al., 2008b](#)). Por lo cual, se cuentan con registros de vainilla en los municipios de Tamazunchale, Tanjasnec y San Antonio, pertenecientes al estado de San Luis Potosí ([Soto Arenas, 2009](#)).

Ante todo esto, la vainilla es la primera orquídea americana ilustrada en el código Badiano (1552), denominada *Tlilixochitl* por los aztecas, *xanath* o *zacatanuxanath* por los totonacos; *Naxoton* por los mazatecos; *kon li gm* por los chinantecos y *Sisbic* por los mayas. Fue considerada por los aztecas y totonacos como un símbolo de los dioses y una planta sagrada, con usos rituales y medicinales. En la Nueva España y Europa tuvo un sentido de uso culinario y en menor grado empleado dentro de la farmacopea (aromaterapia). Entre 1789 y 1898 en Estados Unidos se empleó como afrodisiaco y estimulante aromático. Posteriormente se utilizó en la perfumería y en las industrias alimenticias como saborizante y aromatizante. Recientemente tiene usos en el ámbito biomédico como anticancerígeno, debido a sus propiedades mutagénicas y antimicrobianas ([Bythrow, 2005](#); [Minoo et al., 2008b](#)).

Finalmente, las principales áreas de cultivo a nivel mundial son Indonesia, Madagascar, Isla Comores, La Reunión, Uganda, Java, Filipinas, Papúa Nueva Guinea, Fiji, Jamaica y partes de la india Peninsular. Indonesia y Madagascar contribuyen con 90% de la producción mundial. Mientras Estados Unidos es el mayor consumidor de vainilla, seguido por Alemania, Francia, Canadá, Australia y Japón ([Sujatha y Bhat, 2010](#)).

1.3.3 Valoración de los ecosistemas: Sistemas biológicos de conservación

Al estudiar a la vainilla no se puede soslayar la función e interacción de ésta con su ecosistema natural, debido a que estos sistemas albergan el pool primario de *V. planifolia*. Así como la mutua relación que proporcionan los bienes y servicios del ecosistema al ser humano ([FAO, 1998](#); [SCBD, 2004](#)).

De esta manera, la diversidad biológica contenida en los ecosistemas brinda valores directos, indirectos, intrínsecos y extrínsecos a los grupos humanos ([SCDB, 2004](#)). Tan relevantes por la cantidad de interacciones complejas que emergen de las sinergias de los organismos, así como del valor de uso que les ha conferido el ser humano a las especies ([Noguera y Hernández, 2009](#)). Lo que constituye un componente integral de muchos ecosistemas considerados *sistemas biológicos de conservación primaria*.

Para esto es importante conservar los ecosistemas donde habita *V. planifolia* y así revertir la severa amenaza hacia su germoplasma ([Soto Arenas, 1999](#); [Grisoni et al., 2007](#)). Ya que la desvalorización de los ecosistemas concatena no sólo la pérdida de diversidad biológica sino también la cultural ([Gómez-Pompa y Dirzo, 1995](#); [Soto Arenas, 2006](#)).

Finalmente, los ecosistemas son la base primaria de la diversidad de las plantas cultivadas, las cuales dependen del medio ecológico, la tecnología y las demandas socioeconómicas de la población ([Ortega et al., 1991](#)).

1.4 El conocimiento

“Todos los hombres desean saber por naturaleza... la admiración y el asombro ha llevado a la búsqueda del conocimiento”
Aristóteles

El *conocimiento* es un término con un contenido semántico muy amplio. Por lo que en este escrito, se acotará al conocimiento no tan solo como el acto de aprehender espiritualmente un objeto, sino como el proceso psíquico que acontece en la mente de un hombre, producto del acto colectivo y social que comparte con muchos individuos para así entender el proceso de la variación morfológica del recurso genético de *Vanilla planifolia*. El conocimiento se ve como una forma en la que el sujeto puede anclarse en la realidad, lo cual representa una relación entre un sujeto y un objeto, por medio de aprehensiones inmediatas ([Hessen, 2011](#); [Villoro, 2013](#)), como en el conocimiento campesino.

1.4.1 ¿Cómo se construye el conocimiento?

En esencia, el proceso de conocimiento consiste en una relación dialéctica entre un sujeto cognoscente y un objeto de conocimiento, es decir, una aprehensión del sujeto por el objeto ([Hessen, 2011](#)). Desde otro punto de vista, esto se planteó no tan solo como una relación, sino como una identificación entre el objeto y el sujeto que permite estudiar tanto fenómenos naturales como culturales. Paralelamente se busca la explicación funcional y la comprensión de las culturas. Hasta discernir que el conocimiento es un proceso activo y social ([Piaget, 1975](#)).

Por consiguiente, el conocimiento no se circunscribe a un determinado espacio, sino se aprende en todos los contextos. A partir de conocer la propia identidad personal de los individuos; así como de conocer sus motivaciones, su desarrollo personal y social. El aprender a conocer permite entender a una sociedad cognitiva que está en constante interacción con la naturaleza y su entorno ([López y Matesanz, 2009](#)).

Conocer implica una presencia curiosa del sujeto frente al mundo, mediante la búsqueda constante y la reflexión crítica de uno sobre el acto mismo de conocer. De manera que el conocimiento es una construcción del ser humano, a partir de sus relaciones con el ser humano. La praxis social es sustancial para que el conocimiento se constituya, y continuamente sea inventado y recreado por el diálogo de los individuos ([Freire, 2013](#)). Es decir, el conocimiento se construye desde la interacción con el medio y se centra en el medio social para una reconstrucción interna ([Piaget, 1975](#); [Vigotsky, 1986](#)).

El ser humano construye el conocimiento a partir de la dialogicidad de los sujetos en torno al objeto cognoscible que le permite transitar a través de los niveles cognoscitivos y de acción. Para inventar y reinventar sobre sí mismo sus pensamientos, sus sentimientos, sus motivaciones y afectos. Los conocimientos no son una cuestión meramente teórica, sino de extraordinaria relevancia práctica que tiene que ver con otras personas y sus comportamientos ([López y Matesanz, 2009](#)).

En conclusión, el conocimiento es una construcción perpetua hecha de intercambios entre el organismo y el ambiente, desde el punto de vista biológico, y entre el pensamiento y su objeto, desde el punto de vista cognitivo. Es esencialmente colectivo y la vida social constituye uno de los factores principales para la formación de los conocimientos precientíficos y científicos ([Piaget, 1975](#)).

1.4.2 El valor del conocimiento

El conocimiento es un proceso cognoscitivo que constituye un recurso potencial poco reconocido y utilizado en la formación de un grupo humano. Es así que el conocimiento se transforma en un capital intelectual que interpreta e integra las relaciones entre las sociedades humanas y las plantas, con el fin de comprender y explicar los procesos.

Ciertamente, el conocimiento es constitutivo de toda la sociedad y es valioso en las sociedades humanas, porque les ha permitido organizarse, desarrollarse y relacionarse con su ambiente. Su valor no consiste exclusivamente en términos económicos ni en

intercambios dentro del mercado, sino que es valioso porque orienta a las decisiones y acciones humanas ([Olivé, 2005](#)).

Del mismo modo el conocimiento es una información valorada por determinados actores, que se proponen conocer y transformar su situación, a través de aprehender y re-aprehender la información que pueden incorporar en sus procesos y prácticas epistémicas, históricas, culturales o sociales. Lo fundamental es que el conocimiento sea valorado por los diferentes grupos sociales en función de sus intereses ([Olivé, 2005](#)).

El valor del conocimiento se vincula con la cosmovisión de cada grupo humano y con la manera de aprender de cada uno de sus individuos. Cada uno de sus individuos le asigna un valor al conocimiento con referencia a la relación que tiene con la naturaleza y su sentido de existencia. De hecho, el conocimiento tiene ciertamente un valor de uso para los usuarios y otro para la sociedad ([David y Foray, 2002](#)). En este sentido es que se plantea al conocimiento como un agente trascendente en la construcción de los recursos genéticos.

1.5 LITERATURA CITADA

- Ab Rahman, Z., Kamarulzaman, H. F., Othman, A. N., Wan Sembok, W. Z., Che Mohd, Z C., Zainal, Z., Subramaniam, S. (2013). A simple and efficient protocol for the mass propagation of *Vanilla planifolia*. *American Journal of plant sciences*. 4: 1685-1692.
- Ackerman, J. D., Morales, M., Tremblay, R. (2011). Darwin's orchids: their variation, plasticity and natural selection. *Lankesteriana*. 11(3): 179-184.
- Adéoti, K., Dansi, A., Ahoton, L., Kpèki, B., Ahohuendo, B. B., Ahanchédé, A., Vodouhè, R., Hounhouigan, J. D., Sanni, A. (2009). Selection of sites for the *in situ* conservation of four traditional leafy vegetables consumed in Benin. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*. 3(6): 1357-1374.
- Altieri, M. A., Toledo, V. M. (2011). The agroecological revolution of Latin America: rescuing nature, securing food sovereignty and empowering peasants. *The Journal of Peasant Studies*. 38(3): 587-612.

- Andrade, E. (2006). Más allá de la dualidad “genotipo-fenotipo”. Complejidad y autorreferencia. *Ludus Vitalis*. Vol. XIV (25): 3-23. In: http://www.ludusvitalis.org/textos/25/25_andrade.pdf
- Arroyo, C. G. (2007). Variación morfométrica de *Neobuxbaumia mezcalensis* y *N. multiareolata* (Pachycereae, Cactaceae). Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados, campus Montecillo. Texcoco. Edo. De México. 2-5 pp.
- Barahona, A., Suárez, E., Martínez, S (compiladores). (2004). Filosofía e historia de la biología. UNAM. México, D.F. ISBN 968-36-9343-1. 339-340 pp.
- Begon, H., Harper, J. L., Townsed, L. R. (1990). *Ecología: Individuos, poblaciones y comunidades*. 2nd. Blackwell scientific.
- Bernal, C. S. J. (2006). Clonación: Un fundamento evolucionista de los principios de dignidad e igualdad frente a la técnica de la clonación de seres humanos con fines reproductivos. *Revista de Derecho, Universidad del Norte*, No. 26: 17-60, Barranquilla. ISSN: 0121-8697.
- Berreta, A., Rivas, M. (2001). Estrategia en recursos fitogenéticos para los países del Cono Sur. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. Uruguay, Montevideo. ISBN: 92-9039-512-5. 27, 96 pp.
- Besse, P., Da Silva, D., Bory, S., Grisoni, M., Le Bellec, F., Duval, M-F. (2004). RAPD genetic diversity in cultivated Vanilla: *Vanilla planifolia*, and relationships with *V. tahitensis* and *V. pompona*. *Plant Science*. 167: 379-385.
- Boege, S. E. (2008a). Centros de origen, pueblos indígenas y diversificación del maíz. *Revista Ciencias UNAM*. 92-93: 18-28.
- Boege, S. E. (2008b). El patrimonio biocultural de los pueblos indígenas de México. Hacia la conservación *in situ* de la biodiversidad y agrobiodiversidad en los pueblos indígenas. Instituto Nacional de Antropología e Historia: Comisión Nacional de los pueblos Indígenas, ISBN: 978-968-03-0385-4. 158 pp.
- Bory, S., Grisoni, M., Duval, M-F., Besse, P. (2008a). Biodiversity and preservation of vanilla: present state of knowledge. *Genetic Resources Crop Evolution*. 55: 551-571.
- Bory, S., Da Silva, D., Risterucci, A. M., Grisoni, M., Besse, P., Duval, M-F. (2008b). Development of microsatellite markers in cultivated Vanilla: polymorphism and transferability to other Vanilla species. *Scientia Horticulturae*. 115: 420-425.

- Bory, S., Lubinsky, P., Risterucci, A. M., Noyer, J. L., Grisoni, M., Duval, M-F., Besse, P. (2008c). Patterns of introduction and diversification of *Vanilla planifolia* (Orchidaceae) in Reunión Island (Indian Ocean). *American Journal of Botany*. 95(7): 805-815.
- Bouetard, A., Lefeuvre, P., Gigant, R., Bory, S., Pignal, M., Besse, P., Grisoni, M. (2010). Evidence of transoceanic dispersion of the genus *Vanilla* base on plastid DNA phylogenetics analysis. *Molecular Phylogenetics and Evolution*. 55: 621-630.
- Briggs, D. (1969). *Plant variation and evolution*. Mc Graw Hill New York.
- Bustillos, L., Martínez, J. P., Osorio, F., Salazar, S., González, I., Gallardo, F. (2009). Grado de sustentabilidad del desarrollo rural en productores de subsistencia, transicionales y empresariales, bajo un enfoque autopoiético. *Revista Científica FCV-LUZ*. 19(6): 650- 658.
- Buxadé, C. C. (1995). *Zootecnia bases de la producción animal*. Tomo IV: Genética, patología, higiene y residuos animales. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. ISBN: 84-7114-568-5. 38-40 pp.
- Bythrow, D. J. (2005). Vanilla as a medicinal plant. *Seminars in Integrative Medicine*. 3: 129-131.
- Casas A., Caballero, J., Valiente-Banuet, A. (1999). Morphological variation and process of domestication of *Stenocereus stellatus* (Cactaceae) in the Tehuacan Valley, Central Mexico. *Journal of Arid Environments*. 60: 115-132.
- Casas, A., Cruse-Sanders, J., Morales, E., Otero-Arnaiz, A., Valiente-Banuet, A. (2006). Maintenance of phenotypic and genotypic diversity in managed populations of *Stenocereus stellatus* (Cactaceae) by indigenous peoples in Central Mexico. *Biodiversity and Conservation*. 15: 879-898.
- Casas, A., Otero, A. A., Pérez, N. E., Valiente-Banuet, A. (2007). *In situ* management and domestication of plants in Mesoamerica. *Annals of Botany*. 100: 1101-1115.
- Castillo, M. R., Engleman, M. E. (1993). Caracterización de dos tipos de *Vanilla planifolia*. *Acta Botánica Mexicana*. 25: 49-59.
- Cervera, E., Madrigal, R. (1981). *In vitro* propagation (*Vanilla planifolia* A.). *Environmental and Experimental Botany*. 21: 441 (abstr.).
- Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB). (1992). Naciones unidas. *In*: <https://www.cbd.int/doc/legal/cbd-es.pdf> Consultado: 2 de Enero del 2014

- Curti, D. E. (1995). Cultivo y beneficiado de la vainilla. Fondo Regional de Solidaridad del Totonacapan, Papantla, Veracruz, México.
- Dansi, A., Adjatin A., Adoukonou-Sagbadja, H., Faladé, V., Adomou, A.C., Yedomonhan, H., Akpagana, K., Foucault de B. (2009). Traditional leafy vegetables in Benin: folk nomenclature, species under threat and domestication. *In: Vodouhè, R., Dansi, A., Avohou, H. T., Kpèki, 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.
- Darwin, C. (1859). El origen de las especies. *In: El origen de las especies*. 1999. Editores Mexicanos Unidos S. A. México. ISBN 968-15-1044-5.
- Darwin, C. (1868). La variación de los animales y las plantas bajo domesticación. Tomo I. Traducción de Armando García González. UNAM, 2008. 24-56 pp.
- David, P. A., Foray, D. (2002). Una Introducción a la economía y a la sociedad del saber. *In: Revista Internacional de Ciencias Sociales. La sociedad del conocimiento*. 171.
- Dávila, M. JP. , Bustillo, G. L. (2008). La autopoiesis social del desarrollo sustentable. *Interciencia*. 35(3): 223-229.
- Dawkins, R. (1976). The Selfish gene. Oxford University Press. *In: Andrade, E.* (2006). Más allá de la dualidad “genotipo-fenotipo”. Complejidad y autorreferencia. *Ludus Vitalis*. Vol. XIV (25): 3-23.
- Donoso, P. (2002). Structure and growth in coastal evergreen forest as the bases for uneven-aged silviculture in Chile. *In: Donoso, C., Premoli, A., Gallo, L., Ipinza, R.* (Ed) (2004). Variación Intraespecífica en las especies arbóreas de los bosques templados de Chile y Argentina. Editorial Universitaria. 360 pp.
- Donoso, C., Premoli, A., Gallo, L. Ipinza, R. (2004). Variación Intraespecífica en las especies arbóreas de los bosques templados de Chile y Argentina. Ed. Universitaria, S. A. Primera Edición. ISBN 956-11-1702-9, 25-26 pp.
- Domingues, O.S.O., Meneses, S. R., Aparecida, B. A., Scherwinski, P. J. E. (2013). A new procedure for *in vitro* propagation of Vanilla (*Vanilla planifolia*) using a double-phase culture system. *Scientia Horticulturae*. 161: 204-209.

- Duval, M-F., Bory, S., Andrzejewski, S., Grisoni, M., Besse, P., Causse, S., Charon, C; Dron, M., Odoux, E., Wong, M. (2006). Diversité génétique des vanilliers Dans leurs zones de dispersion secondaire. Les Acts du BRG. 6: 181-196.
- Elias, M., Santos, M. G., McKey, D., Roa, A. C., Tohme, J. (2004). Genetic diversity of traditional South American landraces of Cassava (*Manihot esculenta* Crantz): An Analysis using microsatellites. Economic Botany. 58(2): 242-256.
- Estrella, J., Manosalvas, R., Mariaca, J., Ribadeneira, M. (2005). Biodiversidad y recursos genéticos: una guía para su uso y acceso en el ecuador. EcoCiencia, INIAP, MAE y Abya Yala. Quito, Ecuador. ISBN: 9978-22-533-1. 20-27 pp.
- Fabian, D., Flatt, T. (2012). Life history evolution. Nature Education Knowledge. 3(10): 24.
- Falconer, D. S (1989). Introduction to quantitative genetics. 3 ed. Harlow, G. B. Longman Scientific and Technical. 483 pp.
- FAO (1998). Taller técnico internacional organizado por la FAO y la Secretaría del Convenio sobre la diversidad biológica con el apoyo del Gobierno de los Países bajos. FAO Roma, 2-4 de Diciembre de 1998. In: www.fao.org/biodiversity
- FAO (2004). Tratado Internacional sobre los Recursos Genéticos de las plantas. In: <http://www.fao.org/newsroom/es/news/2004/47027/index.html>
- FAO (2013). Recursos genéticos y su diversidad. In: www.fao.org/ag/cgrfa/news.htm
- Franco, T. L., Hidalgo, R (eds). (2003). Análisis estadísticos de datos de caracterización morfológica de recursos fitogenéticos. Boletín técnico no. 8. Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos (IPGRI). Cali, Colombia. ISBN 92-9043-543-7. 89 pp.
- Freire, P. (2013). ¿Extensión o comunicación? Edit. Siglo Veintiuno, tercera reimpression. ISBN 978-968-23-1695-1. 19-23 pp.
- García, B. E., Meneguz, M. (2012). Estructura de las escamas ventrales de las alas de *Coenonympha* Hübner, [1819], con especial referencia a *C. pamphilus* (L., 1758) y su morfotipo *lyllus* (Esper, 1805) (Lepidoptera: Nymphalidae) SHILAP Revista de Lepidopterología. 40(159): 279-293. ISSN: 0300-5267
- Geetha, S., Shetty, A. (2000). In vitro propagation of *Vanilla planifolia*, a tropical orchid. Current Science. 79(6): 886-889.

- George, P. S., Ravishankar, G. A. (1997). *In vitro* multiplication of *Vanilla planifolia* using axillary bud explants. Plant Cell Reports. 16: 490-494.
- George, E. F., Hall, M. A., De Klerk, G-J. (2008). Plant Propagation by Tissue Culture 3rd Edition: Volume 1. The Background. Springer, Germany. 508 pp.
- Gepts, P. (2004). Crop domestication as a long-term selection experiment. *In*: Hernández-López, V. M., Vargas-Vázquez, M. P., Muruaga-Martínez, J. S., Hernández-Delgado, S. J., Mayek, P. N. (2013). Origen, domesticación y diversificación del frijol común. Avances y perspectivas. Revista Fitotecnia Mexicana. 36(2): 95-104.
- Gepts, P. (2006). Plant genetic resources conservation and utilization: the accomplishments and future of a societal insurance policy. Crop Science. 46: 2278-2292.
- Gianoli, E., Valladares, F. (2012). Studying phenotypic plasticity: the advantages of a broad approach. Biological Journal of the Linnean Society. 105: 1-7.
- Giridhar, P., Obul, B., Ravishankar, G. A. (2001). Silver nitrate influences *in vitro* shoot multiplication and root formation in *Vanilla planifolia* Andr. Current Science. 81(9):1166-1170.
- Giridhar P., Ravishankar, G. A. (2004). Efficient micropropagation of *Vanilla planifolia* Andr. under influence of thidiazuron, zeatin and coconut milk. Indian Journal of Biotechnology. 3(1): 113–118.
- Gliessman, S. (2002). El concepto de agroecosistemas. *In*: Introducción a la Agroecología. McGraw Hill. 17-28 pp.
- Gómez-Pompa, A., Dirzo, R. (1995). Reflexiones sobre la conservación de la naturaleza en México. *In*: Las reservas de la biosfera y otras áreas naturales protegidas de México. SEMARNAT y CONABIO. México, D. F. 159 pp.
- González, De Castro. I. (2006). Estudio del mantenimiento del polimorfismo en larvas de *Ischnura graellsii* Rambur, 1842 (Odonata: Coanagrionidae). Tesis de licenciatura. Departamento de Ecología y Biología Animal. Universidad de Vigo. 6 pp.
- Grisoni, M., Moles, M., Besse, M., Bory, P., Duval, M-F., Kahane, R. (2007). Towards an international plant collection to maintain and characterize the endangered genetic resources of Vanilla. Acta Horticulturae. 760: 83-91.
- Henderson, J. A. (2004). A multivariate analysis of *Hyospathe* (Palmae). American Journal of Botany. 9(16): 953-965.

- Hernández, H. J. (2011). Programa estratégico para el desarrollo rural sustentable de la región sur-sureste de México: Trópico húmedo 2011. Paquete tecnológico Vainilla (*Vanilla planifolia* Jackson). SAGARPA-INIFAP. Tlapacoyan, Veracruz. 1-26 pp.
- Hernández, V. AE. (2013). Caracterización morfológica de recursos fitogenéticos. Revista Bio Ciencias. 2(3): 113-118. ISSN 2007-3380.
- Hernández, S. N. (2014). Análisis de la variación infraespecífica de *Vanilla insignis* Ames bajo el enfoque de recursos genéticos. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados, campus Puebla. 1-72 pp.
- Hernández-Ruiz, J. (2015). Caracterización del pool genético silvestre de *Vanilla planifolia* G. Jack. (Orchidaceae) en Oaxaca. Tesis doctoral. Colegio de Postgraduados de Chapingo, campus Puebla. 1-117 pp.
- Hernández-Ruiz, J., Herrera-Cabrera, B. E., Delgado-Alvarado, A., Salazar-Rojas, V. M., Bustamante-González, A., Campos-Contreras, J. E., Ramírez-Juárez, J. (2016). Distribución potencial y características geográficas de poblaciones silvestres de *Vanilla planifolia* (Orchidaceae) en Oaxaca, México. Revista de Biología Tropical. 64(1): 235-246
- Herrera-Cabrera., B. E., Castillo-González, F., Sánchez-González, J. J., Ortega-Paczka, R., Goodman, M. M. (2000). Caracteres morfológicos para valorar la diversidad entre poblaciones de maíz en una región: caso la raza Chalqueño. Revista Fitotecnia Mexicana. 23: 335-354.
- Herrera-Cabrera. B. E., Salazar-Rojas, V. M., Delgado-Alvarado, A. Campos-Contreras, J. E., Cervantes-Vargas, J. (2012). Use and conservation of *Vanilla planifolia* J in the Totonacapan Region, Mexico. European Journal of Environmental Sciences. 2(1): 43-55.
- Herrera-Cabrera, B. E. (Ed) (2013). Estrategia de Investigación aplicada para el fortalecimiento, innovación y competitividad de la producción de vainilla en México. Informe Técnico no. 1. Proyecto 2012-04-190442 SAGARPA-CONACYT. Colegio de Postgraduados, Campus Puebla. Puebla. México 50 pp.
- Hessen, J. (2011). Teoría del conocimiento. Ed. Porrúa, Decima sexta edición, México. D.F. ISBN 970-07-7285-3. 15, 20, 21, 44, 46, 60 pp.
- Hornung, L. C., Sosa, V. (2006). Morphological variation in *Puya* (Bromeliaceae): an allometric study. Plant Systematic and Evolution. 256: 35-53.

- Janarthanam, B., Seshadri, S. (2008). Plantlet regeneration from leaf derived callus of *Vanilla planifolia* Andr. *In vitro* cellular & Developmental Biology-Plant. 44: 84-89.
- Johnson, D. E. (1998). Métodos multivariados aplicados al análisis de datos. Editorial Internacional Thomson. México, D. F. 93-146 pp.
- Kalimuthu, K., Senthilkumar, R., Murugalatha, N. (2006). Regeneration and mass multiplication of *Vanilla planifolia* Andr. – a tropical orchid. *Current Science*. 91(10): 1401-1403.
- Keiper, F., McConchie, R. (2001). Morphological variation among *Sticherus flabellatus* (Gleicheniaceae) populations of the Sydney región. *Australian Journal of Botany*. 49: 89-105.
- Keppler, J. H. (1999). La obtención del valor total de la biodiversidad a través de la mezcla de instrumentos. *In: Economía de la Biodiversidad, memoria del seminario internacional de la Paz*, BCS. Instituto Nacional de Ecología-SEMARNAP. ISBN 968-817-279-9.
- Kononowicz, H., Janick, J. (1984). *In Vitro* propagation of *Vanilla planifolia*. *Horticultural Science*. 19(1): 58-59.
- Krishnamurthy, L., Sahagún, C. J. (1991). Recursos fitogenéticos su conservación para un desarrollo sostenible. Universidad Autónoma de Chapingo. 13-50 pp.
- Lacadena, J. R. (1995). La clonación: Aspectos científicos y éticos. *Revista de Derecho y Genoma Humano*, No. 5. Bilbao. 213 pp.
- Lee-Espinosa, H. E., Murguía-González, J., García-Rosas, B., Córdova-Contreras, A. L., Laguna-Cerda, A., Barahona-Pérez, L., Iglesias-Andreu, L. (2008). *In vitro* clonal propagation of Vanilla (*Vanilla planifolia* Andrews). *HortSciencie*. 43(2): 454-458.
- López-Mata, L. (1987) Genecological differentiation in provenances of *Brosimum alicastrum*: A tree of moist tropical forests. *Forest Ecology and Management*. 21: 197-208.
- López-Santiago, J., Nieto-Ángel, R., Barrios-Priego, A., Rodríguez-Pérez, E., Colinas-León, M., Borys, M. V., González-Andrés, F. (2008). Selección de variables morfológicas para la caracterización del tejocote (*Crataegus spp*). *Revista Chapingo, serie Horticultura*. 14(2): 97-111.
- López, A. C., Matesanz, B. M. (Eds). (2009). Las plataformas de aprendizaje: del mito a la realidad. Madrid. Biblioteca Nueva. ISBN 978-84-9742-944-3 258 pp.

- Lubinsky, P., Van Dam M., Van Dam A. (2006). Pollination of *Vanilla* and evolution in Orchidaceae. *Lindleyana*. 75: 926–929.
- Lubinsky, P. Cameron, K. M., Molina, M. C., Wong, M., Lepers-Andrzejewski, S., Gómez-Pompa, A., Kim, S-C. (2008). Neotropical roots a Polynesian spice: The hybrid origin of Tahitian Vanilla, *Vanilla tahitensis* (Orchidaceae). *American Journal of Botany*. 95(8): 1040-1047.
- Luna-Morales, C. C., Aguirre, J., J. R. (2001). Variación morfológica del fruto y domesticación de *Stenocereus pruinosus* y *S. stellatus* en la Mixteca Baja, México. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 24(2): 213-221.
- Maass, J. M., Martínez-Yrizar, A. (1990). Los ecosistemas: definición, origen e importancia del concepto. *CIENCIAS, especial*. 4: 10-20.
- Malabadi, R. B., Nataraja, K. (2007). Genetic Transformation of *Vanilla planifolia* by *Agrobacterium-tumefaciens* Using Shoot Tip Section. *Research Journal of Botany*. 2(2): 86-94.
- Mather, A. (1953). Afforestation: policies, planning and progress. *In: Variación Intraespecífica en las especies arbóreas de los bosques templados de Chile y Argentina* (Donoso *et al.*, 2004). Ed. Universitaria, S. A. Primera Edición. ISBN 956-11-1702-9, 25-26 pp.
- Martín, I. A., Molina, M. E. (2006). Polimorfismo farmacéutico. *OFFARM*. 25(8): 94-100 pp. *In: http://apps.elsevier.es/watermark/ctl_servlet?f=10&pident_articulo=13094132&pident_usuario=0&pident_revista=4&fichero=4v25n08a13094132pdf001.pdf&ty=149&accion=L&origen=doymafarma&web=www.doymafarma.com&lan=es*
- Mayr, E. (1986). *Especies animales y evolución*. Universidad de Chile y Ediciones Ariel, S. A. 28 pp.
- Minoo, D. (2002). Seedling and somaclonal variation and their characterization in Vanilla. *In: Minoo, D., Nirmal, K. B., Peter, K. V. (2006). Conservation of Vanilla species, in vitro. Scientia Horticulturae*. 110: 175-180.
- Minoo, D., Nirmal, B. K, Peter, K. V. (2006a). Conservation of *Vanilla* species, *in vitro*. *Scientia Horticulturae*. 110: 175-180.
- Minoo, D., Nirmal, B. K., Ravindran, P. N., Peter, K. V. (2006b). Interspecific hybridization in Vanilla and molecular characterization of hybrids and selfed progenies using RAP and AFLP markers. *Scientia Horticulturae*. 108: 414-422.

- Minoo, D., Geetha, P. S., Nirmal, B. K., Peter, K. V. (2008a). Isolation and fusion of protoplasts in *Vanilla* species. *Current Science*. 94(1): 115-120.
- Minoo, D., Jayakumar, V. N., Veena, S. S., Vimala, J., Basha, A., Saji, K. V., Nirmal, B. K., Peter, K. V. (2008b). Genetic variations and interrelationships in *Vanilla planifolia* and few related species as expressed by RAPD polymorphism. *Genetic Resources Crop Evolution*. 55: 459-470.
- Mizianty, M. (2006). Variability and structure of natural populations of *Hordeum murinum* L. based on morphology. *Plant Systematics and Evolution*. 261(1): 139-150.
- Mondolfo, R. (1981). Heráclito: textos y problemas de su interpretación. Edit. Siglo XXI. México. 109-126 pp.
- Montaldo, P. (1982). Agroecología del Trópico Americano. ILCA: Serie de libros y materiales educativos. San José, Costa Rica. ISBN 92-9039-035-2.
- Morrissey, B. M., Walling, A. C., Wilson, J. A., Pemberton, M. J., Clutton-Brock, H. T., Kruuk, L. E. (2012). Genetic analysis of life history constraint and evolution in a wild ungulate population. *The American Naturalist*. 179(4): E97-E114.
- Myster, R. W. (2005). Ecotypic differentiation and plant growth in the Luquillo Mountains of Puerto Rico. *Journal of Tropical Forest Science*. 17: 169-169.
- Naranjo, J. E., Dirzo, R. (2009). Impacto de los factores antropogénicos de afectación directa a las poblaciones silvestres de flora y fauna. *In: Capital natural de México, Vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio*. CONABIO. MÉXICO. 247-276 pp.
- Noguera, S. R., Hernández, M. V. R. (2009) Variación: el universo infinito de las entidades biológicas. *Revista Digital Universitaria [en línea]* Vol. 10, No. 6 [Consultada: 11 de febrero de 2014]. *In: <http://www.revista.unam.mx/vol.10/num6/art35/int35.htm>* ISSN: 1607-6079.
- Odum, E. P. (1984). Properties of agroecosystems. *In: Chapter 2: Agroecology and agroecosystems* (Madison W.I., (Ed) 2004). American Society of Agronomy. 19-30 pp.
- Oliva, V. R., Vidal, T. J. M. (2006). El genoma humano: nuevos avances en investigación diagnóstico y tratamiento. Ed. De la Universitat de Barcelona. ISBN: 84-475-3035-33. 24 pp.
- Olivé, L. (2005). La cultura científica y tecnológica en el tránsito a la sociedad del conocimiento. *Revista de la Educación Superior*. Vol. XXXIV (4), núm.136:49-63.

- Ortega, P., Palomino, R. G., Castillo F. G., González, V. A., Livera, M. M (Eds). (1991). Avances en el estudio de los recursos fitogenéticos de México. SOMEFI. Chapingo. México. 32- 141 pp.
- Otieno, F. D. Balkwill, K., Paton, J. A. (2006). A multivariate analysis of morphological variation in the *Hemyzygia bracteosa* complex (Lamiaceae, Ocimeae). *Plant Systematics and Evolution*. 261: 19-38.
- Palama, L. T., Fock, I., Choi, Y. H., Verpoorte, R., Kodja, H. (2010). Biological variation of *Vanilla planifolia* leaf metabolome. *Phytochemistry*. 71: 567-573.
- Parra, F., Casas, A., Peñaloza-Ramírez, J. M, Cortés-Palomec, A. C., Rocha, R. V., González Rodríguez, A. (2010). Evolution under domestication: ongoing artificial selection and divergences of wild and managed *Stenocereus pruinosus* (Cactaceae) populations in the Tehuacan Valley, Mexico. *Annals of Botany*. 106: 483-496.
- Philip, V. J., Nainar, S. A. Z. (1986). Clonal propagation of *Vanilla planifolia* (Salisb.) Ames using tissue culture. *Journal of Plant Physiology*. 122: 211-215.
- Philip, V. J., Nainar, S. A. Z. (1988). *In vitro* transformation of root meristem to shoot and plantlets in *Vanilla planifolia*. *Annals of Botanic*. 61: 193–199.
- Piaget, J. (1975). *Biología y conocimiento*. Ed. Siglo Veintiuno. México, D.F. 15-91 pp.
- Pleasants, M. J., Wendel, F. J. (1989). Genetic diversity in a clonal narrow endemic, *Erythronium propullans*, and in its widespread progenitor, *Erythronium albidum*. *American Journal of Botany*. 76(8): 1136-1151.
- Premoli, A. C., Acosta, M. C., Mathiasen, P., Donoso, Z. C. (2012). Variación genética en *Nothofagus* (subgénero *Nothofagus*). *Bosque (Valdivia)*. 33(2): 115-125.
- Ransom, C. V., Kells, J. J., Wax, L. M., Orfanedes, M. S. (1998). Morphological variation among hemp dogbane (*Apocynum cannabinum*) populations. *Weed Science*. 45: 71-75.
- Rodríguez, M. J., Guillén, S., Casas, A. (2013). Consecuencias de la domesticación de *Stenocereus stellatus* en el tamaño de las semillas y en la germinación en un gradiente de estrés hídrico. *Botanical Sciences*. 91(4): 485-492.
- Ruiz, O. (2006). Agroecología: Una disciplina que tiende a la transdisciplina. *Interciencia*. 31(2): 140-145.

- Salazar-Rojas, V. M. (2011). Estrategia de uso y conservación del germoplasma de *Vanilla planifolia* Jack. En la región Totonacapan Puebla-Veracruz. Tesis doctoral. Colegio de Postgraduados de Chapingo, campus Puebla. 1-213 pp.
- Salazar-Rojas, V. M., Herrera-Cabrera, B. E., 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 región. Genetic Resources Crop Evolution. 59(5): 875-887.
- Sánchez, O., Vega, E., Peters, E., Monroy-Vichis, O (Ed). (2003). Conservación de ecosistemas templados de montaña en México. INE. México. ISBN 968-817-610-9. 119-120 pp.
- Sans, X. F. (2007) La diversidad de los agroecosistemas. Ecosistemas. 16(1): 44-49.
- Santos del Blanco, L., Notivol, E., Zas, R., Chambel., M. R., Majada, J., Climent, J. M. (2010). Variation of early reproductive allocation in multi-site genetic trials of Maritime pine and Aleppo pine. Forest Systems. 19(3): 381-392.
- Sarandón, S. J. (2002). El desarrollo y uso de indicadores para evaluar la sustentabilidad de los agroecosistemas. *In*: Sarandón, S.J. (Ed). Agroecología. El camino hacia una agricultura sustentable. Ediciones Científicas Americanas. 393-414 pp.
- Sasikumar, B. (2010). Vanilla breeding-a review. Agricultural Reviews. 31(2): 139–144.
- Schlütter, P. M., Soto Arenas, M. A., Harris, S. A. (2007). Genetic variation in *Vanilla planifolia* (Orchidaceae). Economic Botany. 61(4): 328–336.
- Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica (SCDB) (2004). Enfoque por ecosistemas, 50 p. (Directrices del CDB). ISBN 92-9225-025-6 (.pdf)
- Shoettle, A. W., Rochelle, S. G. (2000). Morphological variation of *Pinus flexilis* (Pinaceae), a bird-dispersed pine, across a range of elevations. American Journal of Botany. 87: 1797-1806.
- Solari, A. J. (2007). Genética humana: fundamentos y aplicaciones en medicina. 3ª ed. Médica Panamericana. Buenos Aires, Argentina. ISBN 978-950-06-2021-5. 15-16 pp.
- Solbrig, O. T. (1970). Principles and methods of plant biosystematics. *In*: Donoso, C., Premoli, A., Gallo, L. Ipinza, R. (2004). Variación Intraespecífica en las especies arbóreas de los bosques templados de Chile y Argentina. 45-52 pp.

- Soto Arenas, M. A. (1999). Filogeografía y recursos genéticos de las vainillas de México. Instituto Chinoín AC. Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. J101. México D. F. 1-10, 106 pp.
- Soto Arenas, M. A. (2006). La vainilla: retos y perspectivas de su cultivo. CONABIO. Biodiversitas. 66: 1-9.
- Soto Arenas, M. A. (2009). Recopilación y análisis de la información existente sobre las especies mexicanas del género *Vanilla*. Reporte intermedio, junio 2009. Instituto Chinoín, A. C. México. 76 pp.
- Soto Arenas, M. A. & Cribb, P. (2010). A new infrageneric classification and synopsis of the genus *Vanilla* Plum ex Mill. (Orchidaceae: Vanillinae). Lankesteriana. 9(3): 355-398.
- Sujatha, S., Bhat, R. (2010). Response of Vanilla (*Vanilla planifolia* A.) intercropped in arecanut to irrigation and nutrition in humid tropics of India. Agricultural water management. 97: 988-994.
- Sultan, E. S., Spencer G, H. (2002). Metapopulation structure favors plasticity over local adaptation. American Naturalist. 160(2): 271-283.
- Sultan, E. S. (2003). Phenotypic plasticity in plants: a case study in ecological development. Evolution and Development. 5(1): 25-33.
- Systema, K. J., Schaal, B. A. (1985). Phylogenetics of the *Lisianthus skinneri* (Gentianaceae) species complex in Panama utilizing DNA restriction fragment analysis. Evolution. 39: 594-608.
- Toussaint-Samat, M. (2002). La vainilla en México, una tradición con un alto potencial. Claridades Agropecuarias, No. 101. SAGARPA, México D. F.
- Turesson, G. (1922). The species and the variety as ecological units. Hereditas. 3: 341-350.
- Turrialba, C. R. (1995). Mejoramiento forestal y conservación de recursos genéticos forestales. Ed. CATIE-Danida Forest Seed Centre. ISBN 9977-57-214-3. 3-4 pp.
- Urbano, T., Lodeiros, C., De Donato, M., Acosta, V., Arrieche, D., Núñez, M., Himmelman, J. (2005). Crecimiento y supervivencia de los mejillones *Perna perna*, *Perna viridus* y de un morfotipo indefinido bajo cultivo suspendido. Ciencias marinas. Septiembre. 517-528.
- Valenzuela, C. Y. (2005). Ética científica de la clonación humana. Revista Médica de Chile. 133(1): 105-112. ISSN 0034-9887.

- Valladares, F., Gianoli, E., Gómez, J. M. (2007). Ecological limits to plant phenotypic plasticity. *New Phytologist*. 176: 749-763.
- Verma, C. P., Chakrabarty, B., Narayan Jena, S. Mishra, D. J., Singh, K. P., Sawant, V. S., Tuli, R. (2009). The extent of genetic diversity among *Vanilla* species: comparative results for RAPD and ISSR. *Industrial Crops and Products*. 29: 581-589.
- Vigotsky, L. (1986). *Pensamiento y lenguaje*. Ed. Paidós. Barcelona, España. ISBN 978-84-493-2935-7.
- Villoro, L. (2013). *Creer, saber y conocer*. Ed. Siglo veintiuno, decimosexta reimpresión. México, D.F. ISBN 978-968-23-1694-4. 11, 18, 21, 200 pp.
- Vodouhè, R., Dansi, A., Avohou, H. T., Kpèki, 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.
- Waddington, C. H. (1956). Genetic assimilation of the Bithorax Phenotype. *Evolution*. 10(1): 1-13.
- Weismann, A. (1892). *In*: Puig-Samper, M. A (1992). *Historia de la ciencia y de la técnica. Darwinismo y antropología en el Siglo XIX*. Ed. Akal. Madrid, España. 44-47 pp.
- Williams, D. G., Mark, R. N., Black, R. A. (1995). Ecophysiology of introduced *Pennisetum setaceum* on Hawaii: the role of phenotypic plasticity. *Ecology*. 76(5): 1569-1580.
- Wright, J. W. (1964). *Mejoramiento genético de los árboles forestales*. FAO: Estudio de silvicultura y productos forestales. Roma. 16: 52-69.
- Zimmermann, W. E. (1957). *Recursos e industrias del mundo*. FCE. México, D.F. pp: 15-34.
- Zobel, B. J., Van Buijtenen, J. P. (1989). *Wood variation; its causes and control*. Springer-Verlang. New York.

CAPÍTULO 2. DISTRIBUCIÓN ACTUAL DEL GERMOPLASMA SILVESTRE Y CULTIVADO DE *Vanilla planifolia* JACKS. EX ANDREWS (ORCHIDACEAE) EN LA REGIÓN HUASTECA DE SAN LUIS POTOSÍ, MÉXICO

RESUMEN

La distribución de *Vanilla planifolia* Jacks ex Andrews en la Huasteca potosina corresponde a patrones específicos asociados a factores ambientales y espaciales. Principalmente, determinados por las provincias fisiográficas de la Sierra Madre Oriental y la Llanura Costera del Golfo de México, configuran elementos abióticos en constante interacción con la vainilla. Su distribución se asocia a la presión selectiva ejercida por los factores ambientales y por procesos de dispersión humana. Debido a esto, los factores abióticos fueron primordiales para identificar poblaciones silvestres y cultivadas de *V. planifolia*. Los objetivos de esta investigación fueron determinar su distribución geográfica e identificar los gradientes ambientales que ocupa esta especie, junto con la definición de los factores abióticos que caracterizan a estos. Se realizó una investigación exhaustiva de la distribución de esta especie en herbarios y base datos; así como la realización de colectas de campo, en enero y febrero de 2013; y la construcción de una matriz con datos abióticos y espaciales de los puntos de colecta en la zona de estudio, que se analizaron con Sistemas de Información Geográfica y técnicas de estadística multivariada. En los herbarios y base de datos se encontraron dos registros de esta especie, en los municipios de Tamazunchale y San Antonio, pertenecientes a la Huasteca potosina. Se identificaron 40 poblaciones, distribuidas en nueve municipios de esta región. Su distribución geográfica se relacionó con el régimen de humedad del suelo, la altitud y el clima de la región Huasteca. El análisis de clúster determinó la agrupación de cinco ambientes en la zona de distribución de *V. planifolia*. En conclusión, la distribución de *V. planifolia* se asoció a la variación ambiental y las características abióticas de la región Huasteca de San Luis Potosí, México.

Palabras clave: Ambientes, dispersión humana, factores abióticos, vainilla.

CHAPTER 2. CURRENT DISTRIBUTION OF WILD AND CULTIVATED GERMOPASM OF *Vanilla planifolia* JACKS. EX ANDREWS (ORCHIDACEAE) IN THE HUASTECA REGION OF SAN LUIS POTOSI, MEXICO

Abstract

The distribution of *Vanilla planifolia* Jacks ex Andrews in the Huasteca Potosina corresponds to specific patterns associated with environmental and spatial factors. Mainly, determined by the physiographic provinces of the Sierra Madre Oriental and the coastal plain of the Gulf of Mexico, they form abiotic elements in constant interaction with vanilla. Its distribution is associated to the selective pressure exerted by environmental factors and human dispersion processes. Due to this, the abiotic factors were critical to identify wild and cultivated populations of *V. planifolia*. The aims of this research were to determine its geographical distribution and to identify the environmental gradients that this species occupies, along with the definition of the abiotic factor that characterize these. A thorough investigation of the distribution of this species in herbaria and databases was carried out; as well as the realization of field collections, in January and February, 2013; and the construction of a matrix with abiotic and spatial data of collection points in the study area, which were analyzed with Geographical Information Systems and multivariate statistical techniques. In the herbariums and database two records of this species, were found in the municipalities of Tamazunchale, and San Antonio, belonging to the Huasteca Potosina. A 40 populations were identified, distributed in nine municipalities of this region. Its geographical distribution was related to the soil moisture regime, altitude and climate of the Huasteca region. The cluster analysis determined the clustering of five environments in the distribution area of *V. planifolia*. In conclusion, the distribution of *V. planifolia* was associated with the environmental variation and the abiotic characteristics of Huasteca regions of San Luis Potosí, México.

Key words: Abiotic factors, environments, human dispersion, vanilla.

2.1 INTRODUCCIÓN

La distribución de las especies no es azarosa, sigue patrones que responden a factores actuales como pasados, por lo que la distribución está determinada por su adaptación al medio y por su historia evolutiva. Su estudio toma como base teórica y metodológica, la información biológica y geográfica de los individuos de una especie en campo, y las variables ambientales como predictores acerca de los sitios con las condiciones ecológicas adecuadas para su presencia ([Pearson et al., 2007](#); [Ortega-Huerta y Peterson, 2008](#)).

Vanilla planifolia pertenece al antiguo¹ género de la familia Orchidaceae, subtribu Vanillinae y subgénero *Xanata*; la cual se distribuye ampliamente por todas las regiones tropicales y subtropicales de todo el mundo, entre el paralelo 27 norte y sur (América, África, Indonesia y Asia-Oceanía, excepto Australia) ([Minoo et al., 2008](#); [Bory et al., 2008b](#); [Soto Arenas, 2009](#); [Soto Arenas y Cribb, 2010](#); [Soto Arenas y Dressler, 2010](#); [Odoux y Grisoni, 2011](#)). Esta distribución indica los cambios que esta especie ha tenido en una escala espacio-temporal.

La dispersión de vainilla se inició en el siglo XVI² ([Figura 2.1](#)), con la llegada de los españoles al nuevo mundo. En 1800 *V. planifolia* fue introducida a Inglaterra por el marqués Blandford y floreció en 1807 en la colección de Charles Greville. De esta planta se mandaron esquejes a los jardines botánicos de París y Amberes³, y de ahí a las colonias holandesas y francesas en los trópicos, durante la década de 1820 y 1830. El jardín botánico de Amberes envió ejemplares a Java en 1819. Mientras que el jardín botánico de París introdujo ejemplares a la Isla de la Reunión⁴, en 1822 ([Bory et al.,](#)

¹ El género *Vanilla* se diferenció por vicarianza, cuando el continente Gondwana (160 millones de años) se separó conforme a la teoría de la deriva continental ([Minoo et al., 2006](#); [2008](#)).

² En 1519, Hernán Cortés envió especímenes de *Vanilla planifolia* a Europa. Después en 1697 y 1701, el padre Labat introdujo vainilla en la Isla de Martinica y en la Isla de Guadalupe, respectivamente. En 1835, se introdujo en la India. A principios del siglo XIX, se expandieron los cultivos en la zona del Océano Indico, con la invención de la polinización manual ([Bory et al., 2008b](#)).

³ A principios del siglo XIX, el marqués de Blandford introdujo a estos jardines, esquejes procedentes de la colección de C. Greville en Paddington ([Bory et al., 2008b](#)).

⁴ Hay un registro inicial de introducción de vainilla en 1793 por Ridley ([1912](#)). Por su parte, Hágsater *et al.* ([2005](#)) reconocen como fecha de introducción 1827.

[2008b](#)). A mediados del siglo XIX se extendió en Madagascar y Seychelles; y en 1912 se introdujo a Uganda, procedente de Sri Lanka ([Hágsater et al., 2005](#)). Hubo otra ruta migratoria distinta de la vainilla que fue de México a Filipinas ([Rolfe, 1895](#)), durante el período en que ambos países eran regidos por la colonia española. Los datos históricos sugieren que *V. planifolia* no progresó en Filipinas, aunque sí se dispersó a la isla de Tahití ([Hágsater et al., 2005](#)). No obstante, el trayecto de vainilla por las Indias orientales se desconoce y no se tiene registrado, pero lo más probable es que se introdujo aproximadamente antes del siglo XVIII ([Bory et al., 2008a](#)).

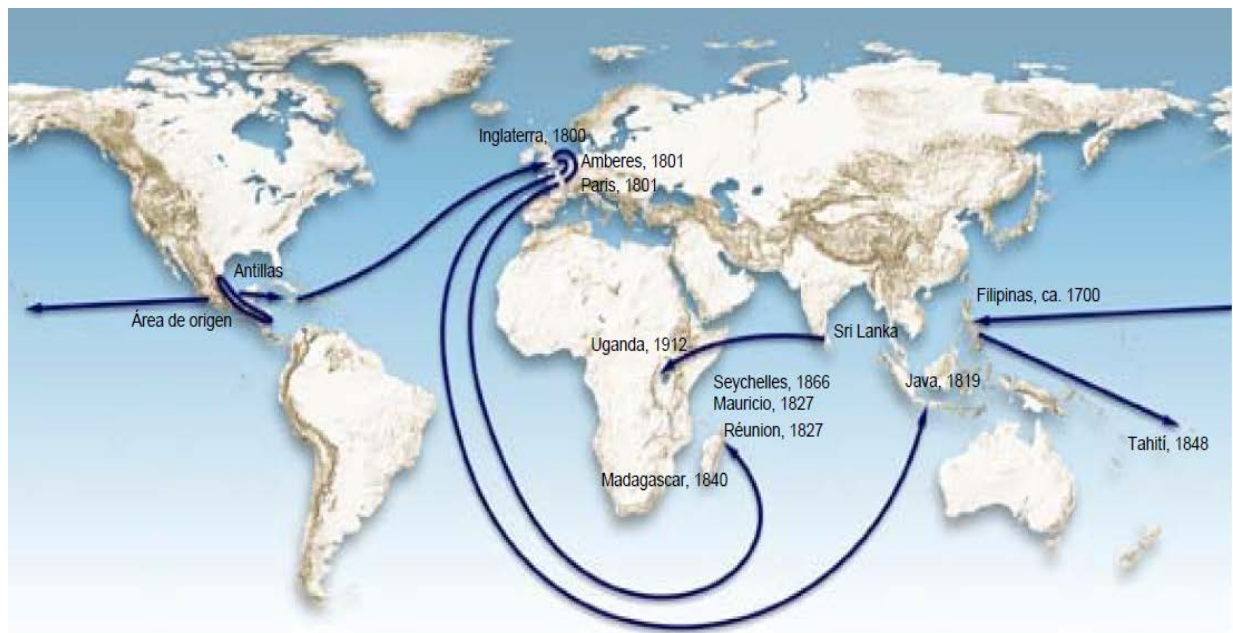


Figura 2. 1. Introducción del cultivo de la vainilla en el mundo, desde su área de origen. Fuente: Hágsater *et al.* (2005).

Algo muy importante de mencionar es la propagación clonal de la especie en su área de origen hacia otras áreas tropicales⁵. Las poblaciones dispersadas de *V. planifolia* alrededor de todo el mundo, son procedente de un clon mexicano ([Soto Arenas, 1999](#)),

⁵África (Camerún, Nigeria, Zaire, Santo Tome, Sierra Leona, Burundi, Uganda, Tanzania y partes de la República del Congo), Asia (Sri Lanka o Ceylon, Isla de Java, Bali, Sulawesi, Sumatra e Indochina), Océano Índico (Mauritius, Seychelles, Isla de Comores y Madagascar) e Islas de Oceanía (Nueva Celedonia, Hawái, Tahití, Samoa y Fijy) ([Bory et al., 2008b](#); [Lubinsky et al., 2008](#); [Soto Arenas, 2009](#); [Soto Arenas y Dressler, 2010](#)).

que actualmente se cultiva desde el Océano Índico hasta América del Sur⁶ ([Soto Arenas y Cribb, 2010](#)).

El contexto histórico de la distribución de *V. planifolia* señala que es endémica de los bosques tropicales del este de México, en el norte de Oaxaca, cerca de Tuxtepec ([Bory et al., 2008b](#); [Lubinsky, 2008](#); [Soto Arenas, 2009](#)). También, se asocia con las plantas nativas de las tierras bajas mayas ([Caso y Aliphath, 2006](#)). Su distribución natural⁷ se reporta desde México hasta Centroamérica, incluidas las Antillas ([Bory et al., 2008b](#)).

En México *V. planifolia* se extiende a lo largo de la primera serranía a partir de la Planicie Costera del Golfo hasta la Sierra Madre Oriental, en el norte de Veracruz, Puebla y Oaxaca ([Soto-Arenas y Solano-Gómez, 2007](#)). Su hábitat es muy restringido y la estructura de su vegetación es compleja. Se localiza en selvas achaparradas, selvas altas perennifolias y medianas subperennifolias, selvas con liquidámbar, *Clethra*, *Podocarpus*, *Slonea* y *Quercus*⁸, así como microhábitats específicos⁹. Coexiste en climas cálidos húmedos, con una humedad relativamente alta y suelos calcáreos¹⁰. Habitualmente, se encuentra sobre terrenos cársticos muy accidentados y en la cima de lomeríos entre 180 y 750 m de altitud ([Soto Arenas, 2009](#)).

Sus poblaciones silvestres se ubican en el norte de Oaxaca, Chiapas, Tabasco, Quintana Roo y probablemente en Yucatán (entre la planicie costera del Golfo y la Península de Yucatán). Aunque no se reportan poblaciones silvestres, en el norte del eje volcánico

⁶ Así como en la Guayana Francesa, Surinam, Filipinas, Puerto Rico y las Antillas (Jamaica e Islas de Trinidad) ([Soto Arenas, 2009](#)).

⁷ Soto Arenas ([2009](#)) indicó que *Vanilla planifolia* es una especie con distribución disyunta, que se dispersó por un lado hacia el norte del Eje Volcánico y, por otra parte en la región casi continua desde el valle de Córdoba hasta Centroamérica. La discontinuidad se presentaba en el centro de Veracruz, donde las condiciones no permitían el hábitat apropiado. Este patrón vicariante corresponde con la distribución conocida del bosque tropical perennifolio *sensu* ([Rzedowski, 1978](#)).

⁸ Se localizaron especímenes de *V. planifolia* cerca de Santa María Chimalapa, Oaxaca.

⁹ En Chiapas se encontró *V. planifolia* en la vega de los ríos, con selva de *Ficus glabrata*. Tanto en Quintana Roo como en Yucatán, se ubicó alrededor de selvas inundables o cenotes ([Soto-Arenas y Solano-Gómez, 2007](#)).

¹⁰ *Vanilla planifolia* es estrictamente calcícola, en forma natural se encuentra ausente en zonas con suelos derivados de rocas volcánicas o graníticas, aunque especímenes cultivados pueden crecer sobre suelos volcánicos, con menor vigor y más susceptibles a enfermedades ([Soto-Arenas y Solano-Gómez, 2007](#)).

transversal ni en Veracruz (principal zona de producción) ([Soto Arenas, 1999, 2009](#); [Bory et al., 2008b](#)).

Por su parte, las poblaciones cultivadas se ubican en el norte de Veracruz y Puebla, región denominada “Totonacapan”; así como en el norte de Oaxaca ([Soto Arenas, 2009](#)). La región del Totonacapan se considera como el sitio de domesticación de la vainilla, y ésta se asocia al grupo totonaco. La domesticación de la vainilla, se inició con la recolección¹¹ y establecimiento de las primeras plantaciones en 1767, en la región de Papantla y Misantla ([Bory et al., 2008b](#)).

En particular, los grupos indígenas mantienen una interconexión entre las plantas cultivadas y sus pares silvestres ([Casas, 2001](#)), en tres espacios de domesticación: 1) el espacio con vegetación natural, donde seleccionan y manejan culturalmente algunas especies; 2) los cultivos, donde mantienen el germoplasma y experimentan; y 3) el huerto familiar ([Toledo et al., 2008](#)). En estos espacios, los indígenas y campesinos someten a las plantas a diferentes microhábitats, según las preferencias y necesidades culturales. En este contexto, la distribución del germoplasma se somete a la presión ambiental y la cultural.

No obstante, la vainilla cultivada es muy similar a las plantas silvestres de su especie y no se precisa que sea una planta domesticada ([Soto Arenas, 2009](#)). Los reportes documentados, en las colecciones botánicas hacen referencia a la distribución de *V. planifolia*, en los estados de Veracruz, Oaxaca, Chiapas, Quintana Roo, Tabasco, Yucatán y Campeche, incluyendo a San Luis Potosí, en hábitats generalmente asociados a selva mediana y alta ([Schlütter et al., 2007](#); [Soto Arenas y Dressler, 2010](#)). Dicha distribución se encuentra restringida al rango geográfico de la especie y a la fragilidad de su hábitat ante perturbaciones antropogénicas ([Soto Arenas, 1999](#)).

¹¹ Los primeros registros de recolección de vainilla datan de los años 1427 a 1440, período en el que los españoles conquistaron el imperio azteca ([Bory et al., 2008b](#)). Los primeros autores que describieron la vainilla en su hábitat natural fueron Bernardino de Sahagún (1529), Fusée Aublet (1755), Francisco Hernández y Humboldt (1811) ([Bythrow, 2005](#)).

Los estudios de distribución geográfica de variedades silvestres y cultivadas de *V. planifolia*, hacen referencia a dos registros reportados en el estado de San Luis Potosí, en los municipios de San Antonio (localidad Tanjasnec) y Tamazunchale, que proceden de material cultivado y silvestre ([Soto Arenas, 1999](#); [Schlütter et al., 2007](#); [Soto Arenas y Dressler, 2010](#)).

La distribución geográfica de vainilla en San Luis Potosí, se asocia a la región Huasteca, la cual se encuentra en el punto de convergencia de las regiones templadas neárticas y las regiones cálidas neotropicales. Es una zona de importancia para la biodiversidad y es un mosaico sucesional de las selvas tropicales ([Rzedowski, 1990](#)). Presenta entornos complejos y una heterogeneidad ambiental (directamente relacionada con la orografía), con un gran contraste entre sus hábitats. Los distintos ambientes de las cañadas, montañas y planicies generan la presión ambiental necesaria para que la mano humana seleccione y distribuya al germoplasma, en función de sus características ambientales. Debido a estas condiciones, se pueden encontrar diferencias locales en los ambientes de la Huasteca potosina.

La vainilla es una especie restringida a zonas tropicales y presenta una especificidad en su rango geográfico ([Soto-Arenas y Solano-Gómez, 2007](#)). Su distribución se vincula con la presión selectiva ejercida por los factores ambientales que tienen una relación indirecta con el nicho de la especie ([Lobo et al., 2001](#)). Los factores ambientales promueven procesos de diferenciación, aunque esto puede variar debido a interacciones con otros factores como la intervención humana ([Retuerto y Carballeira, 2004](#)).

Por su parte, la identificación de los factores que determinan la distribución de las especies, conducen a la segregación y variación en la estructura y dinámica de sus poblaciones ([Zavala, 2004](#)). Asimismo, las perturbaciones antropogénicas, se encuentran fuertemente asociadas a la estructura y distribución de las poblaciones de vainilla, pues a finales de la década de 1980 solo se localizaron 30 especímenes silvestres ([Soto Arenas, 1999](#)) y actualmente se encuentra enlistada en la [NOM-059-SEMARNAT-2010](#), en protección ambiental de especies nativas de México.

Por tal razón, los objetivos de esta investigación fueron conocer la distribución actual de *V. planifolia* e identificar los ambientes que ocupa dicha especie a través de la ubicación geográfica de sus poblaciones silvestres y cultivadas; así como definir los factores abióticos correspondientes a su hábitat, por medio de un análisis de clúster en la región Huasteca de San Luis Potosí, México.

2.2 MATERIALES Y MÉTODOS

2.2.1 Área de estudio

El estado de San Luis se localiza en la altiplanicie central mexicana. Su parte septentrional está atravesada por el Trópico de Cáncer. Se divide en cuatro zonas naturales, dentro de las que destaca la Huasteca en la parte suroriente del estado, entre los paralelos 20°20' y 23°08' de latitud norte y los meridianos 97°16' y 99°25' de longitud oeste. La región Huasteca está constituida por veinte municipios que limitan al occidente con la Sierra Madre Oriental y los estados de Tamaulipas al norte, Hidalgo y Veracruz al este, e Hidalgo y Querétaro al sur. Su extensión territorial es de 11 409.46 km² y representa 18.31% de la superficie del estado. Su densidad poblacional es de 62.4 hab/km² ([Cabrera y Betancourt, 2002](#); [COPLADE, 2010](#)).

El área de estudio comprende una extensión territorial de 2,492.5 km² y representa 4% de la superficie del estado, perteneciente a nueve municipios: Aquismón, Axtla de Terrazas, Coxcatlán, Huehuetlán, Matlapa, Tamazunchale, Tampacán, Tampamolón Corona y Xilitla ([Figura 2.2](#)). Estos municipios se encuentran enclavados en la Sierra Madre Oriental y la Planicie Costera del Golfo. Conformados por rocas sedimentarias como areniscas, margas y lutitas. Su suelo es diverso, ya que en las partes altas predomina el feozem, vertisol y cambisol; y en las partes bajas, domina el regosol, vertisol, litosol, rendzina y luvisol; con un factor de pH entre 5 y 7.2 ([Cabrera y Betancourt, 2002](#)).

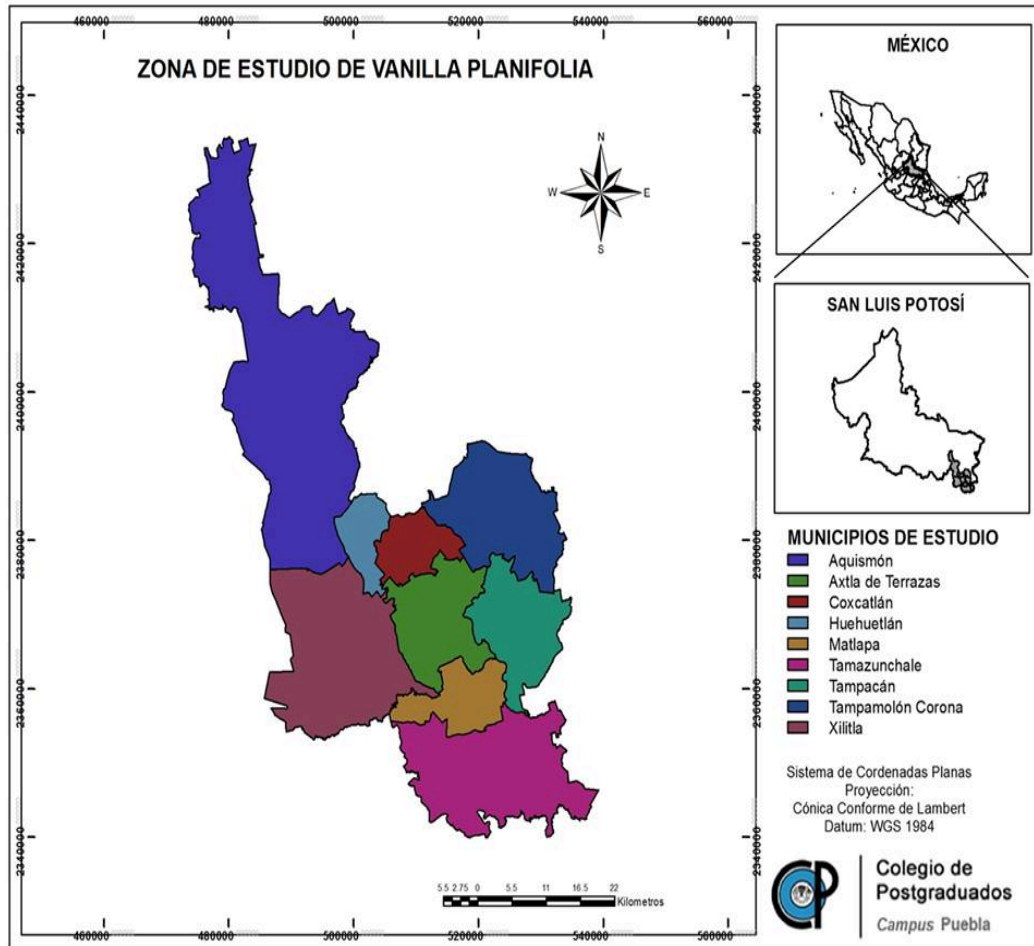


Figura 2.2. Zona de estudio para conocer y ubicar la distribución del germoplasma silvestre y cultivado de *Vanilla planifolia* Jack. ex Andrews en la Región Huasteca de San Luis Potosí, México

Su clima es considerado semicálido húmedo a cálido húmedo. La temperatura media anual es de 24°C y la precipitación anual oscila de 1265.5 a 2423.5 mm ([COPLADE, 2010](#)). Su hidrografía está determinada principalmente por la configuración orográfica, el choque de los vientos provenientes del golfo con las montañas propicia una alta concentración de humedad. De manera que esta zona corresponde a la región hidrológica del Pánuco y a la cuenca del Moctezuma, se constituye por los ríos Claro, Amajaque y Moctezuma, y el resto de su hidrografía se caracteriza por drenaje endorreico ([Rzedowski, 1961](#)).

*Aquismón*¹²

Se ubica al sureste del estado, entre los paralelos 21°28` y 22°01` de latitud norte, y los meridianos 98°57` y 99°16` de longitud oeste; con una altitud entre 20 y 1600 m. Su extensión territorial es de 758.9 km² y ocupa 13% de la superficie del estado, con 211 localidades y una población de 45 074 habitantes. Colinda al norte con el municipio de Ciudad Valles; al este con los municipios de Ciudad Valles, Tanlajás, Tancanhuitz y Huehuetlán; al sur con los municipios de Huehuetlán, Xilitla y el estado de Querétaro; al oeste con el estado de Querétaro y los municipios de Tamasopo y Ciudad Valles. Su fisiografía comprende la Sierra Madre Oriental (86.5%) y la Llanura Costera del Golfo Norte (13.5%); las subprovincias del Carso Huasteco (86.3%), Llanuras y Lomeríos (13.5%) y la Gran Sierra Plegada (0.2%). Su sistema de topofomas es muy contrastante, con Sierra alta escarpada (47.4%), Sierra plegada (30.5%) y Lomerío típico (13.5%). Presenta un clima semicálido húmedo con abundantes lluvias en verano (83.4%) y cálido subhúmedo con lluvias en verano de mayor humedad (16.6%). Su temperatura oscila de 18 a 26°C y su precipitación es de 1500 a 3000 mm ([INEGI, 2009a](#)).

Axtla de Terrazas

Se localiza al sureste del estado, entre los paralelos 21°31` y 21°20` de latitud norte, y los meridianos 98°46` y 98°58` de longitud oeste, con una altitud entre 50 y 700 m. Cuenta con una extensión de 187.98 km² y representa 0.3% de la superficie del estado, con 118 localidades y una población total de 32 721 habitantes. Colinda al norte con los municipios de Coxcatlán y Tampamolón Corona; al este con los municipios de Tampamolón Corona, Tampacán y Matlapa; al sur con los municipios de Matlapa y Xilitla; al oeste con los municipios de Xilitla, Huehuetlán y Coxcatlán. Su fisiografía corresponde a la Sierra Madre Oriental (89.1%) y la Llanura Costera del Golfo Norte (10.9%); y las subprovincias del Carso Huasteco y Llanuras y Lomeríos. Su sistema de topofomas es de Sierra baja (62.6%), Sierra alta escarpada (24.5%), Valle con llanuras (10.9%) y Valle de laderas tendidas (2%). Su clima es semicálido húmedo con abundantes lluvias en verano, con una temperatura de 22 a 26°C y una precipitación de 1900 a 2600 mm ([INEGI, 2009b](#)).

¹² Aquismón fue uno de los tres principales centros de poder de la Huasteca, se conoció como Oxitipa.

Coxcatlán

Se localiza al suroeste del estado, entre los paralelos 21°34' y 21°27' de latitud norte, y los meridianos 98°49' y 98°59' de longitud oeste, con una altitud entre 100 y 600 m. Su extensión territorial es de 80.80 km² y ocupa 0.1% de la superficie del estado. Cuenta con 71 localidades y una población de 17 038 habitantes. Colinda al norte con los municipios de Huehuetlán, Tancanhuitz y Tampamolón Corona; al sur con el municipio de Axtla de Terrazas y Huehuetlán; al este con los municipios de Tampamolón Corona y Axtla de Terrazas y al oeste con el municipio de Huehuetlán. Su fisiografía se encuentra totalmente en la Sierra Madre Oriental y la subprovincia del Carso Huasteco, con un sistema de topoformas de Sierra alta escarpada (62.6%) y Sierra baja (37.4%). Su clima es semicálido húmedo con abundantes lluvias en verano, con una temperatura que oscila de 22 a 26°C y un rango de precipitación de 1500 a 2500 mm ([INEGI, 2009c](#)).

Huehuetlán

Se sitúa al suroeste del estado, entre los paralelos 21°35' y 21°27' de latitud norte, y los meridianos 98°56' y 99°02' de longitud oeste, con una altitud entre 80 y 700 m. Su extensión territorial es de 66.93 km² y representa 0.1 % de la superficie del estado, con 52 localidades y una población total de 14 768 habitantes. Colinda al norte con los municipios de Aquismón y Tancanhuitz; al este con los municipios de Tancanhuitz, Coxcatlán, Axtla de Terrazas y Xilitla; al sur con el municipio de Xilitla; y al oeste con los municipios de Xilitla y Aquismón. Su fisiografía pertenece totalmente a la Sierra Madre Oriental y a la subprovincia del Carso Huasteco, con un sistema de topoformas de Sierra alta escarpada (88.6%) y Sierra baja (11.4%). Su clima es semicálido húmedo con abundantes lluvias en verano, una temperatura de 20 a 26°C y un rango de precipitación de 2400 a 2600 mm ([INEGI, 2009d](#)).

Matlapa

Se encuentra al sureste del estado, entre los paralelos 21°23' y 21°17' de latitud norte, y los meridianos 98°45' y 98°57' de longitud oeste, con una altitud entre 80 y 1000 m. Su extensión territorial es de 110.28 km² y abarca 0.2% de la superficie del estado. Cuenta con 83 localidades y una población total de 29 548 habitantes. Colinda al norte con los municipios de Axtla de Terrazas y Tampacán; al este con los municipios de Tampacán y

Tamazunchale; al sur con el municipio de Tamazunchale; al oeste con el estado de Hidalgo y los municipios de Tamazunchale, Xilitla y Axtla de Terrazas. Su fisiografía comprende la Sierra Madre Oriental y el Carso Huasteco, con un sistema de topofomas de Sierra alta escarpada (58.7%), Sierra baja (33.4%) y Valle de laderas tendidas (7.9%). Su clima es semicálido húmedo con abundantes lluvias en verano. Su temperatura oscila entre 20 a 26°C y su rango de precipitación es de 2000 a 3000 mm ([INEGI, 2009e](#)).

Tamazunchale

Se ubica en la parte sur del estado, entre los paralelos 21°20`y 21°09`de latitud norte, y los meridianos 98°37`y 98°57`de longitud oeste, con una altitud entre 40 y 1400 m. Su extensión territorial es de 349.58 km² y comprende 0.6% de la superficie del estado. Cuenta con 294 localidades y una población total de 93 811 habitantes. Colinda al norte con los municipios de Matlapa, Tampacán y San Martín Chalchicuautla; al este con el municipio de San Martín Chalchicuautla y el estado de Hidalgo; al sur con el estado de Hidalgo; al oeste con el estado Hidalgo y el municipio de Matlapa. Su fisiografía abarca la Sierra Madre Oriental y el Carso Huasteco, con un sistema de topofomas de Sierra alta escarpada (61.6%), Sierra Baja (31.7%) y Valle de laderas tendidas (6.7%). Los climas que presenta son: Semicálido húmedo con abundantes lluvias en verano (51.4%) y semicálido húmedo con lluvias todo el año (48.6%). Su rango de temperatura es de 20 a 24°C y se precipitación es de 1500 a 300 mm ([INEGI, 2009f](#)).

Tampacán

Se localiza al centro sureste del estado, entre los paralelos 21°31`y 21°18`de latitud norte, y los meridianos 98°39`y 98°50`de longitud oeste, con una altitud entre 50 y 500 m. Su extensión es de 183.2 km² y ocupa 0.3% de la superficie del estado. Cuenta con 102 localidades y una población total de 15 767 habitantes. Colinda al norte con los municipios de Axtla de Terrazas y Tampamolón Corona; al este con el municipio de San Martín Chalchicuautla; al sur con los municipios de San Martín Chalchicuautla, Matlapa y Tamazunchale; al oeste con los municipios de Matlapa y Axtla de Terrazas. Su fisiografía comprende la Llanura Costera del Golfo Norte (60.1%) y la Sierra Madre Oriental (39.9%), con las subprovincias Llanuras y lomeríos y Carso Huasteco. Su sistema de topofomas es diverso, presenta Valle con llanuras (33.1%), Sierra baja

(31.7%), Lomerío típico (27.1%) y Valle de laderas tendidas (8.1%). Predomina el clima semicálido húmedo con abundantes lluvias en verano. Su temperatura oscila entre 22 a 26°C y su rango de precipitación es de 1500 a 2500 mm ([INEGI, 2009g](#)).

Tampamolón Corona

Se encuentra en el sureste del estado, entre los paralelos 21°27` y 21°39` de latitud norte, y los meridianos 98°40` y 98°54` de longitud oeste, con una altitud entre 30 y 500 m. Su extensión territorial es de 257.58 km² y ocupa 0.4% de la superficie del estado, con 168 localidades y una población total de 13 760 habitantes. Colinda al norte con los municipios de San Antonio y Tanquián de Escobedo; al este con los municipios de Tanquián de Escobedo y San Martín Chalchicuautla; al sur con los municipios de Tampacán, Axtla de Terrazas y Coxcatlán; al oeste con los municipios de Coxcatlán, Tancanhuitz y San Antonio. Su fisiografía corresponde a la Llanura Costera del Golfo Norte (73.1%) y la Sierra Madre Oriental (26.9%), con las subprovincias Llanuras y lomeríos y el Carso Huasteco. Su sistema de topoformas es de Valle con llanuras (35.4%), Sierra baja (26.9%), Llanura aluvial con lomerío (24.2%) y Lomerío típico (13.5%). Su clima es semicálido húmedo con abundantes lluvias en verano, con un rango de temperatura de 22 a 26°C y un rango de precipitación de 1000 a 2500 mm ([INEGI, 2009h](#)).

Xilitla

Se sitúa en la parte sureste del estado, entre los paralelos 21°31` y 21°16` de latitud norte, y los meridianos 98°51` y 99°09` de longitud oeste, con una altitud entre 60 y 2600 m. Su extensión territorial es de 414.95 km² y ocupa 0.7% de la superficie estatal. Cuenta con 254 localidades y una población total de 50 064 habitantes. Colinda al norte con los municipios de Aquismón, Huehuetlán y Axtla; al este con los municipios de Axtla de Terrazas y Matlapa; al sur con el municipio de Matlapa, y los estados de Hidalgo y Querétaro; y al oeste con el estado de Querétaro. Su fisiografía comprende la Sierra Madre Oriental y la subprovincia del Carso Huasteco, con un sistema de topoformas de Sierra alta escarpada (99.4%) y Sierra baja (0.6%). Presenta diversos climas, como el semicálido húmedo con abundantes lluvias en verano (43.3%), semicálido húmedo con lluvias todo el año (27.3%), templado húmedo con abundantes lluvias en verano (19.7%),

semicálido subhúmedo con lluvias en verano de mayor humedad (5.4%) y templado subhúmedo con lluvias en verano de mayor humedad (4.2%). Su temperatura oscila entre 14 a 26°C y su rango de precipitación es de 1000 a 3100 mm ([INEGI, 2009i](#)).

Asentamientos humanos

La civilización Huasteca también se extendió en el Trópico de Cáncer, desde las planicies litorales del golfo de México al oriente hasta las vertientes de la Sierra Madre Oriental al oeste. Los grupos étnicos y lingüísticos mayoritarios en la zona de estudio son: Teenek y Náhuatl¹³, aunque también conviven con mestizos y ningún municipio es absolutamente indígena ([Ruvalcaba y Pérez, 1996](#)).

El grupo étnico teenek¹⁴ se reconoce como descendientes de las civilizaciones mesoamericanas, derivados de la filiación lingüística mayense ([Ruvalcaba y Pérez, 1996](#)). Habitan principalmente en la Huasteca centro conformada por los municipios de estudio de Aquismón, Huehuetlán, y Tampamolón Corona ([Gallardo, 2003; 2004](#)).

El grupo étnico náhuatl llegó a esta región en momentos tardíos de la historia prehispánica y ocuparon territorios, en los cuales ya habitaban otros grupos, con culturas desarrolladas. Se encuentran asentados fundamentalmente en la Huasteca sur conformada por los municipios de estudio de Xilitla, Coxcatlán, Axtla de Terrazas, Matlapa, Tampacán y Tamazunchale ([Valle, 2003](#)).

2.2.2 Análisis de la distribución espacial de las colectas de vainilla

El análisis espacial del germoplasma de vainilla en la Huasteca potosina, constó de tres fases: 1) Ubicación de especímenes de *V. planifolia* en colecciones botánicas y bases

¹³ A finales de 1520, los grupos teeneks y nahuas fueron conquistados por Hernán Cortés, quien impuso el régimen de la encomienda, así como nuevas formas de apropiación y estructuras político-territoriales, que derivaron en la reubicación de los diferentes grupos étnicos para que los españoles se asentaran en la llanura costera ([Aguilar, 2002](#)).

¹⁴ Los teenek fueron los primeros pobladores en las planicies de la Región del Pánuco (entre el 750 a.c. y el 800 d. c.) y posteriormente fueron recludos en las porciones serranas de la región. Este grupo cultural fue sujeto a invasiones aztecas provenientes del altiplano central ([Gallardo, 2003](#)).

de datos de herbarios, 2) Ubicación de poblaciones en campo por medio de la acción participativa de actores locales y 3) Construcción de una matriz de datos.

En la fase 1, se consultaron diversas bases de datos y colecciones depositadas en herbarios nacionales e internacionales. Las colecciones institucionales mexicanas que se cotejaron en busca de material procedente del estado de San Luis Potosí, fueron: Herbario Nacional de México, UNAM (MEXU); Herbario de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, IPN (ENCB); Herbario del Instituto de Ecología, A.C. (XAL); Herbario Hortorio, Colegio de Postgraduados, Montecillo, México (CHAPA); Herbario, Departamento de Biología Facultad de Ciencias, UNAM (FCME); Instituto de Biología (IBUNAM); Herbario Metropolitano, UAM-Iztapalapa (UAMIZ). La colección internacional revisada fue del Herbario Oakes Ames Orchid Herbarium (AMES). También, se consultaron las bases de datos de plantas vasculares vía internet, en la sección REMIB (Red Mundial de Información sobre Biodiversidad) de la página de la CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad). Así como la base de datos del herbario de la Asociación Mexicana de Orquideología (AMO) y Trópicos del Missouri Botanical Garden (MO).

La fase 2, consistió en identificar a los actores sociales vinculados con la vainilla para establecer un *rapport* (es la capacidad de generar empatía con las personas; así como la habilidad de poder relacionarse y crear un ambiente de confianza para ser partícipe de las relaciones sociales de un grupo humano), por medio de la metodología de acción participativa ([Taylor y Bogdan, 1987](#)). Se realizaron caminatas botánicas con informantes clave, para ubicar las poblaciones de estudio. En las caminatas, se identificaron poblaciones nativas e introducidas (provenientes de Veracruz), pero para el estudio sólo se consideraron las poblaciones nativas. Durante las visitas a campo, se georreferenciaron los sitios con un navegador de sistema de posición global (GPS, marca Garmin). La posición de los lugares fueron registrados con la proyección cartográfica *Universal Transverse Mercator* (UTM), zona 14, datum WGS1984. Para la descripción de la zonificación se elaboraron mapas temáticos a una escala de 1:50 000 (provincias fisiográficas, tipo de clima, vegetación y suelo, temperatura, precipitación y rangos de

humedad). En la elaboración e interpretación de la distribución geográfica y los mapas temáticos, se utilizó un Sistema de Información Geográfica, con el software ArcGis versión 10.2.

Finalmente, en la fase 3 se construyó una matriz de datos, con variables climáticas y espaciales. En la matriz de datos, se registraron aspectos de: régimen hídrico de suelo (RHS), altitud, evapotranspiración, valores de temperatura (media anual, mes más frío y mes más cálido), precipitación total anual, lluvias en invierno, tipo de clima y suelo. Los datos climáticos fueron obtenidos del portal de geoinformación de la CONABIO ([2014](#)). Asimismo, se generó una base de datos con la información espacial recolectada en campo, que incluyó la siguiente información: colecta, localidad, altitud y coordenadas de posición geográfica. Los datos generados con las variables climáticas y espaciales, se analizaron con técnicas de estadística multivariada como el análisis de clúster, por medio del programa estadístico SAS versión 9.1 ([SAS, 2004](#)). Este análisis permitió clasificar y analizar las características ambientales, donde se ubicaron las poblaciones silvestres y cultivadas de *V. planifolia* en la Huasteca potosina.

2.3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

2.3.1 Distribución reportada de *Vanilla planifolia* en México

La información que se obtuvo de las colectas botánicas en herbarios y base de datos, proporcionó un total de 48 registros de *V. planifolia*. La mayor parte de los registros son de los estados de Veracruz y Oaxaca, subsecuentemente de Quintana Roo, Tabasco, Chiapas y San Luis Potosí ([Figura 2.3](#)).

De acuerdo con Soto Arenas ([1999](#), [2009](#)), Schlütter *et al.* ([2007](#)) y Soto Arenas y Dressler ([2010](#)), se reportan 19 colectas silvestres y 29 especímenes cultivados. Las colectas silvestres fueron encontradas en los estados de Oaxaca (9), Quintana Roo (5), Veracruz (1), Tabasco (1), Chiapas (1) y San Luis Potosí (1). También, se ubicó una colecta posiblemente silvestre en Yucatán (Cenote Mayana). Las colectas cultivadas se

localizaron en Veracruz (19), Oaxaca (8), Tabasco (1) y San Luis Potosí (1). Su gradiente altitudinal osciló entre los 20 y 700 msnm. Predominando ampliamente en selvas perennifolias, con climas cálidos húmedos y subhúmedos.

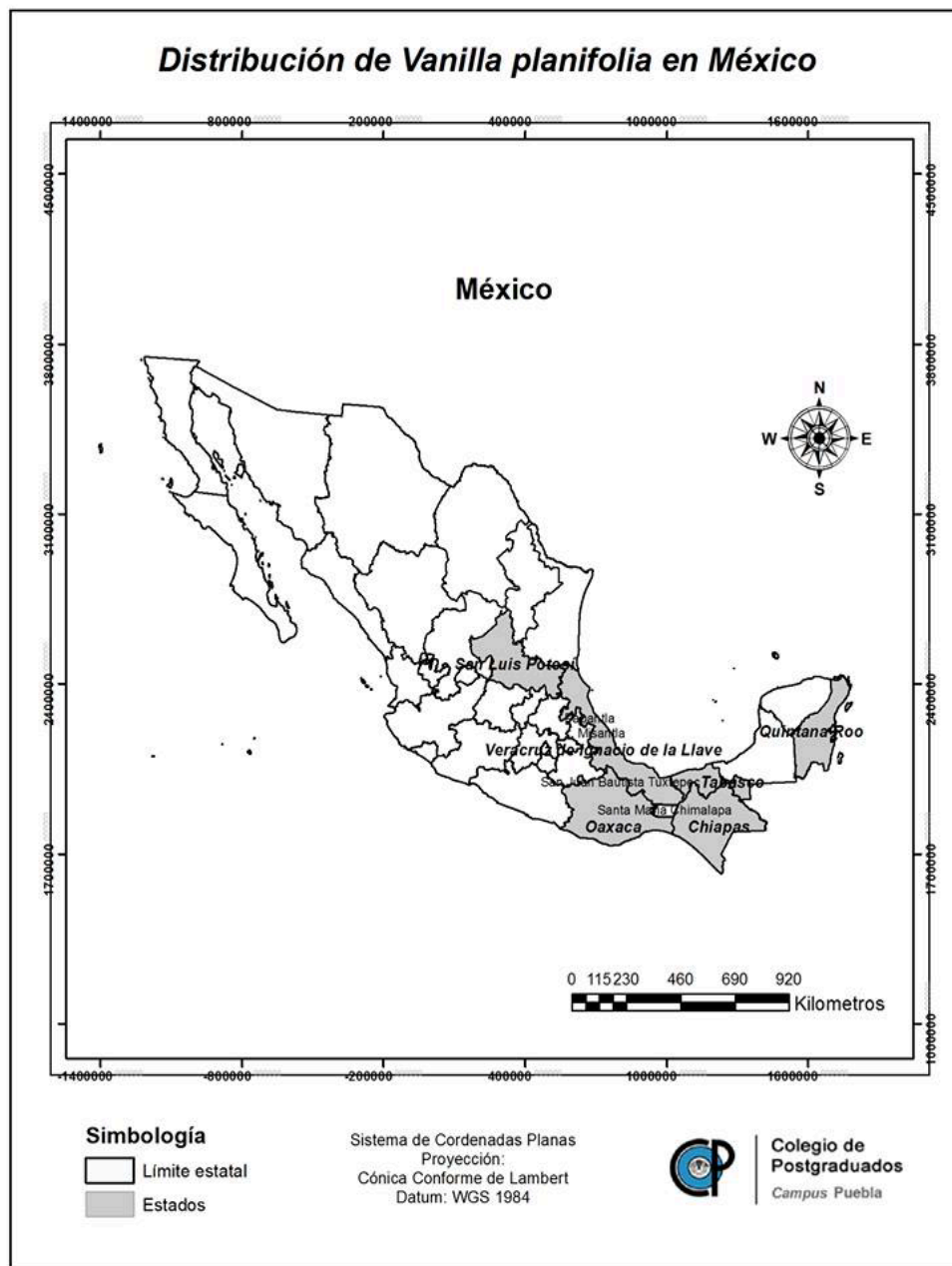


Figura 2. 3. Distribución de *Vanilla planifolia*. Fuente Bory *et al.* (2008b)

En el estado de San Luis Potosí, solo se registraron 2 colectas, una de origen silvestre en el municipio de Tamazunchale, y una cultivada en la localidad de Tanjasnec, municipio

de San Antonio. Las colectas fueron efectuadas por Gerardo Salazar y Miguel Ángel Soto Arenas, en 1999. Con respecto a esto, Soto Arenas (2009) consideró que en San Luis Potosí, las poblaciones silvestres de esta región ya hayan desaparecido y que las poblaciones cultivadas sean procedentes de otras áreas.

Las colectas reportadas de *V. planifolia* indicaban que su distribución era escasa en el estado de San Luis Potosí. En este sentido, la distribución de vainilla, en la región Huasteca potosina ha sido poco estudiada. Particularmente Soto Arenas (2009) reiteró que la distribución de esta especie, no ha sido completamente comprendida.

En esta investigación se identificaron nueve municipios de la Huasteca potosina, donde se distribuye el germoplasma nativo de *V. planifolia*. En particular, el municipio de San Antonio no fue muestreado, debido a que todas sus poblaciones son procedentes del estado de Veracruz y no se localizaron poblaciones silvestres. Es posible que, en este municipio no existan poblaciones silvestres, debido a la intensa fragmentación y modificación de la selva alta perennifolia, destinada al sector ganadero, y a los cambios regionales del clima semicálido húmedo.

2.3.2 Distribución actual de las colectas de *Vanilla planifolia* en San Luis Potosí

Se identificó un total de 40 poblaciones de *V. planifolia* en estado silvestre y cultivado, a lo largo de nueve municipios de la Huasteca potosina, durante los meses de enero y febrero del 2013. Las poblaciones se distribuyeron en los siguientes municipios: Aquismón, Axtla de Terrazas, Coxcatlán, Huehuetlán, Matlapa, Tamazunchale, Tampacán, Tampamolón de Corona y Xilitla (Figura 2.4).

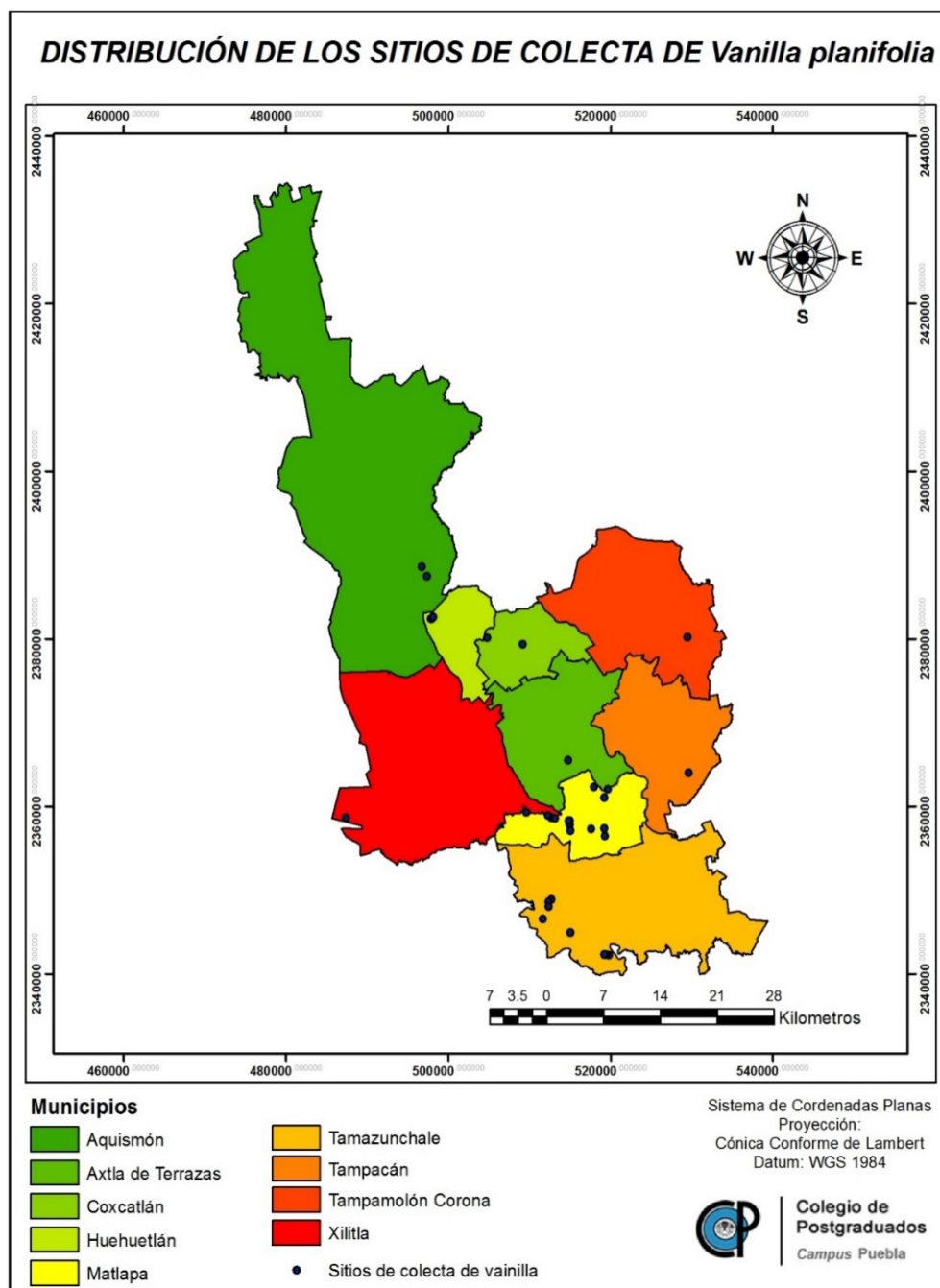


Figura 2. 4. Localización geográfica de poblaciones de *Vanilla planifolia* en la Huasteca potosina

La mayor parte de las colectas se concentraron en los municipios de Matlapa (40%) y Tamazunchale (27.5%); seguido de Xilitla (10%), Huehuetlán (7.5%), Tampacán (5%); y los municipios de Aquismón, Axtla de Terrazas, Coxcatlán y Tampamolón Corona ([Tabla 2.1](#)).

Tabla 2. 1. Porcentaje de distribución de poblaciones de *Vanilla planifolia* en la Huasteca potosina

Municipio	% Poblaciones
Aquismón	2.5
Axtla de Terrazas	2.5
Coxcatlán	2.5
Huehuetlán	7.5
Matlapa	40.0
Tamazunchale	27.5
Tampacán	5.0
Tampamolón Corona	2.5
Xilitla	10.0

El municipio de Aquismón fue muy representativo, a pesar de registrar solo 2.5% de las poblaciones en este estudio. Este lugar presentó una comunidad vegetal de selva primaria, conformada por una *población natural* de *V. planifolia*. Cabe destacar que no habían sido reportadas colectas en estos municipios de la Huasteca potosina, excepto Tamazunchale ([Soto Arenas, 1999](#)). Esto lo confirman Soto-Arenas y Solano-Gómez ([2007](#)) al mencionar que se desconocen las características ambientales de otras áreas, a excepción de Oaxaca y Veracruz, debido a que no se tienen registros amplios, acerca de la distribución de *V. planifolia* en otros estados.

2.3.3 Análisis de las características ambientales de la zona de distribución de *Vanilla planifolia* en San Luis Potosí

Provincias fisiográficas

En la Huasteca potosina, *V. planifolia* se desplaza a lo largo de dos provincias fisiográficas: la Sierra Madre Oriental ([Soto Arenas, 1999](#)) y la Llanura Costera del Golfo Norte. La Sierra Madre Oriental comprende la *Subprovincia del Carso Huasteco* y la Llanura Costera del Golfo Norte abarca la *Subprovincia de las Llanuras y Lomeríos* ([Cervantes-Zamora et al., 1990](#)) ([Figura 2.5](#)).

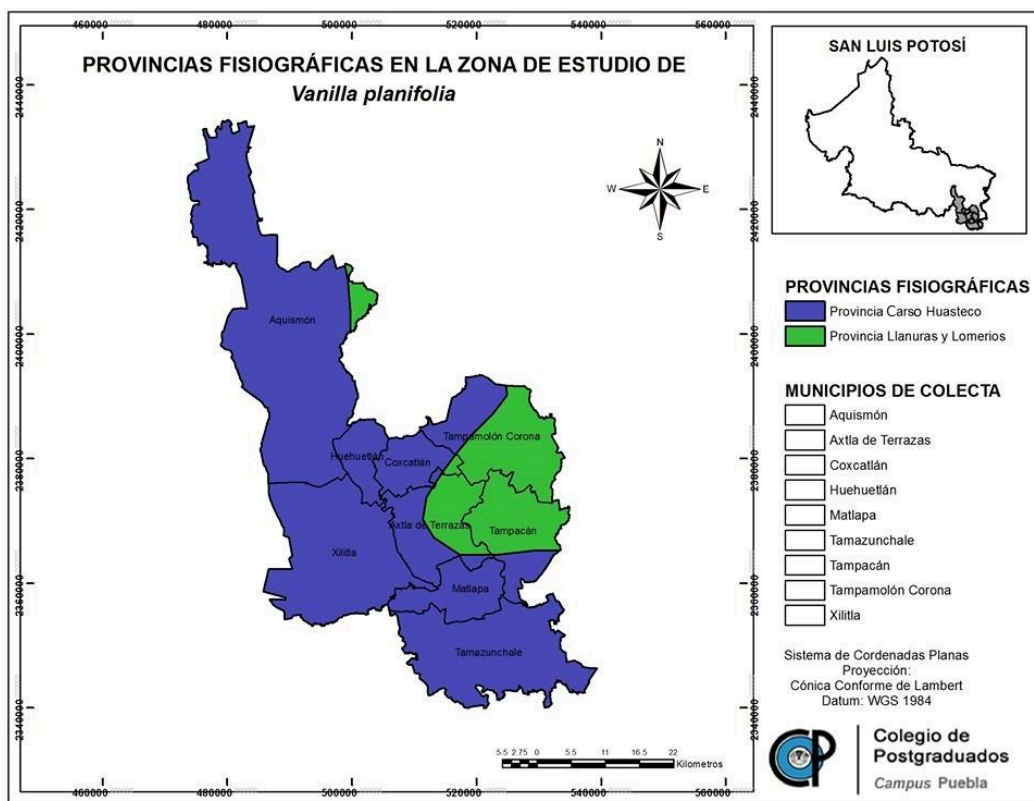


Figura 2. 5. Provincias fisiográficas en las que se distribuye *Vanilla planifolia* en la Huasteca potosina

La *subprovincia del Carso Huasteco* abarca la parte oeste y suroeste de la región de estudio. Está ocupa los municipios de Tamazunchale, Matlapa, Xilitla, Huehuetlán, Coxcatlán y Aquismón; el noreste de Tampamolón Corona; el occidente de Axtla de Terrazas y el sur de Tampacán. Se constituye de sierras plegadas con dirección noreste-sureste que originan pendientes muy escarpadas y llanuras kársticas con varios declives ([Rzedowski, 1961](#)). La altitud de la provincia abarcó un rango de 100 msnm conforme se deslizan al este, y al aproximarse a las estribaciones de la Sierra Madre Oriental se llegó a rebasar los 2000 msnm. Esta provincia se encuentra formada predominantemente por roca caliza, seguida de Areniscas y lutitas de origen sedimentario marino que datan del Cretácico y Jurásico Superior. Las rocas constantemente sufren procesos de degradación, por la gran filtración de agua al suelo y los ríos que fluyen en esta, permiten la formación de ambientes kársticos ([Rzedowski, 1966](#)). Estos ambientes fueron favorables para el crecimiento de *V. planifolia* en estado natural, principalmente, en los

municipios de Matlapa y Huehuetlán, y en menor proporción en Aquismón y Xilitla. Hacia el municipio de Tamazunchale dominó una constitución de rocas sedimentarias continentales antiguas que no mostraron rasgos de paisajes kársticos ([Rzedowski, 1966](#)). En esta provincia, las pendientes presentaron rangos de 25 a 56°, que favoreció principalmente a las plantaciones de vainilla orientadas al este, localizadas en los municipios de Tamazunchale, Axtla de Terrazas y Coxcatlán; así como en el municipio de Aquismón, donde solo se identificaron poblaciones naturales. En particular, las pendientes que presenta esta provincia ayudaron a las poblaciones de vainilla, al permitir el flujo de las corrientes marinas que aportan humedad. Asimismo, las topofomas que presenta esta provincia generaron dos patrones de distribución en los especímenes de *V. planifolia*: 1) la sierra alta escarpada, localizada en los municipios de Aquismón, Tamazunchale, Matlapa y parte de Huehuetlán; y 2) la sierra baja, ubicada en Tampamolón Corona, Axtla de Terrazas, Tampacán y, algunos sitios de Huehuetlán, Matlapa y Tamazunchale.

La *subprovincia de las Llanuras y Lomeríos* se extiende al este de la zona de estudio, que incluyó los municipios de Tampacán y Tampamolón Corona, y extensiones de menor tamaño en el este de Axtla de Terrazas ([Rzedowski, 1961](#)). Fue característico encontrar en esta subprovincia, a las poblaciones de *V. planifolia* en un relieve de topografía plana, con ligera inclinación hacia la costa del Golfo de México. De ahí que, las máximas elevaciones hayan sido de los 100 a los 150 msnm, y por eso, se registraron poblaciones de vainilla a una altitud de 113 msnm, en el municipio de Tampacán.

Los materiales que predominan en esta subprovincia son sedimentarios antiguos (mesozoicos y terciarios), correspondientes a una costa emergida; con suelos de textura fina y de lenta permeabilidad, lo cual provocó que las poblaciones de *V. planifolia* allí encontradas, no se desarrollaran adecuadamente. Debido a que sus raíces estuvieron en contacto con alto contenido de arcilla. También, cuenta con importantes afloramientos de rocas lávicas basálticas que por sus características no favorecen apropiadamente al crecimiento y nutrición de *V. planifolia*. Básicamente, los sistemas de topofomas que

presentó esta subprovincia fueron lomeríos, con pendientes que van de suaves a planas, sin existir plegamientos orográficos de importancia en la zona ([Rzedowski, 1961](#)).

En la *subprovincia del Carso Huasteco*, se distribuyeron 36 poblaciones de vainilla. Mientras, en la *subprovincia de las Llanuras y Lomeríos*, se localizaron 4 poblaciones.

Finalmente, la importancia de destacar las provincias fisiográficas que atraviesan la zona de estudio, fue porque la configuración orográfica de la Sierra Madre Oriental marca una zona perfectamente diferenciada. En la parte suroriental, determina los climas de cálidos a semicálidos húmedos y delimita la hidrografía de la zona ([Figura 2.5](#)). En consecuencia, la Llanura Costera del Golfo Norte es una zona de transición, entre la sierra y la planicie, donde fluyen vientos cálidos que generan los climas cálido subhúmedos, predominantes en toda la zona de estudio.

Clima, temperatura y rango de humedad

En el presente trabajo, se identificaron siete climas ([Tabla 2.2](#)), de acuerdo con la clasificación de Köppen modificada por García ([1998](#)). En general, la zona de estudio comprendió dos grupos climáticos, el Cálido (A) y Semicálido A(C) ([García, 2004](#)).

Tabla 2. 2. Tipo y características de los climas presentes en la distribución de *Vanilla planifolia* Jacks ex Andrews

Grupo del clima	Clima	Régimen de lluvias	Mes más seco (mm)	Porcentaje de lluvia invernal (%)	Denominación
A Cálido Temperatura 22-24°C o mayor. Temperatura media del mes más frío mayor a 18°C.	A(f)	Todo el año abundante con concentración en el verano	Precipitación de 60 o más	Mayor a 18	Húmedo
	Am(f)	Lluvia en verano e influencia de monzón	Menor a 60	Mayor a 10.2	Húmedo
	Am	Verano con influencia de monzón	Menor a 60	Entre 5 y 10.2	Húmedo
	Aw ₂	En verano	Menor de 60	Entre 5 y 10.2, Transición Menor a 5	Más húmedo que los subhúmedos

Fuente: García, 1998 y 2004.

Tabla 2. 2. Continuación.

Grupo del clima	Clima	Régimen de lluvias	Mes más seco (mm)	Porcentaje de lluvia invernal (%)	Denominación
(A)C Semicálido Proveniente del grupo templado C. Temperatura media anual mayor de 18°C.	(A)C(fm)	Todo el año con concentración en el verano	Mayor de 40	Menor a 18	Húmedo
	(A)C(m)	En verano con influencia de monzón	Menor de 40	Entre 5 y 10.2	Húmedo
	(A)C(w ₂)	En verano	Menor de 40	Entre 5 y 10.2, Transición Menor a 5	Subhúmedo

Fuente: García, 1998 y 2004.

En el área de distribución de *V. planifolia* se observaron cuatro tipos de clima cálido: *A(f)*, *Am*, *Am(f)* y *Aw₂*; y tres tipos de clima semicálido: *(A)C(fm)*, *(A)C(m)* y *(A)C(w₂)* en la Huasteca potosina. A continuación se describen las características climáticas presentadas en el área:

CLIMA CÁLIDO

1.- Cálido húmedo *A(f)*: Ocupó una porción del municipio de Aquismón y la parte Occidental de Coxcatlán, la parte oriente de Xilitla, casi la totalidad de Axtla de Terrazas, Huehuetlán, Matlapa, Tamazunchale y el sur de Tampacán. Este subtipo es el más húmedo de los cálidos. Se presentó entre 500 y 1000 m de altitud en laderas directamente expuestas a los vientos húmedos provenientes del Golfo de México. La temperatura presentó fluctuaciones térmicas diurnas no muy marcadas, pero entre la temporada cálida y fría fueron muy extremosas en algunas partes. Su precipitación media anual está entre los 2000 y 2200 mm ([García, 1998](#); [CONABIO, 2014](#)).

2.- Cálido húmedo *Am*: Se halló en una porción restringida de los municipios de Xilitla y Tamazunchale. Se ubicó entre los 50 y 1000 m de altitud. La temporada de mayor precipitación fue en verano y coincidió con la temporada de ciclones tropicales. Su precipitación es mayor a 500 mm ([García, 1998](#); [CONABIO, 2014](#)).

3.- Cálido húmedo *Am(f)*: Abarcó la parte oriental de Coxcatlán y Axtla de Terrazas, porciones de los municipios de Matlapa, Tamazunchale y predominó en casi todo el municipio de Tampacán. Este subtipo se extiende desde la costa hasta los 900 m de altitud. El mes más frío fue enero con 22°C, y el mes más cálido fue mayo con 27°C. Su precipitación anual está entre los 2300 y 2800 mm ([García, 1998](#); [CONABIO, 2014](#)).

4.- Cálido subhúmedo *Aw₂*: Presentó una extensa porción al este de Tampamolón Corona y el norte de Tampacán. Mostró menor humedad con respecto a los climas cálidos circundantes en la región de estudio, pero es el más húmedo de los climas cálidos subhúmedos. Este subtipo es una categoría de transición entre los húmedos y subhúmedos. Su temperatura media anual es un poco más elevada de la que distingue a este grupo, entre los 24 y 26°C. Su precipitación media anual es de 1200 a 1400 mm ([García, 1998](#); [CONABIO, 2014](#)).

El área cálida donde se distribuye *Vanilla planifolia* abarcó la Sierra Madre Oriental y la Llanura Costera del Golfo Norte, dominada casi en toda su extensión por el clima cálido subhúmedo.

CLIMA SEMICÁLIDO

1.- Semicálido húmedo (A)C(fm): Este clima afecta una amplia franja sobre la parte occidental de la Sierra Madre Oriental, abarcó los municipios de Tamazunchale y Xilitla. Se caracterizó principalmente en las sierras y laderas. El mes más caluroso suele ser en mayo, con temperaturas entre 27° y 35°C. El mes más frío fue en enero, con 16°C. Se ubicó entre los 160 y 1650 msnm. Su precipitación está entre los 1800 y 2100 mm ([García, 1998](#); [CONABIO, 2014](#)).

2.- Semicálido húmedo (A)C(m): Se presentó en los municipios de Aquismón, el occidente de Xilitla y Tampamolón Corona, y las partes orientales de Coxcatlán. Las fluctuaciones térmicas oscilaron, entre una temperatura máxima de 48°C y una mínima de 7°C. Cuenta con dos regímenes de lluvia que son el de verano muy lluvioso y el de los meses de febrero a abril (período de sequía). La precipitación media anual está entre los 1200 y 1800 mm ([García, 1998](#); [CONABIO, 2014](#)).

3.- Semicálido subhúmedo (A)C(w₂): Estuvo situado en pequeñas porciones al suroeste de Xilitla. Su temperatura anual no superó los 20°C. Su precipitación anual está entre 500 y 2500 mm ([García, 1998](#); [CONABIO, 2014](#)).

El área semicálida se presentó prioritariamente en la Sierra Madre Oriental, donde se ubicó la mayor parte de las poblaciones de *V. planifolia*. Es decir, la mayoría de los especímenes se distribuyeron en un clima semicálido.

Capítulo 2. Distribución actual de *Vanilla planifolia*

En general, la vainilla se ubicó en una extraordinaria riqueza de gradientes climáticos (Figura 2.6), desde la Sierra Madre Oriental hasta la Llanura Costera del Golfo Norte. El clima, la temperatura y el rango de humedad de la Huasteca fueron idóneos para la distribución de *V. planifolia*, en San Luis Potosí. Con respecto a esto, Rzedowski (1961, 1966) señaló que el escenario climático de la Huasteca potosina es diverso, por la geografía y la localización de la entidad. Por su parte, Soto-Esparza y García (1989) especificaron que la gran heterogeneidad de tipos climáticos hace referencia a una gama muy amplia de condiciones de temperatura y humedad. Mientras Soto-Esparza y Giddings-Berger (2011) sugirieron que la conformación de estos climas son determinados principalmente por el valor que alcanza la temperatura media anual y la temperatura del mes más frío.

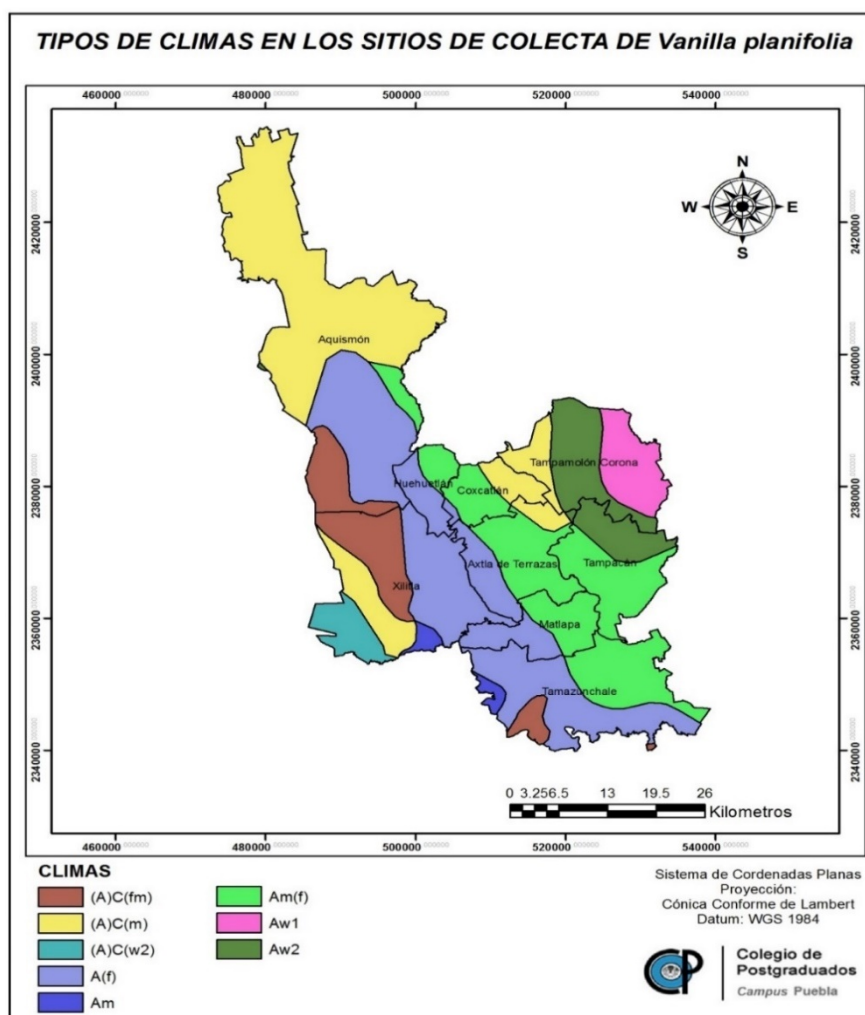


Figura 2. 6. Tipos climáticos en la distribución de *Vanilla planifolia* en la Huasteca potosina

La Huasteca potosina presentó dos gradientes térmicos: cálido y semicálido (Figura 2.7). En casi toda la región dominó el gradiente cálido, con una temperatura media anual entre los 22° y 26°C, y en una porción menor el gradiente semicálido, con una variación térmica entre los 18° y 22°C.

Entretanto, la temperatura de las dos zonas térmicas de distribución de *V. planifolia* (Figura 2.7) estuvo condicionada por la altitud y la posición geográfica que presentan las sierras, los valles y las planicies de la Huasteca potosina. Rzedowski (2006) señaló que la oscilación térmica regional a lo largo de la Sierra Madre Oriental es generada por la humedad aportada de las corrientes marinas.

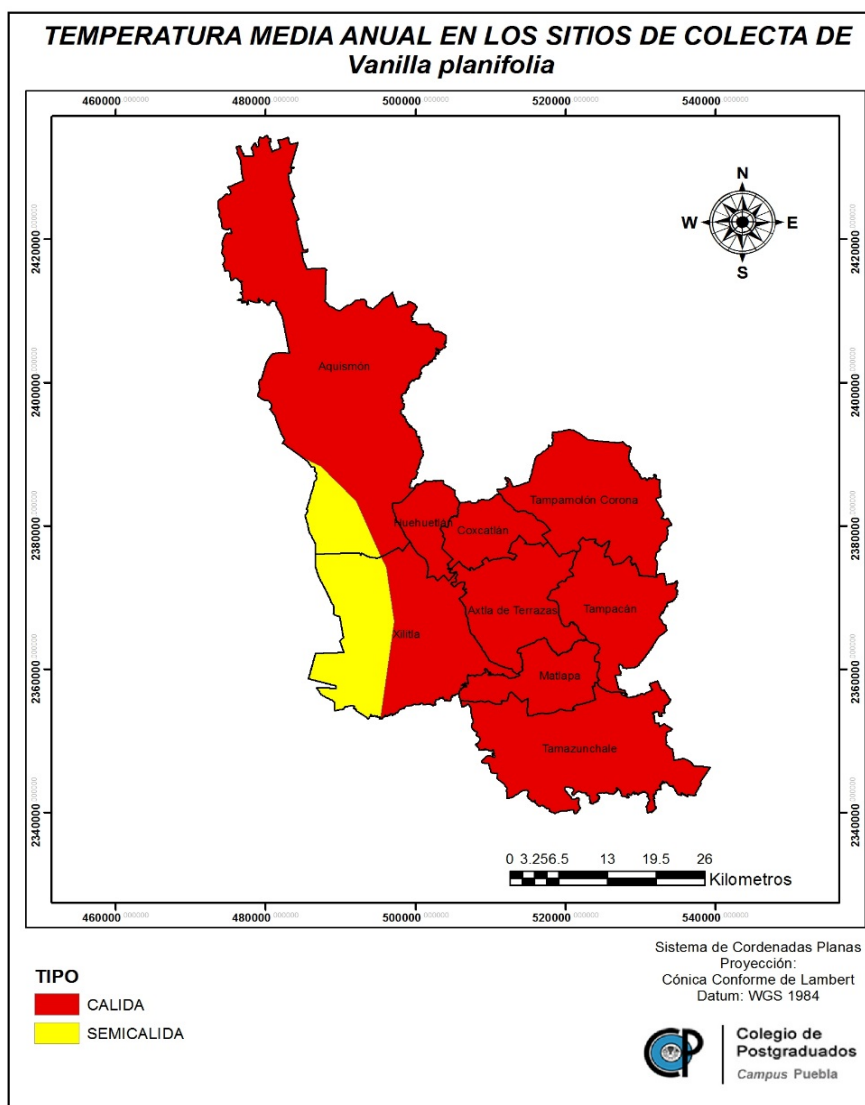


Figura 2. 7. Zona térmica en la distribución de *Vanilla planifolia* en la Huasteca potosina

Llegado a este punto, los municipios donde se desplaza *V. planifolia* presentaron un patrón de humedad que siguió un eje, en los que las partes más húmedas se situaron en las cercanías con la Sierra Madre Oriental, y las partes menos húmedas se localizaron en la porción de la Llanura Costera del Golfo. De tal modo, la región presentó dos tipos de rangos de humedad: húmedos y subhúmedos. En el área de distribución se ubicaron cuatro tipos de rangos de humedad, correspondientes a los húmedos (f) y (m); y subhúmedos (w_1) y (w_2) (Figura 2.8) (García, 1990).

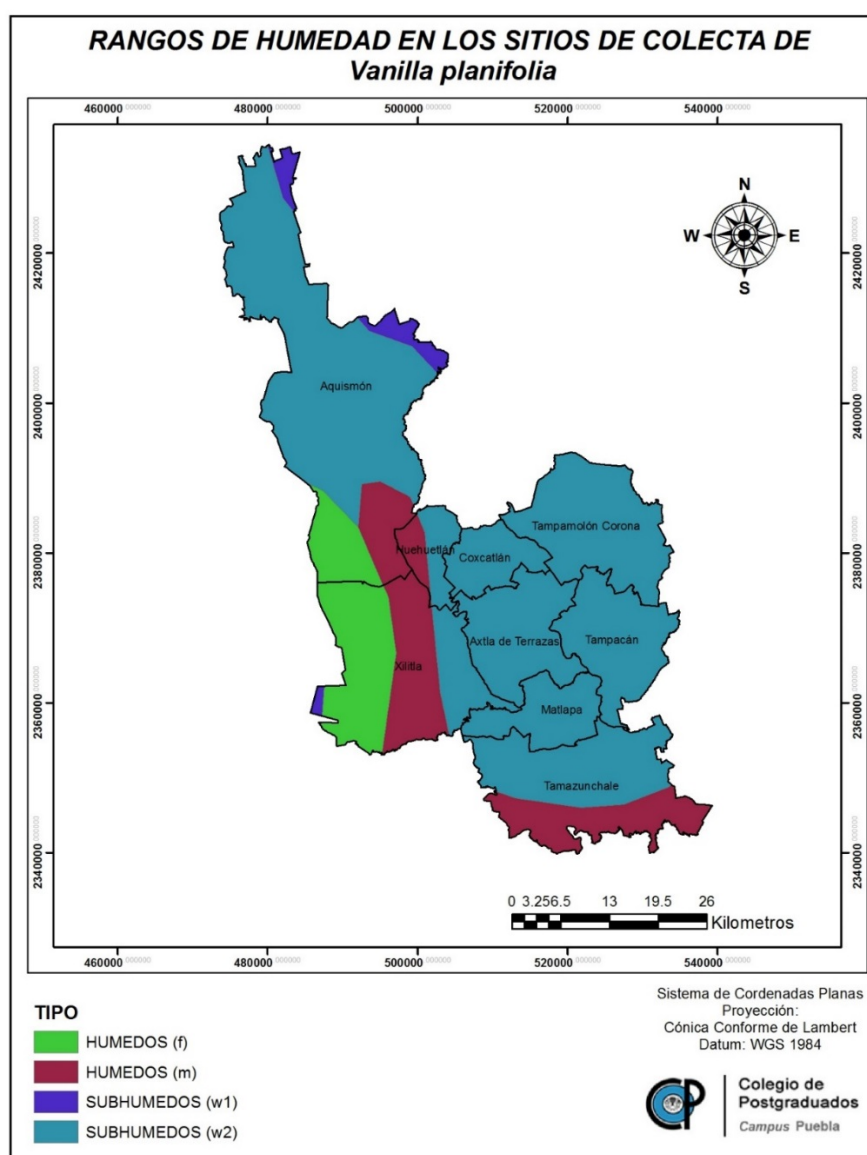


Figura 2. 8. Gradiente de humedad en el área de distribución de *Vanilla planifolia* en la Huasteca potosina

En la parte occidente de Xilitla y suroeste de Aquismón se ubicó el húmedo (f). El húmedo (m) se presentó en el sureste de Aquismón, la parte oriental de Xilitla, al occidente de Coxcatlán y la parte sur de Tamazunchale. En pequeñas porciones al occidente de Xilitla y noreste de Aquismón se localizó el subhúmedo (w_1), este rango de humedad fue minoritario en la zona de estudio. El subhúmedo (w_2) se concentró en los municipios de Matlapa, Axtla de Terrazas, Coxcatlán, Tampacán, Tampamolón Corona, la zona norte de Tamazunchale y oriente de Huehuetlán ([García, 1990](#)). En particular, este último régimen fue predominante en el área de distribución de *V. planifolia*, ubicado en la Huasteca potosina.

La humedad que presentó esta zona dependió principalmente de la precipitación que recibió, y de manera secundaria, de los cuerpos de agua en la región potosina. Soto-Esparza y Giddings-Berger ([2011](#)) señalaron que el indicador que se usa en climatología para determinar la humedad de un lugar es la cantidad de precipitación que recibe, el régimen de humedad y la temperatura del lugar. Rzedowski ([1961](#)) explicó que los gradientes de humedad en la Huasteca, están correlacionados con la Sierra Madre Oriental, la cual interfiere con la penetración de la humedad llevada por los vientos alisios, procedentes del cercano Golfo de México.

Finalmente, la humedad y temperatura fueron elementos constituyentes, en la gama de climas que albergó el área de distribución de la vainilla.

Precipitación

La región de la Huasteca tuvo precipitaciones abundantes que variaron ascendentemente de este a oeste, conforme incrementó la altitud sobre el nivel del mar. El área de distribución de vainilla presentó cuatro categorías de precipitación ([Figura 2.9](#)), enunciadas a continuación:

- 1) Las precipitaciones de **800 a 1200 mm** se presentaron en una parte reducida hacia el noreste y oriente de Aquismón.

- 2) Las precipitaciones de **1200 a 1500 mm** ocurrieron en la mayor parte de los municipios de Aquismón, Tampacán y Tampamolón Corona; y en una porción occidental de Xilitla.
- 3) Las precipitaciones de **1500 a 2000 mm** sucedieron en casi toda la superficie de los municipios de Axtla de Terrazas, Coxcatlán, Huehuetlán, Matlapa, Tamazunchale y Xilitla; y en la parte sur de Aquismón.
- 4) Las precipitaciones de **2000 a 2500 mm** acontecieron en la parte occidental de Tamazunchale, Matlapa y Axtla de Terrazas; el sur de Huehuetlán y el extremo oriente de Xilitla.
- 5) Las precipitaciones de **2500 a 3000 mm** se dieron en las partes más altas de la Sierra de Xilitla, Tamazunchale y Matlapa.

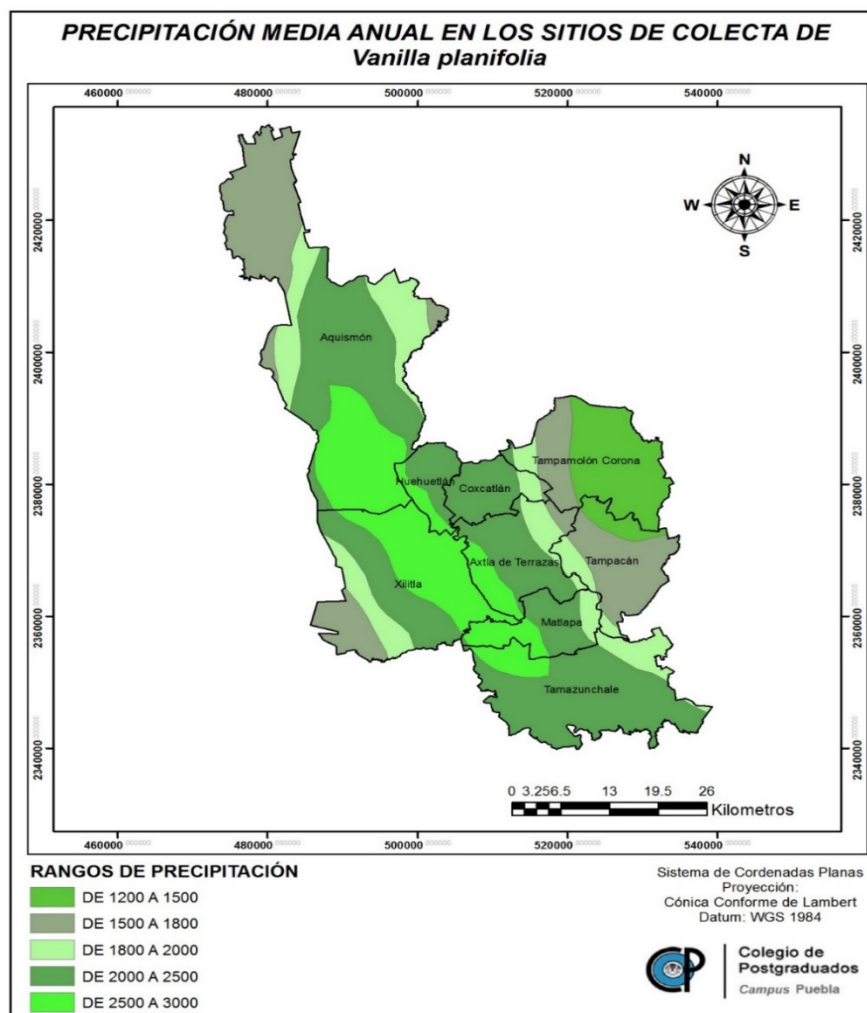


Figura 2. 9. Rango de precipitación en el área de distribución de *Vanilla planifolia* en la Huasteca potosina

Las precipitaciones de 800 a 1200 mm anuales ocurrieron en las partes más bajas, y las de 2000 a 2500 en las zonas altas de la Sierra Madre Oriental. Por su parte, Rzedowski (1990) indicó que la distribución de la precipitación en la Huasteca potosina, proviene de las zonas más húmedas de las vertientes del Barlovento (oriente) de las sierras y las porciones occidentales de llanuras. Tal como señaló Aguilar (2002) los vientos alisios son responsables de la precipitación que llega a finales de mayo.

Tipo de vegetación

La vegetación donde se distribuye *V. planifolia* albergó principalmente bosques, selvas perennifolias y caducifolias, y vegetación secundaria con manejo agrícola, pecuario y forestal (Figura 2.10). A continuación se describen sus características:

- a. El *bosque mesófilo de montaña* se situó al suroriente de Xilitla. Esta representa una transición entre la vegetación de bosques de coníferas y la selva alta perennifolia. No obstante, en algunos sitios de distribución de *V. planifolia*, se encontraron relictos de esta vegetación severamente amenazada (Figura 2.10). Principalmente, se identificaron especies de *Liquidambar* (Hamamelidaceae).
- b. La *selva alta perennifolia* y *subperennifolia* habitó en el extremo oriente de Xilitla y Aquismón; el occidente de Huehuetlán, Matlapa y Axtla de Terrazas; y en porciones dispersas de Coxcatlán, Tamazunchale y Tampacán (Figura 2.10). Este tipo de vegetación se desarrolló en zonas con mucha precipitación. Se localizó en las sierras y laderas abruptas, principalmente al sureste de la subprovincia del Carso Huasteco. Estas zonas presentaron árboles en condiciones conservadas de más de 30 m de altura. Rzedowski (1961) describió que esta vegetación corresponde a terrenos montañosos o cerriles, de naturaleza caliza. Son frecuentes las laderas muy escarpadas y el paisaje kárstico. Los suelos son arcillosos, de color castaño oscuro y rico en materia orgánica, con un pH entre 6 y 7. Esta vegetación fue la más densa, con abundantes plantas epífitas. Las especies características fueron: ojoj (*Brosimum alicastrum*), frijolillo (*Pithecellobium arboreum*), higueros (*Ficus sp.*) y mamey (*Calocarpum sapota*). Dicha vegetación se desarrolló entre los 200 a 800 msnm.

- c. La *selva baja caducifolia* y *subcaducifolia* se presentó de manera intermitente en el extremo oriental de Aquismón ([Figura 2.10](#)). Cabrera y Betancourt (2002) indicaron que sus doseles oscilan entre los 4 hasta 15 m de altura. Puig (1991) sugirió que la especie que domina es *Bursera simaruba* (L). Sarg.
- d. La *selva mediana perennifolia* y *subperennifolia* se concentró en el municipio de Aquismón y en fragmentos de los municipios de Axtla de Terrazas, Tampamolón Corona, Tampacán y Tamazunchale ([Figura 2.10](#)). Cabrera y Betancourt (2002) reportaron a esta vegetación como nativa de la región, y se caracteriza por doseles entre 15 y 40 m de altura. Rzedowski (1966) y Puig (1991) reportaron a *Brosimum alicastrum* Sw. (Moraceae) como la especie más conspicua de esta vegetación; y en menor densidad, chicozapote (*Achras sapota*), cedro (*Cedrela mexicana*), chaca (*Bursera simaruba*), orejón (*Enterolobium cyclocarpum*), jobo (*Spondias mombin*) y chijol (*Piscidia mollis*); los cuales del 25 al 50% pierden sus hojas en la época seca. Esta vegetación se ubicó entre los 400 y 600 msnm.
- e. La *vegetación de Palmar* se presentó en el municipio de Tampamolón Corona ([Figura 2.10](#)) y en esta tan solo se ubicó una población de vainilla.
- f. La *vegetación de Popal* y *tular* se restringió a una superficie mínima en la parte nororiental de Aquismón ([Figura 2.10](#)).
- g. La *vegetación con manejo agrícola, pecuario y forestal* abarcaron gran parte del territorio. Principalmente, los municipios de Axtla de Terrazas, Coxcatlán, Tampamolón Corona, Tampacán, Matlapa y Tamazunchale; así como porciones que se extendieron a los municipios de Xilitla, Huehuetlán y Aquismón ([Figura 2.10](#)). Esta vegetación predominó en la subprovincia de Llanuras y lomeríos. Rzedowski (2006) afirmó que dicha vegetación presenta especies herbáceas (Poaceae, Asteraceae y Fabaceae), arbustivas (*Acacia amentace* DC., *Croton niveus* Jaq., *Guazuma ulmifolia* Lam y *Piscidia piscipula* (L) Sarg) y arbóreas (dominan los géneros *Bursera*, *Guazuma* y *Swietenia*). Dentro del manejo forestal, los municipios de Tamazunchale, Xilitla, Huehuetlán, Aquismón, Matlapa y Axtla de Terrazas fueron considerados para

cultivos de café. Mientras el manejo agrícola se concentró en la zona citrícola, presente en los municipios de Axtla de Terrazas, Coxcatlán, Tampacán, Huehuetlán, Matlapa y Tampamolón Corona, como recalcó Ruvalcaba (2004).

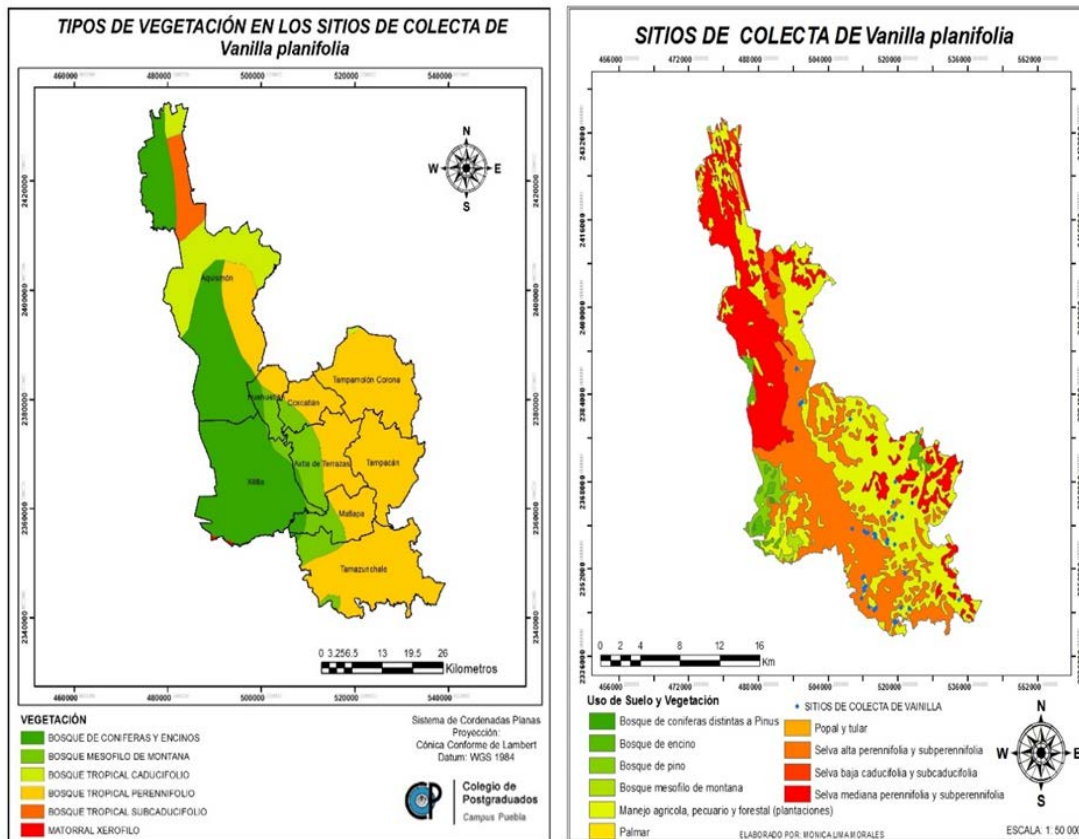


Figura 2. 10. Vegetación y uso de suelo en el área de distribución de *Vanilla planifolia* en la Huasteca potosina, los puntos azules indican los sitios de colecta de esta especie

La mayor parte de los lugares donde se observó *V. planifolia* presentaron selva alta perennifolia y subperennifolia, así como vegetación destinada al manejo agrícola y forestal. Fisonómicamente, el paisaje de toda la región fue apreciado como un mosaico, formado por piezas que se diferenciaron en la intensidad de su coloración verde. Con respecto a esto, Rzedowski (1961) describió a la Huasteca potosina, con tres formas fundamentales de paisaje: pastizal, bosque y selvas. Asimismo, esta zona representa el límite boreal de las selvas altas perennifolias (Rzedowski, 2006).

También, Rzedowski ([1961](#)) aseveró que la zona húmeda y caliente de los alrededores de Aquismón y Tamazunchale, presentan relaciones florísticas meridionales con el bosque tropical húmedo que se extiende desde Veracruz hasta el norte de Argentina. Esta relación fue importante por la similitud de condiciones climáticas y la afinidad florística que comparte esta región, con América Central y Sudamérica.

Otro aspecto básico a considerar de la vegetación donde se distribuyó *V. planifolia*, fue el cambio de uso de suelo que constantemente alteró la vegetación natural de la Huasteca potosina. La vegetación original reportada por Rzedowski ([1961](#)), en la provincia de la Sierra Madre Oriental estaba constituida por bosque tropical perennifolio o selva alta perennifolia; y en la Llanura Costera del Golfo de México por bosque tropical espinoso. Por lo que este contexto conllevó a la fragmentación y disminución del hábitat de *V. planifolia*, como señaló Soto Arenas ([2009](#)). Asimismo, Dirzo y Miranda ([1991](#)) mencionaron que la vegetación natural de la Huasteca es solo un remanente de los procesos antropogénicos contemporáneos. Pues, actualmente se estima una pérdida de 23% de la superficie selvática en la Huasteca potosina, y por eso, Aquismón y Xilitla son considerados núcleos forestales ([INEGI, 2013](#)).

2.3.4 Zonificación de la superficie de distribución actual de *Vanilla planifolia* en San Luis Potosí.

El área de distribución de la vainilla se ubicó en tres zonas ecológicas: 1) tropical cálido húmeda, 2) tropical cálido subhúmeda y 3) templada húmeda, como señalaron Toledo y Ordoñez ([2009](#)).

En la Huasteca potosina se ubicaron 40 sitios con *V. planifolia*, en nueve municipios y 23 localidades. La distribución de las poblaciones presentó un gradiente oscilante, entre los 100 y 690 msnm ([Tabla 2.3](#)).

Tabla 2. 3. Coordenadas UTM de las poblaciones nativas de *Vanilla planifolia* en estado silvestre y cultivado en San Luis Potosí, México

Colecta (No)	Localidad	Latitud (N)	Longitud (E)	Altitud (msnm)	Municipio	Estado		
1	Cuichapa	480811.11	2357404.40	279	Matlapa	Cultivado		
2		482428.89	2357354.99	292		Semi-natural		
3	Tlajumpal	480815.41	2361067.83	184		Cultivado		
4		480409.17	2362095.40	147		Cultivado		
5	Ejido Jalpilla	480412.27	2362092.08	122	Axtla de Terrazas	Cultivado		
6	Ejido Ajuatitla	490884.09	2379440.59	161	Coxcatlán	Cultivado		
7	Jomté	399338.47	2322662.86	405	Aquismón	Silvestre		
8	Tixcuayuca	503267.71	2388694.53	391	Tamazunchale	Cultivado		
9		480239.12	2342302.15	566		Silvestre		
10		480602.52	2342374.76	472		Cultivado		
11		480688.65	2342351.42	496		Manejado		
12		480849.56	2342370.05	519		Cultivado		
13		Santiago	480852.67	2342367.83		617	Semi-natural	
14		Tenexapa	485025.82	2344969.92		624	Silvestre	
15		Axhumol	485020.64	2344976.56		173	Cultivado	
16			485088.42	2357870.32		629		
17			485101.28	2358331.83		688		
18	Tamala	485125.84	2357969.89	690	Matlapa	Silvestre		
19		464712.84	2358363.14	604		Semi-natural		
20		485127.92	2357978.74	693				
21	Tepetzintla	485186.32	2358332.86	129		Cultivado		
22	Tlajumpal	480765.45	2356500.22	264		Cultivado		
23	La Ceiba	482123.29	2362402.22	113	Tampacán	Cultivado		
24	Los Naranjos	470459.72	2364102.61	100				
25	Alaquich	502128.92	2382424.30	266	Huehuetlán	Cultivado		
26		502145.49	2382446.44	281		Manejado		
27		501899.03	2382625.71	205		Semi-natural		
28	La Providencia	487245.05	2358675.33	593	Matlapa	Cultivado		
29		487335.28	2358690.75	596				
30	Otlaxcuayo	512664.71	2358690.76	145	Xilitla	Manejado		
31		487734.76	2359004.77	244				
32	La Providencia 3	487733.73	2359016.95	213				
33	Tlacoahuque	486881.06	2358657.91	243	Matlapa	Cultivado		
34		490442.48	2359338.31	205				
35	El platanito	488366.81	2346616.28	456		Manejado		
36	Chapulhuacanito	487358.86	2348926.83	259	Tamazunchale	Cultivado		
37	Monte Alegre	487688.60	2348647.68	240		Cultivado		
38	La Herradura	487673.66	2348092.10	160	Xilitla	Manejado		
39	Peña Blanca	495234.10	2380211.27	547		Semi-natural		
40	El Naranjo	447206.88	2387533.29	129	Tampamolón Corona	Cultivado		

Se determinó que los factores abióticos y espaciales intervinieron directamente en la heterogeneidad ambiental que presenta la zona de estudio, donde se desplazan las

poblaciones de vainilla. Por lo que se elaboró una matriz, para identificar la variación ambiental y los factores que intervinieron en esta (Tabla 2.4).

Tabla 2. 4. Matriz de datos abióticos y espaciales de los puntos de colecta de *Vanilla planifolia* en la Huasteca potosina

Colecta (no.)	Municipio	Localidad	Alt (msnm)	Rhs (días)	Evt (mm)	Pt (mm)	Lli (%)	Tipo		Temperatura (°C)		
								clima	suelo	media anual	mes fresco	mes seco
1	Matlapa	Cuichapa	279	300.0	1250	2250	7.6	Cálido húmedo	rendzina	24	13	33
2			292									
3		Tlajumpal	184									
4			147									
5	Axtla de Terrazas	Ejido Jalpilla	122	225.0	1150	2250	14.1	Semicálido húmedo del grupo c	litosol	24	11	35
6	Coxcatlán	Ejido Ajuatitla	161									
7	Aquismón	Jomté	405									
8	Tamazunchale	Tixcuayuca	391									
9			566									
10			472									
11			496									
12		519										
13		Santiago	617	347.5	1250	2750	7.6	Cálido húmedo	rendzina	24	13	33
14		Tenexapa	624									
15		Axhumol	173									
16	Matlapa	Tamala	629									
17			688									
18			690									
19			604									
20			693									
21		Tepetzintla	129	300.0	1150	1900	7.6	Cálido húmedo	rendzina	24	13	35
22	Tlajumpal	264										
23	Tampacán	La Ceiba	113	347.5	1150	2750	14.1	Semicálido húmedo del grupo c	litosol	24	11	31
24		Los Naranjos	100									
25	Huehuetlán	Alaquich	266	347.5	1150	2750	7.6	Cálido húmedo	rendzina	24	13	35
26			281									
27			205									
28	Matlapa	La Providencia	593	300.0	1150	2250	10	Semicálido húmedo del grupo c	litosol	24	11	31
29			596									
30	Xilitla	Otlaxcuayo	145	347.5	1250	2750	7.6	Cálido húmedo	rendzina	24	13	33
31			244									
32	Matlapa	La Providencia	213	300.0	1150	2250	14.1	Cálido húmedo	rendzina	24	13	33
33			243									
34		Tlacoahuque	205									
35	Tamazunchale	El platanito	456	347.5	1150	2750	7.6	Cálido húmedo	rendzina	24	11	31
36		Chapulhuacanito	259									
37		Monte Alegre	240									
38	Xilitla	La Herradura	160	300.0	1150	1350	7.6	Cálido subhúmedo	rendzina	24	13	35
39		Peña Blanca	547									
40	Tampamolón Corona	El Naranjo	129	300.0	1150	1350	7.6	Cálido subhúmedo	rendzina	24	13	35

Nota: Todos los puntos de colecta presentaron una temperatura media de 24°C. Alt: Altitud (msnm); Rhs: Régimen Hídrico de Suelo (días); Evt: Evapotranspiración (mm); Pt: Precipitación Total Anual (mm); LLI: Lluvias en Invierno (%).

Finalmente, la zonificación de la superficie de distribución de *V. planifolia* mostró tres rangos de régimen hídrico de suelo que oscilaron entre 225 y 347.5 días, lo cual indicó que el municipio de Aquismón retuvo la mayor cantidad de materia orgánica en el suelo. El régimen de humedad údico (270 a 365 días), se localizó en el sureste y este de la Huasteca potosina, al abarcar los municipios de Axtla de Terrazas, Coxcatlán, Huehuetlán, Tamazunchale, Tampacán y Matlapa ([Tabla 2.5](#)). El régimen Úrstico (180 a 270 días) fue característico del municipio de Aquismón y este de la Huasteca potosina. Su humedad fue preexistente, por lo que la vainilla creció adecuadamente en este municipio ([Maples- Vermeersch, 1992](#)).

El gradiente de evapotranspiración reportó dos tipos, entre 1150 y 1250 mm. La mayor pérdida de humedad se dio en los municipios de Axtla de Terrazas y Matlapa. La menor pérdida de humedad sucedió en los municipios de Aquismón, Coxcatlán, Huehuetlán y Tampamolón. Los municipios de Tamazunchale, Tampacán y Xilitla presentaron ambos gradientes ([Tabla 2.5](#)). La precipitación total anual osciló entre 1350 y 2750 mm ([Maderey, 1990](#)).

Los puntos de colecta se situaron en tres grupos de clima que fueron: cálido húmedo (72.7), cálido subhúmedo (9.1%) y semicálido húmedo del grupo C (18.2%), aunque predominó el cálido húmedo. El clima cálido se presentó en los municipios de Aquismón, Axtla de Terrazas, Coxcatlán, Huehuetlán, Matlapa y Tampacán. El clima cálido subhúmedo se ubicó en Tampamolón Corona ([Tabla 2.5](#)). En Tamazunchale y Xilitla transitó el clima cálido y semicálido húmedo ([García, 1998](#)).

En la superficie dominaron dos tipos de suelo, rendzina y litosol. El suelo predominante fue Rendzina (80%) y se encontró en los municipios de Axtla de Terrazas, Coxcatlán, Huehuetlán, Matlapa, Tampacán y Tampamolón ([Tabla 2.5](#)). El Litosol (20%) se concentró en el municipio de Aquismón. Xilitla presentó los dos tipos de suelo ([INIFAP y CONABIO, 1995](#)).

Destaca que todos los municipios presentaron una temperatura promedio anual de 24°C. El mes más fresco osciló entre 11 y 13°C; y el mes más seco, entre 31 y 35°C. Las temperaturas más elevadas se presentaron en los municipios de Coxcatlán, Tampacán, Tampamolón Corona y Matlapa (Tabla 2.5). Las temperaturas más bajas se reportaron en Aquismón, Coxcatlán, Huehuetlán y Xilitla (Vidal-Zepeda, 1990; García, 1998).

Tabla 2. 5. Zonificación de los municipios donde se distribuye *Vanilla planifolia*

Municipio	Pob (no)	Alt (msnm)	Rhs (días)	Evt (mm)	Pt (mm)	Lli (%)	Tipo		Temperatura (C°)	
							Clima	Suelo	Mes fresco	Mes seco
Aquismón	1	405	225	1150	2750	7.6	Cálido húmedo	Litosol	11	33
Axtla de Terrazas	1	122	300	1250	2250	7.6	Cálido húmedo	Rendzina	13	33
Coxcatlán	1	161	300	1150	2750	7.6	Cálido húmedo	Rendzina	11	35
Huehuetlán	3	Entre 205 y 281	347.5	1150	2750	14.1	Cálido húmedo	Rendzina	11	31
Matlapa	16	Entre 129 y 693	Entre 300 y 347.5	1250	Entre 2250 y 2750	7.6	Cálido húmedo	Rendzina	13	Entre 33 y 35
Tamazunchale	11	Entre 173 y 624	347.5	Entre 1150 y 1250	Entre 2250 y 2750	Entre 7.6 y 14.1	Cálido húmedo y Semicálido húmedo del grupo C	Rendzina	13	33
Tampacán	2	Entre 100 y 113	300	Entre 1150 y 1250	1900	7.6	Cálido húmedo	Rendzina	13	35
Tampamolón Corona	1	129	300	1150	1350	7.6	Cálido subhúmedo	Rendzina	13	35
Xilitla	4	Entre 145 y 547	Entre 300 y 347.5	Entre 1150 y 1250	Entre 2250 y 2750	Entre 10 y 14.1	Cálido húmedo y Semicálido húmedo del grupo C	Litosol y Rendzina	Entre 11 y 13	31

Nota: Todos los puntos de colecta presentaron una temperatura de 24°C. POB: Cantidad de Poblaciones (no); ALT: Altitud (msnm); RHS: Régimen Hídrico de Suelo (días); EVT: Evapotranspiración (mm); PTa: Precipitación Total Anual (mm); LLI: Lluvias en Invierno (%)

2.3.5 Análisis multivariado de las características ambientales y propuesta de grupos de ambientes

De acuerdo a las características abióticas de los sitios (Tabla 2.4 y Tabla 2.5), al realizar el análisis multivariado se identificaron cinco ambientes en la Huasteca potosina, con el

software SAS versión 9.1. El análisis de clúster indicó el agrupamiento de las variables independientes (datos abióticos), conforme a la similitud que tuvieron los sitios donde se encontró *V. planifolia*. Los cinco grupos de ambientes se formaron a una distancia de 3.8 (Figura 2.11).

Las variables independientes que tuvieron mayor incidencia en la asociación de los grupos de ambientes fueron el régimen hídrico del suelo, la altitud y el clima (Figura 2.11). En la figura 2.11, se aprecia que el régimen hídrico del suelo fue el elemento abiótico que determinó la distribución de *V. planifolia* y constituyó los cinco ambientes donde habita esta especie.

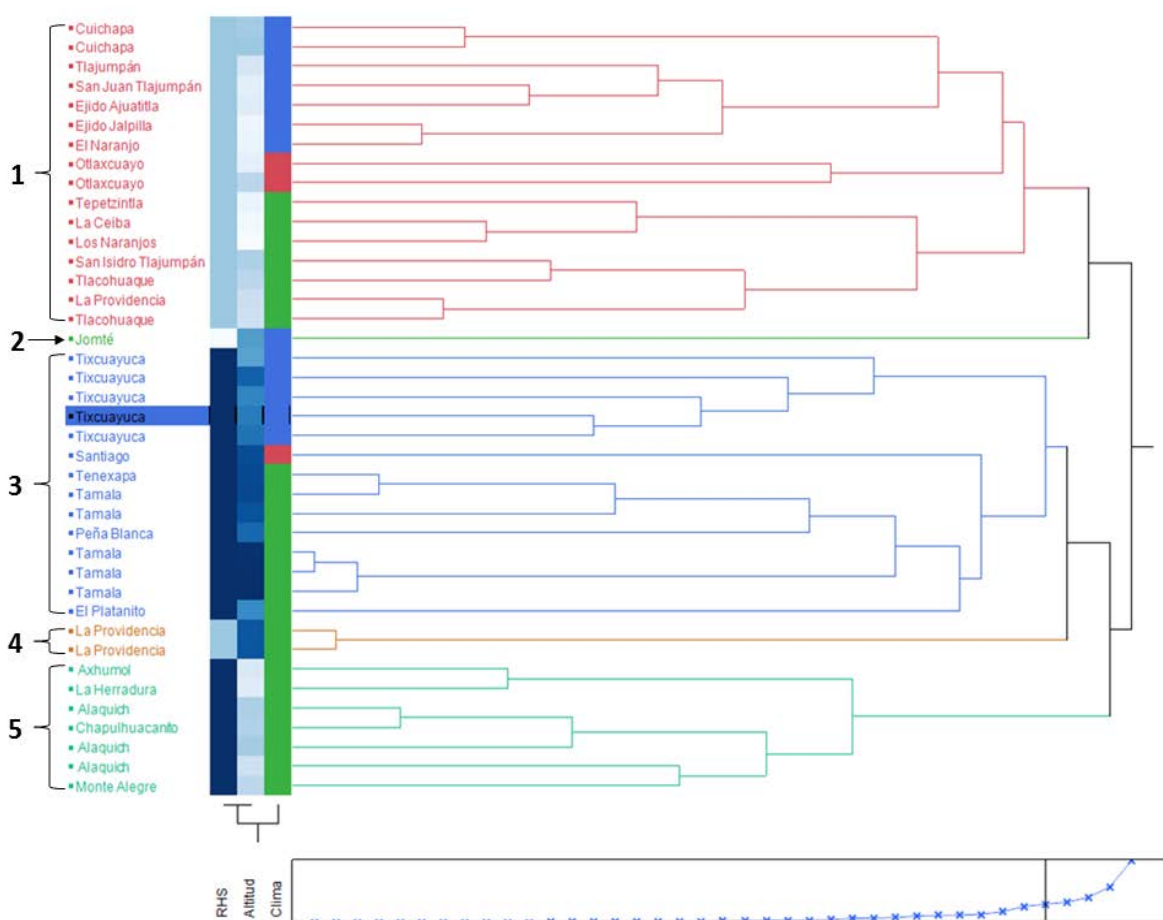


Figura 2. 11. Dendrograma de 40 colectas de *Vanilla planifolia* en la Huasteca potosina, con base en el promedio de 10 variables y agrupamiento por distancias de similitud. RHS=Régimen Hídrico de Suelo

Por similitud los ambientes se conformaron en dos grandes grupos, fundamentalmente determinados por el régimen hídrico del suelo. Estos dos grupos estuvieron formados primeramente por los ambientes más húmedos, correspondiente a los grupos 3, 4 y 5; y subsecuentemente por los ambientes con menor humedad en los grupos 1 y 2. (Tabla 2.6). La disgregación de estos dos principales grupos correspondió al tipo de clima que formó cuatro grupos. La variable independiente de altitud consolidó los cinco ambientes.

Básicamente, los municipios de Matlapa y Xilitla fueron los más diversos, con tres tipos ambientes (ambiente 1, 2 y 3) en los que se desplazó *V. planifolia*. Tamazunchale estuvo configurado por dos ambientes (ambiente 3 y 5). Axtla de Terrazas, Coxcatlán, Huehuetlán, Tampacán, Tampamolón y Aquismón presentaron un solo tipo de ambiente. El municipio de Jomté resaltó por constituir un ambiente muy peculiar (ambiente 2) (Tabla 2.6).

Tabla 2. 6. Ubicación de ambientes de *Vanilla planifolia* en la Huasteca potosina

Grupo de ambientes	Localidades	Municipio
1	Ejido Jalpilla	Axtla de Terrazas
	Ejido Ajuatitla	Coxcatlán
	Cuichapa	Matlapa
	La Providencia 1	
	Tepetzintla	
	Tlacoehuaque	
	La Ceiba	Tampacán
	Los Naranjos	
	El Naranjo	Tampamolón Corona
	Otlaxcuayo 1	Xilitla
2	Jomté	Aquismón
3	Tamala	Matlapa
	El platanito	Tamazunchale
	Santiago	
	Tenexapa	
	Tixcuayuca	
	Peña Blanca	Xilitla
4	La Providencia 2 y 3	Matlapa
5	Alaquich	Huehuetlán
	Axhumol	Tamazunchale
	Chapulhuacanito	

Tabla 2.6. Continuación

	Monte Alegre	Tamazunchale
	La Herradura	Xilitla

Estos resultados demostraron que la región Huasteca potosina alberga una diversidad de ambientes propicios para el desplazamiento de *V. planifolia*.

2.4 CONCLUSIÓN

Vanilla planifolia Jacks. ex Andrews se distribuye en nueve municipios de la región Huasteca de San Luis Potosí, México.

Los factores abióticos relacionados con la distribución actual de *V. planifolia* son el régimen de humedad del suelo, la altitud y el clima.

Las poblaciones de *V. planifolia* se encuentran ubicadas en cinco tipos de ambientes, determinados por las características ambientales de la Huasteca potosina. La variación de estos cinco ambientes es resultado de una compleja relación entre los factores abióticos y los procesos orogénicos y geográficos de la zona de estudio. Por lo que existe variación ambiental, a lo largo de toda la región, donde se desplaza esta especie, y es posible que algunos de los especímenes aquí encontrados puedan albergar una variación genética para el germoplasma de esta especie.

2.5 LITERATURA CITADA

- Aguilar, R. M. (2002). Las condiciones de la Huasteca: cambio y continuidad en una región biogeográfica fronteriza. Texto presentado en la Magna exposición sobre la Huasteca. Museo Nacional de Culturas Populares. CONACULTA.
- Bory, S., Lubinsky, P., Risterucci, A. M., Noyer, J. L., Grisoni, M., Duval, M-F., Besse, P. (2008a). Patterns of introduction and diversification of *Vanilla planifolia* (Orchidaceae) in Reunion Island (Indian Ocean). *American Journal of Botany*. 95(7): 805-815.
- Bory, S., Grisoni, M., Duval, M-F., Besse, P. (2008b). Biodiversity and preservation of Vanilla: present state of knowledge. *Genetic Resources Crop Evolution*. 55: 551-571.

- Bythrow, D. J. (2005). Vanilla as a medicinal plant. *Seminars in Integrative Medicine*. 3: 129-131.
- Cabrera, A. J., Betancourt, I. (2002). La huasteca potosina: ligeros apuntes sobre este país. Centro de investigaciones y estudios superiores en antropología social-el colegio de San Luis.
- Casas, A. (2001). Silvicultura y domesticación de plantas en Mesoamérica, *In: plantas, cultura y sociedad. Estudio sobre la relación entre humanos y plantas en los albores del siglo XXI.* Universidad Autónoma Metropolitana. Iztapalapa-Semarnat. México
- Caso, B. L., Aliphath, F. M. (2006). Cacao, vainilla and Annatto: Three production and exchanges systems in the Southern Maya lowlands, XVI-XVII centuries. *Journal of Latin American Geography*. Vol. 5(2): 29-52.
- Cervantes-Zamora, Y., Cornejo-Olgín, S. L., Lucero-Márquez, R., Espinoza-Rodríguez, J. M., Miranda-Vázquez, E., Pineda-Velázquez, A. (1990). Provincias Fisiográficas de México. Extraído de Clasificación de Regiones Naturales de México II, IV.10.2. Atlas Nacional de México. Vol. II. Escala 1:4000000. Instituto de Geografía, UNAM. México.
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). (2014). Catálogo de metadatos geográficos: Climas. Portal de Geoinformación. Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad. *In: <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>* , Consultado: Marzo, 2014.
- COPLADE. (2010). Plan Estatal de Desarrollo del Estado de San Luis Potosí, Secretaria de Desarrollo Económico, 2009-2015. Comité de Planeación del Desarrollo Estatal. COPLADE. México. 180 pp.
- Dirzo, R., Miranda, A. (1991). El límite boreal de la selva tropical húmeda en el continente americano, contracción de la vegetación y solución a una controversia. *Interciencia*. Vol. XVI. Núm.5: 240-247, Caracas.
- Gallardo, A. P. (2003). Medicina tradicional-Medicina moderna entre los huastecos de San Luis Potosí. *Anales de Antropología*. Vol. 27: 229-240. (ISSN 01851225).
- Gallardo, A. P. (2004). Huastecos de San Luis Potosí. CDI-PNUD. México 31 pp. (ISBN 970-753-023-5).
- García, E. (1990). Rangos de humedad. Extraído de Climas. IV.4.10. Atlas Nacional de México. Vol. II. Escala 1: 4000000. Instituto de Geografía UNAM. México.
- García, E. (1998). Carta de climas. Sistema de Köppen modificado por E. García, Escala 1:1 000 000. Catálogo de metadatos geográficos. CONABIO, México.
- García, E. (2004). Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Base de datos climatológicos 1921-1995. Programa para la clasificación del clima. Versión Digital. Instituto de Geografía. Universidad Autónoma de México, México.
- Hágsater, E., Soto Arenas, M. A., Salazar-Chávez, G. A., Jiménez-Machorro, R., López-Rosas, M. A., Dressler, R. L. (2005). Las orquídeas de México. *Productos farmacéuticos*, S. A. de C. V. 45-57 pp.
- INEGI (2009^a). Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Aquismón, San Luis Potosí. Clave Geoestadística 24003.
- INEGI (2009^b). Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Axtla de Terrazas, San Luis Potosí. Clave Geoestadística 24053.

- INEGI (2009c). Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Coxcatlán, San Luis Potosí. Clave Geoestadística 24014.
- INEGI (2009d). Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Huehuetlán, San Luis Potosí. Clave Geoestadística 24018.
- INEGI (2009e). Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Matlapa, San Luis Potosí. Clave Geoestadística 24057.
- INEGI (2009f). Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Tamazunchale, San Luis Potosí. Clave Geoestadística 24037.
- INEGI (2009g). Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Tampacán, San Luis Potosí. Clave Geoestadística 240038.
- INEGI (2009h). Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Tampamolón Corona, San Luis Potosí. Clave Geoestadística 24039.
- INEGI (2009i). Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Xilitla, San Luis Potosí. Clave Geoestadística 24054.
- INEGI (2013). Anuario Estadístico por Entidad Federativa. Instituto Nacional de Estadísticas y Geografía. México. 744 pp.
- Instituto Nacional de investigaciones Forestales y Agropecuarias (INIFAP) - Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). (1995). Edafología. Escalas 1:250000 y 1:1000000. México.
- Lobo, J. M., Castro, I., Moreno, J. C. (2001). Spatial and environmental determinants of vascular plant species richness distribution in the Iberian Peninsula and Balearic Islands. *Biological Journal of the Linnean Society*. 73: 233-253.
- Lubinsky, P., Bory, S., Hernández, H. J., Seung-Chul, K., Gómez-Pompa, A. (2008). Origins and dispersal of cultivated *Vanilla planifolia* Jacks. (Orchidaceae). *Economic botany*. 62(2): 127-138.
- Maderey, L. E. (1990). Evapotranspiración real, en Hidrogeografía IV.6.6. Atlas Nacional de México. Vol. II Escala 1 4000000. Instituto de Geografía UNAM. México.
- Maples-Vermeersch, M. (1992). Regímenes de humedad del suelo en Hidrogeografía IV.6.2 Atlas Nacional de México. Vol. II. Escala 1:4000000. Instituto de Geografía, UNAM. México.
- Minoo, D., Nirmal, B. K., Peter, K. V. (2006). Conservation of *Vanilla* species, *in vitro*. *Scientia Horticulturae*. 110(2): 175-180.
- Minoo, D., Jayakumar, V. N., Veena, S. S., Vimala, J., Basha, A., Saji, K. V., Nirmal, B. K., Peter, K. V. (2008). Genetic variations and interrelationships in *Vanilla planifolia* and few related species as expressed by RAPD polymorphism. *Genetic Resources Crop Evolution*. 55: 459-470.
- Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. (2010). Publicada en el Diario Oficial de la Federación, el jueves 30 de diciembre de 2010.
- Odoux, E., Grisoni, M. (Eds). (2011). *Vanilla. Medical and Aromatic Plants-Industrial Profiles*. CRC Press, Boca Raton, Florida. EE.UU. Taylor & Francis Group. 13:978-1-4200-8338(Ebook-PDF) 15 pp.
- Ortega-Huerta, M. A., Peterson, A. T. (2008). Modelling ecological niches and predicting geographic distributions: a test of six presence-only methods. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 79: 205-216.

- Pearson, R. G., Raxworthy, C. J., Nakamura, M., Peterson, A. T. (2007). Predicting species distributions from small numbers of occurrence records: a test case using cryptic geckos in Madagascar. *Journal of Biogeography*. 34(1): 102-117.
- Puig, H. (1991). Vegetación de la huasteca (México), estudio fitogeográfico y ecológico. Institut Français de Recherche scientifique pour développement en coopération (ORSTOM), México, Instituto de Ecología A.C., Centre D'études mexicaines et centraméricaines (CEMCA), 12 pp.
- Retuerto, R., Carballeira, A. (2004). Estimating plant responses to climate by direct gradient analysis and geographic distribution analysis. *Plant Ecology*. 170(2): 185-202.
- Ridley, H. N. (1912). Chapter II: Vanilla. *In*: Bory, S., Grisoni, M., Duval, M-F., Besse, P. (2008). Biodiversity and preservation of Vanilla: present state of knowledge. *Genetic Resources Crop Evolution*. 55(4): 551-571.
- Rolfe, R. A. (1985). Vainillas of the commerce. *In*: Hágsater, E., Soto Arenas, M. A., Salazar-Chávez, G. A., Jiménez-Machorro, R., López-Rosas, M. A., Dressler, R. L. (2005). Las orquídeas de México. *Productos farmacéuticos, S. A. de C. V.* 50 pp.
- Ruvalcaba, M. J., Pérez, C. J. M. (1996). La huasteca en los albores del tercer milenio. Ed. CIESAS. México, D.F. 251 pp.
- Ruvalcaba, M. J. (2004). La agricultura de roza en la huasteca, ¿Suicidio o tesoro colectivo? *In*: Coord. Ruvalcaba, M. J., Pérez, Z. J., Herrera, O. La huasteca, un recorrido por su diversidad. CIESAS: El colegio de San Luis Potosí, A.C. y Colegio de Tamaulipas. 180 p.
- Rzedowski, J. (1961). Vegetación del estado de San Luis Potosí. Tesis doctoral. Facultad de Ciencias. UNAM. México, D.F. 1-265 pp.
- Rzedowski, J. (1966). Vegetación del estado de San Luis Potosí. *Acta Científica Potosina*. 5: 5-291.
- Rzedowski, J. (1978). Vegetación de México. En CONABIO (2005), primera edición digital.
- Rzedowski, J. (1990). Carta de vegetación potencial. Clave IV 8.2 Escala 1:400, 000. Atlas Nacional de México. Instituto de Geografía. UNAM. México.
- Rzedowski, J. (2006). Capítulo 10. Bosque tropical perennifolio. *In*: Rzedowski, J (eds). Vegetación de México. 1ra. Edición digital. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México. pp. 169-189. http://www.biodiversidad.gob.mx/publicaciones/librosDig/pdf/VegetacionMx_Cont.pdf, Acceso 29 diciembre de 2015.
- Statistical Analysis Systems Institute (SAS). (2004). SAST/STAT versión 9.1. User is Guide. Cary, North Carolina, USA.
- Soto Arenas, M. A. (1999). Filogeografía y recursos genéticos de las vainillas de México. Instituto Chinoin AC. Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. J101. México, D.F.
- Soto-Arenas, M. A., Solano-Gómez, A. R. (2007). Ficha técnica de *Vanilla planifolia*. *In*: Soto-Arenas, M. A. (compilador). Información actualizada sobre las especies de orquídeas del PROY-NOM-059-ECOL-2000. Instituto Chinoin A.C., Herbario de la Asociación Mexicana de Orquideología A.C. Base de datos SNIB-CONABIO. Proyecto No. W029. México. D.F.
- Soto Arenas, M. A. (2009). Recopilación y análisis de la información existentes sobre las especies mexicanas del género *Vanilla*. Reporte intermedio, junio 2009. Herbario AMO, Instituto Chinoin, A.C.

- Soto Arenas, M. A. & Cribb, P. (2010). A new infrageneric classification and synopsis of the genus *Vanilla* Plum. Ex-Mill. (Orchidaceae: Vanillinae). *Lankesteriana*. 9(3): 355-39.
- Soto Arenas, M. A. & Dressler, R. (2010). A revision of the mexican and american species of *Vanilla* Plumer Ex Miller with a characterization of their its region of the nuclear ribosomal DNA. *Lankesteriana*. 9(3): 285-354.
- Soto-Esparza, M., García, E. (1989). Atlas climático del estado de Veracruz. Instituto de Ecología, A.C., Xalapa, Veracruz. 125 pp.
- Soto-Esparza, M., Giddings-Berger, L. E. (2011). Sección I, Contexto Físico: Clima. *In*: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). La biodiversidad en Veracruz estudio de estado. CONABIO, Gobierno del Estado de Veracruz, Universidad Veracruzana, Instituto de Ecología, A.C. México. 35-52 pp.
- Schlütter, P. M., Soto Arenas, M. A., Harris, S. A. (2007). Genetic variation in *Vanilla planifolia* (Orchidaceae). *Economic botany*. 61(4): 328-336.
- Taylor, S. J., Bogdan, R. (1987). Introducción a los métodos cualitativos de investigación. Barcelona. Ed. Paidós.
- Toledo, V. M., Barrera-Bassols, N. (2008). La Memoria Biocultural: la importancia ecológica de las sabidurías tradicionales. Barcelona: ICARIA Editorial.
- Toledo, V. M., Ordoñez, M de J. (2009). Zonas ecológicas de México. Extraído de los proyectos A006 y E021: "Diagnóstico de los escenarios de la biodiversidad en México", fases 1 y 2. UNAM-CONABIO.
- Valle, E. J. (2003). Nahuas de la huasteca. CDI-PNUD. México. 31 pp. (ISBN 970-753-008-1).
- Vidal-Zepeda, R. (1990). Temperatura media anual. Extraído de Temperatura media, IV.4.4. Atlas Nacional de México. Vol. II. Escala 1:4000000. Instituto de Geografía, UNAM. México.
- Zavala, M. A. (2004). Estructura, dinámica y modelos de ensamblaje del bosque mediterráneo: entre la necesidad y la contingencia. *In*: Valladares, F (Ed). Ecología del bosque mediterráneo en un mundo cambiante. Ministerio de Medio Ambiente, EGRAF, S.A., Madrid. 249-277 pp. ISBN 84-8014-552-8.

CAPÍTULO 3. MODELO DE DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DE *Vanilla planifolia* JACKS. EX ANDREWS (ORCHIDACEAE) EN EL ESTADO DE SAN LUIS POTOSÍ, MÉXICO

RESUMEN

El área de distribución de las especies nativas en riesgo como *Vanilla planifolia*, constituyen la base fundamental para la conservación y aprovechamiento de esta especie en el trópico húmedo mexicano. Por lo anterior, el presente estudio tuvo como finalidad determinar el área de distribución natural de *V. planifolia* e identificar los factores abióticos relevantes en su distribución potencial en el estado de San Luis Potosí. Se empleó el modelado de nicho ecológico y Sistemas de Información Geográfico (SIG) para modelar la distribución potencial de la orquídea y determinar el espacio geográfico con condiciones idóneas para esta especie. El modelo se generó con 22 variables ambientales y 74 registros *in situ* que fueron procesados por el software Maxent. El modelo mostró una excelente predicción en la distribución de esta especie, con un valor AUC de 0.989. Para San Luis Potosí, se encontró que la distribución de *V. planifolia* se restringe a la región Huasteca. Sus poblaciones se ubicaron en 10 municipios de esta región y su distribución potencial abarcó 13 municipios. Las áreas que presentaron una alta probabilidad de presencia fueron los municipios de Aquismón, Axtla de Terrazas, Coxcatlán, Huehuetlán, Matlapa, Tamazunchale, Tancanhuitz de Santos y Xilitla. Las áreas con probabilidad media fueron San Martín Chalchicuautla y Tampacán, y las de baja probabilidad San Antonio, Tanlajás y Tampamolón Corona. La precipitación del mes más seco (52.8%), el régimen de humedad del suelo (21.2%) y la precipitación del trimestre más seco (13.7%) determinaron la distribución geográfica de esta especie en la entidad potosina. La prueba de Jackknife mostró que la cobertura de vegetación y uso de suelo es una variable independiente, ya que si se omite afecta a las 21 variables predictoras en la distribución potencial de vainilla. Se concluyó que el modelo es útil en la toma de decisiones de conservación y contribuye a la biología de *V. planifolia*.

Palabras clave: Distribución espacial, factores abióticos, Maxent, nicho ecológico.

CHAPTER 3. POTENTIAL DISTRIBUTION MODEL OF *Vanilla planifolia* JACKS. EX ANDREWS (ORCHIDACEAE) IN SAN LUIS POTOSÍ, MEXICO

Abstract

The range of native species at risk, such as *Vanilla planifolia*, constitute the fundamental basis for the conservation, utilization and management of this specie in the humid tropics of Mexico. Therefore, the present study aimed to determine the natural distribution of *V. planifolia* and to identify relevant abiotic factors in its potential distribution in the state of San Luis Potosí. The ecological niche modeling and Geographic Information Systems (GIS) were used to model the potential distribution of the orchid and to determine the geographical space with suitable conditions for this species. The model was generated with 22 environmental variables and 74 *in situ* records that were processed by Maxent software. The model showed an excellent prediction in the distribution of this species, with an AUC value of 0.989. It was found that the distribution of *V. planifolia* is restricted to the Huasteca region of the state of San Luis Potosí, Mexico. Its populations were located in 10 municipalities of this region and its potential distribution comprised 13 municipalities. The areas that presented a high probability of presence were the municipalities of Aquismón, Axtla de Terrazas, Coxcatlán, Huehuetlán, Matlapa, Tamazunchale, Tancanhuitz de Santos and Xilitla. The areas with average probability were San Martín Chalchicuautla and Tampacán, and the low probability San Antonio, Tanlajás and Tampamolón Corona. The precipitation of the driest month (52.8%), soil moisture regime (21.2%) and precipitation of the driest quarter (13.71%) determined the geographic distribution of this species in the state of San Luis Potosí. The Jackknife test showed that vegetation cover and land use is an independent variable, since if is omitted it affects to the 21 predictor variables in the potential distribution of vanilla. It was concluded that the model is useful in making conservations decisions and contributes to the biology of *V planifolia*.

Key words: Abiotic factors, ecological niche, Maxent, spatial distribution.

3.1 INTRODUCCIÓN

La distribución actual de la flora no ocurrió de forma azarosa, más bien sucedió de manera dinámica y selectiva a lo largo del tiempo ([Escalante, 2009](#)). En el caso de las orquídeas, su distribución espacial no ha sido homogénea ni estable, sino que ha sido mediada por aspectos históricos y evolutivos que van acompañados de cambios en el medio biótico y abiótico. Particularmente, los factores abióticos que intervienen en su distribución son: la altitud, el sustrato, la heterogeneidad ambiental y finalmente el clima ([Arroyo et al., 2004](#); [Sahuquillo, 2008](#); [Bertolini et al., 2012](#)). Estos factores son de suma importancia, ya que afectan tanto la configuración espacial de las poblaciones primarias ([Adhikari et al., 2012](#)) como la disponibilidad y distribución de sus hábitats naturales ([Skov y Borchsenius, 1997](#)), independientemente de los factores bióticos y la dispersión ([Seoane y Bustamante, 2001](#); [Araújo y Luoto, 2007](#); [Soberón, 2010](#)). Por eso, se considera que los factores abióticos determinan la distribución y dinámica de las especies a través del tiempo ([Kearney y Porter, 2009](#); [Khanum et al. 2013](#)).

En general, los factores abióticos son un requisito fundamental del nicho de las especies, ya que condicionan la estructura espacial de los individuos en las poblaciones biológicas ([Hutchinson, 1957](#); [Ferrier y Guisan, 2006](#); [Kozak y Wiens, 2007](#); [Soberón y Nakamura, 2009](#); [Rupprecht, et al., 2011](#)). En la vainilla, sus poblaciones se encuentran hiperdispersas ([Ackerman, 1986](#)) y parece indicar que el clima, la temperatura, la humedad, el suelo y la vegetación son factores relevantes que influyen en la disposición espacial de sus organismos ([Soto-Arenas y Solano Gómez, 2007](#)); tanto como los factores sociales que contribuyen a modificar de forma sustancial las condiciones ambientales para su supervivencia ([Soto Arenas, 2006](#)). Se sabe que su hábitat tiene una distribución muy restringida y se extiende a lo largo de la primera serranía a partir de la Planicie Costera del Golfo ([Soto-Arenas y Solano-Gómez, 2007](#)). Así que, es importante considerar en el estudio de esta especie, la inclusión de datos ambientales que brinden información crítica acerca de su distribución espacial en determinadas áreas geográficas. Principalmente, porque el análisis del espacio geográfico ofrece una nueva

visión que permite identificar el posible ámbito en el que una especie pueda estar presente de manera natural ([Guisan y Thuiller, 2005](#); [Ortega-Huerta y Peterson, 2008](#); [Van Zonneveld et al., 2009](#); [Elith, et al., 2010](#)).

Con la incorporación de las variables ambientales en los Sistemas de Información Geográfica se han podido generar mapas con información precisa acerca de la distribución potencial de especies vegetales ([Felicísimo et al., 2002](#); [Anderson, et al., 2003](#); [Zaniewski, et al., 2002](#); [Villaseñor y Téllez-Valdés, 2004](#); [Yberri, 2009](#); [Mbatudde et al., 2013](#)). Algunas investigaciones las han empleado en los “modelos de nicho ecológico” para realizar análisis complejos que combinan diferentes fuentes de datos espaciales ([Guarino et al., 2002](#); [Navarro et al., 2003](#); [Iloldi-Rangel y Escalante, 2008](#); [Newbold, 2010](#); [Giannini et al., 2011](#); [Peterson et al., 2011](#); [Royle et al., 2012](#)).

Los modelos de *nicho ecológico*¹⁵ (también, llamados Modelos de Distribución de Especies) aplican métodos estadísticos y cartográficos para describir las condiciones ambientales idóneas que mantienen a una población viable ([Guisan y Zimmermann, 2000](#); [Peterson et al., 2005](#); [Peterson, 2006](#); [Guisan et al., 2007](#); [Mateo et al., 2011](#); [Saupe et al., 2012](#)) y se aproximan al ámbito total de distribución de los especímenes ([Nualart y Front, 2005](#); [Hawkins et al., 2006](#); [Kearney, 2006](#); [Pearson, 2007](#); [X. Y. Wang et al., 2012](#); [Hijmans, 2012](#); [Kamino et al., 2011](#); [Kamino et al., 2012](#)). Los programas de modelación de la distribución de especies como Maxent ([Phillips et al., 2006](#)) son herramientas prácticas para identificar las áreas en que es probable que se presente una especie, pues identifica sitios con ambientes similares a aquellos donde ya se ha encontrado la presencia de una especie como áreas de posible incidencia. Aunque son

¹⁵ Un nicho ecológico es un concepto teórico descrito como el hipervolumen de n dimensiones ([Hutchinson, 1957](#)), es decir, se refiere al espacio que ocupa una especie en el ambiente en condiciones naturales ([Peterson et al., 1999](#); [Pulliam, 2000](#)). Aunque se han formulado diferentes definiciones ([Chase y Leibold, 2003](#); [Leibold y Geddes, 2005](#); [Soberón, 2007](#); [Pearman et al., 2008](#); [Colwell y Rangel, 2009](#); [Manning et al., 2009](#)), el concepto distingue entre un nicho fundamental y un nicho realizado. Básicamente los modelos de nicho ecológico se enfocan en el “nicho fundamental” ([Hutchinson, 1959](#)), descrito como el rango de condiciones ambientales en las que en teoría puede vivir una especie para establecer su distribución. Este término, también, se puede usar para la identificación de zonas agroecológicas ideales para los cultivos ([Scheldeman y Van Zonneveld, 2011](#)).

pocos los estudios que han considerado de forma explícita qué factores están asociados a la distribución de las especies, sus indagaciones han sido aplicadas a trabajos biogeográficos ([Guo et al., 2005](#); [Petřík y Wild, 2006](#)) y de conservación ([Cabeza et al., 2004](#); [Phillips, et al., 2004](#); [Baack, et al., 2006](#); [Dudley y Parish, 2006](#); [Benito de Pando y Peña de Giles, 2007](#); [Warren, et al., 2008](#); [Kumar y Stohlgren, 2009](#); [Zizka et al., 2009](#); [Guisan et al., 2013](#); [Guillera-Aroita et al., 2015](#)). Por tal motivo, el modelado de especies permite investigar taxones poco estudiados o con información limitada ([Peterson, 2001](#); [Phillips y Dudík, 2008](#); [Elith y Leathwick, 2009](#); [Morales, 2012](#)).

En el caso particular de *Vanilla planifolia* no se conoce con precisión su distribución original, aunque se desplaza de forma natural desde México hasta Centroamérica ([Soto Arenas, 2009](#)). En México, Soto Arenas ([1999](#), [2009](#)) reportó que su distribución geográfica abarca los estados de Veracruz, Puebla, Oaxaca, Tabasco y San Luis Potosí. Sin embargo, en el “catálogo de metadatos geográficos de la distribución conocida de *V. planifolia*” creado por la CONABIO ([2010](#)), no se incluyeron los datos de presencia del estado de San Luis Potosí, debido a que son escasos y/o limitados ([Engler et al., 2004](#); [Elith y Graham, 2009](#); [Elith et al., 2011](#)). Schlütter et al. ([2007](#)) y Soto Arenas y Dressler ([2010](#)) reportaron dos especímenes en la región Huasteca de este estado. Por eso es necesario que se precise la distribución potencial de *V. planifolia* en sus zonas activas de conservación, así como se hizo en el estado de Hidalgo ([Maceda, 2015](#)). Puesto que, por la propia complejidad del estado de San Luis Potosí, es muy posible que esta especie se esté distribuyendo de manera natural y de que existan regiones óptimas para su cultivo.

Por ello es prioritario llevar a cabo el análisis espacial del germoplasma primario y nativo de *V. planifolia* (individuos silvestres y cultivados) en el estado de San Luis Potosí. Asimismo, es importante conocer su nicho ecológico, ya que esta especie se encuentra severamente amenazada ([Soto Arenas, 2009](#)) y está incluida en la Norma Oficial Mexicana [NOM-059-ECOL-2010](#) bajo la categoría de sujeta a protección especial (Pr). Lo anterior contribuirá a saber donde habita esta especie, ya que existe una relativa escasez de estudios asociados a su distribución potencial en el estado. Debido a la

importancia social, económica y biológica que tiene esta especie en sus zonas de conservación, el objetivo de esta investigación fue ubicar el área de distribución natural de *V. planifolia* e identificar los factores abióticos relevantes que influyen en su distribución en el estado de San Luis Potosí, México, con el uso del software Maxent mediante el análisis espacial y evaluación de sus características ambientales.

3.2 MATERIALES Y MÉTODOS

3.2.1 Área de estudio

El estado de San Luis Potosí se ubica en la porción central de la República Mexicana, entre los 21° 10' y 24° 29' de latitud norte, y 98° 20' y 102° 18' de longitud oeste. Su parte septentrional está atravesada por el Trópico de Cáncer y su extremo oriental se encuentra cerca del Golfo de México. La mayor parte de su extensión se localiza sobre la Altiplanicie de México, otras fracciones corresponden a la Sierra Madre Oriental y a la Planicie Costera del Golfo de México ([Rzedowski, 1961](#)). Su extensión territorial es de 60, 982.8 km² ([INEGI, 2011ab](#)).

La zona de estudio es un área geográfica altamente diferenciada que se encuentra dividida en cuatro regiones naturales: Altiplano, Centro, Media y Huasteca ([SDE, 2012](#)) ([Figura 3.1](#)). Presenta elevaciones contrastantes, entre los 20 y 3000 msnm. Su temperatura mediana anual oscila entre 17°C y 24°C. La precipitación pluvial se encuentra entre 338 y 2,423 mm. El clima difiere en las cuatro regiones del estado, aunque predomina el clima seco y semiseco (71%); el clima cálido subhúmedo (15%) se presenta en la parte este de la Sierra Madre Oriental; el clima cálido húmedo (10%) se encuentra en la Llanura Costera del Golfo; el clima muy seco (2.5%) se sitúa en la Mesa del Centro; el clima templado subhúmedo (1.3%) abarca las llanuras que se localizan entre las sierras; y el clima templado húmedo (0.2%) domina la región sureste del estado ([INEGI, 2011c](#); [Reyes et al., 2014](#)).

Capítulo 3. Modelo de distribución potencial de *Vanilla planifolia*

La vegetación que predomina en la entidad son los matorrales, estos abarcan la mayor parte del centro, norte y oeste del estado; los bosques de encino y coníferas se distribuyen en las partes altas del centro y oriente; los pastizales predominan en el oeste y la porción este del estado; y las selvas secas y subhúmedas en el sureste del territorio que colinda con las zonas agrícolas (PEDU, 2012). Básicamente, la vegetación que presenta el estado está determinada por la configuración orográfica, los factores edáficos y los tipos de clima (Rzedowski, 1961).



Figura 3. 1. Área de estudio de la distribución espacial de *Vanilla planifolia*

3.2.2 Generalidades del software Maxent versión 3.3.3

Es un programa de inteligencia artificial basado en la mecánica estadística ([Jaynes, 1957](#); [Elith et al., 2011](#)). Diseñado por Phillips *et al.* ([2006](#)), ocupa el principio de máxima entropía (algoritmo computarizado) para modelar el nicho fundamental de la especie y así poder identificar la idoneidad de su hábitat ([Hirzel et al., 2002](#); [Morissette et al., 2006](#); [Hirzel y Le Lay, 2008](#); [Warren y Seifert, 2011](#)). Maxent comparado con otros métodos ofrece una mayor precisión y discriminación de las zonas no aptas para la especie ([Elith et al., 2006](#); [Peterson, et al., 2007](#); [Mateo, et al., 2011](#); [Rupprecht, et al., 2011](#)). Este método es muy sencillo de utilizar, requiere de un número pequeño de datos de presencia y puede manejar variables continuas y categóricas ([Elith et al., 2006](#); [Hernández et al., 2006](#); [Hernández et al., 2008](#); [Phillips y Dudík, 2008](#); [Baldwin, 2009](#); [Elith et al., 2011](#); [X.-Q. Yang et al., 2013](#)). Además, su disponibilidad es gratuita (<http://www.cs.princeton.edu/~schapire/maxent>).

Por todo lo anterior, se eligió estimar la distribución potencial de *V. planifolia* en el estado de San Luis Potosí, con el modelo de nicho ecológico generado por Maxent ([Phillips et al., 2006](#)). Para ello fue necesario precisar el espacio geográfico y ambiental, y después elaborar el modelo. A continuación se describe cada uno de estos aspectos.

3.2.3 Delimitación del “espacio geográfico”: Puntos de presencia georreferenciados

Origen de los datos (Colecciones de herbario y registros *in situ*): Se elaboró una base de datos que conglomeró los sitios de presencia de *V. planifolia* en San Luis Potosí, México. La información se recabó en las colecciones de los herbarios, y se realizaron registros *in situ*. Se consultaron las colecciones de los herbarios Oakes Ames Orchid Herbarium (AMES), Asociación Mexicana de Orquideología (AMO) y Herbario Nacional de México (MEXU); así como la revisión bibliográfica de Schlütter *et al.* ([2007](#)) y Soto Arenas y Dressler ([2010](#)). Con ello, se efectuaron búsquedas sistemáticas de poblaciones *in situ*, durante los períodos fenológicos de floración y madurez fisiológica del fruto entre el 2012 y 2014, en toda la región Huasteca que comprende 20 municipios.

La localización espacial de los especímenes de *V. planifolia* se basó en la información obtenida en los herbarios y a través de indagaciones con informantes clave. Los especímenes se georreferenciaron con un navegador de sistema de posición global (GPS, marca Garmin montana 650). El GPS empleó el sistema de coordenadas Universal Transversal de Mercator (UTM), zona 14 y datum WGS 1984.

La base de datos incluyó coordenadas geográficas (longitud y latitud), nombre de la localidad y municipio; la cual fue generada en un archivo de Excel y posteriormente se guardó como un archivo CSV para ser empleada por el programa Maxent.

3.2.4 Definición del “espacio ambiental”: Capas ambientales

Metadatos: Se eligieron 22 capas ambientales como predictores para la distribución potencial de *V. planifolia*, por su naturaleza 20 variables fueron de tipo continuo y 2 categóricas ([Tabla 3.1](#)). Estas involucraron 19 variables bioclimáticas extraídas de la base de datos WorldClim (<http://worldclim.org>), con una resolución espacial de 30 segundos (aproximadamente 1 km) ([Hijmans et al., 2005](#)); la siguiente variable correspondió a los datos digitales de elevación (DEM; 90 m de resolución), obtenidos de CGIAR-CSI (<http://srtm.csi.cgiar.org>) y procesados con el programa ArcGIS 10.2; la posterior variable fue la capa de uso de suelo y vegetación, obtenida en la base de datos de CONABIO ([CCRS et al., 2010](#)); y la última variable hizo mención al régimen de humedad ([Maples-Vermeersch, 1992](#)). Tanto la capa de uso de suelo y vegetación como la del régimen de humedad del suelo se descargaron en el formato shapefile, con datos vectoriales y se transformaron al formato *raster*.

Las capas bioclimáticas se construyeron con la interpolación de los registros de las estaciones climáticas de 1950 al 2000 ([Hijmans et al., 2004](#)). Todas las capas se transformaron al formato ASCII, con el uso del programa ArcGIS 10.2 ([ESRI, 2011](#)).

Tabla 3. 1. Parámetros ambientales empleados en la construcción del modelo de distribución geográfica potencial de *Vanilla planifolia* en San Luis Potosí, México

Código	Descripción de la variable	Unidades
Bio 1	Temperatura media anual	°C
Bio 2	Oscilación diurna de la temperatura	°C
Bio 3	Isotermalidad (Bio1/Bio2)(100)	Adimensionales
Bio 4	Estacionalidad de la temperatura	CV
Bio 5	Temperatura máxima del mes más cálido	°C
Bio 6	Temperatura mínima del mes más frío	°C
Bio 7	Oscilación anual de la temperatura	°C
Bio 8	Temperatura promedio del trimestre más lluvioso	°C
Bio 9	Temperatura promedio del trimestre más seco	°C
Bio 10	Temperatura promedio del trimestre más cálido	°C
Bio 11	Temperatura promedio del trimestre más frío	°C
Bio 12	Precipitación anual	Mm
Bio 13	Precipitación del mes más lluvioso	Mm
Bio 14	Precipitación del mes más seco	Mm
Bio 15	Estacionalidad de la precipitación	CV
Bio 16	Precipitación del trimestre más lluvioso	Mm
Bio 17	Precipitación del trimestre más seco	Mm
Bio 18	Precipitación del trimestre más cálido	Mm
Bio 19	Precipitación del trimestre más frío	Mm
Bio 20	Altitud	M
Bio 21	Régimen de humedad del suelo	°
Bio 22	Cobertura de vegetación y uso de suelo	13 tipos

°C=grados centígrados, CV= coeficiente de variación, mm=milímetros, m= elevación en metros.

3.2.5 Construcción del modelo de nicho ecológico

Procedimiento: Consistió en identificar las áreas de distribución potencial con base en el conjunto de datos del “espacio geográfico” y el “espacio ambiental” para producir el modelo de la especie. Los datos que requirió Maxent fueron: los puntos de presencia y el conjunto de variables ambientales (considerados como pseudo-ausencias) de toda el área de estudio. Primero, se definió el nicho con base en los valores ambientales que correspondieron a los puntos de presencia utilizados en el análisis. Luego, para cada celda del *raster* en el área de estudio, se calcularon las similitudes entre los valores ambientales en una celda específica y los valores del nicho de la especie modelada. Con

esta información el modelo calculó la probabilidad de presencia de la especie en cada celda del *raster*. Finalmente, el programa generó un mapa de la distribución hipotética, el cual tuvo que ser cotejado con la información biológica de la especie para evitar que se incluyeran áreas donde se sabe que no puede existir y donde ha sido alterado su hábitat natural por interferencia humana ([Araújo y Guisan, 2006](#); [Soberón y Peterson, 2005](#); [Wright et al., 2006](#); [Scheldeman y Van Zonneveld, 2011](#)).

En el análisis computacional se configuró el uso de la categoría de máxima especificidad más sensibilidad y se dio la instrucción de ejecutar un porcentaje de prueba aleatoria del 20%, pues por fabricación del programa estas categorías tienen que ser activadas de manera manual. También, en los ajustes avanzados del modelo se indicó realizar un número máximo de 1000 iteraciones (repeticiones) y un umbral de convergencia de 0.00001. El formato de salida de los datos fue de tipo logístico. Los datos de presencia (guardados en un archivo de Excel) se transformaron a un archivo del tipo CSV (*.csv); mientras que las capas ambientales se convirtieron a formato *raster* y después se pasaron a formato ASCII (*.asc) para poder ser procesadas por el software. Específicamente, se ocuparon los datos *raster* del formato ASCII y no los del tipo (*.grd), porque a veces estos presentan errores en Maxent ([Graham et al., 2008](#)). El modelo que se generó con los datos ASCII fue convertido a datos *raster*, lo cual fue realizado por medio de los Sistemas de Información Geográfica (SIG).

Representación visual: El modelo creado por Maxent generó una serie de cuadrículas proyectadas en el espacio geográfico, cada cuadrícula indica una serie de escala de valores probabilísticos entre 0 y 1 ([Phillips et al., 2006](#); [Baldwin, 2009](#)). Esta representación cartográfica se editó y visualizó con los programas de SIG como DIVA-GIS ([Hijmans et al., 2001](#)) y ArcGIS 10.2 ([ESRI, 2011](#)). Para la visualización del modelo, el programa DIVA-GIS requirió de archivos *raster* del tipo (*.grd) y ArcView utilizó el formato ASCII.

Evaluación del modelo: El modelo se desplegó en un documento HTML que resumió todos los resultados. Los parámetros más importantes para evaluar la capacidad

del modelo, fueron la “tasa de omisión” y el “Área por Debajo de la Curva” (AUC, derivada de la curva operacional ROC) ([Wiley et al., 2003](#); [Rhushton, et al., 2004](#); [Lobo et al., 2008](#); [Hijmans, 2012](#); [Jiménez-Valverde, 2012](#)), así como la prueba de Jackknife. A continuación se detalla cada uno de estos parámetros:

- a) La tasa de omisión es una estadística que indica el rendimiento del modelo. Se interpreta con una matriz de “omisión y predicción del área”. Su matriz consta de tres indicadores ([Scheldeman y Van Zonneveld, 2011](#)):

Omisión de muestras (línea azul) muestra las fracciones de los puntos de presencia ubicados por fuera del área potencial con base en el modelo de Maxent (valor de la fracción) y los umbrales de probabilidad (de bajo a alto) que limitan el área predicha (umbral acumulativo). Las muestras de entrenamiento se usan como sinónimo de “puntos de presencia”.

Fracción predicha de fondo (línea roja) señala las fracciones de los puntos de fondo (aleatorios) del área de estudio, incluidos en el área predicha. Se usan diferentes umbrales acumulativos (umbral acumulativo).

Omisión predicha (línea negra) es una línea de referencia.

- b) El Área por Debajo de la Curva (AUC) es equivalente a la probabilidad de que un punto de presencia seleccionado al azar esté ubicado en una celda del *raster*, con un valor de probabilidad mayor para la ocurrencia de la especie que un punto de ausencia seleccionado al azar. El AUC se interpreta como la mayor probabilidad de que un punto de presencia seleccionado aleatoriamente esté ubicado en una celda del *raster*, con un alto valor de probabilidad para la presencia de la especie que un punto generado aleatoriamente ([Phillips et al., 2006](#)). Esta tiene una representación gráfica que consta de: La especificidad (fracción del área predicha) en el eje-x, se refiere a la fracción del área total de estudio donde se modela la especie; frente a la sensibilidad en el eje-y, que describe a la proporción de puntos de presencia dentro del área de ocurrencia predicha en relación con el número de presencia ([Phillips, 2009](#)). Todo esto se explica en un gráfico que muestra lo siguiente: **la curva de datos de entrenamiento** (línea roja) representa el ajuste

del modelo a los datos de muestreo; **la curva de datos de prueba** (línea azul) indica el grado de ajuste del modelo a los datos de prueba, supone el test real del poder predictivo del modelo; y **la predicción aleatoria** (línea negra) que simboliza la línea esperada si el modelo no fuese mejor que por azar. Si la línea azul cae por debajo de la línea negra, señala que el modelo es peor que si se hubiese hecho al azar. Por el contrario, cuanto más se aproxime la curva azul a la esquina superior izquierda, mejor es el modelo para predecir las presencias de los datos de prueba ([Phillips et al., 2006](#)).

La mayor capacidad de predicción del modelo generado por Maxent se alcanza cuando el AUC tiene un valor de 1. La interpretación de los valores de AUC es la siguiente: Excelente si $AUC > 0.90$, Buena si $0.80 > AUC < 0.90$, Aceptable si $0.70 > AUC < 0.80$, Mala si $0.60 > AUC < 0.70$, No válida si $0.50 > AUC < 0.60$ ([Araújo et al., 2005](#); [Dorazio, 2012](#)).

- c) La prueba de Jackknife calcula la contribución relativa de cada variable y determina cuales son las variables más importantes en el modelo ([Rupprecht, et al., 2011](#); [Booth et al., 2014](#)). Los resultados de esta prueba se muestran en un cuadro con tres gráficos de barras: **las barras de color azul marino** representan la importancia de cada variable en el modelo; **las barras de color turquesa** sugieren que ninguna variable contiene una cantidad sustancial de información útil, que no esté contenida en las otras variables, dado que no decrece de manera considerable la ganancia de entrenamiento cuando se omite una variable dada, es decir, cuando las variables son eliminadas del conjunto; y **la barra roja** muestra la información expresada por todo el conjunto de variables ([Phillips, 2009](#)).

Finalmente, la estimación de la predicción de las variables al modelo se explicó con las curvas de respuesta, que mostraron la contribución de cada variable por si sola al modelo y esto permitió saber cómo afecta cada variable. Así como el análisis del perfil climático de las variables que contribuyeron mayormente al modelo, efectuado con el programa DIVA-GIS.

3.3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.3.1 Ubicación espacial de las poblaciones de *Vanilla planifolia*

En el estado de San Luis Potosí se obtuvo un total de 74 registros de presencia de *Vanilla planifolia* (Figura 3.2), correspondientes a poblaciones *in situ* en los municipios de Aquismón, Axtla de Terrazas, Coxcatlán, Huehuetlán, Matlapa, San Martín Chalchicuautla, Tamazunchale, Tampacán, Tampamolón Corona y Xilitla. Es importante decir, que la búsqueda de estas poblaciones se facilitó gracias al apoyo de los miembros del comité Sistema Producto Vainilla del Estado de San Luis Potosí, durante los períodos fenológicos de floración y madurez fisiológica del fruto, entre el 2012 y 2014. Incluso es trascendente mencionar que los dos especímenes reportados de *V. planifolia* en el estado por Schlütter *et al.* (2007) (municipio de Tamazunchale) y Soto Arenas y Dressler (2010) (municipio de San Antonio), no se pudieron incluir en este trabajo, por no especificar las coordenadas geográficas donde encontraron a estos individuos.

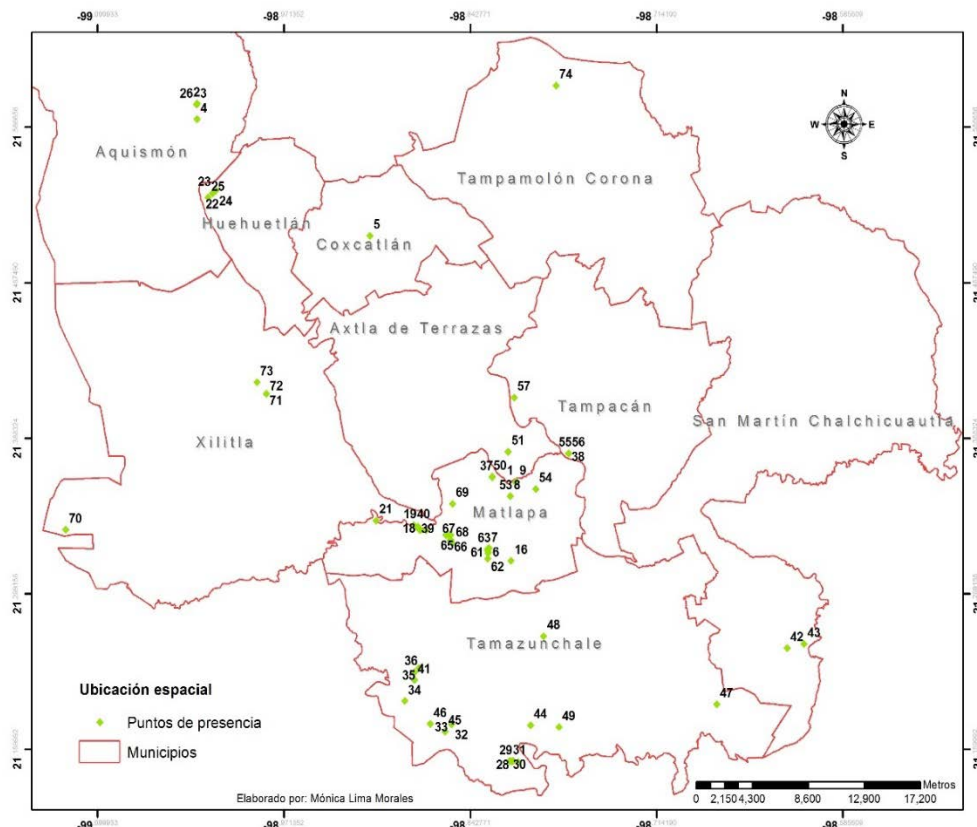


Figura 3. 2. Ubicación espacial de poblaciones *in situ* de *Vanilla planifolia* en el estado de San Luis Potosí, México

3.3.2 Modelo de distribución potencial de *Vanilla planifolia*

3.3.2.1 Área de distribución potencial

El modelo generado por Maxent estima que en las regiones naturales del altiplano, centro y media del estado de San Luis Potosí, no existen las condiciones propicias para que *V. planifolia* habite, pero si, en la región Huasteca ([Figura 3.3](#)). Por lo que, su área de distribución potencial se extiende desde el municipio de Tamazunchale hasta Aquismón, en el sureste del estado. El modelo, también, muestra la posible dispersión natural que presenta *V. planifolia* en la entidad potosina, aunque es importante aclarar que este modelo no tomó en cuenta la capacidad de dispersión de esta especie, por no existir información al respecto, así como sucede en la mayor parte de los modelos de que describen la distribución de especies ([Pearson et al., 2007](#); [Soberón, 2007](#); [Engler y Guisan, 2009](#); [García et al., 2012](#); [Tschardt et al., 2012](#)).

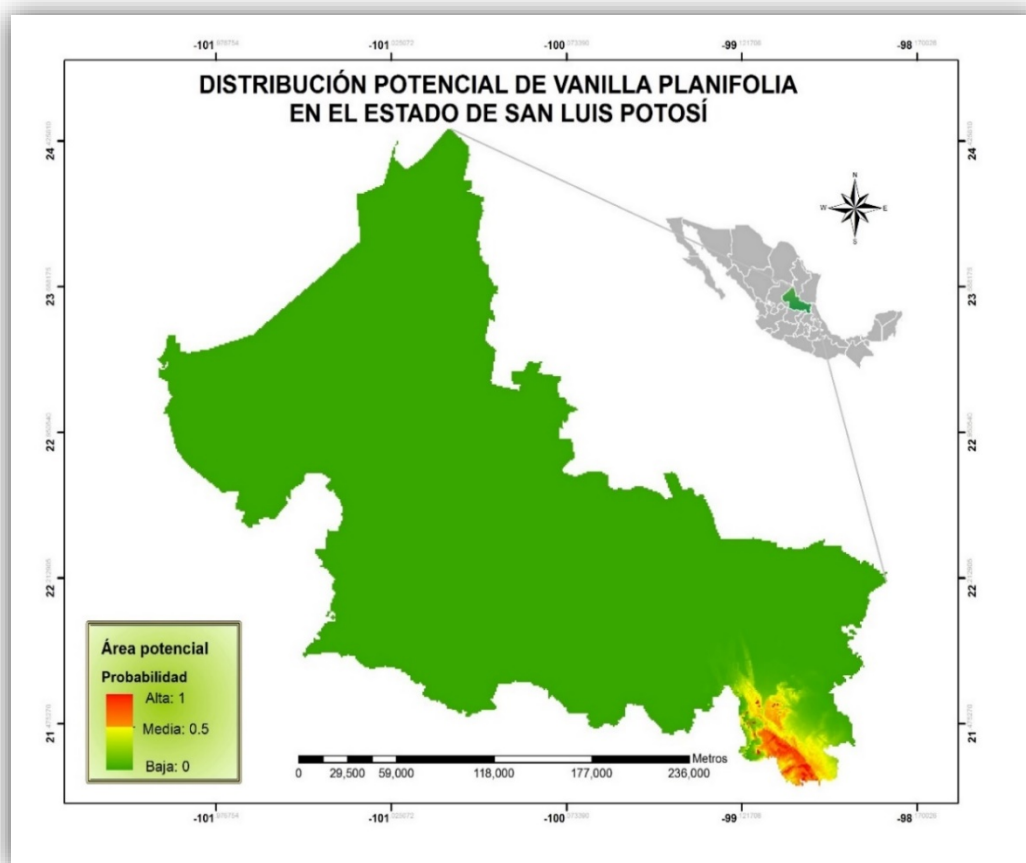


Figura 3. 3. Modelo de distribución potencial de *Vanilla planifolia* en el estado de San Luis Potosí, México

Capítulo 3. Modelo de distribución potencial de *Vanilla planifolia*

La distribución potencial de *V. planifolia* se acotó a 13 municipios (Aquismón, Huehuetlán, San Antonio, Tampamolón Corona, Tancanhuitz de Santos y Tanlajás) de la región *Huasteca centro* y *Huasteca sur* (Axtla de Terrazas, Coxcatlán, Matlapa, San Martín Chalchicuautla, Tamazunchale, Tampacán y Xilitla) que poseen las condiciones ambientales idóneas para que esta especie se desarrolle (Figura 3.4). Su distribución tan restringida es producto de los eventos naturales históricos (Soto Arenas, 2009). Además, la distribución geográfica de las especies está delimitada por su ambiente local y regional, según Wiens y Graham (2005), Lester *et al.* (2007) y Yackulic *et al.* (2013).

En la Figura 3.4, se observan en tonos rojos una alta probabilidad de condiciones adecuadas para *V. planifolia*, en tonos amarillos las condiciones típicas de aquellos lugares donde se encuentra esta especie, y las sombras más tenues de color verde presentan una baja probabilidad de condiciones adecuadas. Complementario a esto, Trinidad (2014) señaló que en la Huasteca potosina, la vainilla tiene una superficie potencial de 710 km², extrapolado de los cultivos de dispersión humana.

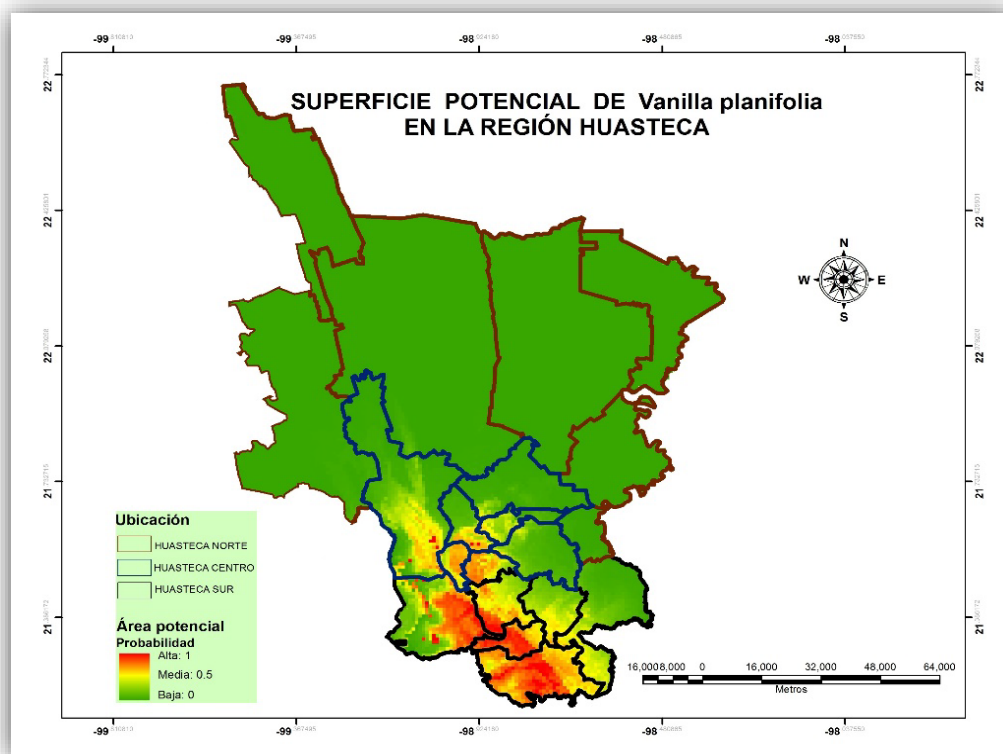


Figura 3. 4. Área de distribución potencial de *Vanilla planifolia* en la región Huasteca, San Luis Potosí, México

Capítulo 3. Modelo de distribución potencial de *Vanilla planifolia*

Las áreas geográficas con una alta probabilidad para que *V. planifolia* prevalezca (tonos rojos), fueron las siguientes: 1) la parte noreste y suroeste de los municipios de Tamazunchale y Matlapa, 2) la porción noreste y sureste de Xilitla, 3) en el sureste de Aquismón, 4) el extremo suroeste de Axtla de Terrazas y 5) en la mayor superficie de Huehuetlán y Coxcatlán (Figura 3.5).

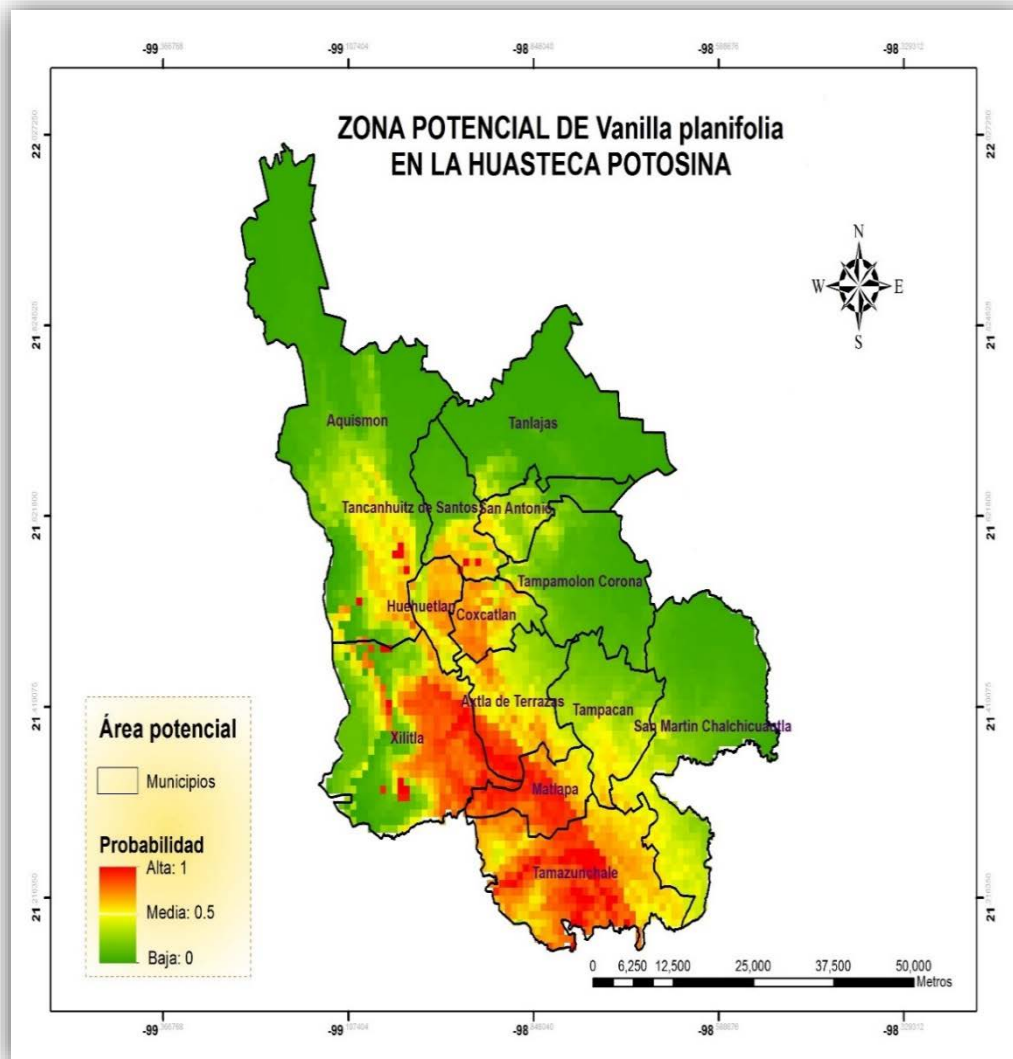


Figura 3. 5. Mapa de distribución hipotética de *Vanilla planifolia* en 13 municipios de San Luis Potosí, México

Las áreas geográficas con condiciones típicas para que esta especie permanezca (tonos amarillos), se mencionan a continuación: 1) el extremo noreste y sureste de los

municipios de Tamazunchale y Matlapa, 2) el extremo suroeste de San Martín Chalchicuatla, 3) el sureste de Tampacán y 4) casi toda el área de San Antonio. Aunque existen municipios como Tancanhuitz de Santos (parte suroeste y sureste) y Axtla de Terrazas (porción central) que exhiben una transición en la gama de tonos rojos hasta prevalecer los tonos amarillos ([Figura 3.5](#)).

Las áreas geográficas con una baja probabilidad de encontrar vainilla en forma natural (tonos verdes) se concentraron en: 1) la parte noroeste y noreste de Aquismón, Tancanhuitz de Santos, Tampacán y San Martín Chalchicuatla, 2) el noroeste y sureste de Xilitla, 3) el noreste de San Antonio y el extremo noreste de Axtla de Terrazas y 4) en una gran extensión de Tampamolón Corona y Tanlajás ([Figura 3.5](#)).

Finalmente, las áreas antes expuestas se solaparon con los 74 puntos de presencia de *V. planifolia* ([Figura 3.6](#)), para analizar si éstos se encontraban en zonas óptimas y validar la predicción del modelo ([Renner y Warton, 2013](#); [Rodríguez-Rey et al., 2013](#)). Se sugiere que para posteriores investigaciones, acerca de la distribución potencial de *V. planifolia* no tan sólo se consideren los registros de presencia y los factores ambientales, sino que, además, se anexe al modelo información referente a las interacciones bióticas, que intervienen en la distribución espacial de esta especie como plantearon Araújo y Pearson ([2005](#)) y Pandit et al. ([2009](#)).

Las áreas con mayor probabilidad de encontrar *V. planifolia* (tonos rojos), albergaron la presencia de 58 puntos (78% del total de las poblaciones) distribuidos en los municipios de Aquismón, Coxcatlán, Huehuetlán, Matlapa, Tamazunchale y Xilitla. Las zonas con condiciones típicas de aquellos lugares donde se encuentra *V. planifolia* (tonos amarillos), presentaron 14 presencias (19%) esparcidas en Axtla de Terrazas, Matlapa, San Martín Chalchicuatla, Tamazunchale, Tampamolón Corona y Xilitla. Y en la región con baja probabilidad de hallar condiciones adecuadas (tonos verdes), se encontraron solo 2 registros (3%), ubicados en las planicies de Tampamolón Corona y en la parte más alta de Xilitla. Dicha distribución estuvo delimitada por las condiciones ambientales.

Por consiguiente, en la [figura 3.6](#) se observa la georreferenciaron 33 puntos de presencia, ubicados en el municipio de Matlapa; 29 localizados en una zona con alta probabilidad de presencia (tonos rojos) y 4, en lugares con condiciones típicas para que se presente *V. planifolia* (tonos amarillos). En Tamazunchale, se ubicaron 14 registros dentro de un área con una alta probabilidad (tonos rojos), y 3 registros en sitios con condiciones típicas para hallar a esta especie (tonos amarillos). En Xilitla, se encontraron 7 registros, 6 ubicados en un área con una alta probabilidad (tonos rojos) y 1, en un sitio con baja probabilidad de existir (tonos amarillos). En cada uno de los municipios de Aquismón y Huehuetlán, se ubicaron un total de 4 puntos de presencia, concentrados en áreas con una alta probabilidad. Mientras, en Coxcatlán solo se ubicó 1 punto de presencia, dentro de un área con una alta probabilidad de condiciones adecuadas para la especie (tonos rojos); dicha área se vio afectada por las precipitaciones que originan inundaciones en el lugar, debido a que es un sitio plano, muy próximo a un caudal de agua y con un drenaje insuficiente para las lluvias que se presentan en el transcurso del año. Los puntos ubicados en Axtla de Terrazas (1), San Martín Chalchicuatla (2) y Tampamolón Corona (4) se localizan en sitios con condiciones típicas de aquellos lugares donde se encuentra esta especie (tonos amarillos). El punto marcado en Tampamolón Corona está en un área con una baja probabilidad de condiciones adecuadas (tonos verdes).

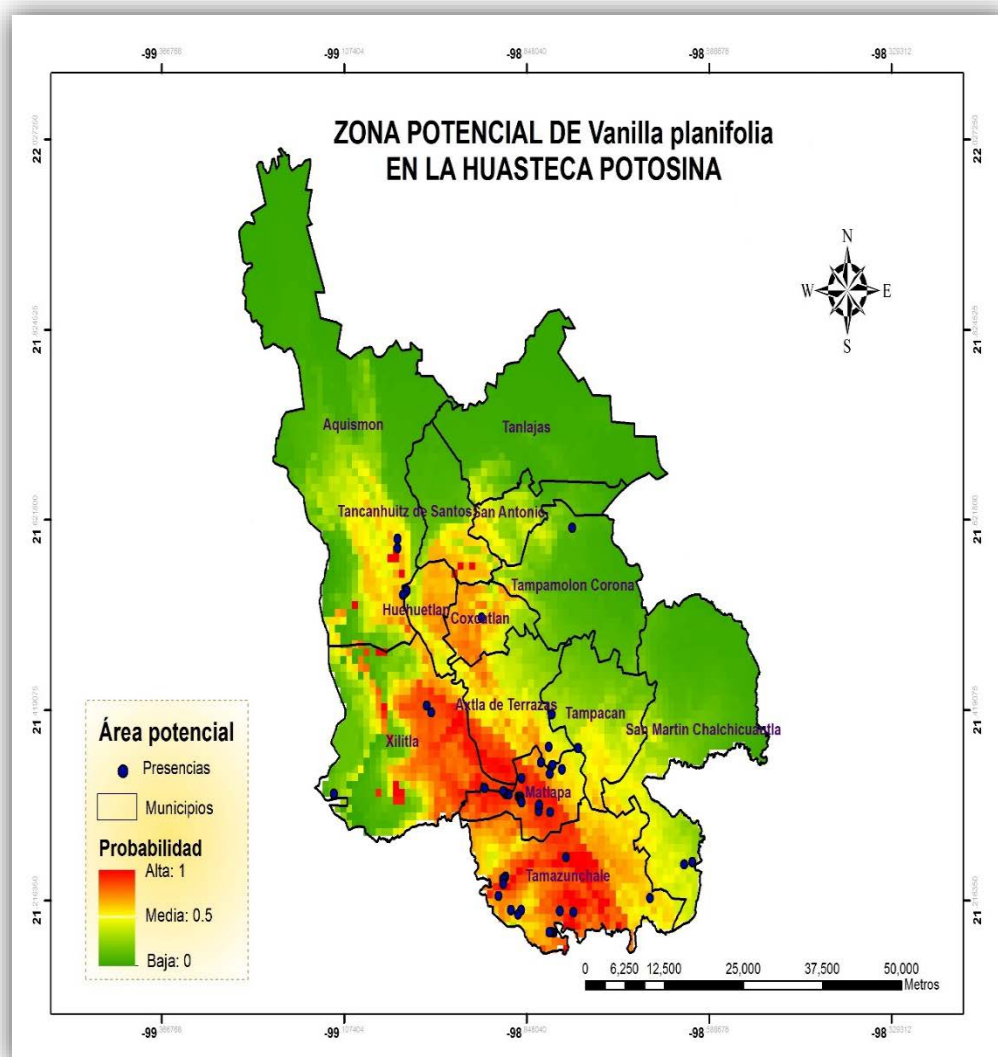


Figura 3. 6. Ubicación de presencias de *Vanilla planifolia* en las zonas potenciales de la Huasteca potosina

3.3.2.2 Evaluación del modelo

El modelo generado por Maxent mostró un valor de la curva AUC de 0.989 ([Figura 3.7](#)), es decir, tiene una capacidad de predicción excelente, de acuerdo con lo señalado por Araújo *et al.* (2005) y Dorazio (2012). En otras palabras, se identificó el punto en la curva en la cual la convergencia de la sensibilidad y la especificidad se maximizan, con un valor de 0.989. El valor tan alto que presentó la curva AUC (0.989) señala que *V.*

planifolia es una especie con rangos estrechos en relación con el área estudiada, descrita por los datos ambientales, como subrayó Phillips (2009) y Kalkvik *et al.* (2012).

En este modelo fue normal que los datos de entrenamiento presentaran un mayor valor AUC (0.991) con respecto a los datos de prueba (AUC=0.989) (Figura 3.7), debido a que los datos utilizados se dividieron en dos porciones, una para los datos de entrenamiento (línea roja) y otra para los datos de prueba (línea azul). En la figura 3.7, se muestran los valores de ausencia correctamente predichos en la fracción del área de distribución predicha de *V. planifolia* (eje: 1-especificidad); frente a los valores de presencia correctamente predichos (eje: Sensibilidad). La predicción aleatoria (línea negra) simboliza el eje esperado si el modelo no fuese mejor que por azar. Los datos de prueba (línea azul) para este modelo están muy cercanos al extremo superior izquierdo, que significa que el modelo fue satisfactorio para predecir las presencias, aunque si la línea azul se hubiese ubicado por debajo de la predicción aleatoria, el desempeño del modelo hubiese sido peor que un modelo aleatorio.

En concreto, el modelo fue excelente para predecir las presencias reales de *V. planifolia*, ya que los datos utilizados estuvieron muy cercanos al 100% de sensibilidad (es decir, no incurrió en errores de omisión) y próximos a 100% de especificidad (no cometió errores de comisión) (Figura 3.7). Esto sugiere que el área potencial de *V. planifolia* tiene un ambiente selectivo, similar a lo que plantearon Kozak, *et al.* (2008).

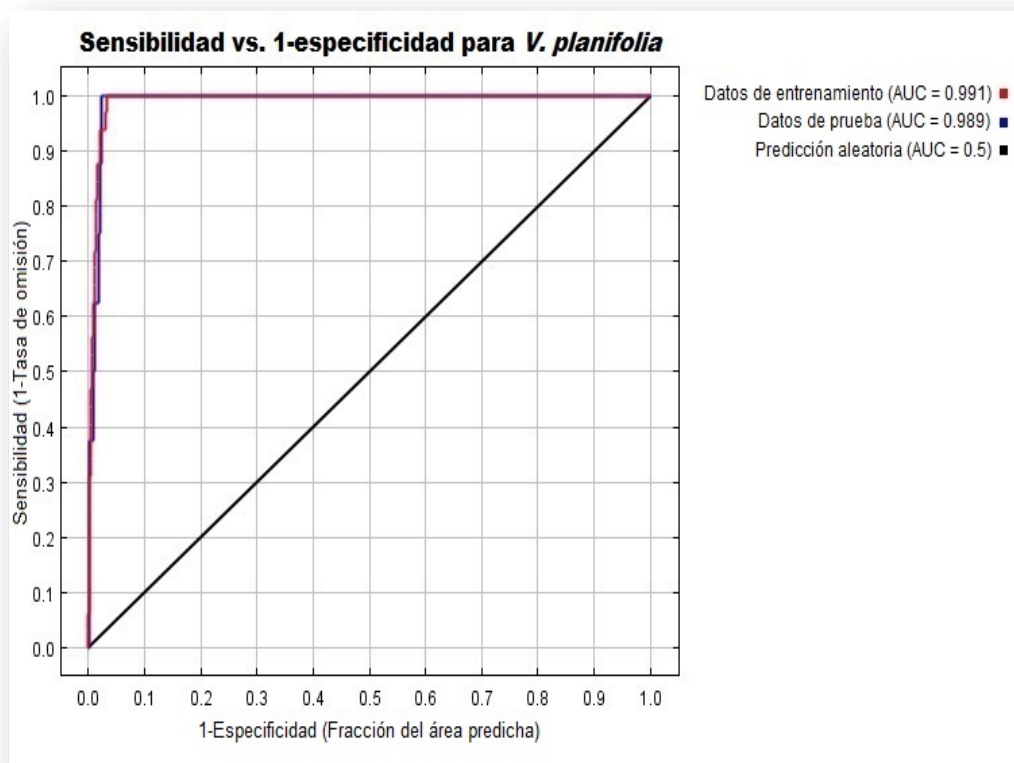


Figura 3. 7. Curva AUC que valida el modelo de distribución potencial de *Vanilla planifolia* en el estado de San Luis Potosí, México

3.3.2.3 Rendimiento del modelo

El rendimiento del modelo ilustrado en la matriz de “omisión y predicción del área de *V. planifolia*” ([Figura 3.8](#)), analizó la omisión y comisión del área predicha en función del umbral acumulativo. En la [figura 3. 8](#), la fracción del área predicha (línea roja) expresó las fracciones de los puntos aleatorios del total del área de estudio. La omisión de las muestras de entrenamiento (línea azul) señalaron las fracciones de los puntos de presencia ubicados por fuera del área predicha. La omisión de las muestras de prueba (línea turquesa) indicaron las fracciones de los puntos de prueba (puntos que selecciono el programa como presencias) que están por fuera del área predicha. La omisión predicha (línea negra) marcó las verdaderas presencias, y funciona como una línea de referencia para estimar la predicción de las presencias.

En este caso, la omisión de las muestras de entrenamiento (línea azul) indicó que las fracciones de los puntos de presencia de *V. planifolia* están muy próximos a la omisión predicha (línea negra) y la omisión de las muestras de prueba (línea turquesa). Estas se ajustaron muy bien a la tasa de omisión predicha (línea negra) (Figura 3.8). Por lo que, el modelo no omitió algún área de presencia ni sobrepredijó alguna zona. La eficacia del modelo se ratificó en campo, al constatar la calidad de los datos usados. Pues, la eficacia del modelo está en función de los datos empleados (Peterson et al., 2006; Graham et al., 2008).

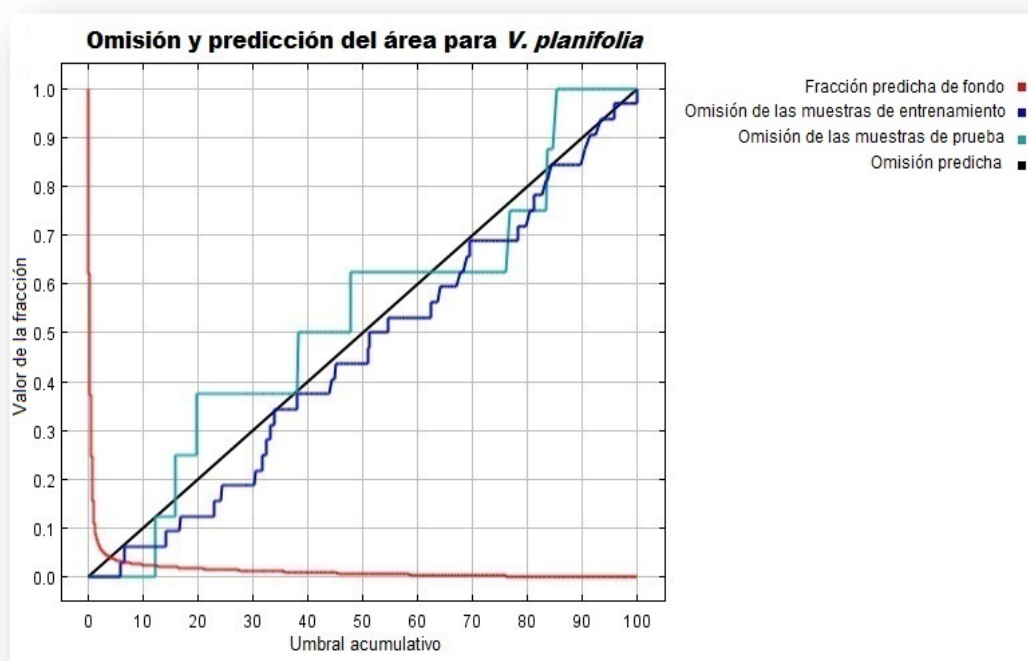


Figura 3. 8. Tasa o curva de omisión de *Vanilla planifolia* sobre el modelo de distribución potencial en el estado de San Luis Potosí, México

3.3.3 Factores que determinan la distribución potencial de *Vanilla planifolia*

3.3.3.1 Análisis de la contribución de las variables

Se estimó que 13 de las 22 variables ambientales intervinieron en la distribución de *V. planifolia*, tres de estas aportaron 87.2% y el resto, 12.8%. Es decir, las variables que más contribuyeron al modelo son: 1) la Precipitación del mes más seco (52.8%), 2)

el Régimen de humedad del suelo (21.2%) y 3) la Precipitación del trimestre más seco (13.7%) (Tabla 3.2). Algo semejante plantearon Skov y Borchsenius (1997), Peterson et al. (2005, 2006) y Reese et al. (2005) al informar que la precipitación, la humedad y la temperatura son aspectos que controlan la distribución de las plantas. Sin embargo, este modelo mostró que la mayor parte de las variables relacionadas con la temperatura, no afectan ni determinan la distribución geográfica de *V. planifolia* (Tabla 3.2).

Tabla 3. 2. Contribución de las variables en la distribución potencial de *Vanilla planifolia*

Variable	% de Contribución
Precipitación del mes más seco (Bio 14)	52.8
Régimen de humedad del suelo (Bio 21)	21.2
Precipitación del trimestre más seco (Bio 17)	13.1
Precipitación del trimestre más lluvioso (Bio 16)	3.6
Precipitación anual (Bio 12)	2.4
Temperatura máxima del mes más cálido (Bio 5)	1.5
Altitud (Bio 20)	1.3
Isotermalidad (Bio 3)	1.1
Precipitación del mes más lluvioso (Bio 13)	0.9
Cobertura de vegetación y uso de suelo (Bio 22)	0.9
Temperatura promedio del trimestre más cálido (Bio 10)	0.6
Estacionalidad de la precipitación (Bio 15)	0.4
Precipitación del trimestre más frío (Bio 19)	0.1
Temperatura promedio del trimestre más frío (Bio 11)	0
Oscilación diurna de la temperatura (Bio 2)	0
Oscilación anual de la temperatura (Bio 7)	0
Temperatura mínima del mes más frío (Bio 6)	0
Estacionalidad de la temperatura (Bio 4)	0
Temperatura promedio del trimestre más seco (Bio 9)	0
Temperatura promedio del trimestre más lluvioso (Bio 8)	0
Precipitación del trimestre más cálido (Bio 18)	0
Temperatura media anual (Bio 1)	0

Trimestre más lluvioso (julio, agosto y septiembre), el más seco (febrero, marzo y abril), el más cálido (abril, mayo y junio) y el más frío (diciembre, enero y febrero)

Las 10 variables que contribuyeron al modelo, pero que no determinaron de forma categórica la distribución de *V. planifolia*, fueron: 1) Precipitación del trimestre más lluvioso (3.6%), 2) Precipitación anual (2.4%), 3) Temperatura máxima del mes más cálido (1.5%), 4) Altitud (1.3%), 5) Isotermalidad (1.1%), 6) Precipitación del mes más

lluvioso (0.9%), 7) Cobertura de vegetación y uso de suelo (0.9%), 8) Temperatura promedio del cuatrimestre más cálido (0.6%), 9) Estacionalidad de la precipitación (0.4%) y 10) Precipitación del trimestre más frío (0.1%) ([Tabla 3.2](#)).

Finalmente, las nueve variables que mostraron una nula contribución al modelo, fueron: 1) Temperatura promedio del trimestre más frío, 2) Oscilación diurna de la temperatura, 3) Oscilación anual de la temperatura (Bio 7), 4) Temperatura mínima del mes más frío, 5) Estacionalidad de la temperatura, 6) Temperatura promedio del trimestre más seco, 7) Temperatura promedio del trimestre más lluvioso, 8) Precipitación del trimestre más cálido y 9) Temperatura media anual ([Tabla 3.2](#)).

De hecho, en la [tabla 3.2](#) se expresa que el régimen de humedad del suelo y las variables asociadas a la precipitación, influyeron en la ubicación espacial de *V. planifolia*. Esto coincide con los resultados de Maceda ([2015](#)), quien afirmó que la “Precipitación del mes más seco” es un factor categórico para la distribución geográfica de esta especie, al igual que la “Precipitación del trimestre más seco”. Incluso, el modelo generado por Trinidad ([2014](#)) mostró que la “Precipitación del trimestre más seco” interviene en la distribución del género *Vanilla*. En particular, en las zonas tropicales el factor que más incide en la distribución de las plantas es la temporada de sequía ([Gómez-Poma et al., 1972](#)). Por eso, la precipitación del mes más seco es crucial para la existencia de *V. planifolia*.

Por otra parte, la variable de “Oscilación diurna de la temperatura” mostró una nula contribución al modelo de distribución potencial de *V. planifolia*; contrario, a lo que propuso Trinidad ([2014](#)) acerca de que esta es una variable fundamental, en la distribución geográfica que presenta la vainilla en la entidad potosina.

De acuerdo con Maceda ([2015](#)), la “Cobertura de vegetación y uso de suelo” es un componente importante en la distribución geográfica de *V. planifolia*, pues contribuye, 14.9%; no obstante, en este modelo, la distribución potencial no se ve afectada por esta variable, ya que solo contribuye 0.9%. Empero, para la comprensión de la distribución

especies es valioso considerar las múltiples variables que afectan su ubicación espacial ([Kozak, et al., 2008](#)).

3.3.3.2 Perfil bioclimático de las variables con mayor contribución al modelo

Como se distinguió en el apartado anterior, las variables que más aportaron al modelo fueron: Bio 14, Bio 21 y Bio 17 ([Tabla 3.2](#)). Estas influyeron en la distribución natural de *V. planifolia* a una escala relevante, pues definen los sitios con condiciones climáticas similares en el modelo. Para ello, el perfil de las variables sintetizó las condiciones climáticas de los sitios analizados y los comparó con los atributos climáticos del área de estudio para determinar los límites de la distribución de *V. planifolia* ([Tabla 3.3](#)), ya que según Villaseñor y Téllez-Valdés ([2004](#)) los factores ambientales condicionan la distribución y el comportamiento de las especies.

La oscilación de las variables ambientales ([Tabla 3.3](#)), le permitieron a *V. planifolia* distribuirse en 13 municipios de la Huasteca potosina, debido a que las características ambientales de estos municipios, se encontraron dentro del límite fisiológico que expresa *V. planifolia* a estas variables ambientales. Principalmente, en la [tabla 3.3](#), se señala el rango de tolerancia que posee esta especie en cada variable. Por ejemplo, la Precipitación anual (Bio 12) osciló entre 1500 y 2680 mm, justo este es el rango en el que se puede presentar esta especie; pero se observó que si disminuye o aumenta la cantidad de precipitación, *V. planifolia* no tiene la posibilidad de distribuirse en la entidad potosina. Esto sugiere que la distribución de una especie se puede acotar aún más, con la interpretación del perfil de cada variable, tal como sugirió Sexton *et al.* ([2009](#)).

Mackey y Lindenmayer ([2001](#)) expresaron que el perfil de las variables de precipitación y temperatura, permite estimar el área de distribución de una especie a escala global y regional. Aunque, en este caso, las variables de temperatura no presentaron variación en la dispersión de sus datos ([Tabla 3.3](#)), ni tampoco influyeron mucho en la distribución regional de *V. planifolia* en el estado de San Luis Potosí. Por lo que, las variables de precipitación son las más apropiadas para estimar el área de distribución potencial de *V. planifolia*, de acuerdo con los límites fisiológicos que presentó esta especie ([Tabla 3.3](#)).

Tabla 3. 3. Parámetros del perfil de las variables que contribuyen al modelo de distribución de *Vanilla planifolia* en el estado de San Luis Potosí, México

Variables ambientales	Media	Mínima	Máxima	Desviación Estándar
Precipitación del mes más seco (Bio 14)	52.8 mm	29 mm	66 mm	8.47
Régimen de humedad del suelo (Bio 21)	188 días	179 días	193 días	6.79
Precipitación del trimestre más seco (Bio 17)	165.05 mm	100 mm	215 mm	25.54
Precipitación del trimestre más lluvioso (Bio 16)	978.33 mm	765 mm	1328 mm	96.56
Precipitación anual (Bio 12)	2044.73 mm	1500 mm	2680 mm	177.10
Temperatura máxima del mes más cálido (Bio 5)	34.23°C	27.6 °C	35.8°C	1.28
Altitud (Bio 20)	280.96 m	82 m	1871m	251.70
Isotermalidad (Bio 3)	56.65	54	63	1.30
Precipitación del mes más lluvioso (Bio 13)	433.76 mm	326 mm	568 mm	42.72
Cobertura de vegetación y uso de suelo (Bio 22)*	-----	3 y 15 (tipo)		----
Temperatura promedio del trimestre más cálido (Bio 10)	26.95°C	19.4°C	28.7°C	1.48
Estacionalidad de la precipitación (Bio 15)	70.92	65	81	3.97
Precipitación del trimestre más frío (Bio 19)	167.11 mm	111 mm	215 mm	25.04

*Variable categórica. mm=mililitros, °C= grados centígrados

La Precipitación del mes más seco (Bio 14) es una condición necesaria para que se presente *V. planifolia* y requiere de 29 a 66 mm para existir, ya que si no se presenta esta cantidad de lluvia, la vainilla no puede sobrevivir ([Tabla 3.3](#)). De manera similar Austin ([2002](#)) mencionó que la precipitación muestra un gradiente directo del ambiente

hacia la especie, ya que la disponibilidad de agua es de importancia crítica para las orquídeas y epifitas (Zotz y Hietz, 2001). A continuación, en la Figura 3.9, se observa la cantidad de lluvia que presenta cada sitio donde vive *V. planifolia* (Anexo 3.1).

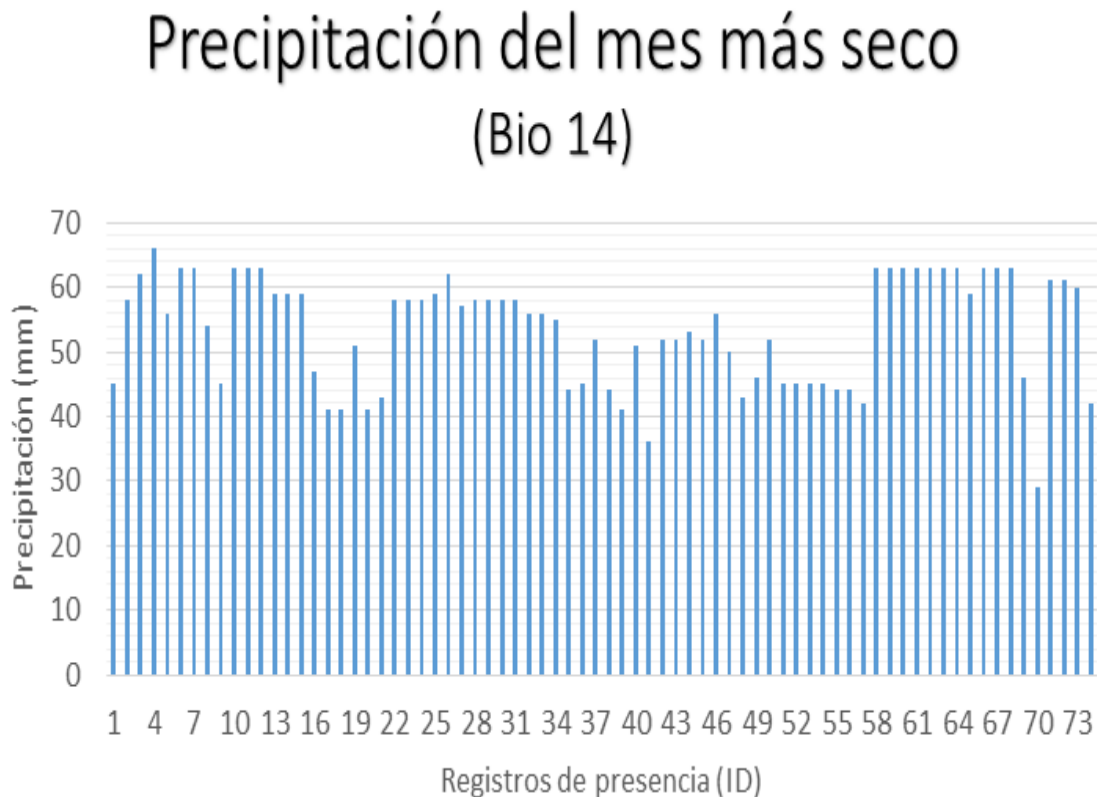


Figura 3. 9. Perfil de la variable con mayor contribución en la distribución geográfica de *Vanilla planifolia* en San Luis Potosí, México

Se registró que *V. planifolia* requiere de un régimen de humedad del suelo (Bio 21), entre los 179 y 193 días de humedad (Tabla 3.3), ya que su rango de tolerancia es muy específico (Figura 3.10 y Anexo 3.2). Cuddington *et al.* (2003) especificaron que la distribución de especies está delimitada por los patrones de humedad que existan en sus áreas geográficas. Asimismo Comita, *et al.* (2007) destacan que la humedad del suelo está asociada a los tipos de vegetación y distribución de sus especies.

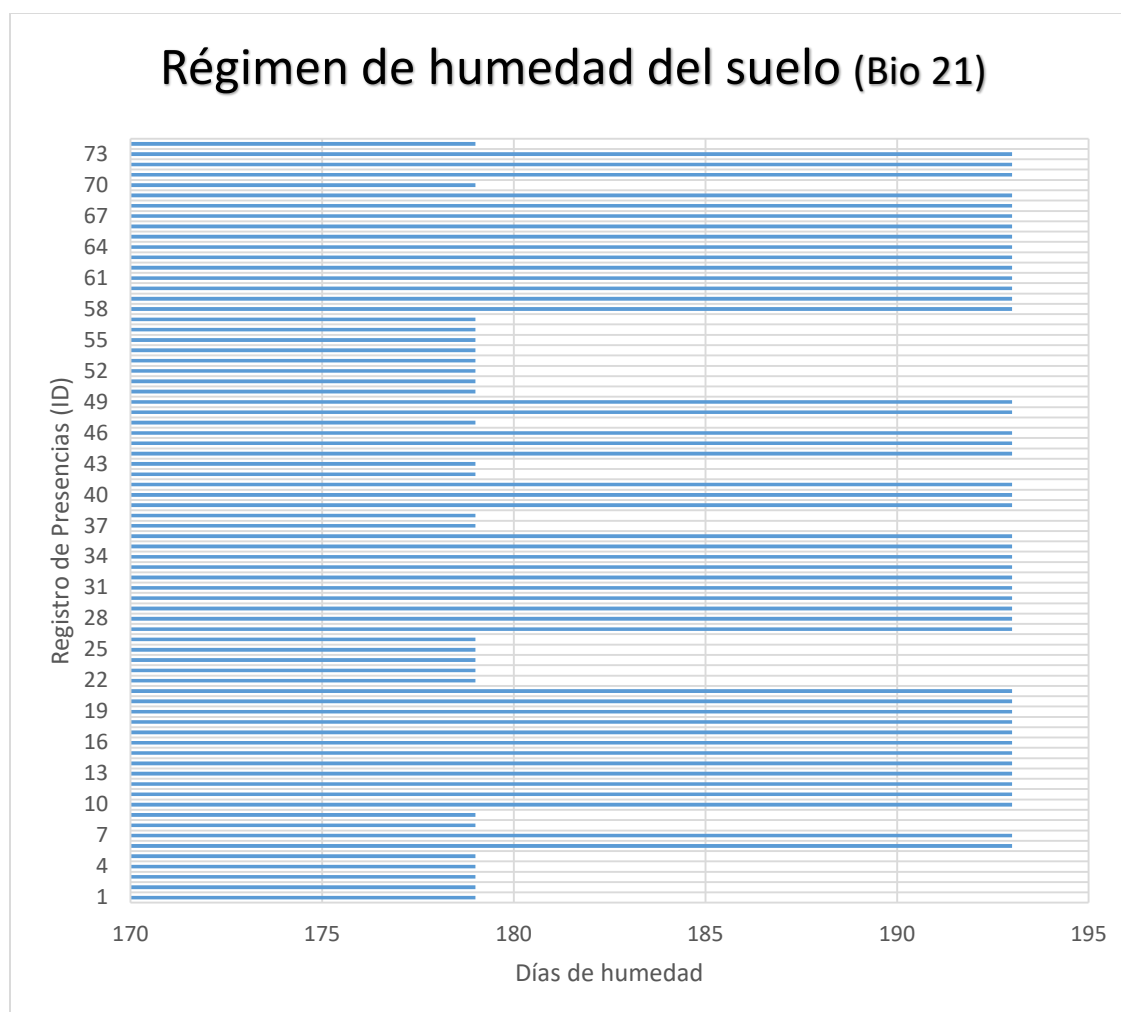


Figura 3. 10. Perfil de la variación del régimen de humedad del suelo que afecta la distribución potencial de *Vanilla planifolia* en San Luis Potosí, México

La precipitación del trimestre más seco (Bio 17) fue importante porque nos indicó la cantidad de lluvia que necesita *V. planifolia* (entre 100 y 215 mm) para estar presente en la Huasteca potosina ([Tabla 3.3](#), [Figura 3.11](#) y [Anexo 3.3](#)). La precipitación de los meses de febrero, marzo y abril fueron los que determinaron la distribución de esta especie. Estos meses, también intervinieron en la disponibilidad de agua durante el período de floración, así como reportaron Mellert *et al.* ([2011](#)). Baack, *et al.* ([2006](#)) señalaron que la cantidad y disponibilidad de agua, contribuye a las capacidades que tienen las especies de adaptarse a las variaciones de su ambiente y a las condiciones locales de su nicho.

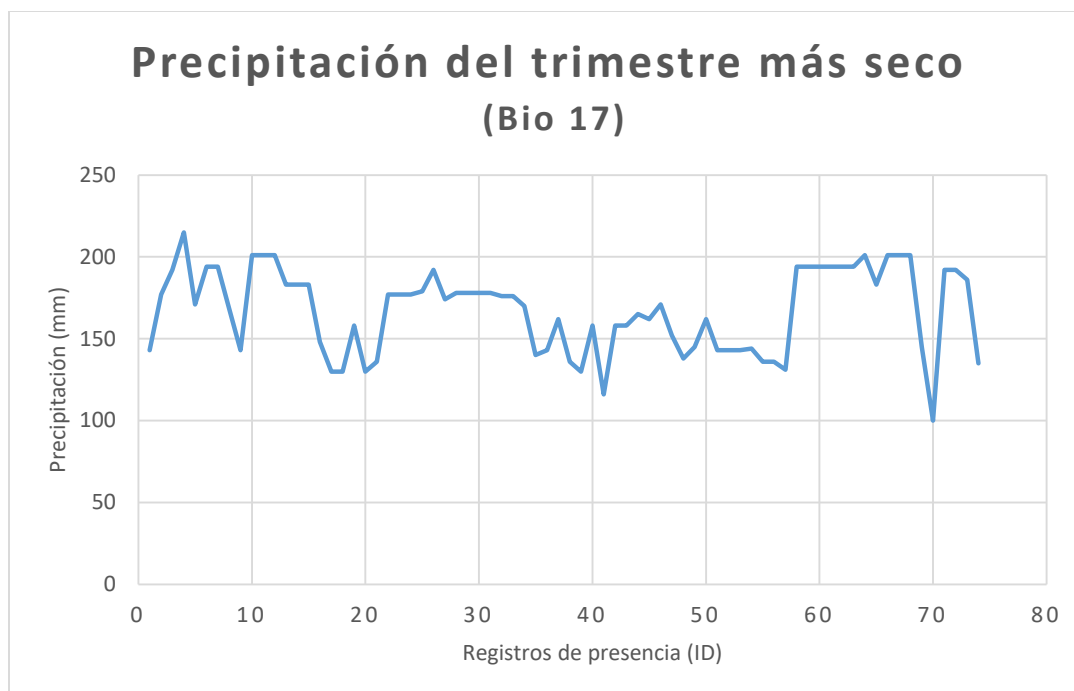


Figura 3. 11. Perfil del rango de tolerancia de la precipitación del trimestre más seco que influye en el modelo de distribución de *Vanilla planifolia* en el estado de San Luis Potosí, México

Finalmente, la [tabla 3.4](#) muestra los parámetros de las variables ambientales que más contribuyeron al modelo de *V. planifolia*, en cada uno de los municipios donde se localizó la presencia de esta especie. Estos parámetros indican la capacidad fisiológica que *V. planifolia* presenta en los municipios donde se ubica. Por ejemplo, los parámetros que *V. planifolia* manifestó en Axtla de Terrazas, Coxcatlán, San Martín Chalchicuautla y Tampamolón Corona, indicaron que esta especie se presenta solo en sitios muy específicos y que en estos municipios, su distribución es muy restringida. Por ello, no es probable que se presente esta especie en cualquier área geográfica de estos municipios, y por eso son escasas las poblaciones que existen en estos lugares.

Por el contrario, en los municipios de Matlapa, Tamazunchale y Xilitla los requerimientos fisiológicos de *V. planifolia* mostraron parámetros más amplios, que le permitieron a esta especie habitar en estos lugares y tener un mayor número de poblaciones ([Tabla 3.4](#)). Asimismo, en los municipios de Aquismón, Huehuetlán y Tampacán se encontraron sitios

con condiciones óptimas para que se desarrollase *V. planifolia*. Los parámetros fisiológicos de *V. planifolia* en estos municipios, indicaron que esta especie necesita de 179 días de humedad del suelo (Bio 21) para establecerse en estos sitios. En Huehuetlán y Tampacán, los valores de precipitación del mes más seco (Bio 14) y del trimestre más seco (Bio 17) no tuvieron un rango tan amplio como en Aquismón, pero aun así esto permitió que se establecieran especímenes de *V. planifolia* (Tabla 3.4).

De acuerdo con esto, la distribución de *V. planifolia* en el estado de San Luis Potosí está delimitada por los límites fisiológicos que presentó esta especie en los municipios de la Huasteca potosina (Tabla 3.4). Así que fue fundamental conocer los límites entre las poblaciones de *V. planifolia*, ya que esto brindó información acerca de la variación fisiológica que posee esta especie dentro de su nicho ecológico.

Por último es importante mencionar que no existen trabajos que hayan evaluado aspectos tan puntuales sobre la distribución de *V. planifolia*, tanto en la entidad potosina como en las diversas regiones donde existe esta especie.

Tabla 3. 4. Datos del perfil de las variables que más contribuyeron al modelo de *Vanilla planifolia* en los municipios donde se distribuye, San Luis Potosí, México

Municipio	Presencia (No)	Bio 14		Bio 21		Bio 17	
		Min	Max	Min	Max	Min	Max
Aquismón	4	58	66	179		177	215
Axtla de Terrazas	1	45		179		143	
Coxcatlán	1	56		179		171	
Huehuetlán	4	58	59	179		177	179
Matlapa	33	41	63	179	193	130	201
San Martín Chalchicuautla	2	52		179		158	
Tamazunchale	17	36	58	179	193	116	178
Tampacán	4	42	44	179		131	136
Tampamolón Corona	1	42		179		135	
Xilitla	7	29	61	179	193	100	192

■ =Valor único. Bio 14= Precipitación del mes más seco (mm), Bio 21= Régimen de humedad del suelo (días), Bio 17= Precipitación del trimestre más seco (mm)

3.3.3.3 Curvas de respuesta

Las curvas de respuesta mostraron el comportamiento de cada una de las variables e indicaron la forma en que estas afectaron, a la predicción del modelo de distribución de *V. planifolia* en San Luis Potosí, México. Por ejemplo, la respuesta que tuvo *V. planifolia* a la temperatura expresada en Bio 1, Bio 6, Bio 7, Bio 8, Bio 9, Bio 10 y Bio 18 no afectó ni cambió su distribución, al variar la temperatura en cada variable. Puesto que, ante cualquier aumento o disminución de la temperatura ambiente, la probabilidad de encontrar a *V. planifolia* es de 62% (Figura 3.12). La mayor parte de estas variables no contribuyeron al modelo de distribución, excepto la temperatura promedio del trimestre más cálido (Bio 10).

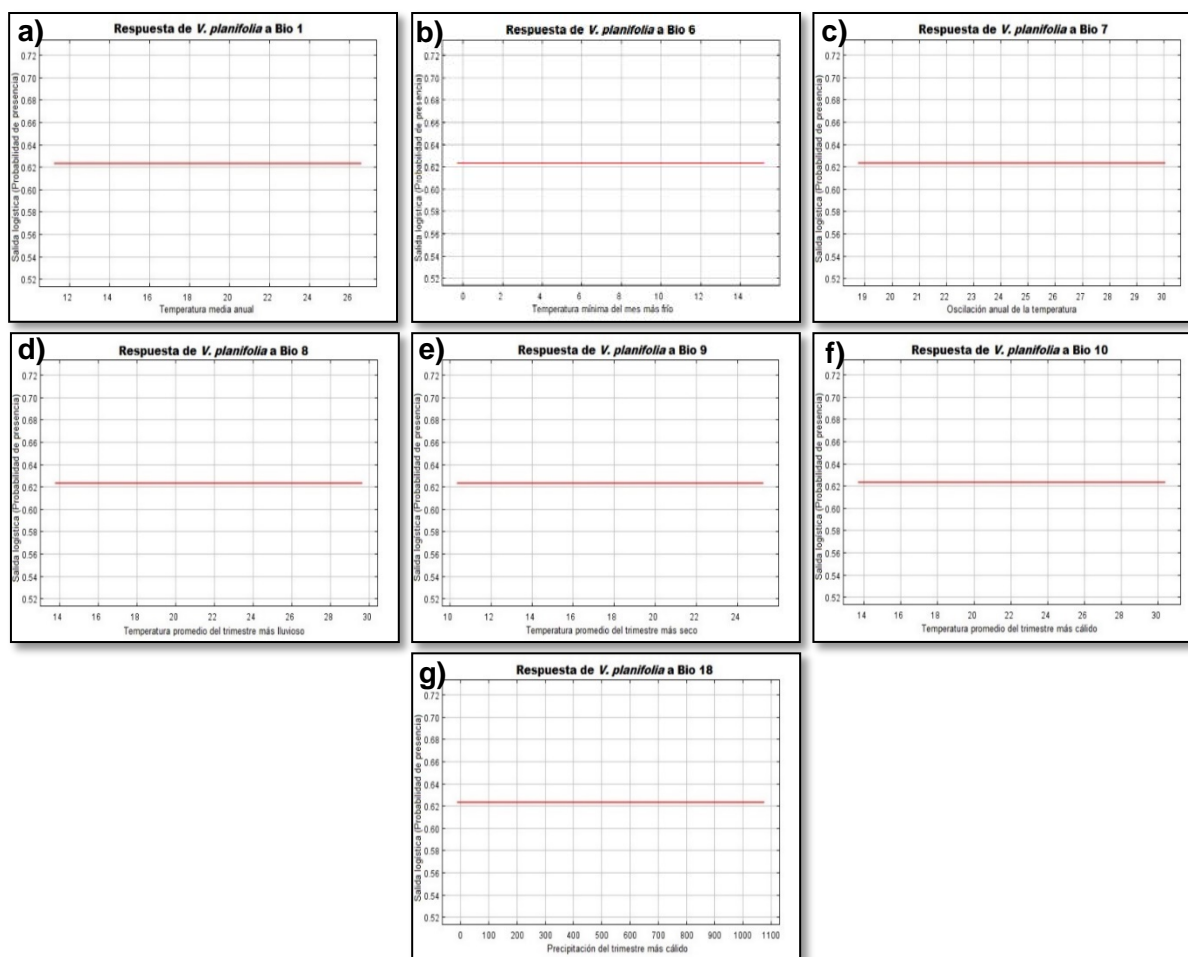


Figura 3. 12. Curvas de respuesta de las variables de temperatura no influyentes al modelo de distribución de *Vanilla planifolia* en San Luis Potosí, México. a) Bio1, b) Bio 6, c)Bio 7, d) Bio 8, e) Bio 9, f) Bio 10 y g) Bio 18

La respuesta de *V. planifolia* a la oscilación diurna de la temperatura (Bio 2) indicó que entre los 9 y 10°C, existe un 40% de probabilidad de encontrar a esta especie. El incremento de la temperatura reflejó una relación positiva de presencia, ya que al ascender la temperatura a 20°C se dio el 90% de probabilidad de hallar a esta especie, por ende, la temperatura óptima para que se desarrolle la vainilla es de 20°C (Figura 3.13a). Sin embargo, este factor no determinó como tal la distribución de esta especie (ver Tabla 3.2).

Por su parte, la curva de respuesta de *V. planifolia* a la Isotermalidad (Bio 3) mostró que el índice de variabilidad de la temperatura, entre 54 y 72, generó un 62% de probabilidad de encontrar condiciones óptimas para que se presente esta especie (Figura 3.13b). Ahora bien, a pesar de que la estacionalidad de la temperatura (Bio 4) no intervino en la distribución de *V. planifolia*, su curva sugirió que a los 20°C existe un 74% de probabilidad de que se presente esta especie; pero si la temperatura sobrepasa los 22°C, disminuye su posibilidad de presencia hasta que a los 40°C, se reporta un 56% de ocurrencia de esta especie (Figura 3.13c).

La curva de respuesta de *V. planifolia* a la temperatura máxima del mes más cálido (Bio 5) expresó que cuando se alcanzan los 39°C, se da un 76% probabilidad de presencia (Figura 3.13d).

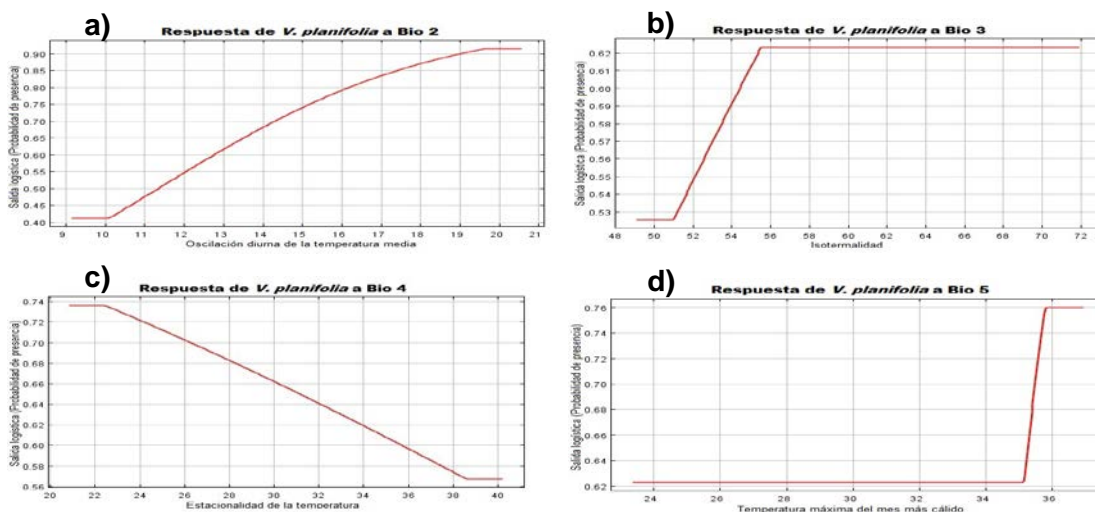


Figura 3. 13. Curvas de respuesta de *Vanilla planifolia* a temperatura en San Luis Potosí, México. a) Bio 2, b) Bio 3, c) Bio 4 y d) Bio 5

La curva de respuesta de *V. planifolia* a la precipitación anual (Bio 12) expresó que la probabilidad de presencia aumenta con respecto a la intensidad de lluvia durante el año, en otras palabras, cuando se presenta una acumulación de 3000 mm, existe 75% de probabilidad de establecerse esta especie (Figura 3.14). Es curioso que el análisis de esta curva, se puede aplicar al manejo y cuidado de los especímenes ubicadas en los cultivos y mallas sombras, ya que esta información permite estimar la cantidad aproximada de agua que requiere esta especie, a lo largo del año.

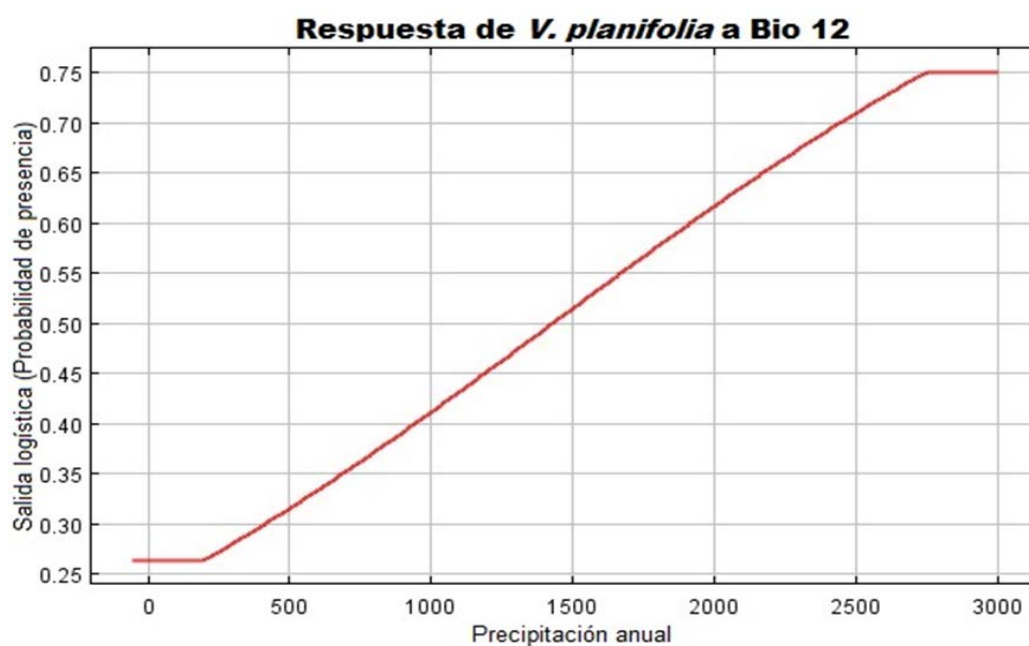


Figura 3. 14. Curva de respuesta de *Vanilla planifolia* a la precipitación anual en San Luis Potosí, México

La curva respuesta de *V. planifolia* a la precipitación del mes más lluvioso (Bio 13) y del mes más seco (Bio 14), denotó que se requieren al menos 400 mm en el mes más lluvioso y de 0 a 65 mm en el mes más seco, para que existan las condiciones típicas de presencia. La precipitación del mes más lluvioso (Bio 13) demostró que *V. planifolia* requiere de 600 mm para que se tenga una probabilidad mayor al 90% de presencia (Figura 3.15a). La precipitación del mes más seco (Bio 14) explicó una relación positiva de su variable, es decir, que al aumentar la cantidad de lluvia aumentó la probabilidad de presencia de *V. planifolia*, a los 70 mm se propició una probabilidad de presencia mayor

a 85% (Figura 3.15b). Se precisa que la variable de precipitación del mes más seco (Bio 14) influyó bastante en la predicción del modelo de distribución potencial de esta especie.

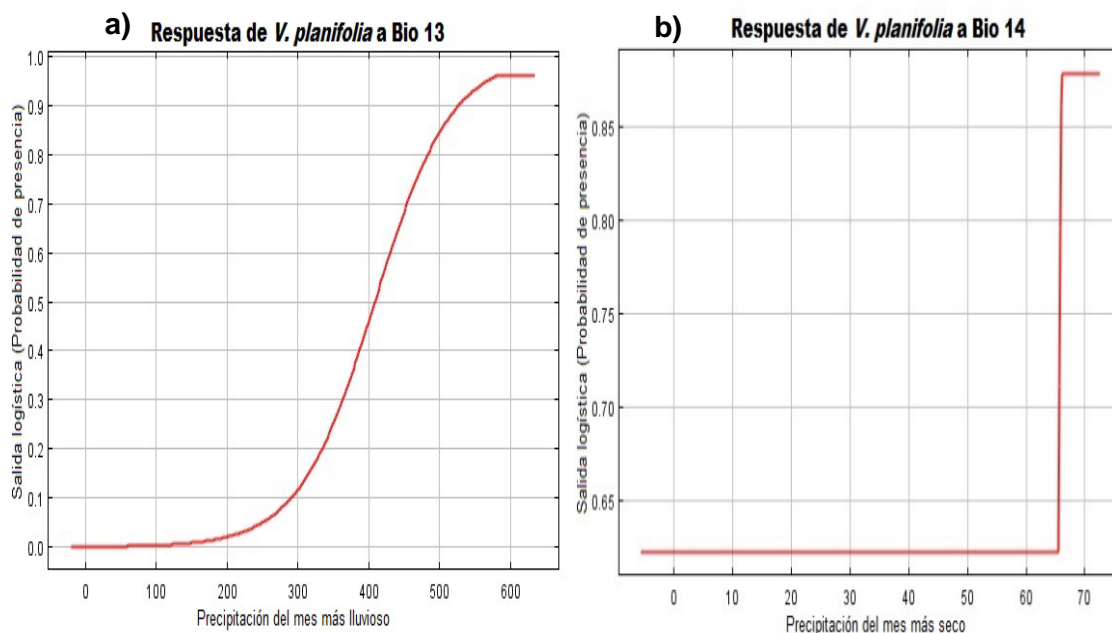


Figura 3. 15. Curvas de respuesta de *Vanilla planifolia* a la precipitación del mes más lluviosos y seco en San Luis Potosí, México. a) Bio 13 y b) Bio 14

Las curvas de respuesta de la precipitación trimestral advirtieron que el límite fisiológico de *V. planifolia* no permitió que esta especie se presentase en sitios que tienen una precipitación mayor a su límite o capacidad de respuesta fisiológica. La curva de respuesta de *V planifolia* a la precipitación del trimestre más lluvioso (Bio 16) mostró que si existe una cantidad inicial de 0 mm hasta alcanzar 1000 mm, se tiene una probabilidad de presencia mayor a 60%; pero si la precipitación asciende hasta los 1400 mm, la probabilidad de presencia desciende a un 35% por no crear las condiciones idóneas para que esta especie exista (Figura 3.16a). La curva de respuesta de *V. planifolia* al trimestre más seco (Bio 17) tuvo un comportamiento similar al trimestre más lluvioso (Bio 16), ya que al aumentar la precipitación disminuyó la probabilidad de presencia de esta especie (aunque esto no descarta la presencia de esta especie), es decir, a una cantidad menor de 150 mm su posibilidad de presencia fue mayor del 64% y a una cantidad mayor a 200 mm su probabilidad fue de 50% (Figura 3.16b). La curva de respuesta de *V. planifolia* al trimestre más frío (Bio 19) reportó que de 0 a 20 mm existe una probabilidad de presencia

mayor a 72% y si la precipitación asciende hasta alcanzar los 240 mm, su probabilidad de encontrarse es menor a 54% (Figura 3.16c).

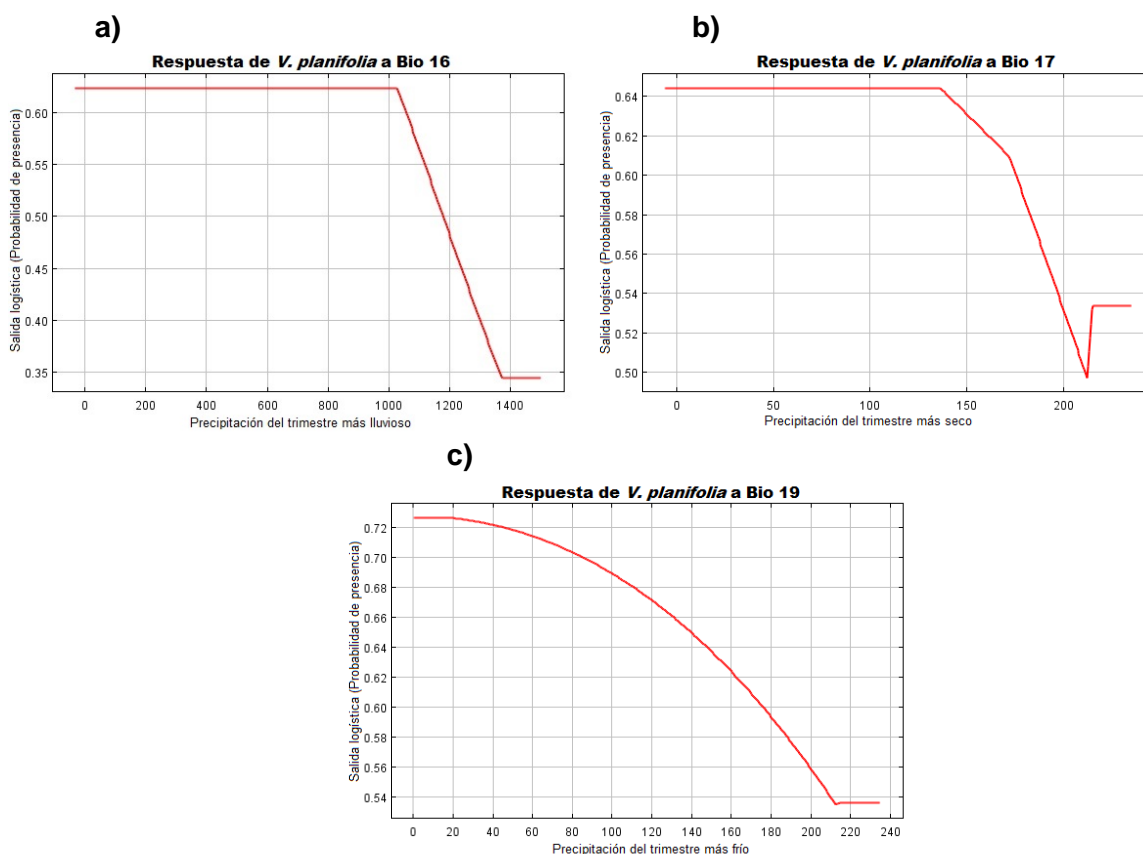


Figura 3. 16. Curvas de respuesta de *Vanilla planifolia* a la precipitación trimestral. a) Bio 16, b) Bio 17 y c) Bio 19

Las curvas de respuesta de estacionalidad de la precipitación (Bio 15) y de altitud (Bio 20) tuvieron un comportamiento semejante en la distribución de sus datos, es decir, a mayor aumento de los valores del eje de las abscisas disminuyó el valor en el eje de las ordenadas (Figura 3.17). La curva de respuesta de *V. planifolia* a la estacionalidad de la precipitación (Bio 15) enfatizó que existen altas probabilidades de presencia entre un intervalo de 40 y 70 mm (70% a casi 100%), en valores mayores a 70 mm la posibilidad de encontrarse es menor a 50% y en valores de 100 mm la posibilidad de presencia es nula (Figura 3.17a). El comportamiento que presentó la estacionalidad de la precipitación puede aportar información acerca del control hídrico en los cultivos de esta especie. Asimismo, se puede inferir que si se presenta una lluvia intensa esta tendrá un impacto

en el estado de saturación del suelo y a su vez un efecto en los individuos de *V. planifolia*. Sumado a esto, la estacionalidad de la precipitación es un factor que determina los patrones espaciales en la dispersión de las especies y su variación (Toledo et al., 2010).

La curva de respuesta de *V. planifolia* a la altitud (Bio 20) informó que el pico más alto donde se distribuye esta especie tuvo una de probabilidad de presencia del 60%, en el intervalo de 0 a 500 msnm. Los valores altitudinales de 1000 a 2500 msnm mostraron una probabilidad de presencia entre 45 y 10%. En los valores máximos de altitud (mayor a 3000 msnm) se observó una nula posibilidad de presencia de esta especie (Figura 3.17 b). Es por ello que en algunas áreas geográficas esta es una restricción que influye en la distribución de *V. planifolia*, como sucedió en la parte alta de la serranía de Xilitla que tiene elevaciones mayores a 2500 m. La altitud es un rasgo que interviene en el patrón de las especies (Rahbek, 2005), aunque Elith y Leathwick (2009) documentaron que la elevación es un gradiente indirecto que raramente afecta en la distribución de las especies.

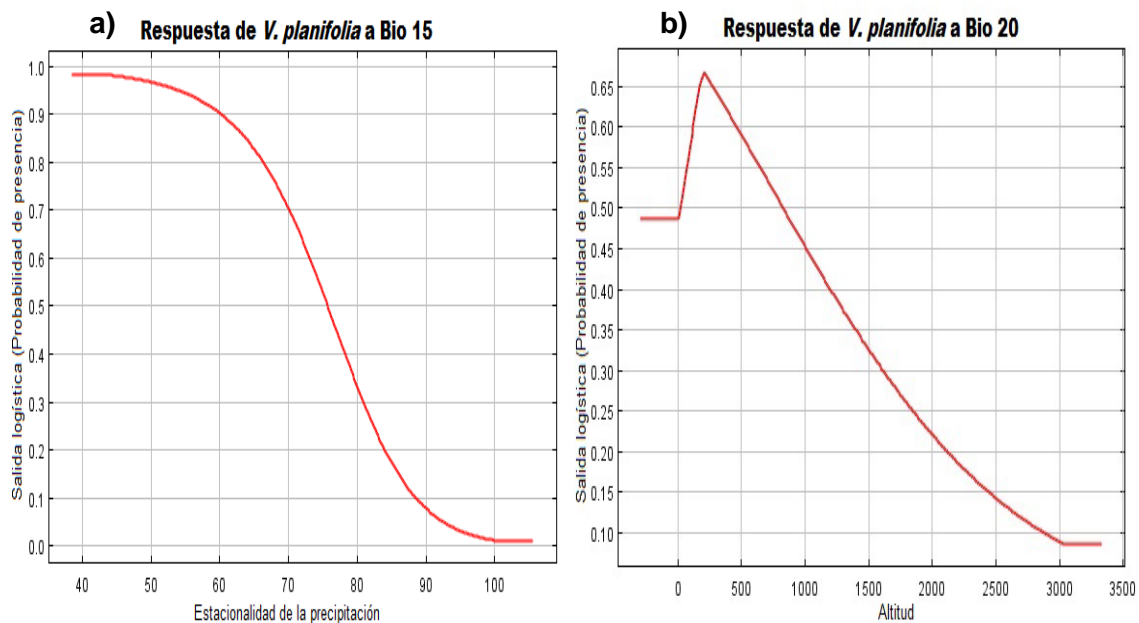


Figura 3. 17. Curvas de respuesta de *Vanilla planifolia* a la estacionalidad de la temperatura y la altitud. a) Bio 15 y b) Bio 20

La curva de respuesta de *V. planifolia* al régimen de humedad del suelo (Bio 21) indicó que se requieren al menos 193 días de humedad para que exista una probabilidad de presencia mayor a 46% (Figura 3.18a). Por otro lado, la curva de respuesta de *V. planifolia* a la cobertura de vegetación y uso de suelo advirtió que esta especie tiene un 60% de posibilidad de presentarse en varios tipos de vegetación (bosque de coníferas templado=1, bosque de latifoliadas perennifolio tropical o subtropical=3, bosque de latifoliadas caducifolio tropical o subtropical=4, bosque de latifoliadas caducifolio templado=5, bosque mixto=6, matorral tropical o subtropical=7, matorral templado=8, pastizal templado=10) y usos de suelo (humedal=14, suelo agrícola=15, suelo desnudo=16, asentamientos humanos=17, cuerpo de agua=18); pero, sobre todo tiene una mayor probabilidad de encontrarse en una cobertura de vegetación de bosque mixto (tipo 6) (95%) (Figura 3.18b). No obstante, al ser cotejada esta predicción con observaciones en campo, no se encontró ningún espécimen en bosque de coníferas templado, pero si bastantes en bosque de latifoliadas perennifolio tropical y algunos ejemplares muy próximos a cuerpos de agua.

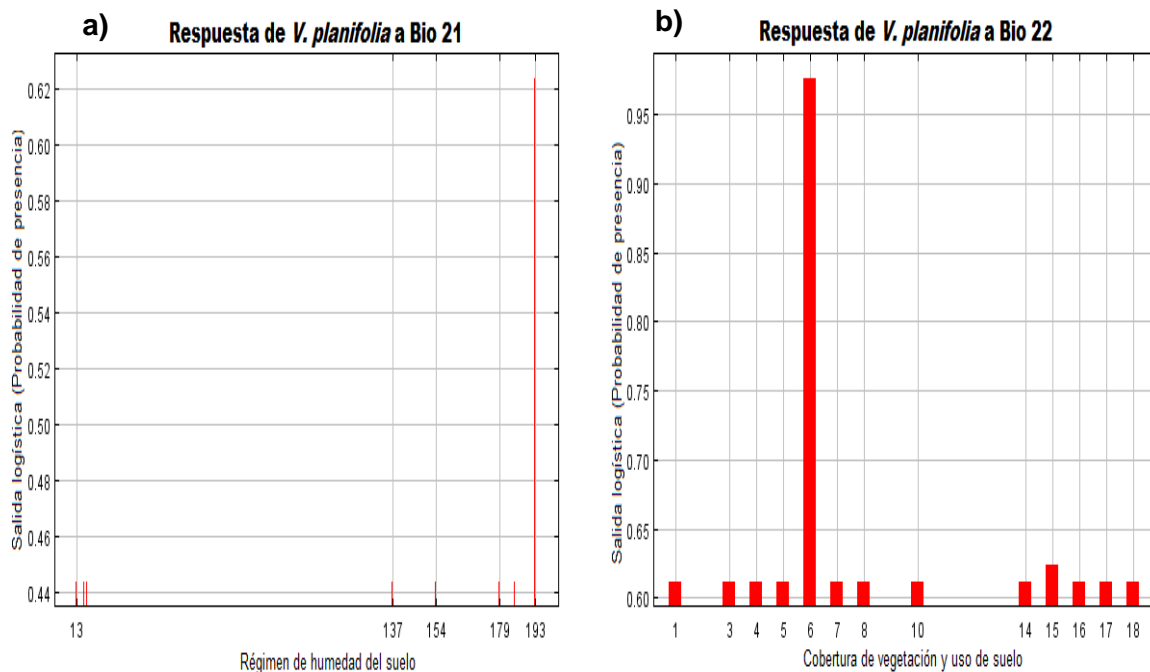


Figura 3. 18. Curvas de respuesta de *Vanilla planifolia* al régimen de humedad del suelo y cobertura de vegetación y uso de suelo. a) Bio 21 y b) Bio 22

3.3.3.4 Prueba de Jackknife

De manera general esta prueba nos permitió conocer el desempeño individual de las 22 variables que se emplearon en el modelo de distribución potencial de *V. planifolia*. La variable que presentó mayor contribución al modelo cuando se analizó de forma aislada fue la Precipitación anual (Bio 12) y la de menor contribución fue la Estacionalidad de la precipitación (Bio 15) ([Figura 3.19](#)). La variable ambiental que disminuyó la ganancia de las demás variables cuando se omitió fue la cobertura de vegetación y uso de suelo (Bio 22) ([Figura 3.19](#)), muy similar a lo que reportó Maceda ([2015](#)) en especímenes de la Huasteca hidalguense.

El análisis individual de las variables que contribuyeron más al modelo por sí mismas, fueron: la precipitación del mes más seco (Bio14) y la precipitación del trimestre más seco (Bio 17), con una relación de ganancia mayor a 3; así como el régimen de humedad del suelo (Bio 21) y la precipitación del mes más lluvioso (Bio 13), con una ganancia relativa mayor a 2.5 ([Figura 3.19](#)).

Las variables individuales que menos aportaron al modelo, fueron: la temperatura promedio del trimestre más seco (Bio 9), con una ganancia mayor a 0.75 y la estacionalidad de la temperatura (Bio 4), con una ganancia por encima de 0.5 ([Figura 3.19](#)).

Las variables asociadas a la precipitación (Bio 12, Bio 14, Bio 17, Bio 13, Bio 19, Bio 16 y Bio 18) permitieron que el modelo obtuviese un buen ajuste en los datos de entrenamiento (es decir, los puntos de presencia), aunque la precipitación del mes más seco (Bio 14) generalizó mejor los datos de prueba. Por el contrario, las variables relacionadas con la temperatura (Bio 4, Bio 9, Bio 8, Bio 5, Bio 10 y Bio 11) contribuyeron muy poco en los ajustes de los datos de entrenamiento y en los datos de prueba.

A continuación, en la [figura 3.19](#), se observan tres barras: 1) las barras de color azul marino indicaron el modelo hecho solo con la variable que se quiere analizar, 2) las barras de color turquesa destacaron al modelo hecho a partir de que se descarta una

variable y 3) la barra roja señaló al modelo con todas las variables. La disposición de las barras color turquesa revelaron que las variables fueron muy similares, dado que no decreció de manera considerable la ganancia del entrenamiento, cuando se omitió una variable dada, como puntualizó Phillips (2009).

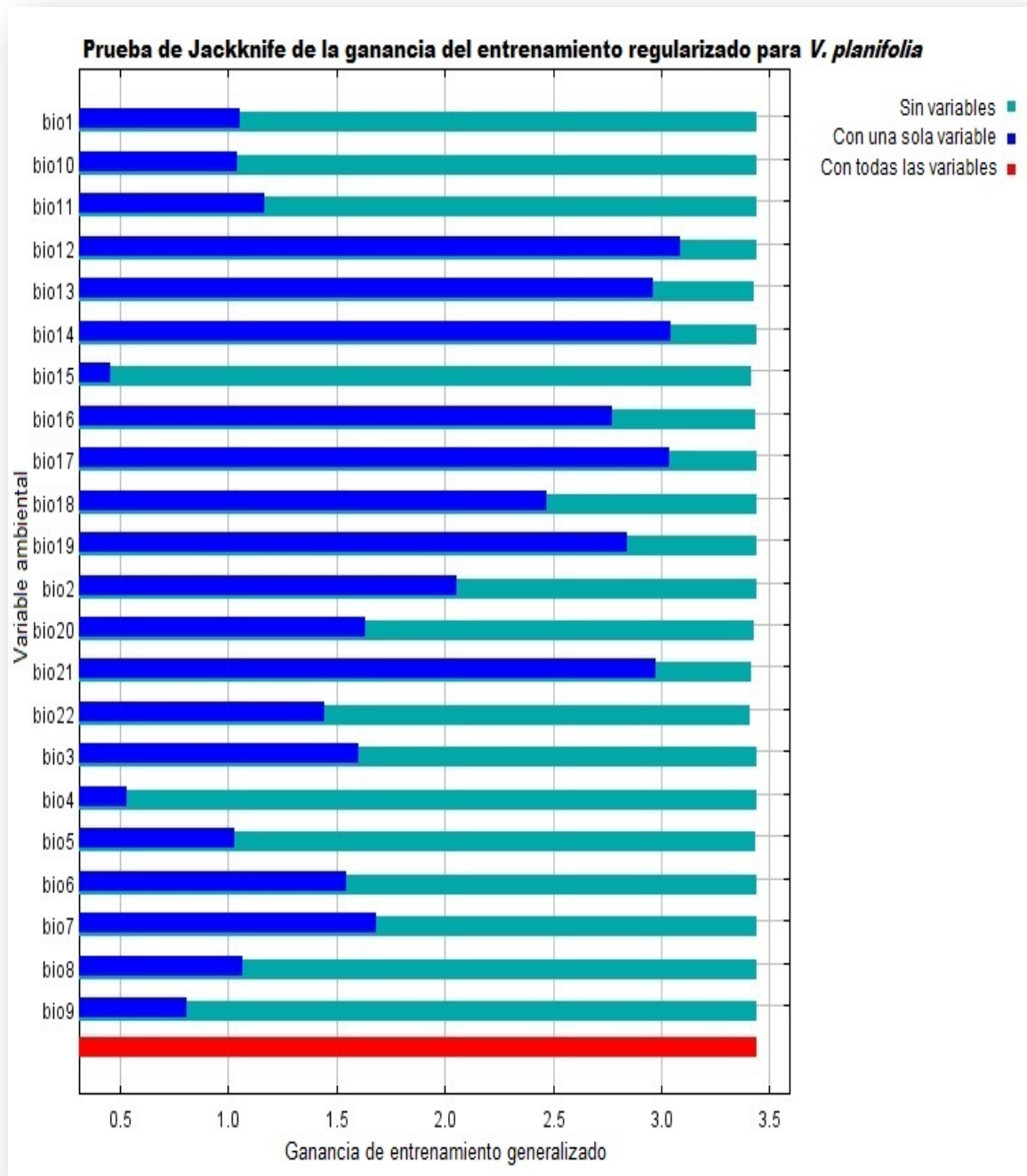


Figura 3. 19. Tabla de importancia de las variables predictoras del modelo de distribución potencial de *Vanilla planifolia* en el estado de San Luis Potosí, México

3.3.4 Situación actual de la distribución real de *Vanilla planifolia*

V. planifolia se distribuyó en 10 municipios del estado de San Luis Potosí. Sus poblaciones se ubicaron en los siguientes municipios de la Huasteca potosina: 1) Aquismón (4 registros), 2) Axtla de Terrazas (1 registro), 3) Coxcatlán (1 registro), 4) Huehuetlán (4 registros), 5) Matlapa (33 registros), 6) San Martín Chalchicuatla (2 registros), 7) Tamazunchale (17 registros), 8) Tampacán (4 registros), 9) Tampamolón Corona (1 registro) y 10) Xilitla (7 registros) ([Tabla 3.5](#)).

Tabla 3. 5. Distribución de las poblaciones *in situ* de *Vanilla planifolia* en San Luis Potosí, México

Municipio	Sitio (ID)	Registros #	Provincia fisiográfica
Aquismón	2,3,4,26	4	Carso Huasteco
Axtla de Terrazas	51	1	
Coxcatlán	5	1	
Huehuetlán	22,23,24,25	4	
Matlapa	1,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,20,21,37,50,52,53,54,58,59,60,61,62,63,64,65,66,67,68,69	33	
San Martín Chalchicuatla	42,43	2	
Tamazunchale	27,28,29,30,31,32,33,34,35,36,41,44,45,46,47,48,49	17	
Tampamolón Corona	74	1	
Xilitla	19,39,40,70,71,72,73	7	
Tampacán	38,55,56,57	4	Llanuras y Lomeríos

Actualmente, 95% de las poblaciones de *V. planifolia* (70 registros) transitan a lo largo del Carso Huasteco (subprovincia de la Sierra Madre Oriental) y 5% (4 registros) en las Llanuras y lomeríos (subprovincia de la Llanura Costera del Golfo) ([Tabla 3.5](#)). Debido a esto se infirió que la porción que abarca la Sierra Madre Oriental, dentro del estado es una zona óptima para el crecimiento de esta especie ([Figura 3.20](#)). El estudio de esta

área natural puede aportar información valiosa para diseñar una estrategia regional en la dispersión, propagación y aprovechamiento de *V. planifolia*. Pearson y Dawson (2003, 2005) sugieren que la evaluación de las áreas nativas detona acciones concretas de conservación en las especies. Además, esto fomenta planes de manejo en las áreas naturales, donde se distribuyen especies amenazadas (Pearson et al., 2004; Fandohan et al., 2010).

En los municipios de Matlapa y Tamazunchale se distribuyó la mayor parte de las poblaciones de *V. planifolia*, con el 68% de presencias (50 registros) y los demás municipios, correspondientes al Carso Huasteco, tuvieron el 27% de las poblaciones (20 registros). Por su parte, el municipio de Tampacán ubicado en la subprovincia de Llanuras y lomeríos, presentó el 5% de las poblaciones de vainilla (Figura 3.20).

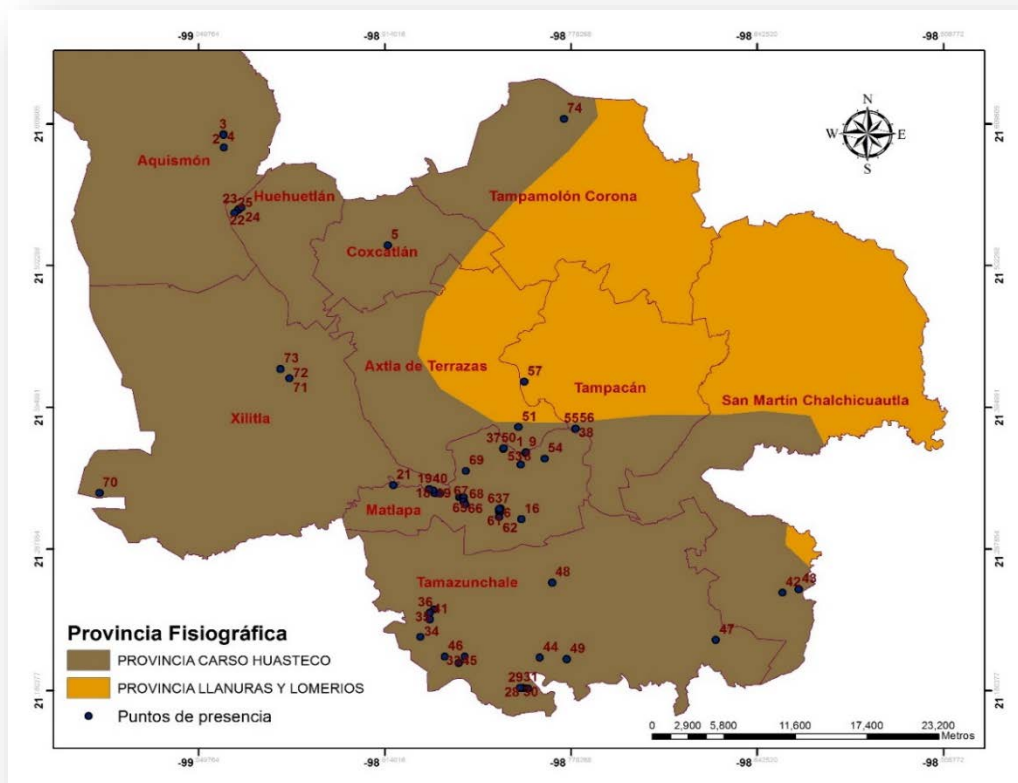


Figura 3. 20. Provincias fisiográficas donde se localiza *Vanilla planifolia* en el estado de San Luis Potosí, México

Destacó la investigación de Trinidad (2014) por informar que los municipios de San Antonio y Tancanhuitz presentan vainilla. No obstante, en esta exploración no se pudo georreferenciar la población reportada de *V. planifolia*, en el municipio de San Antonio, debido a que en las visitas realizadas nunca se encontró al productor. En el municipio de Tancanhuitz no se obtuvo algún dato de presencia con las personas que allí habitan; empero, en visitas efectuadas en mayo del 2015, el comité sistema producto vainilla de San Luis Potosí informó que recientemente las localidades El Mango (con 15 habitantes) y Tamaletom presentan vainilla. Sin embargo, no se pudieron georreferenciar dichas poblaciones.

3.3.4.1 Elevación que presenta la distribución real

De manera general *V. planifolia* se distribuyó entre los 90 y 693 m de altitud (Tabla 3.6), aunque la mayor parte se ubicó en un gradiente altitudinal de 200 a 500 msnm (Figura 3.21). Las poblaciones con menor altitud se localizaron en la subprovincia de Llanuras y Lomeríos, y las poblaciones con mayor altitud en la subprovincia del Carso Huasteco. Específicamente, estas poblaciones se encontraron en laderas y no en zonas planas, tal como han señalado Soto-Arenas y Solano-Gómez (2007), Soto Arenas y Cribb (2010), Trinidad (2014) y Maceda (2015). La altitud no se relacionó directamente con la distribución de *V. planifolia*, sino más bien con la temperatura y la precipitación que afecta a los especímenes que crecen a diferentes elevaciones.

Tabla 3. 6. Distribución altitudinal de poblaciones *in situ* de *Vanilla planifolia* en el estado de San Luis Potosí, México

Municipio	Altitud (msnm)
Tampacán	90 a100
Tampamolón Corona	129
Axtla de Terrazas	133
Coxcatlán	161
San Martín Chalchicuautla	190 y 201
Huehuetlán	265 a 281

Tabla 3. 7. Continuación

Municipio	Altitud (msnm)
Aquismón	391 a 407
Matlapa	113 a 693
Tamazunchale	119 a 666
Xilitla	145 a 641

El municipio de Tampacán alojó a las poblaciones con menor valor altitudinal, entre 90 y 100 m de altitud. En cambio, las poblaciones con mayor altitud se presentaron en los municipios de Matlapa (con valores entre 113 y 693 msnm), Tamazunchale (con una variedad de cotas entre 119 y 666 m de altitud) y Xilitla (con una gama de elevaciones entre 145 y 641 msnm); aunque, en este último municipio fue muy drástico el cambio de altura presentado entre los puntos de presencia de *V. planifolia*. ([Figura 3.21](#)).

Finalmente, la población de Tampamolón Corona se ubicó a una altitud de 129 m, la de Axtla de Terrazas a 133 m y la de Coxcatlán a 161 m ([Tabla 3.6](#) y [Figura 3.21](#)).

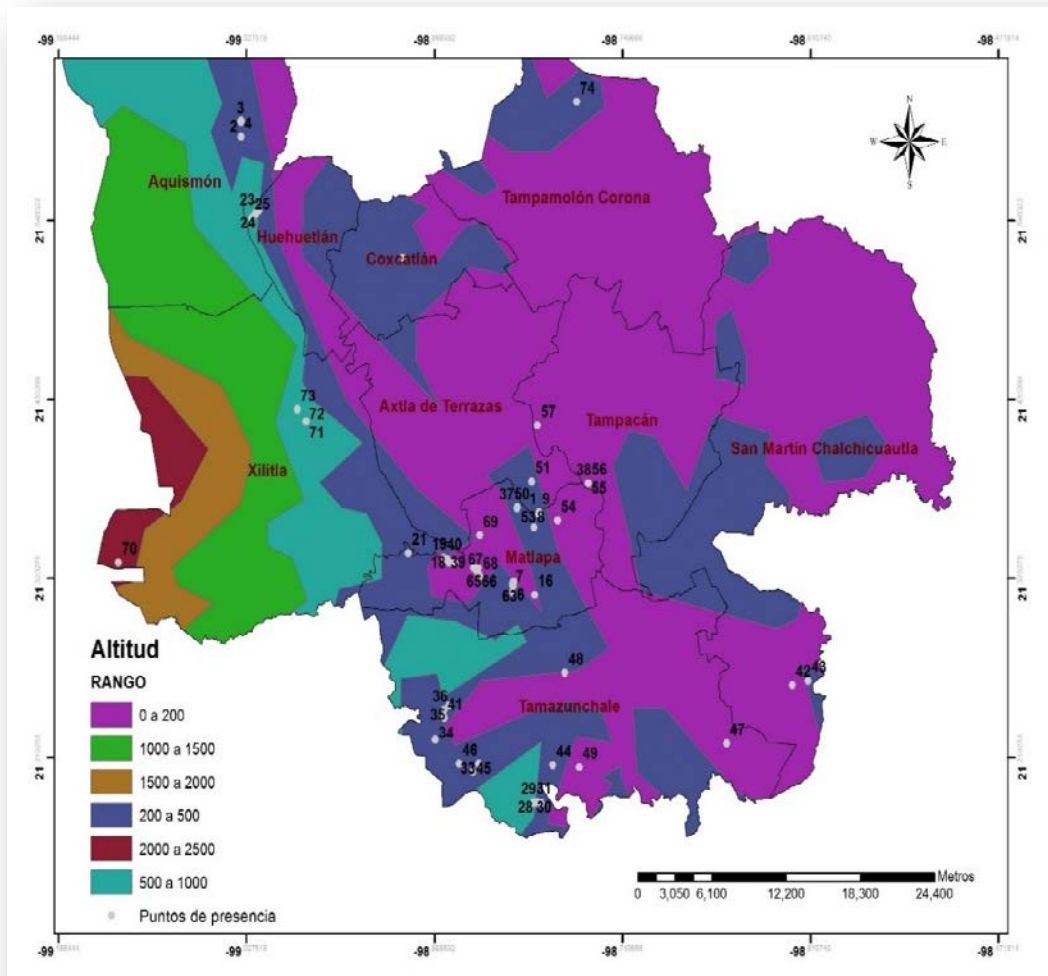


Figura 3. 21. Gradientes altitudinales de la distribución de poblaciones *in situ* de *Vanilla planifolia* en el estado de San Luis Potosí, México

3.3.5 Descripción actual del nicho ecológico de *Vanilla planifolia*

Se registró que *V. planifolia* habita en lomeríos (5 registros), planicies (6 registros), valles montañosos (10 registros) y montañas (53 registros) de la región Huasteca ([Tabla 3.7](#)).

Las zonas montañosas fueron el principal hábitat de *V. planifolia*. En estas se presentó el 72% de registros de presencia, ubicados en los municipios de Aquismón, Huehuetlán, Matlapa, Tamazunchale y Xilitla ([Figura 3.22](#)). Por ende, los municipios que tienen un

relieve montañoso poseen características que forman un hábitat idóneo para *V. planifolia* (Soto Arenas, 2009).

Por su parte, los valles montañosos concentraron el 13% de los puntos de presencia de *V. planifolia*. Este tipo de relieve sólo se presentó en el municipio de Tamazunchale. En lo que respecta a las planicies, estas reportaron el 8% de puntos de presencia en sitios de Axtla de Terrazas, Matlapa y Tampacán. Los lomeríos representaron el 7% de presencias ubicadas en Coxcatlán, San Martín Chalchicuautla, Tamazunchale y Tampamolón Corona (Figura 3.22).

Específicamente, los municipios de Matlapa y Tamazunchale destacaron, debido a que sus dos tipos de relieve (Tabla 3.7) permitieron que *V. planifolia* se distribuyese ampliamente en estos sitios. Al respecto Petřík y Wild (2006) mencionaron que las características topográficas representan gradientes indirectos en la distribución de las plantas.

Tabla 3. 8. Relieve natural del nicho ecológico de *Vanilla planifolia* en el estado de San Luis Potosí, México

Morfología	Registros (#)	Municipio
Lomeríos	5	Coxcatlán, Tampamolón Corona, San Martín Chalchicuautla y Tamazunchale
Planicies (0-200 m)	6	Axtla de Terrazas, Matlapa y Tampacán
Valles Montañosos	10	Tamazunchale
Montañas	53	Aquismón, Huehuetlán, Matlapa, Tamazunchale y Xilitla

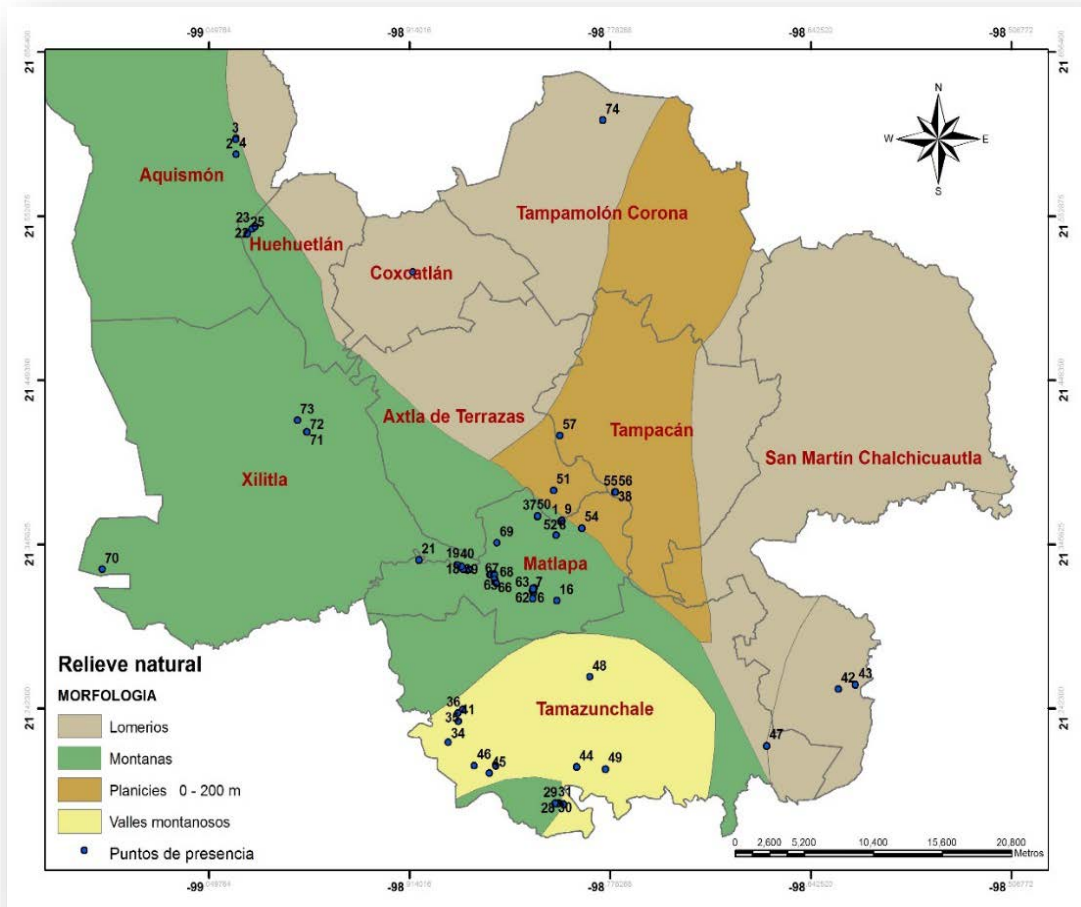


Figura 3. 22. Relieve natural donde se distribuyen las poblaciones de *Vanilla planifolia* en el estado de San Luis, México

3.3.5.1 Clima del nicho ecológico de *Vanilla planifolia*

Particularmente, el nicho ecológico de *V. planifolia* presentó cinco tipos de clima húmedo del subtipo cálido y semicálido (Tabla 3.8). 66 % de las poblaciones *in situ* (49 registros) se distribuyeron en un clima *A(f)*, con una temperatura media anual mayor de 22°C y un porcentaje de lluvia invernal mayor a 18% del total anual; 26% (19 registros) en un clima *Am(f)*, con una temperatura media anual mayor de 22°C y un porcentaje de lluvia invernal mayor a 10.2% del total anual; 6% (4 registros) en un clima *(A)C(fm)*, con una temperatura media anual mayor de 18°C y un porcentaje de lluvia invernal menor a 18% del total anual; 1% (1 registro) en un clima *(A)C(w2)*, con una temperatura media

anual mayor de 18°C y un porcentaje de lluvia invernal del 5% a 10.2% del total anual; y 1% (1 registro) en un clima Aw2, con una temperatura media anual mayor de 22°C y un porcentaje de lluvia invernal del 5% a 10.2% del total anual (Figura 3.23). Estos climas fueron muy similares a los que reportaron Baltazar (2010), Trinidad (2014) y Maceda (2015) para esta especie. Al respecto Kearney y Porter (2009) mencionaron que la distribución de las especies está restringida por las condiciones climáticas y en este caso, la mayor parte de las poblaciones de *V. planifolia* se concentraron en un clima cálido húmedo, con 68 registros de presencia.

Tabla 3. 9. Clima de los sitios de presencia de *Vanilla planifolia* en el estado de San Luis Potosí, México

Clima	Sitio (ID)	Registros (#)	Municipio
Semicálido subhúmedo del grupo C, (A)C(fm)	32,33,45,46	4	Tamazunchale
Semicálido subhúmedo del grupo C, (A)C(w2)	70	1	Xilitla
Cálido húmedo, A(f)	2,3,4,6,7,10,11,12,13,14,15,17,18,19,20,21,22,23,24,25,27,28,29,30,31,34,35,36,39,40,41,44,47,49,58,59,60,61,62,63,64,65,66,67,68,69,71,72,73	49	Aquismón, Huehuetlán, Matlapa, Tamazunchale y Xilitla.
Cálido húmedo, Am (f)	1,5,8,9,16,37,38,42,43,48,50,51,52,53,54,55,56,57,69.	19	Axtla de Terrazas, Coxcatlán, San Martín Chalchicuatla, Matlapa, Tamazunchale y Tampacán.
Cálido subhúmedo, Aw2	74	1	Tampamolón Corona

Sin duda la mayor parte de los puntos de presencia abarcaron un clima cálido húmedo, a lo largo de toda la región Huasteca. Por ejemplo, el clima cálido húmedo del tipo *A(f)* se presentó en 5 municipios, donde se reportó la presencia de *V. planifolia* (Aquismón, Huehuetlán, Matlapa, Tamazunchale y Xilitla); y el clima cálido húmedo del tipo *Am(f)* abarcó 6 municipios (Axtla de Terrazas, Coxcatlán, San Martín Chalchicuautla, Matlapa, Tamazunchale y Tampacán) (Figura 3.23).

El clima semicálido subhúmedo del grupo C, *(A)C(fm)* comprendió el municipio de Tamazunchale y el subtipo *(A)C(w2)* correspondió a Xilitla. El clima cálido subhúmedo del subtipo *Aw2* se localizó en Tampamolón Corona. En los climas *(A)C(w2)* y *Aw2* solo se presentó un registro de presencia (Tabla 3.8).

En los municipios de Tamazunchale y Xilitla se pudo distinguir una transición entre el clima húmedo *A(f)* y el clima semicálido subhúmedo del grupo C *(A)C(fm)* (Figura 3.23). Asimismo, en Matlapa se presentó una convergencia de los climas cálido húmedo *A(f)* y *Am(f)*, donde se situó el registro ID69 (Figura 3.23).

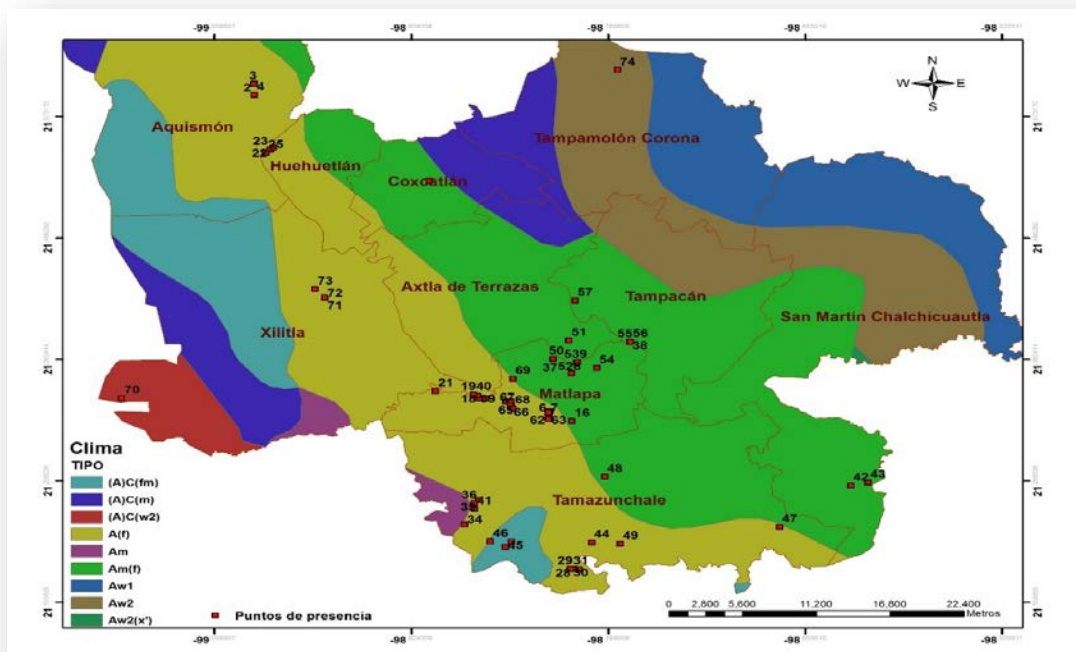


Figura 3. 23. Clima de las poblaciones de *Vanilla planifolia* ubicadas en San Luis Potosí, México

3.3.5.2 Cobertura de vegetación y uso de suelo del nicho ecológico de *Vanilla planifolia*

La Huasteca potosina mostró una disminución de las áreas de vegetación natural donde se distribuyó *V. planifolia*. Por eso, los sitios donde se obtuvieron los puntos de presencia reflejaron una alteración en su cubierta vegetal. El 60% de los puntos de presencia (44 registros) se ubicaron en una cobertura de suelo agrícola, 39% (29 registros) en bosque de latifoliadas perennifolio tropical o subtropical y 1% (1 registro) en bosque mixto (Tabla 3.9). La disminución que han sufrido estas áreas naturales se asocian a factores antropogénicos que inciden en el cambio de uso de suelo y en la fragmentación de los bosques, e incluso en la preservación o eliminación de esta especie (Soto-Arenas, 2006; Soto-Arenas y Solano-Gómez, 2007).

Tabla 3. 10. Cobertura del uso de suelo y vegetación donde se ubican las poblaciones de *Vanilla planifolia* en el estado de San Luis Potosí, México

Uso de Suelo y Vegetación	Sitio (ID)	Registros (#)	Municipio
Bosque de latifoliadas perennifolio tropical o subtropical	2,3,4,8,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20,26,39,40,44,45,46,64,65,66,67,68,69,71,73.	29	Aquismón, Matlapa, Tamazunchale y Xilitla
Bosque mixto	70	1	Xilitla
Suelo agrícola	1,5,6,7,9,21,22,23,24,25,27,28,29,30,31,32,33,34,35,36,37,38,41,42,43,47,48,49,50,51,52,53,54,55,56,57,58,59,60,61,62,63,72,74.	44	Axtla de Terrazas, Coxcatlán, Huehuetlán, Matlapa, San Martín Chalchicuaula, Tamazunchale, Tampacán, Tampamolón Corona y Xilitla

En la figura 3.24, se observa que el uso de suelo agrícola condujo a una ruptura en el equilibrio de los bosques y a procesos de degradación irreversibles en las partes serranas, donde constantemente se distribuyó *V. planifolia*. La mayor parte de los puntos de presencia se encontraron en una vegetación de bosque de latifoliadas perennifolio tropical o subtropical, dentro de los municipios de Aquismón, Matlapa, Tamazunchale y

Xilitla. No obstante, algunos especímenes de *V. planifolia* fueron localizados dentro de una vegetación de bosque mixto, en el municipio de Xilitla.

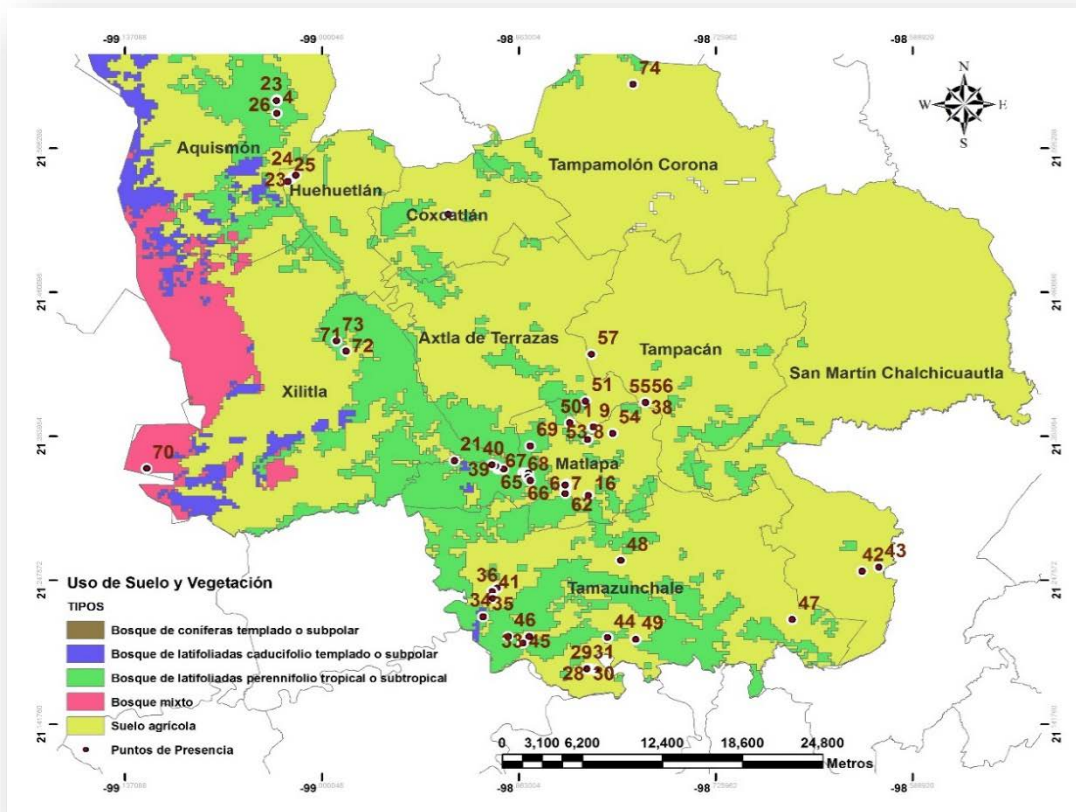


Figura 3. 24. Cobertura vegetación y uso de suelo donde se ubican las poblaciones de *Vanilla planifolia* en el estado de San Luis Potosí, México

El municipio de Aquismón posee el hábitat de *V. planifolia* más conservado dentro de un bosque de latifoliadas perennifolia tropical y subtropical, debido a que en estos sitios existe muy poca interacción humana. Este municipio es el que tuvo la mayor producción de frutos (vainas verdes), con alrededor 500 kg anuales (Morales, *com. pers.* 2013, 2014 y 2015). Por lo que es muy importante conservar este hábitat, ya que en cierta forma garantiza el mantenimiento de las poblaciones de *V. planifolia*.

Los municipios de Matlapa y Tamazunchale, también presentaron hábitats con bosque de latifoliadas perennifolia, aunque no tan conservados como en Aquismón. Incluso el

municipio de Xilitla albergó seis poblaciones de vainilla (puntos de presencia), en un bosque perennifolio y una población, en bosque mixto.

En Tamazunchale, 14 de los puntos de presencia de *V. planifolia* se ubicaron en suelos agrícolas y tres, en bosque perennifolio; aunque destacaron las poblaciones ID34 e ID45 por encontrarse entre los límites del bosque de latifoliadas y el suelo agrícola ([Figura 3.24](#)). En Matlapa, 17 de los puntos de presencia *V. planifolia* se localizaron en bosque perennifolio y 16 en suelo agrícola. La ID21 e ID68 se alojaron en los límites del bosque de latifoliadas y el suelo agrícola ([Figura 3.24](#)).

Por su parte los puntos de presencia ubicados en Axtla de Terrazas, Coxcatlán, Huehuetlán, San Martín Chalchicuautla, Tampacán y Tampamolón Corona estuvieron asociadas a suelo agrícola ([Tabla 3.9](#)).

Los registros de presencia ID49 (Tamazunchale), ID8 e ID16 (Matlapa) estuvieron dentro de un manchón de bosque fragmentado de latifoliadas perennifolio. El ID34 (Tamazunchale) se encontró en un claro de vegetación de bosque de latifoliadas perennifolio y caducifolio templado ([Figura 3.24](#)). El ID20 (Matlapa) e ID24 (Huehuetlán) se ubicó en un hábitat rupícola que no es muy común en esta especie ([Soto-Arenas y Solano-Gómez, 2007](#)).

3.3.5.3 Régimen de humedad del suelo del nicho ecológico de *Vanilla planifolia*

El régimen de humedad del suelo que presentaron los municipios donde se distribuyó *V. planifolia* fue de tipo údico (solo varían los días de humedad que presenta cada municipio) ([Tabla 3.10](#)). El régimen de 270 a 330 días de humedad destacó en los municipios de Aquismón, Coxcatlán, Huehuetlán, San Martín Chalchicuautla, Tampacán, Tampamolón Corona y en zonas de Axtla de Terrazas, Matlapa, Tamazunchale y Xilitla ([Figura 3.25](#)), con 28 registros ([Tabla 3.10](#)). El régimen de humedad del suelo de 330 a 365 días de humedad, abundó en la mayor parte de los municipios de Matlapa, Tamazunchale y Xilitla, con 46 presencias ([Tabla 3.10](#)).

Tabla 3. 11. Régimen de humedad del suelo en los municipios donde se distribuye *Vanilla planifolia* en el estado de San Luis Potosí, México

Régimen de Humedad del Suelo	Municipio	Registros (#)	Sitio (ID)
Údico con 270 a 330 días de humedad	Aquismón	28	2,3,4,26
	Axtla de Terrazas		51
	Coxcatlán		5
	Huehuetlán		22,23,24,25
	Matlapa		1,8,9,37,50,52,53,54
	San Martín Chalchicuautla		42,43
	Tamazunchale		44,45,46
	Tampacán		38,55,56,57
	Tampamolón Corona		74
	Xilitla		70
	Údico con 330 a 365 días de humedad		Matlapa
Tamazunchale		27,28,29,30,31,32,33,34,35,36,41,44,45,46,48,49.	
Xilitla		19,39,40,71,72,73	

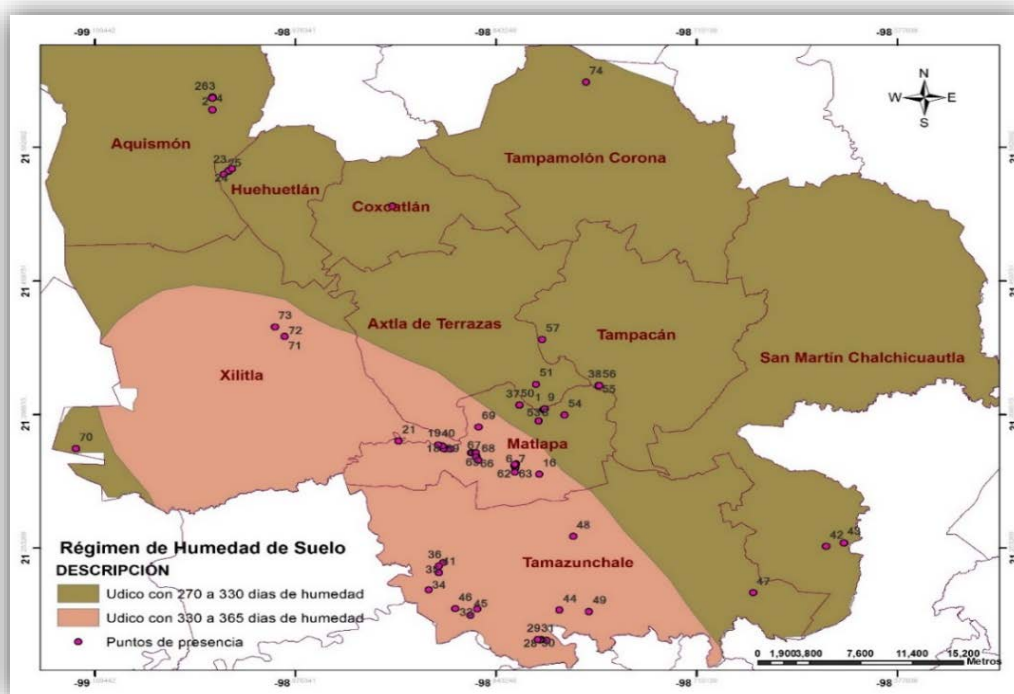


Figura 3. 25. Distribución del régimen de humedad del suelo de las poblaciones de *Vanilla planifolia* en el estado de San Luis Potosí, México

3.4 CONCLUSIÓN

El estado de San Luis Potosí por su propia complejidad ambiental permite que *V. planifolia* se distribuya de manera natural en la región Huasteca. Las condiciones ambientales que presenta esta propician nichos idóneos para que esta especie exista y se disperse.

El área de distribución potencial de *V. planifolia* se restringe a 13 municipios de la región Huasteca, en el estado de San Luis Potosí. Las áreas que presentan una alta probabilidad de presencia y condiciones típicas para que esta especie se distribuya de forma natural, abarcan la mayor parte de la superficie de Tamazunchale y Matlapa; así como algunas zonas de Xilitla, Axtla de Terrazas, Huehuetlán, Coxcatlán, Tancanhuitz de Santos y Aquismón. Por su parte, las áreas geográficas que presentan una baja probabilidad de presencia, comprenden las partes más altas de la serranía de Xilitla y Aquismón, y la mayor parte de las superficies planas de los municipios de Tanlajás, Tancanhuitz de Santos, Tampamolón Corona, Tampacán y San Martín Chalchicuautla. 79 % de las poblaciones de *V. planifolia* se ubican en zonas con una alta probabilidad de tener condiciones idóneas para que esta especie exista, 19% se encuentra en regiones con una probabilidad media de que se presenten condiciones típicas de aquellos sitios donde habita esta especie, y 3% vive en áreas que no presentan condiciones adecuadas para que esta especie sobreviva. Finalmente, los municipios de Matlapa, Tamazunchale y Aquismón son las áreas con mayor probabilidad de distribución natural de esta especie, ya que presentan las condiciones ambientales adecuadas para *V. planifolia*.

El modelo de distribución potencial de *V. planifolia* en el estado de San Luis Potosí, muestra una capacidad excelente de predicción en la distribución hipotética de esta especie, según el valor de la curva AUC 0.989. Los datos del modelo se aproximan al 100% de sensibilidad y de especificidad. Su tasa de omisión indica que los datos de entrenamiento y de prueba se ajustan muy bien a la tasa de omisión predicha. El modelo no omite ni sobrepredice las áreas de presencia de *V. planifolia*, ya que su distribución hipotética se validó a través de observaciones hechas en campo, durante el 2013 y 2014. Las variables ambientales que determinan la distribución potencial de *V. planifolia* en el

estado de San Luis Potosí son la Precipitación del mes más seco (52.8%), el régimen de humedad del suelo (21.2%) y la precipitación del trimestre más seco (13.7%). Las variables de precipitación son las que delimitan el área geográfica de *V. planifolia* en la región Huasteca, debido a que establecen las condiciones ambientales propicias para que esta especie pueda existir. Finalmente, el modelo de distribución potencial de *V. planifolia* aporta un papel crítico para la toma de decisiones sobre la dispersión, el manejo, la conservación y aprovechamiento de esta especie, en la región Huasteca del estado de San Luis Potosí.

El perfil bioclimático de las variables con mayor contribución en la distribución espacial de *V. planifolia* indica la capacidad fisiológica que tiene esta especie para presentarse en la Huasteca potosina. De tal manera que *V. planifolia* necesita de una precipitación de 29 a 66 mm en el mes más seco para que se distribuya en la región Huasteca, por lo que su curva de respuesta indica que, con una cantidad de lluvia entre 60 y 70 mm, existe una probabilidad del 65 al 90% de que se presente de esta especie. El régimen de humedad del suelo que requiere está entre 179 y 193 días; su curva de respuesta muestra que con 193 días de humedad, se tiene una probabilidad de presencia del 62%. Durante los meses de febrero, marzo y abril (trimestre más seco), *V. planifolia* necesita entre 100 y 215 mm, por el cual su curva de respuesta nos indica que, cuando se tiene una cantidad de lluvia mayor a 200 mm existe un 50% de probabilidad de presencia de la especie y si se tiene una cantidad de lluvia menor a 150 mm, la posibilidad de presencia es del 64%. Conforme a estos parámetros, se infiere que en los municipios de Axtla de Terrazas, Coxcatlán, San Martín Chalchicuautla y Tampamolón Corona se presentan ambientes muy restrictivos para la distribución de *V. planifolia*.

Las variables relacionadas con la temperatura no influyen la distribución geográfica de *V. planifolia*, excepto la temperatura promedio del trimestre más cálido que aporta muy poco al modelo (0.9%). En el análisis individual de las variables de temperatura estas son las que menos aportan al modelo. La variable que contribuye más en el modelo, cuando se analiza de forma aislada es la precipitación anual y la que menos contribuye es la estacionalidad de la precipitación. Pero cuando se omite la cobertura de vegetación

y uso de suelo, esta variable disminuye la ganancia de las demás variables, por lo que afecta la predicción del modelo.

El análisis de las variables que intervienen en la distribución potencial de *V. planifolia* se puede aplicar a una estrategia de manejo, aprovechamiento y conservación de la especie. Además, contribuye a conocer parte de los requerimientos que necesitan los especímenes de vainilla en cultivos y/o malla sombras de la entidad potosina. Debido a que estas variables muestran la respuesta fisiológica (límites y/o parámetros que necesita la especie para sobrevivir en esta región) que presenta esta orquídea en la entidad potosina.

En el estado de San Luis Potosí se ubican 74 poblaciones *in situ* de *V. planifolia* en 10 municipios de la región Huasteca. La mayor parte de estas poblaciones se encuentran en los municipio de Matlapa y Tamazunchale, con 50 presencias; el resto, en los municipios de Aquismón (4), Axtla de Terrazas (1), Coxcatlán (1), Huehuetlán (4), San Martín Chalchicuautla (2), Tampacán (4), Tampamolón Corona (1) y Xilitla (7). 94.6% de estas poblaciones están dispersas a lo largo de la subprovincia del Carso Huasteco y 5.4% en la subprovincia de Llanuras y lomeríos. Todas estas poblaciones se hallan entre los 90 y 693 m de altitud, aunque la mayor parte están en un gradiente altitudinal de 200 a 500 msnm.

Vanilla planifolia habita en zonas montañosas, valles montañosos, planicies y lomeríos de la región Huasteca potosina. La mayor parte de sus poblaciones se ubican en un relieve montañoso y valles montañosos, aunque algunas poblaciones se presentaron en un hábitat rupícola que no es un comportamiento peculiar en esta especie. Principalmente, se localizan en bosques de latifoliadas perennifolio tropical y subtropical, en bosques mixtos y en gran parte del suelo agrícola. Estas se presentan en cinco tipos de climas del subtipo cálido húmedo $A(f)$ y $Am(f)$, cálido subhúmedo $Aw2$ y semicálido subhúmedo $(A)C(fm)$ y $(A)C(w2)$, aunque predominan en un clima cálido húmedo $A(f)$. Abundan en un régimen de humedad del suelo údico y la mayor parte de las poblaciones, se localiza en un régimen údico de 330 a 365 días de humedad.

Finalmente, la distribución potencial de *V. planifolia* en el futuro, no sólo podría estar condicionada por los factores abióticos, sino por la intervención humana al modificar o alterar su hábitat natural (cambio el uso de suelo y crecimiento de núcleos de población). Debido a que *V. planifolia* se encuentra en áreas fragmentadas, pero si no se conservan estas áreas es posible que esta especie ya no se distribuya en éstas y desaparezca hasta extinguirse de manera natural. Es importante explorar minuciosamente los municipios de Aquismón, Huehuetlán y Xilitla, ya que conforman un mosaico de hábitats disponibles para *V. planifolia*. Así como indagar en el municipio de Tancanhuitz que presenta una zona propicia para encontrar vainilla de manera natural, ya que en esta investigación no se pudo explorar esta zona.

3.5 LITERATURA CITADA

- Ackerman, J. D. (1986). Coping with epiphytic existence: pollination strategies. *Selbyana*. 9(1): 52-60.
- Adhikari, D., Barik, S. K., Upadhaya, K. (2012). Habitat distribution modelling for reintroduction of *Ilex khasiana* Purk., a critically endangered tree species of northeastern India. *Ecological Engineering*. 40: 37-43.
- Anderson, R. P., Lew, D., Peterson, A. T. (2003). Evaluating predictive models of species distribution: criteria for selecting optimal models. *Ecological modelling*. 162: 211-232.
- Araújo, M. B., Pearson, R. G. (2005). Equilibrium of species' distributions with climate. *Ecography*. 28: 693-695.
- Araújo, M. B., Pearson, R. G., Thuiller, W., Erhard, M. (2005). Validation of species climate impact models under climate change. *Global Change Biology* 11: 1504–1513.
- Araújo, M. B., Guisan, A. (2006). Five (or so) challenges for species distribution modelling. *Journal of Biogeography*. 33: 1677-1688.
- Araújo, M. B., Luoto, M. (2007). The importance of biotic interactions for modelling species distributions under climate change. *Global Ecology and Biogeography*. 16: 743-753.
- Arroyo, J., Carrión, J. S., Hampe, A., Jordano, P. (2004). Capítulo 2: La distribución de las especies a diferentes escalas espacio-temporales. *In: Valladares, F. E. Ecología del bosque mediterráneo en un mundo cambiante*. 27-67 pp. Ministerio del Medio Ambiente, AGRAF, S. A., Madrid, ISBN: 84-8014-552-8.
- Austin, M. P. (2002). Spatial prediction of species distribution: an interface between ecological theory and statistical modelling. *Ecological Modelling*. 157: 101–118.
- Baack, E. J., Emery, N. C., Stanton, M. L. (2006). Ecological factors limiting the distribution of *Gilia tricolor* in a California Grassland mosaic. *Ecology*. 87(11): 2736-2745.

- Baldwin, R. A. (2009). Use of Maximum Entropy Modeling in Wildlife Research. *Entropy* 11(4): 854-866.
- Baltazar, N. 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 de Chapingo, campus Puebla. 42 pp.
- Benito de Pando, B., Peñas de Giles, J. P. (2007). Aplicación de modelos de distribución de especies a la conservación de la biodiversidad en el sureste de la Península Ibérica. *GeoFocus* 7: 100-119.
- Bertolini, V., Damon, A., Valle, M. J., Rojas, V. A. N. (2012). Distribution and ecological patterns of orchids in Monte Pellegrino Reserve, Palermo (Sicily, Italy). *Biodiversity Journal*. 3(4): 375-384.
- Booth, T. H., Nix, H. A., Busby, J. R., Hutchinson, M. F. (2014). BIOCLIM: the first species distribution modelling package, its early applications and relevance to most current MAXENT studies. *Diversity and Distributions*. 20: 1-9.
- Cabeza, M., Araújo, M. B., Wilson, R. J., Thomas, C. D., Cowley, M. J. R., Moilanen, A. (2004). Combining probabilities of occurrence with spatial reserve design. *Journal of Applied Ecology*. 41: 252-262.
- CCRS. Centro Canadiense de Teledetección, Sector Ciencias de la Tierra, ministerio de Recursos Naturales (Canada Centre for Remote Sensing, [CCRS], Earth Sciences Sector, Natural Resources Canada), Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), Servicio Geológico de Estados Unidos (U.S. Geological Survey, USGS). (2010). Cobertura del suelo de México, 2005, a 250 metros. Edición: 1.0. Ottawa, Ontario, Canadá, Centro Canadiense de Teledetección (Canada Centre for Remote Sensing, CCRS); Sioux Falls, Dakota del Sur, Estados Unidos, Servicio Geológico de Estados Unidos (U.S. Geological Survey, USGS); Aguascalientes, Aguascalientes, México, Instituto Nacional de Estadística y Geografía (Inegi); Montreal, Quebec, Canadá, Comisión para la Cooperación Ambiental. Acceso en línea: <http://www.cec.org/atlasambiental/>. In: <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>
- Chase, J. M., Leibold, M. A. (2003). *Ecological niches: linking classical and contemporary approaches*. University of Chicago Press, Chicago. ISBN: 0-226-10180-0.
- Colwell, R. K., Rangel, T. F. (2009). Hutchinson's duality: The once and future niche. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 106 (1): 19651-19658.
- Comita, L. S., Condit, R., Hubbell, S. D. (2007). Developmental changes in habitat associations of tropical trees. *Journal of ecology*. 95: 482-492.
- CONABIO. (2010). *Vanilla planifolia* (vainilla). Distribución conocida. Comisión Nacional para el Conocimiento y Usos de la Biodiversidad. Datos obtenidos del Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad (SNIB), registros comprendidos entre los años de 1979 y 1996 (registros no continuos). México. Fecha de publicación: 22 de junio del 2010.
- Cuddington, K., Fortin, M.-J., Gerber, L. R., Hasting, A., Liebhold, A., O'Connor, M., Ray, C. (2013). Process-based models are required to manage ecological systems in a changing world. *Ecosphere*. 4(2): 1-20.
- Dorazio, R. M. (2012). Predicting the Geographic Distribution of a Species from Presence-Only Data Subject to Detection Errors. *Biometrics*. 68: 1303-13012.

- Dudley, N., Parish, J. (2006). Closing the Gap Creating Ecologically Representative Protected Area Systems: A Guide to Conducting the Gap Assessments of Protected Area Systems for the Convention on Biological Diversity. Secretariat of the Convention on Biological Diversity, Montreal. Technical Series no. 24: 14-20 pp. ISBN: 92-9225-041-8.
- Elith, J., Graham, C. H., Anderson, R. P., Dudík, M., Ferrier, S., Guisan, A., Hijmans, R. J., Huettmann, F., Leathwick, J. R., Lehmann, A., Li, J., Lohmann, L. G., Loiselle, B. A., Manion, G., Moritz, C., Nakamura, M., Nakazawa, Y., Overton, J. McC., Peterson, A. T., Phillips, S. T., Richardson, K., Scachetti-Pereira, R., Schapire, R. E., Soberón, J., Williams, S., Wisz, M. S., Zimmermann, N. E. (2006). Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. *Ecography*. 29:129-151.
- Elith, J., Graham, C. H. (2009). Do they? How do they? Why do they differ? On finding reasons for differing performances of species distribution models. *Ecography*. 32: 66-77.
- Elith, J., Leathwick, J. R. (2009). Species distribution models: ecological explanation and prediction across space and time. *Annual Review Ecology, Evolution, and Systematics*. 40: 677 – 697.
- Elith, J., Kearney, M., Phillips, S. (2010). The art of modelling range-shifting species. *Methods in Ecology and Evolution*. 1: 330–342.
- Elith, J., Phillips, S. J., Hastie, T., Dudík, M., Chee, Y. E., Yates, C. J. (2011). A statistical explanation of Maxent for ecologists. *Diversity and Distributions*. 17: 43–57.
- Engler, R., Guisan, A., Rechsteiner, L. (2004). An improved approach for predicting the distribution of rare and endangered species from occurrence and pseudo-absence data. *Journal of Applied Ecology*. 41: 263-274.
- Engler, R., Guisan, A. (2009). MIGCLIM: Predicting plant distribution and dispersal in a changing climate. *Diversity and Distribution*. 15: 590-601.
- Escalante, T. (2009). Un ensayo sobre regionalización biogeográfica. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 80: 551-560.
- ESRI, (2011). ArcGIS Desktop: Release 10. Redlands, CA: Environmental Systems Research Institute.
- Fandohan, B., Assogbadjo, A. E., Glèlè Kakaï, R. L., Sinsin, B. (2010). Effectiveness of a protected areas network in the conservation of *Tamarindus indica* (Leguminosae-Caesalpinioideae) in Benin. *African Journal of Ecology*. 49: 40-50.
- Felicísimo, A. M., Francés, E., Fernández, J. M., González-Díez, A., Varas, J. (2002). Modelling the Potential Distribution of Forest with a GIS. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*. 68(5): 455-461.
- Ferrier, S., Guisan, A. (2006). Spatial modelling of biodiversity at the community level. *Journal of Applied Ecology*. 43: 393-404.
- García, R. A., Burgess, N. D., Cabeza, M., Rahbek, C., Araújo, M. B. (2012). Exploring consensus in 21st century projections of climatically suitable areas for African vertebrates. *Global Change Biology*. 18: 1253-1269.
- Giannini, T. C., Lira-Saade, R., Ayala, R., Saraiva, A. M., Alves-dos Santos, I. (2011). Ecological niche similarities of *Peponapis* bees and non-domesticated *Cucurbita* species. *Ecological Modelling*. 222: 2011-2018.
- Gómez-Pompa, A., Vazquez-Yanes, S., Guevara, S. (1972). The tropical rains forest: A non-renewable resource. *Science*. 117(4051): 762-765.

- Graham, C. H., Elith, J., Hijmans, R. J., Guisan, A., Peterson, A. T., Loiselle, B. A. & Nceas Predicting Species Distributions Working Group. (2008). The influence of spatial errors in species occurrence data used in distribution models. *Journal of Applied Ecology*. 45: 239-274.
- Guarino, L., Jarvis, A., Hijmans, R. J., Macted, N. (2002). Geographic Information Systems (GIS) and the conservation and use of plant genetic resources. *In*: Engels, J. M. M., Ramanatha Rao, V., Brown, A. H. D., Jacson, M. T. (Edit). *Managing plant genetic diversity*. International Plant Genetic Resources Institute (IPGRI) Roma, Italia. pp. 387-404. *In*: http://www.diva-gis.org/docs/gis_pgr_conservation.pdf.
- Guillera-Aroita, G., Lahoz-Monfort, J. J., Elith, J., Gordón, A., Kuajala, H., Lentini, P. E., McCarthy, M. A., Tingley, R., Wintle, B. A. (2015). Is my species distribution model fit for purpose? Matching data and models to applications. *Global Ecology and Biogeography*. DOI: 10.1111/geb.12268.
- Guisan, A., Thuiller, W. (2005). Predicting species distribution: offering more than simple habitat models. *Ecology Letters* 8: 993-1009.
- Guisan, A., Zimmermann, N. E. (2000). Predictive habitat distribution models in ecology. *Ecological Modelling*. 135: 147-186.
- Guisan, A., Zimmermann, N. E., Elith, J., Graham, C. H., Phillips, S., Peterson, A. T. (2007). What Matters for Predicting the Occurrences of Trees: Techniques, Data or Species' Characteristics? *Ecological Monographs*. 77: 615-630.
- Guisan, A., Tingley, R., Baumgartner, J. B., Naujokaitis-Lewis, I., Sutcliffe, P. R., Tulloch, A. IT., Regan, T. J., Brotons, L., McDonal-Madden, E., Mantyka-Pringle, C., Martin, T. G., Rhodes, J. R., Maggini, R., Setterfield, S. A., Elith, J., Schwartz, M. W., Wintle, B. A., Broennimann, O., Austin, M., Ferrier, S., Kearney, M. R., Possingham, H. P., Buckley, Y. M. (2013). Predicting species distributions for conservation decisions. *Ecology Letters*. 16: 1424-1435.
- Guo, Q. F., Taper, M., Shoenberger, M., Brandle, J. (2005). Spatial-temporal population dynamics across species range: from centre to margin. *Oikos*. 108: 47-57.
- Hawkins, B. A., Field, R., Cornell, H. V., Currie, D. J., Guégan, J-F., Kaufman, D. M., Kerr, J. T., Mittelbach, G. G., Oberdorff, T., O'Brien, E. M., Porter E. E., Turner, JR. G. (2003). Energy, Water, and Broad-Scale Geographic Patterns of Species Richness. *Ecology*. 84(12): 3105-3117.
- Hernández, P. A., Graham, C. H., Master, L. L., Albert, D. L. (2006). The effect of simple size and species characteristics on performance of different species distribution modeling methods. *Ecography*. 29: 773-785.
- Hernández, P. A., Franke, I., Herzog, S. K., Pacheco, V., Paniagua, L., Quintana, H.L., Soto, A., Swenson, J. J., Tovar, C., Valqui, T. H., Vargas, J., Young, B. E. (2008). Predicting species distributions in poorly-studied landscapes. *Biodiversity and Conservation*. 17: 1353-1366.
- Hijmans, R. J., Guarino, L., Cruz, M., Rojas, E. (2001). Computer tools for spatial analysis of plant genetic Resources data; 1. DIVA-GIS. *Plant Genetic Resources Newsletter*. 127: 15-19.
- Hijmans, R. J., Cameron, S. E., Parra, J. L., Jones, P. G., Jarvis, A. (2004). The WorldClim interpolated global terrestrial climate surfaces. Versión 1.3. *In*: <http://biogeo.berkeley.edu/>
- Hijmans, R. J., Cameron, S. E., Parra, J. L., Jones, P. G., Jarvis, A. (2005). Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology*. 25: 1965-1978.

- Hijmans, R. J. (2012). Cross-validation of species distribution models: removing spatial sorting bias and calibration with a null model. *Ecology*. 93(3): 679-688.
- Hirzel, A. H., Hausser, J., Chessel, D., Perrin, N. (2002). Ecological-niche factor analysis: how to compute habitat-suitability maps without absence data? *Ecology*. 83(7): 2027-2036.
- Hirzel, A. H., Le Lay, G. (2008). Habitat suitability modelling and niche theory. *Journal of Applied Ecology*. 45: 1372–1381.
- Hutchinson, G. E. (1957). Concluding remarks. *In: Cold Spring Harbor Symposium on Quantitative Biology* 22: 415-457.
- Hutchinson, G. E. (1959). Homage to Santa Rosalia or why are there so many kinds of animals? *American Naturalist*. 93: 145-159.
- Illoldi-Rangel, P., Escalante, T. (2008). De los modelos de nicho ecológico a las áreas de distribución geográfica. *Biogeografía*. 3: 7-12.
- INEGI. (2011a). Censo de población y vivienda 2010. Panorama sociodemográfico de México. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. 134 p. ISBN 978-607-494-175-3.
- INEGI. (2011b). Perspectiva estadística San Luis Potosí, diciembre 2011. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. 10 pp.
- INEGI. (2011c). Carta de Climas 1:1 000 000.
- Jaynes, E. T. (1957). Information theory and statistical mechanics. *Phys. Rev.* 106:620-630. *In: X.-Q., Yang., Kushwaha, S. P. S., Saran, S., Jianchu Xu, Roy, P. S. (2013). Maxent modeling for predicting the potential distribution of medicinal plant, *Justicia adhatoda* L. in Lesser Himalayan foothills. *Ecological engineering*. 51: 83-87.*
- Jiménez-Valverde, A. (2012). Insights into the area under the receiver operating characteristic curve (AUC) as a discrimination measure in species distribution modelling. *Global Ecology and Biogeography*. 21: 498-507.
- Kalkvik, H. M., Stout, I. J., Doonan, T. J., Parkinson, C. L. (2012). Investigating niche and lineage diversification in widely distributed taxa: phylogeography and ecological niche modeling of the *Peromyscus maniculatus* species group. *Ecography*. 35: 54-64.
- Kamino, L. H. K., Stehmann, J. R., Amaral, S., De Marco, Jr. P., Rangel, T. F., De Siqueira, M. F., De Giovanni, R., Hortal, J. (2011). Meeting report. Challenges and perspectives for species distribution modelling in the neotropics. *Biology Letters*. 1-3.
- Kamino, L. H. K., De Marco, Jr. P., Rangel, T. F., Amaral, S., De Siqueira, M. F., De Giovanni, R., Stehman, J. R., Hortal, J. (2012). Workshop summary: The applications of species distribution models in the megadiverse Neotropics poses a renewed set of research question. *Frontiers of Biogeography*. 4(1): 7-10.
- Kearney, M. (2006). Habitat, environment and niche: what are we modelling? *Oikos*. 115(1): 186-191.
- Kearney, M., Porter, W. (2009). Mechanistic niche modelling: combining physiological and spatial data to predict species` range. *Ecology Letters*. 12: 1-17.
- Khanum, R., Mumtaz, A. S., Kumar, S. (2013). Predicting impacts of climate change on medicinal asclepiads of Pakistan using Maxent modeling. *Acta Oecologica*. 49: 23-31.
- Kozak, K. H., Wiens, J. J. (2007). Climatic zonation drives latitudinal variation in speciation mechanisms. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*. 274: 2995-3003.

- Kozak, K. H., Graham, C. H., Wiens, J. J. (2008). Integrating GIS-based environmental data into evolutionary biology. *Trends in Ecology and Evolution*. Vol XXX. No. X: 1-8.
- Kumar, S., Stohlgren, T. J. (2009). Maxent modeling for predicting suitable habitat for threatened and endangered tree *Canacomyrica monticola* in New Caledonia. *Journal of Ecology and Natural Environment*. 1(4): 94-98.
- Leibold, M. A., Geddes, P. (2005). El concepto de nicho en las metacomunidades. *Ecología Austral*. 15: 117-129.
- Lester, S. E., Ruttenberg, B. I., Gaines, S. D., Kinlan, B. P. (2007). The relationship between dispersal ability and geographic range size. *Ecology Letters*. 10: 745-758.
- Lobo, J. M., Jiménez-Valverde, A., Real, R. (2008). AUC: a misleading measure of the performance of predictive distribution models. *Global Ecology and Biogeography*- 17: 145-151.
- Maceda, R. A. (2015). Distribución potencial, caracterización morfológica y conocimiento tradicional de *Vanilla planifolia* J. en la huasteca Hidalguense, México. Tesis de maestría. Colegio de Postgraduados, campus Puebla. Puebla, México. 1-117 pp.
- Mackey, B.G. and Lindenmayer, D. B. (2001). Towards a hierarchical framework for modelling the spatial distribution of animals. *Journal of Biogeography* (28): 1147-1166.
- Manning, A. D., Fisher, J., Felton, A., Newell, B., Steffen, W., Lindenmayer, D. B. (2009). Landscape fluidity-a unifying perspective for understanding and adapting to global change. *Journal of Biogeography*. 36: 193-199.
- Maples-Vermeersch, M. (1992). Regímenes de humedad del suelo en Hidrogeografía IV. 6.2. Atlas Nacional de México. Vol. II. Escala 1:4000000. Instituto de Geografía, UNAM. México. In: <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>
- Mateo, R. G., Felicísimo, A. M. & Muñoz, J. (2011). Modelos de distribución de especies: Una revisión sintética. *Revista Chilena de Historia Natural*. 84: 217-240.
- Mellert, K. H., Fensterer, V., Küchenhoff, H., Reger, B., Kölling, C., Klemmt, H. J. & Ewald, J. (2011). Hypothesis-driven species distribution models for tree species in the Bavarian Alps. *Journal of Vegetation Science*. 22: 635-646.
- Mbatudde, M., Majaliwa, G., Eilu, G., Kakudidi, E., Dalitz, H. (2013). Potential distribution of vulnerable *Entandrophragma angolense* (Welw.) C. DC. (Meliaceae) in East Africa. *African Journal of Ecology*. 51: 471-481.
- Morales, S. N. (2012). Modelos de distribución de especies: Software Maxent y sus aplicaciones en Conservación. *Revista de Conservación Ambiental*. 2(1): 1-5.
- Morisette, J. T., Jamevich, C. S., Ullah, A., Cai, W., Pedelty, J. A., Gentle, J. E., Stohlgren, T. J., Schnase, J. L. (2006). A tamarisk habitat suitability map for the continental United States. *Frontiers in Ecology and the Environment*. 4(1): 11-17.
- Navarro, A. G., Peterson, A. T., Nakazawa, Y. J., Liebig-Fossas, I. (2003). Colecciones biológicas, modelaje de nichos ecológicos y los estudios de la biodiversidad. In: Morrone, J. J., Llorente, J. (eds). Una perspectiva latinoamericana de la biogeografía. 115-122 pp. UNAM-CONABIO. México, D. F.
- Newbold, T. (2010). Applications and limitations of museum data for conservation and ecology, with particular attention to species distribution models. *Progress in Physical Geography*. 34(1): 3-22.

- Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. (2010). Publicada en el Diario Oficial de la Federación (DOF), el jueves 30 de Diciembre de 2010.
- Nualart, N. & Font, X. (2005). Modelización de la distribución potencial en Cataluña de 6 especies Pirenaicas. *Bulletin de la Société d' Histoire Naturelle de Toulouse*. 141-2: 163-167.
- Ortega-Huerta, M. A., Peterson, A. T. (2008). Modeling ecological niches and predicting geographic distributions: a test of six presence-only methods. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 79: 205-216.
- Pandit, S. H., Kolasa, J., Cottenie, K. (2009). Contrasts between habitat generalists and specialist: an empirical extension to the basic metacommunity framework. *Ecology*. 90(8): 2253-2262.
- Pearman, P. B., Guisan, A., Broennimann, O., Randin, C. F. (2008). Niche dynamics in space and time. *Trends in Ecology and Evolution*. 23(3): 149-158.
- Pearson, R. G., Dawson, T. P. (2003). Predicting the impacts of climate change on the distribution of species: are bioclimate envelope models useful? *Global Ecology & Biogeography*. 12: 361-3671.
- Pearson, R.G., Dawson, T.P., Lin, C. (2004). Modelling species distributions in Britain: a hierarchical integration of climate and land-cover data. *Ecography* (27): 285-298.
- Pearson, R. G., Dawson, T. P. (2005). Long-distance plant dispersal and habitat fragmentation: identifying conservation targets for spatial landscape planning under climate change. *Biological Conservation*. 123: 389-401.
- Pearson, R. G. (2007). Species' distribution modeling for conservation educators and practitioners. Synthesis. American Museum of Natural History. *In: <http://ncep.amnh.org>*. Consultado el 30 de Noviembre del 2014.
- Pearson, R. G., Raxworthy, C. J., Nakamura, M., Peterson, A. T. (2007). Predicting species distribution from small numbers of occurrence records: a test case using cryptic geckos in Madagascar. *Journal of Biogeography*. 34: 102-117.
- PEDU. (2012). Plan Estatal de Desarrollo Urbano de San Luis Potosí 2012-2030 (PEDU). 47-117 pp.
- Peterson, A. T., Soberón, J., Sánchez-Cordero, V. (1999). Conservatism of ecological niches in evolutionary time. *Science*, 285:1265-1267.
- Peterson, A. T. (2001). Predicting species' geographic distributions based on ecological niche modeling. *The Condor*. 103(3): 599-605.
- Peterson, A. T., Tian, H., Martínez-Meyer, E., Soberón, J., Sánchez-Cordero, V., Huntley, B. (2005). Modeling distributional shifts of individual species and biomes. *In: T. E. Lovejoy y L. Hannah (Eds.)*. Climate change and biodiversity. Yale University Press, Chapters 14: 211-228. ISBN 81-79933-084.
- Peterson, A. T. (2006). Use and requirements of ecological niche models and related distributional models. *Biodiversity Informatics*. 3: 59-72.
- Peterson, A. T., Sánchez-Cordero, V., Martínez-Meyer, E., Navarro-Sigüenza, A. G. (2006). Tracking population extirpations via melding ecological niche modeling with land-cover information. *Ecological modelling*. 195: 229-236.
- Peterson, A. T., Papes, M., Eaton, M. (2007). Transferability and model evaluation in ecological niche modeling: a comparison of GARP and Maxent. *Ecography*. 30: 550-560.

- Peterson, A. T. Soberón, J., Pearson, R. G., Anderson, R. P., Martínez-Meyer, E., Nakamura, M., Bastos-Araújo, M. (2011). *Ecological Niches and Geographic Distributions*. Princeton University Press. 1-315. ISBN 978-0-691-13686-8.
- Petřík, P., Wild, J. (2006). Environmental correlates of the patterns of plant distribution at the meso-scale: a case study from Northern Bohemia (Czech Republic). *Preslia*. 78: 211-234.
- Phillips, S. J., Dudík, M., Schapire, R. E. (2004). A Maximum Entropy Approach to Species Distribution Modeling. *In: Proceedings of the Twenty-First International Conference on Machine Learning, Banff, Canada*. 655-662.
- Phillips, S. J., Anderson, R. P., Schapire, R. E. (2006). Maximum entropy modeling of species geographic distribution. *Ecological Modelling*. 190: 231-259.
- Phillips, S. J., Dudík, M. (2008). Modeling of species distributions with Maxent: new extensions and a comprehensive evaluation. *Ecography*. 31: 161–175.
- Phillips, S. J. (2009). A Brief Tutorial on Maxent (online). *In: <http://www.cs.princeton.edu/~schapire/maxent/tutorial/tutorial.doc>*. Fecha de acceso: febrero, 2015.
- Pulliam, H. R. (2000). On the relationship between niche and distribution. *Ecology Letters*. 3: 349-361.
- Rahbek, C. (2005). The role of spatial scale and the perception of large-scale species-richness patterns. *Ecology Letters*. 8: 224–239.
- Renner, I. W., Warton, D.I. (2013). Equivalence of MAXENT and Poisson point process models for species distribution modeling in ecology. *Biometrics*. 69(1): 274-281.
- Reese, G. C., Wilson, K. R., Hoeting, J. A., Flather, C. H. (2005). Factors affecting species distribution predictions: a simulation modeling experiment. *Ecological Applications*. 15: 554-564.
- Reyes, H., Vázquez, B. M., Jasso, C., Aguilar, M. (2014). Tree Species Composition in Tropical Forest Remnants of Highly Deforested Regions: The Case of the Huasteca Potosina Region, Mexico. *Natural Resources*. 5: 1020-1030.
- Rhushton, S. P., Ormerod, S. J., Kerby, G. (2004). New paradigms for modelling species distribution? *Journal of Applied Ecology*. 41: 193-200.
- Rodríguez-Rey, M., Jiménez-Valverde, A., Acevedo, P. (2013). Species distribution models predict range expansion better than chance but not better than simple dispersal model. *Ecological Modelling*. 256: 1-5.
- Royle, J. A., Chandler, R. B., Yackulic, C., Nichols, J. D. (2012). Likelihood analysis of species occurrence probability from presence-only data for modelling species distributions. *Methods in Ecology and Evolution*. 3: 545-554.
- Rupprecht, F., Oldeland, J. & Finckh, M. (2011). Modelling potential distribution of the threatened tree species *Juniperus oxycedrus*: how to evaluate the predictions of different modelling approaches? *Journal of Vegetation Science*. 22: 647-659.
- Rzedowski, J. (1961). *Vegetación del estado de San Luis Potosí*. Tesis doctoral. Facultad de Ciencias. UNAM. México, D.F. 10, 65-67, 89-100 pp.
- Sahuquillo, B. E. (2008). *Guía de las orquídeas*. Ed. Xunta de Galicia. Consellería de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible. Dirección General de Conservación de la Naturaleza. 23 pp.

- Saupe, E. E., Barve, V., Myers, C. E., Soberón, J., Barve, N., Hensz, C. M., Peterson, A. T., Owens, H. L., Lira-Noriega, A. (2012). Variation in niche and distribution model performance: The need for a priori assessment of key causal factors. *Ecological Modelling*. 237-238: 11-12.
- Scheldeman, X., Van Zonneveld. (2011). Manual de Capacitación en Análisis Espacial de Diversidad y Distribución de Plantas. Biodiversity International. Roma, Italia. 151-158,186 pp. ISBN 978-92-9043-908-0.
- Schlütter, P. M., Soto Arenas, M. A., Harris, S. A. (2007). Genetic variation in *Vanilla planifolia* (Orchidaceae). *Economic Botany*. 61(4): 328-336.
- Seasone, J., Bustamante, J. (2001). Modelos predictivos de la distribución de especies: una revisión de sus limitaciones. *Ecología*. 15:9-21.
- Sexton, J. P., McIntyre, P. J., Angert, A. L., Rice, K. J. (2009). Evolution and ecology of species range limits. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics*. 40: 415–436.
- SDE. Secretaría de Desarrollo Económico. (2012). El estado de San Luis Potosí. Perfiles Industriales. 20-28 pp.
- Skov, F., Borchsenius, F. (1997). Predicting plant species distribution patterns using simple climatic parameters: a case study of Ecuadorian palms. *Ecography*. 20: 347-355.
- Soberón, J., Peterson. A. T. (2005). Interpretation of models of fundamental ecological niches and species' distributional areas. *Biodiversity Informatics*. 2: 1-10.
- Soberón, J. (2007). Grinnelian and Eltonian niches and geographic distribution of species. *Ecology Letters*. 10: 1115-1123.
- Soberón, J., Nakamura, M. (2009). Niches and distribution areas: Concepts, methods, and assumptions. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 106 (Suppl2): 19644-19650.
- Soberón, J. M. (2010). Niche and area of distribution modelling: a population ecology perspective. *Ecography*. 33: 159-167.
- Soto Arenas, M.A. (1999). Filogeografía y recursos genéticos de las vainillas de México. Instituto Chinoín AC. Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. J101. México, D.F.
- Soto Arenas, M. A. (2006). La vainilla: retos y perspectivas de su cultivo. CONABIO. *Biodiversitas*. 66: 1-9.
- Soto-Arenas, M. A., Solano-Gómez, A. R. (2007). Ficha técnica de *Vanilla planifolia*. In: Soto-Arenas, M. A. (compilador). Información actualizada sobre las especies de orquídeas del PROY-NOM-059-ECOL-2000. Instituto Chinoín A.C., Herbario de la Asociación Mexicana de Orquideología A.C. Bases de datos SNIB-CONABIO. Proyecto No. W029. México. D.F.
- Soto Arenas, M. A. (2009). Recopilación y análisis de la información existente sobre las especies mexicanas del género *Vanilla*. Reporte intermedio, junio 2009. Herbario AMO, Instituto Chinoín, A.C.
- Soto Arenas, M.A. & Cribb, P. (2010). A new infrageneric classification and synopsis of the genus *Vanilla* Plum. Ex-Mill. (Orchidaceae: Vanillinae). *Lankesteriana*. 9(3): 355-39.
- Soto Arenas, M. A. & Dressler, R. L. (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.

- Trinidad, G. K. L. (2014). Caracterización agroecológica de la vainilla (*Vanilla spp*) en la huasteca potosina. Tesis de Maestría en Ciencias Ambientales. Facultad de Ciencias Químicas, Ingeniería y Medicina. Universidad Autónoma de San Luis Potosí. 73-75 pp.
- Tscharntke, T., Tylianakis, J. M., Rand, T. A., Didham, R. K., Fahrig, L., Batáry, P., Bengtsson, J., Clough, Y., Crist, T. O., Dormann, C. F., Ewers, R. M., Fründ, J., Holt, R. D., Holzshuh, A., Klein, A. M., Kleijin, D., Kremen, C., Landis, D. A., Laurance, W., Lindenmayer, D., Scherber, C., Sodhi, N., Steffan-Dewenter, I., Thies, C., Van der Putten, W. H., Westphal, C. (2012). Landscape moderation of biodiversity patterns and processes-eight hypotheses. *Biological Reviews*. 87: 661-685.
- Toledo, M., Poorter, L., Peña-Carlos, M., Alarcón, A., Balcázar, J., Chuvina, J., Leaño, C., Licona, J. C., Steege, H., Bongers, F. (2010). *Biotropica*. 43(4): 405-413.
- Van Zonneveld, M., Koskela, J., Vinceti, B., Jarvis, A. (2009). Impact of climate change on distribution of tropical pines in Southeast Asia. *Unasylva*. 60: 24-29.
- Villaseñor, J. L., Téllez-Valdés, O. (2004). Distribución potencial de las especies del género *Jefea* (Asteraceae) en México. *Anales del Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. Serie Botánica*. 75(2):205-220.
- Warren, D. L., Glor, R. E., Turelli, M. (2008). Environmental niche equivalency versus conservatism: quantitative approaches to niche Evolution. *Evolution*. 62-11: 2868-2883.
- Warren, D. L., Seifert, S. N. (2011). Ecological niche modeling in Maxent: the importance of model complexity and the performance of model selection criteria. *Ecological Applications*. 21(2): 335-342.
- Wiens, J. J., Graham, C. H. (2005). Niche conservatism: integrating evolution, ecology, and conservation biology. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*. 36: 519 – 539.
- Wiley, E. O., McNyset, K. M., Peterson, A. T., Robins, C. R., Stewart, A. M. (2003). Niche modeling and geographic range predictions in the marine environment using a machine-learning algorithm. *Oceanography*. 16(3):120–127.
- Wright, J. W., Davies, F. K., Lau, J. A., McCall, A. C., McKay, J. K. (2006). Experimental verification of ecological niche modeling in a heterogeneous environment. *Ecology*. 87(10): 2433-2439.
- X. Y. Wang., Huang, X. L., Jiang, L. Y., Qiao, G. X. (2010). Predicting potential distribution of chestnut phylloxerid (Hemiptera: Phylloxeridae) based on GARP and Maxent ecological niche models. *Journal of applied entomology*. 134: 45-54.
- X.-Q., Yang., Kushwaha, S. P. S., Saran, S., Jianchu Xu., Roy, P. S. (2013). Maxent modeling for predicting the potential distribution of medicinal plant, *Justicia adhatoda* L. in Lesser Himalayan foothills. *Ecological engineering*. 51: 83-87.
- Yackulic, C. B., Chandler, R., Zipkin, E. F., Royle, J. A., Nichols, J. D., Campbell, G. E. H., Veran, S. (2013). Presence-only modelling using MAXENT: when can we trust the interferences? *Methods in Ecology and Evolution*. 4: 236-243.
- Yberri, P. F. (2009). Distribución geográfica de *Nopalxochia phyllanthoides* (DC.) Britton et Rose (Cactaceae): Modelos predictivos y conservación. Tesis de Licenciatura (Biología). Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F.

- Zaniewski, A. E., Lehmann, A., Overton, J McC. (2002). Predicting species spatial distributions using presence only data: a case study of native New Zealand ferns. *Ecological modelling*. 157: 261-280.
- Zizka, G., Schmidt, M., Shulte, K., Novoa, P., Pinto, R., König, K. (2009). Chilean Bromeliaceae: diversity, distribution and evaluation of conservation status. *Biodiversity and Conservation*. 18(9): 2449-2471.
- Zotz, G., Hietz, P. (2001). The physiological ecology of vascular epiphytes: current knowledge, open questions. *Journal of Experimentar Botany*. 52(364): 2067-2078.

3.6 ANEXO

Anexo 3.1 Valores propios de la precipitación del mes más seco en los sitios de distribución espacial de *Vanilla planifolia* en el estado de San Luis Potosí, México

Sitio (ID)	Precipitación del mes más seco BIO14 (mm)	Municipio
1	45	Matlapa
2	58	Aquismón
3	62	Aquismón
4	66	Aquismón
5	56	Coxcatlán
6	63	Matlapa
7	63	Matlapa
8	54	Matlapa
9	45	Matlapa
10	63	Matlapa
11	63	Matlapa
12	63	Matlapa
13	59	Matlapa
14	59	Matlapa
15	59	Matlapa
16	47	Matlapa
17	41	Matlapa
18	41	Matlapa
19	51	Xilitla
20	41	Matlapa
21	43	Matlapa
22	58	Huehuetlán
23	58	Huehuetlán
24	58	Huehuetlán
25	59	Huehuetlán

Anexo 3.1 Continuación

Sitio (ID)	Precipitación del mes más seco BIO14 (mm)	Municipio
26	62	Aquismón
27	57	Tamazunchale
28	58	Tamazunchale
29	58	Tamazunchale
30	58	Tamazunchale
31	58	Tamazunchale
32	56	Tamazunchale
33	56	Tamazunchale
34	55	Tamazunchale
35	44	Tamazunchale
36	45	Tamazunchale
37	52	Matlapa
38	44	Tampacán
39	41	Xilitla
40	51	Xilitla
41	36	Tamazunchale
42	52	San Martín Chalchicautla
43	52	San Martín Chalchicautla
44	53	Tamazunchale
45	52	Tamazunchale
46	56	Tamazunchale
47	50	Tamazunchale
48	43	Tamazunchale
49	46	Tamazunchale
50	52	Matlapa
51	45	Axtla de Terrazas
52	45	Matlapa
53	45	Matlapa
54	45	Matlapa
55	44	Tampacán
56	44	Tampacán
57	42	Tampacán
58	63	Matlapa
59	63	Matlapa
60	63	Matlapa
61	63	Matlapa
62	63	Matlapa
63	63	Matlapa
64	63	Matlapa
65	59	Matlapa

Anexo 3.1 Continuación

Sitio (ID)	Precipitación del mes más seco BIO14 (mm)	Municipio
66	63	Matlapa
67	63	Matlapa
68	63	Matlapa
69	46	Matlapa
70	29	Xilitla
71	61	Xilitla
72	61	Xilitla
73	60	Xilitla
74	42	Tampamolón Corona

Anexo 3.2. Valores propios del régimen de humedad del suelo en los sitios de distribución espacial de *Vanilla planifolia* en San Luis Potosí, México

Sitio (ID)	Régimen de humedad del suelo BIO21 (Días de humedad)	Municipio
1	179	Matlapa
2	179	Aquismón
3	179	Aquismón
4	179	Aquismón
5	179	Coxcatlán
6	193	Matlapa
7	193	Matlapa
8	179	Matlapa
9	179	Matlapa
10	193	Matlapa
11	193	Matlapa
12	193	Matlapa
13	193	Matlapa
14	193	Matlapa
15	193	Matlapa
16	193	Matlapa
17	193	Matlapa
18	193	Matlapa
19	193	Xilitla
20	193	Matlapa
21	193	Matlapa
22	179	Huehuetlán
23	179	Huehuetlán
24	179	Huehuetlán

Anexo 3.2 Continuación

Sitio (ID)	Régimen de humedad del suelo BIO21 (Días de humedad)	Municipio
25	179	Huehuetlán
26	179	Aquismón
27	193	Tamazunchale
28	193	Tamazunchale
29	193	Tamazunchale
30	193	Tamazunchale
31	193	Tamazunchale
32	193	Tamazunchale
33	193	Tamazunchale
34	193	Tamazunchale
35	193	Tamazunchale
36	193	Tamazunchale
37	179	Matlapa
38	179	Tampacán
39	193	Xilitla
40	193	Xilitla
41	193	Tamazunchale
42	179	San Martín Chalchicuatla
43	179	San Martín Chalchicuatla
44	193	Tamazunchale
45	193	Tamazunchale
46	193	Tamazunchale
47	179	Tamazunchale
48	193	Tamazunchale
49	193	Tamazunchale
50	179	Matlapa
51	179	Axtla de Terrazas
52	179	Matlapa
53	179	Matlapa
54	179	Matlapa
55	179	Tampacán
56	179	Tampacán
57	179	Tampacán
58	193	Matlapa
59	193	Matlapa
60	193	Matlapa
61	193	Matlapa
62	193	Matlapa
63	193	Matlapa
64	193	Matlapa

Anexo 3.2 Continuación

Sitio (ID)	Régimen de humedad del suelo BIO21 (Días de humedad)	Municipio
65	193	Matlapa
66	193	Matlapa
67	193	Matlapa
68	193	Matlapa
69	193	Matlapa
70	179	Xilitla
71	193	Xilitla
72	193	Xilitla
73	193	Xilitla
74	179	Tampamolón Corona

Anexo 3.3. Valores propios de la precipitación del trimestre más seco en los sitios de distribución geográfica de *Vanilla planifolia* en el estado de San Luis Potosí, México

Sitio (ID)	Precipitación del trimestre más seco BIO17 (mm)	Municipio
1	143	Matlapa
2	177	Aquismón
3	192	Aquismón
4	215	Aquismón
5	171	Coxcatlán
6	194	Matlapa
7	194	Matlapa
8	168	Matlapa
9	143	Matlapa
10	201	Matlapa
11	201	Matlapa
12	201	Matlapa
13	183	Matlapa
14	183	Matlapa
15	183	Matlapa
16	148	Matlapa
17	130	Matlapa
18	130	Matlapa
19	158	Xilitla
20	130	Matlapa
21	136	Matlapa
22	177	Huehuetlán

Anexo 3.3 Continuación

Sitio (ID)	Precipitación del trimestre más seco BIO17 (mm)	Municipio
23	177	Huehuetlán
24	177	Huehuetlán
25	179	Huehuetlán
26	192	Aquismón
27	174	Tamazunchale
28	178	Tamazunchale
29	178	Tamazunchale
30	178	Tamazunchale
31	178	Tamazunchale
32	176	Tamazunchale
33	176	Tamazunchale
34	170	Tamazunchale
35	140	Tamazunchale
36	143	Tamazunchale
37	162	Matlapa
38	136	Tampacán
39	130	Xilitla
40	158	Xilitla
41	116	Tamazunchale
42	158	San Martín Chalchicuatla
43	158	San Martín Chalchicuatla
44	165	Tamazunchale
45	162	Tamazunchale
46	171	Tamazunchale
47	152	Tamazunchale
48	138	Tamazunchale
49	145	Tamazunchale
50	162	Matlapa
51	143	Axtla de Terrazas
52	143	Matlapa
53	143	Matlapa
54	144	Matlapa
55	136	Tampacán
56	136	Tampacán
57	131	Tampacán
58	194	Matlapa
59	194	Matlapa
60	194	Matlapa
61	194	Matlapa
62	194	Matlapa

Anexo 3.3 Continuación

Sitio (ID)	Precipitación del trimestre más seco BIO17 (mm)	Municipio
63	194	Matlapa
64	201	Matlapa
65	183	Matlapa
66	201	Matlapa
67	201	Matlapa
68	201	Matlapa
69	145	Matlapa
70	100	Xilitla
71	192	Xilitla
72	192	Xilitla
73	186	Xilitla
74	135	Tampamolón Corona

CAPÍTULO 4. CARACTERIZACIÓN MORFOMÉTRICA DEL LABELO DE *Vanilla planifolia* JACKS. EX ANDREWS (ORCHIDACEAE) EN LA HUASTECA POTOSINA

RESUMEN

Vanilla planifolia es una de las especie silvestres y cultivadas más importantes en el mundo. En el Trópico húmedo de México posee un gran potencial productivo y económico, debido a que este territorio es un reservorio activo del germoplasma primario de esta orquídea. Por eso, la caracterización morfológica de este recurso fitogenético es fundamental para reducir la pérdida de su diversidad genética y, aprovechar y conservar los taxones silvestres y cultivados en la región Huasteca del estado de San Luis Potosí, México. Ya que en esta zona nunca se han documentado, ni efectuado trabajos para conocer la variación morfológica a nivel infraespecífico de esta especie. El objetivo de este trabajo fue conocer la variación morfológica infraespecífica del germoplasma primario de *V. planifolia* e identificar los morfotipos existentes en la región, mediante el análisis morfométrico del labelo; y determinar su ubicación geográfica con el apoyo de mapas elaborados en el programa ArcGis versión 10.2. Se analizaron 679 labelos de 40 poblaciones nativas, con la técnica de morfometría geométrica a partir de imágenes digitalizadas; posteriormente, se evaluaron 76 caracteres morfológicos en cada labelo, los cuales fueron examinados con un análisis de varianza, una prueba de Tukey y análisis multivariados como el uso de componentes principales y la técnica de conglomerados, en el programa estadísticos SAS versión 19. Se encontró que existe variación altamente significativa entre las poblaciones de *V. planifolia* en la Huasteca potosina, y con los tres primeros componentes principales, se explica el 77.8% de la variación total. Existen cinco morfotipos, los cuales se encuentran diferenciados morfológicamente por el lóbulo basal de la región A y el lóbulo apical de la región F, y los ángulos internos de los lóbulos que intervienen en la forma redondeada, globular o alargada en los labelos de esta especie. Su variación no es producto de una diferenciación geográfica o ambiental, sino es posible que se deba a una causa genética u ontogénica.

Palabras clave: Morfometría geométrica, morfotipo, variación morfológica

CHAPTER 4. MORPHOMETRIC CHARACTERIZATION OF THE LABEL OF *Vanilla planifolia* JACKS. EX ANDREWS (ORCHIDACEAE) IN THE HUASTECA POTOSINA

Abstract

Vanilla planifolia is one of the most important wild and cultivated species in the world. In the humid Tropic of Mexico has a great potential productive and economic, because this territory is an active reservoir of the primary germplasm of this orchid. For this reason, the morphological characterization of this phylogenetic resource is fundamental to reduce the loss of its genetic diversity, and to exploit and conserve the wild and cultivated taxa in the Huasteca region of the state of San Luis Potosí, México. Since in this area have never been documented, nor carried out work to know the morphological variation at infraspecific level of this species. The aim of this work was to determine the infraspecific morphological variation of the primary germplasm of *V. planifolia* and to identify the existing morphotypes in the region, through the morphometric analysis of the lip; and to determine its geographic location with the support of maps elaborated in the program ArcGis version 10.2. A total of 679 labels from 40 native populations were analyzed using the geometric morphometry technique from digitized images; afterwards, 76 morphological characters were evaluated in each lip, which were analyzed with an analysis of variance, a Tukey test and multivariate analysis, such as the use of main components and clustering technique, in the statistical program SAS version 19. It was found that there is a highly significant variation among the populations of *V. planifolia* in the Huasteca Potosina, and 77.8% of the total variation is explained with the first three main components. There are five morphotypes, which are morphologically differentiated by the basal lobe of the region A and the apical lobe of the region F, and the internal angles of the lobes that intervene in the rounded, globular or elongated form in the labels of this species. Its variation is not the product of a geographical or environmental differentiation, but is possible due to a genetic or ontogenetic cause.

Key words: Geometric morphometry, morphological variation, morphotype.

4.1 INTRODUCCIÓN

La variación puede acumularse lo suficiente como para convertirse en biodiversidad...es un fenómeno inherente a los seres vivos
[Darwin, 1859](#)

Todas las especies tienen diferencias innatas
[Gerst et al., 2011](#)

...como parte de su eventualidad histórica
[Noguera y Hernández, 2009](#)

Vanilla planifolia es una especie silvestre carente de valor ornamental ([Hágsater et al., 2005](#)), severamente amenazada y en peligro de extinción ([Soto Arenas, 1999, 2006, 2009](#); [Soto Arenas y Dressler 2010](#)). A pesar de encontrarse en la [NOM-059-SEMARNAT-2010](#) bajo la categoría sujeta a protección especial (Pr). Su variación floral ha sido poco estudiada ([Hernández, 2014](#); [Maceda, 2015](#)). No obstante, esta especie se ubica en el trópico cálido húmedo de México, donde la diversidad de nichos ecológicos y la diversidad de condiciones ambientales es posible que propicien diferencias morfológicas entre los organismos que viven en un mismo sitio o entre diferentes poblaciones ([Herrera, 2005](#)). En este trabajo, se considera que las diferencias morfológicas expresadas en el fenotipo están determinadas genéticamente ([Linhart y Grant, 1996](#); [Casas et al., 2007](#); [Souto y Premoli, 2007](#)) para conservar el taxón ([Purvis et al., 2000](#)). Aunque, consideren que los polinizadores son los conductores de la variación floral ([Galen, 1996](#); [Kay et al., 2005](#); [Gegeer y Burns, 2007](#); [Hodgins y Barrett, 2008](#); [Thomson y Wilson, 2008](#); [Pauw et al., 2009](#); [Nattero et al., 2011](#)) y la diferenciación morfológica en las estructuras florales como el callo y el espolón ([Johnson y Steiner, 1997](#); [Ushimaru et al., 2003](#); [Bateman y Rudall, 2006](#); [Kay y Sargent, 2009](#); [Y-B. Gong y S-Q. Huang, 2009](#); [Gómiz et al., 2014](#)).

En el caso de *V. planifolia* es difícil considerar que los polinizadores generen la variación floral, pues raramente existe una relación específica con los insectos ([Villanueva-Viramontes, 2014](#)), debido a su sistema de polinización por engaño ([Soto Arenas, 2006](#)). Las diferencias florales en la polinización por engaño están asociadas al nicho de la polinización y a los agentes no polinizadores ([Galen, 1999a](#); [Galen y Butchart, 2003](#);

[Cariveau et al., 2004](#); [Sandring et al., 2007](#); [Cosacov et al., 2014](#)), y no específicamente a los polinizadores ([Strauss y Witthall, 2006](#); [Medel et al., 2007](#); [Pérez-Barrales et al., 2007](#); [Anderson y Johnson, 2008](#); [Johnson, 2010](#); [Sun et al., 2014](#)). Es así que la variación floral representa una estrategia para mejorar el éxito de la polinización ([Juillet y Scopece, 2010](#); [Gaskett, 2012](#); [Sletvold et al., 2013](#)) y no una consecuencia de la interacción con sus polinizadores ([Gómez et al., 2014](#)). Pues, desde el punto de vista biológico, la variación morfológica floral es un hecho cotidiano en la naturaleza que se puede relacionar con la intervención humana ([Casas et al., 1999](#); [Fandohan et al., 2010](#)).

Sin embargo, las variaciones fenotípicas pueden resultar tanto de propiedades genéticas de la población como de la influencia del ambiente en la expresión de sus genotipos ([Pedroso et al., 2010](#)). Es más el ambiente permite expresar diferentes fenotipos florales ([Chalcoff et al., 2008](#); [Cosacov et al., 2013](#); [Pélabon et al., 2013](#)), aunque exista poca evidencia experimental ([Alpert y Simms, 2002](#); [Forsman, 2014](#)). La diferenciación morfológica en los caracteres florales está ligada a aspectos fisiográficos y orográficos ([Reyes-Hernández et al., 2005](#)), el tipo de suelo ([Caruso et al., 2003](#); [Roncal, 2014](#)), el gradiente altitudinal ([Pellissier et al., 2010](#); [Hattori, et al., 2014](#)), el clima ([Willems et al., 2003](#); [Blinova, 2008](#); [Pokorny y Blinova, 2008](#); [Blinova, 2012](#)), la precipitación ([Maad y Alexandersson, 2004](#); [Paiaro et al., 2012](#)), la humedad del suelo y la temperatura ([Toledo et al., 2010](#)). Así como en *V. insignis* donde los factores ambientales ejercen presión para la expresión de cuatro morfotipos florales ([Hernández, 2014](#)).

La variación morfológica expresada en la forma y el tamaño de los lóbulos en flores zigomórficas se asocia con la variación clinal y de mosaico ([Worley et al., 2000](#); [Hernández y Ornelas, 2003](#); [Cosacov et al., 2009](#); [Castro-Castro et al., 2010](#)). Por eso, las áreas geográficas pueden intervenir en la generación de morfotipos ([Gould y Johnson, 1972](#)) o ecotipos ([Turesson, 1992ab](#)) como en *Pseudotsoga* ([Donoso et al., 2004](#)), *Rosmarinus officinalis* ([Herrera, 2005](#)), *Viola suavis* ([Mered'a et al., 2008](#)) y *Erysimum mediohispanicum* ([Gómez et al., 2014](#)).

Por consiguiente se formularon estas dos interrogantes como eje medular de la investigación, ¿Existe variación morfométrica floral entre individuos nativos de *V. planifolia*? ¿Hay variación morfométrica floral entre áreas geográficas diferentes de la Huasteca potosina?

De ahí que la importancia de esta investigación consiste en conocer los morfotipos existentes en la región Huasteca, y conservar la variación morfológica que presentan las plantas nativas de *V. planifolia* en el estado de San Luis Potosí. Lo anterior, podría diversificar la escasa variación genética que presentan los especímenes cultivados en territorio mexicano ([Bory et al., 2008](#); [Soto Arenas, 2009](#)), a partir de la estimación de la variación morfológica que presente el germoplasma primario de esta especie. Por esta razón se requieren estudios de caracterización morfológica que brinde información acerca de esta especie, ya que la variación floral que alberga la Huasteca potosina puede incidir en la diversidad biológica de *V. planifolia*. Además, esto representa una aportación al germoplasma primario que alberga México ([Soto Arenas, 2009](#)) y contribuye a conocer el estado actual de la diversidad de sus especímenes ([Azofeifa-Bolaño et al., 2014](#)).

Dado que no existen estudios que hayan caracterizado la variación infraespecífica de *V. planifolia* en el estado de San Luis Potosí. Se desconoce la variación morfométrica que poseen sus especímenes silvestres y cultivados en la región de la Huasteca donde crece de forma silvestre. Tampoco se conocen sus morfotipos, lo cual genera que no se efectúen acciones concretas en su conservación, manejo y aprovechamiento, para atenuar las demandas específicas de los productores de esta región. Asociado esto a la escasa variación identificada de *V. planifolia* ([Maceda, 2015](#)) y a la vulnerabilidad que presenta esta especie ([Soto Arenas, 2009](#)).

Se postula que *Vanilla planifolia* presenta variación infraespecífica floral producida por variaciones abióticas relativas a la región Huasteca en San Luis Potosí, México. Y sus posibles variantes morfológicas (morfotipos) corresponden a una variación clinal ([Donoso, 1979](#); [Santos-Gally et al., 2012](#); [Valuiskikh y Teteryuk, 2014](#)) y de mosaico

([Gentry, 1988](#); [Domínguez et al., 1998](#); [Thompson y Cunningham, 2002](#); [Thompson, 2005](#); [Urban y Skelly, 2006](#); [Vamosi et al., 2014](#)). Basada en la siguiente premisa:

El medio abiótico tiene un papel importante en la conformación de las diferencias florales y en la formación de sus patrones florales ([Galen, 1999b](#); [William y Conner, 2001](#); [Sugiyama, 2003](#); [Lambrecht y Dawson, 2007](#); [Pérez-Barrales et al., 2009](#); [Cosacov et al., 2012, 2013](#)).

Puesto que, las distintas condiciones ambientales que ocupa *V. planifolia* pueden impulsar a su variación fenotípica infraespecífica ([Jonas y Geber, 1999](#); [Gaston, 2009](#); [Adrinova et al., 2011](#); [Gerst et al., 2011](#); [Newman et al., 2012](#)).

Así que con el afán de conocer si existe variación morfológica en las poblaciones de *V. planifolia* fue importante detallar un procedimiento que analizara dicha aseveración; aunque no existe una metodología unificada para estudiar la variación biológica de las especies ([Davenport y Lee, 1985](#); [Conner, 1997](#); [Sargent, 2004](#); [Blinova, 2012](#)). Se optó por la caracterización morfométrica de flores ([Caballero-Martínez et al., 2012](#); [Cuervo et al., 2012](#)) para poder explicar la variación y contar con elementos que indiquen ¿Cómo se produjo la variación infraespecífica en las poblaciones de *V. planifolia* en la Huasteca potosina?

Los estudios morfométricos son investigaciones innovadoras en diferentes contextos biológicos ([Savriama et al., 2012](#)). La morfometría geométrica es una técnica relativamente nueva que analiza la simetría y la forma de un objeto, con técnicas multivariadas de agrupación y jerarquía ([Chiron et al., 2010](#)). Basada en un fundamento matemático para identificar patrones de variación entre los individuos ([Zelditch et al., 2001](#); [Toro et al., 2010](#); [Savriama et al., 2012](#)). En el caso de las orquídeas, esta técnica ha permitido describir las relaciones filogenéticas de sus taxones ([Borba et al., 2002](#); [Davis y Stpiczyńska, 2006, 2007, 2008](#); [Cuervo et al., 2012](#)) y evaluar su diversidad floral a través de la interpretación y descripción cuantitativa de la simetría bilateral de los labelos ([Shipunov y Bateman, 2005](#); [Chiron et al., 2010](#); [Davis y Stpiczyńska, 2011](#)). Debido a que generalmente los caracteres reproductivos muestran cierto grado de

variación morfológica como producto de la variabilidad genética de cada especie ([Ramírez et al., 2010](#)). El labelo permite clasificar la variación infraespecífica de un taxón ([Herrera-Cabrera et al., 2000](#)) por presentar caracteres menos sensibles a los cambios ambientales ([Herrera, 2001, 2005](#); [Brock y Weinig, 2007](#); [Herrera, et al., 2008](#)), tal como lo refieren los trabajos de Salazar-Rojas ([2007](#)) y Salazar-Rojas et al. ([2010](#)) en *Laelia anceps*, Hernández ([2014](#)) en *Vanilla insignis* y Maceda ([2015](#)) en *V. planifolia*.

De tal manera que en esta investigación, se estudiaron los labelos de plantas nativas de *V. planifolia* para mostrar el grado de variación morfológico que presentan sus poblaciones e individuos silvestres y cultivados. Con los objetivos de: 1) conocer la variación morfológica infraespecífica del germoplasma primario de *V. planifolia* mediante el análisis morfométrico del labelo y la aplicación de técnicas multivariantes, 2) identificar los morfotipos existentes en la región y ubicar su distribución espacial, y 3) señalar las posibles causas de la variación floral en las poblaciones de *V. planifolia*, porque como se señaló anteriormente, se desconoce absolutamente la variación morfológica de las poblaciones ubicadas en la Huasteca potosina.

4.2 MATERIALES Y MÉTODOS

4.2.1 Área de estudio

El área de estudio abarca nueve municipios de la región Huasteca, en el estado de San Luis Potosí ([INEGI, 2012a](#)). Los municipios que comprende, son: Aquismón, Axtla de Terrazas, Coxcatlán, Huehuetlán, Matlapa, Tamazunchale, Tampacán, Tampamolón Corona y Xilitla. El área limita al norte, noroeste y noreste con cinco municipios del estado de San Luis Potosí (Ciudad Valles, Tamasopo, Tancanhuitz de Santos, Tanlajás y San Antonio). Al sur, suroeste y sureste colinda con municipios del estado de Hidalgo (Pisaflores, Chapulhuacán, Tepehuacán de Guerrero, Lolotla, Tlanchinol y San Felipe Orizatlán). Al este limita con dos municipios del estado de San Luis Potosí (Tanquián de Escobedo y San Martín Chalchicuautla) y al oeste, con dos municipios del estado de Querétaro (Jalpan de Serra y Landa de matamoros) ([Figura 4.1](#)). Su extensión territorial comprende 2465.3 km².

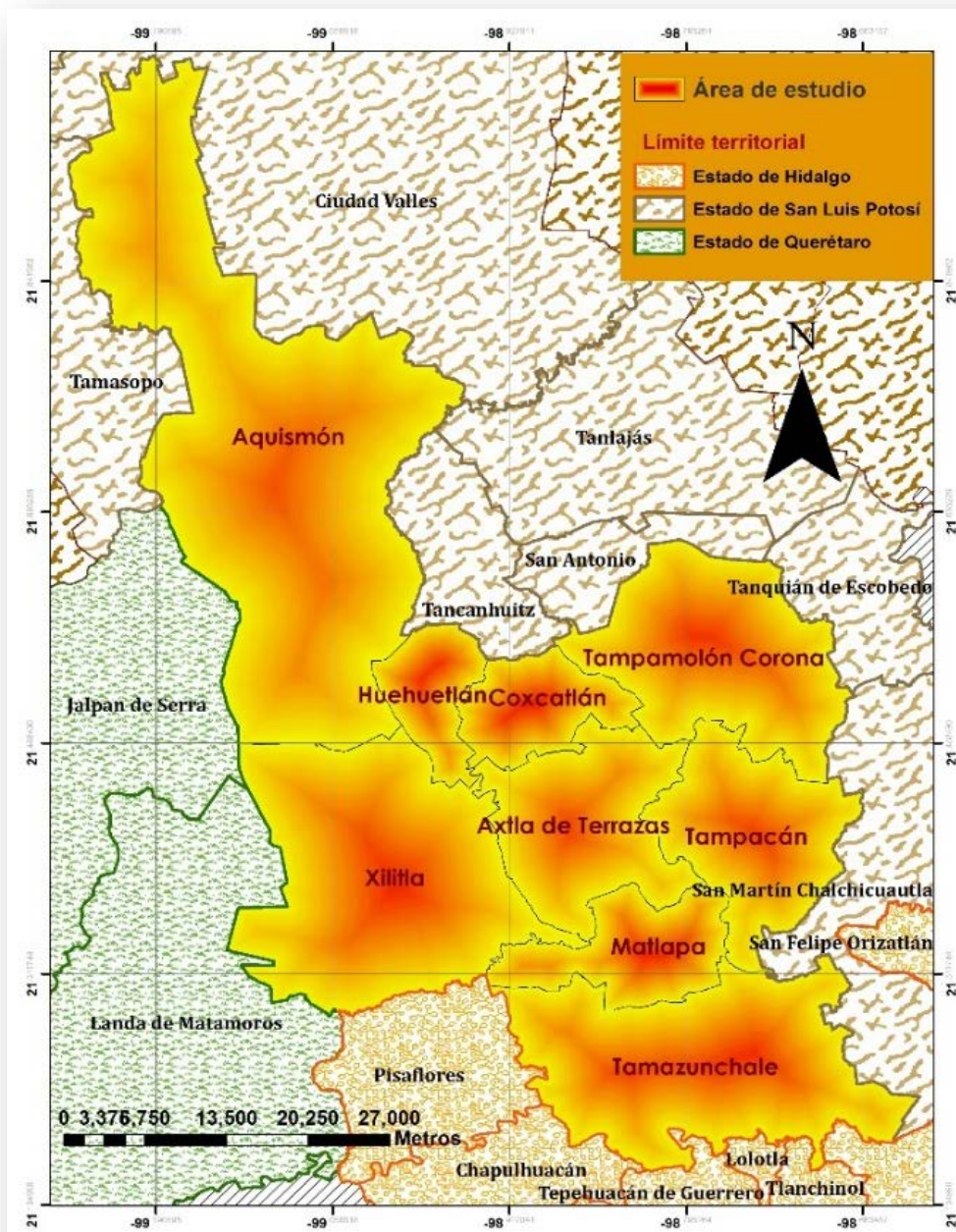


Figura 4. 1. Área de estudio para conocer la variación morfológica infraespecífica del germoplasma primario de *Vanilla planifolia* en San Luis Potosí, México

a) Orografía

El área de estudio abarca tres zonas geográficas: la zona serrana, la zona de lomeríos y la planicie costera (SPVSLP, 2012). La zona serrana presenta las principales altitudes

localizadas en la Sierra Madre Oriental, atraviesa el área de estudio con dirección sureste-noreste, en los municipios de Tamazunchale, Matlapa, Xilitla y Aquismón. La zona de lomeríos abarca los municipios de Huehuetlán, Coxcatlán y una porción de Axtla. La planicie costera es una zona de transición entre la Sierra Madre Oriental y la vertiente del Golfo de México, registra importantes elevaciones menores y comprende los municipios de Tampacán, Tampamolón Corona y parte de Axtla de Terrazas ([INEGI, 2012bcd](#)). El gradiente altitudinal del área de estudio oscila entre los 50 y 1700 msnm ([SPVSLP, 2012](#)).

b) Clima

En el área de estudio predominan climas cálidos húmedos del grupo semicálido y climas cálidos subhúmedos, en menor proporción el clima templado húmedo ([INEGI, 2007a](#)).

El clima semicálido húmedo con abundantes lluvias en verano se ubica en una franja que va de norte a sur en el área de estudio. La temperatura media anual es de 18°C a poco más de 24°C; el mes más frío es enero, con una temperatura media entre 14° y 18°C; y el mes más cálido es mayo, con 28.8°C. La precipitación total anual es de 1200 a 3500 mm, las áreas aledañas a Xilitla y Aquismón son las más lluviosas; el mes con mayor precipitación es junio y septiembre, con 670.9 mm; y los meses con menor humedad son diciembre y marzo, 58.2 mm. Su porcentaje de lluvia invernal es mayor a 10.2% del total anual. Por lo menos siete meses (mayo, junio, julio, agosto, septiembre, octubre y noviembre) tienen humedad suficiente para el crecimiento de plantas propicias de selva alta perennifolia, selva mediana perennifolia y bosque de encino, además, esto favorece el establecimiento de la actividad agrícola temporal ([García, 1998](#); [Hernández, 2007](#); [INEGI, 2011](#)).

El clima semicálido húmedo con lluvias todo el año comprende las zonas situadas al sur y suroeste de la cabecera municipal de Xilitla; y al sur, sureste y oeste de la población de Tamazunchale. La temperatura media anual varía entre 18° y 24°C; el mes más frío es enero, con 17.5°C; y el mes más cálido es junio, 27.8°C. La precipitación total anual oscila entre 1200 y 2500 mm; el mes con mayor precipitación es septiembre, con

457.8 mm; y el mes con menor precipitación es diciembre, con más de 40 mm. Su porcentaje de lluvia invernal es menor a 18%. Todos los meses del año tienen humedad suficiente para el crecimiento de las plantas, el desarrollo de la selva alta perennifolia y el florecimiento de la agricultura de temporal ([García, 1998](#); [Hernández, 2007](#); [INEGI, 2011](#)).

El *clima semicálido subhúmedo con lluvias en verano* de menor humedad abarca el suroeste de la cabecera municipal de Xilitla. La temperatura media anual esta entre 18° y 22°C; el mes más frío es diciembre menor a 18°C; y el mes más cálido es mayo mayor a 22 °C. La precipitación total anual esta entre 1200 y 1500 mm; el mes con mayor precipitación es agosto; y el mes con menor precipitación es febrero de 0 a 60 mm. Su porcentaje de lluvia invernal entre 5 y 10.2% del total anual ([García, 1998](#); [Hernández, 2007](#); [INEGI, 2011](#)).

El *clima cálido subhúmedo con lluvias en verano* se localiza al noreste de Aquismón. La temperatura media anual oscila entre 22° y 26°C; el mes más frío es enero, con 18.1°C; y los meses más calurosos son mayo y junio, con 28.2° y 29.8°C. La precipitación anual es de 1200 a 1500 mm; el mes más lluvioso es septiembre, con 377.5 mm; y los meses menos lluviosos son enero y marzo, 28.8 mm. Su porcentaje de lluvia invernal es entre 5 y 10.2%. Este periodo de humedad es propicio para el crecimiento de las plantas y favorece el desarrollo de la selva alta perennifolia y selva mediana subperennifolia ([García, 1998](#); [Hernández, 2007](#); [INEGI, 2011](#)).

El *clima templado húmedo con abundantes lluvias en verano* se presenta al oeste de Xilitla. La temperatura media anual es de 12° a 18°C; el mes más frío es enero de 13 a 14°C; y el mes más cálido es mayo. La precipitación anual es de 1000 a 2500 mm; el mes más lluvioso es agosto, entre 700 y 800 mm; y el mes menos lluvioso es febrero, menor a 40 mm. Su porcentaje de lluvia invernal es menor de 18% del total anual. Estos elementos climáticos han favorecido la proliferación de bosque de pino-encino y bosque mesófilo de montaña, así como la agricultura de temporal ([García, 1998](#); [Hernández, 2007](#); [INEGI, 2011](#)).

c) Vegetación

La zona de estudio comprende parte del límite boreal de las selvas altas perennifolias ([Rzedowski, 2006](#)). Estas predominan en las partes más húmedas de los municipios de Tamazunchale, Matlapa y Xilitla; aunque, se extienden a lo largo de toda la Sierra Madre Oriental. La selva mediana subperennifolia presenta remanentes en Tamazunchale, Xilitla y Aquismón. Los bosques tropicales abundan en lugares como Aquismón, Matlapa y Tampamolón Corona. Y el bosque mesófilo de montaña destaca en Xilitla ([CONABIO, 2006](#)). Los pastizales y cultivos están presentes en la vegetación primaria de la zona y bosques fragmentados ([INEGI, 2007b](#)).

d) Suelo

En el área de estudio no existe una unidad de suelo dominante, ya que se compone de suelos feozem, litosol, regosol, rendzina, vertisol y derivados de materiales calizos. El feozem es un suelo de origen residual coluvio-aluvial, exhibe un color pardo oscuro y se encuentra en climas húmedos y templados, como en los municipios de Aquismón, Xilitla, Huehuetlán, Coxcatlán y Matlapa. Los litosoles son suelos pocos profundos, de color gris oscuro, dominan en las partes serranas de los municipios de la zona de estudio. Los regosoles son suelos pocos profundos, presentan colores claros amarillentos y se ubican en regiones cercanas a la Sierra Madre Oriental, como en los municipios de Xilitla y Tampamolón Corona. La rendzina es un suelo que se forma por las condiciones climáticas, su origen es residual y coluvial; presentan un color oscuro o pardo rojizo que se da en regiones húmedas. Los suelos vertisoles son de origen residual y aluvial, presentan colores oscuros y textura muy fina, se desarrollan en climas tropicales y subtropicales, y están presentes en toda la zona de estudio ([INEGI, 2007c](#)). El uso de suelo principalmente está destinado a actividades pecuarias (42%) y agrícolas (37%), en menor proporción a actividades forestales (11%) y otras (10%) ([SPVSLP, 2012](#)).

4.2.2 Descripción de la especie

Vanilla planifolia Jacks. ex Andrews es una planta hemiepipíta secundaria perenne, muy ramificada y hojosa. Sus hojas son alternas, paralelinervas, gruesas y cerosas, miden de 15 a 18 cm de largo y 5 a 7 cm de ancho. El tallo es de color verde, succulento, cilíndrico y sarmentoso, con entrenudos de 10 a 15 cm largo y de 6.5 a 15 mm de diámetro. Presenta flores membranáceas y tridimensionales, hermafroditas, con tonalidades de color amarillo verdoso que miden entre 5 y 8 cm. Se agrupan en inflorescencias que brotan de las axilas a las hojas, en un racimo helicoidal, muy raramente ramificado, candelabroiforme, con 7-35 flores. Florece sincrónicamente durante marzo y abril. Las **flores** están compuestas de tres sépalos y pétalos (uno de estos modificado, llamado "labelo), y una columna central o ginostemo. Los **sépalos** son de color verde pálido a blanquecino, brillantes; el sépalo dorsal mide 52-60 x 9-12 mm, angostamente elíptico a oblanceolado, ápice subagudo, redondeado, subcaliptrado, ligeramente cóncavo, base atenuada-subunguiculada, canaliculada; los sépalos laterales miden 52-60 x 10-13.5 mm, angostamente elípticos a oblanceolados, oblicuos, ápice subagudo, subcaliptrado, base atenuada-subunguiculada, casi planos, ligeramente canaliculados basalmente, márgenes ligeramente involutos. Los **pétalos** miden 51-58.5 x 9.11 mm, largamente oblanceolados, oblicuos, algo arqueados, ápice ligeramente reflexo, obtuso-redondeado, oblicuo, emarginado, ligeramente engrosado base atenuada; cóncavo, canaliculados en la base; quilla abaxial muy conspicua, plana, cilíndrico, ascendente, con alrededor de 2 mm de largo. **El labelo** es de color amarillo pálido-crema con café ocre en la garganta y las papelas, o totalmente verde-crema, papilas distales verdes, columna verde-blanquecina; mide 47-55 x 23-26 mm, fusionado a los márgenes de la columna con cerca de 28-35 mm, largamente tubular-infundibuliforme, muy cóncavo-cimbiforme, ligeramente sigmoide e inflado; la uña de 15-17 x 4 mm, pubescente, tricomas cortos, amarillos a ocre; lámina obovada-flabelada, trilobada en contorno general, las venas ramificadas en el tercio distal y ligeramente engrosadas; los lóbulos laterales 20-27 x 8-10.5 mm, oblicuamente triangular-flabelados, márgenes ampliamente ondulados, denticulados hacia el lóbulo medio, dientes generalmente de menos de 0.6 mm de largo; lóbulo medio de alrededor de 4-5 x 9 mm, extendido-deflexo a recurvado, aproximadamente subcuadrado-transversalmente oblongo, emarginado a

profundamente bilobado, el margen ondulado-crenado, rugoso-papiloso; callo penicilado a 26-37 mm de la base, 4.8-6 x 4.45 mm, formado por alrededor de 8 escamas, flabeladas, premorsas, amarillo pálido, continuo hacia el ápice con 2 hileras conspicuas de papilas y otras 2-4 hileras menos conspicuas; ápice extremo engrosado y acojinado. La **columna** mide 38-45 mm de largo, 2.5 mm de ancho, ápice dilatado, de alrededor de 3.5 mm de ancho; trígona-semiterete, superficie ventral plana, sulcada hacia la base, muy pilosa; con alas de 2 x 4 mm, flabeladas a obscuramente lobado-erosas, agudas a redondeadas. **Antera** de aproximadamente 3 x 3 mm, ovado-cordiforme o elipsoide. **Estigma** trilobado, los lóbulos laterales emergentes, aproximadamente de 1 x 1 cm, oblongos, ligeramente divergentes uno de otro. **Rostelo** con alrededor de 3 x 2 mm, una lámina convexa, trapezoidal y paralela a los lóbulos laterales. **Ovario** mide 40-57 mm de largo, 3.5-4 cm de grosor, arqueado en la base, recto, terete, liso, verde, blanco en la base, con nectarios florales. **Polen** en mónadas, sin formar un polinario definido, crean una masa granulosa, amorfa y pegajosa ([Soto-Arenas y Solano-Gómez, 2007](#); [Soto Arenas, 2009](#)).

4.2.3 Diseño experimental

La muestra se eligió mediante un muestreo no probabilístico. Para ello, se emplearon las técnicas de investigación cualitativa de bola de nieve e informantes clave ([Taylor y Bogdan, 1987](#)), y la técnica cuantitativa de muestreo por conveniencia para seleccionar la muestra ([Pimienta, 2000](#)).

La técnica de bola de nieve e informantes clave permitió delimitar la muestra de estudio. Y el criterio para seleccionar la muestra fue elegir “poblaciones nativas de *V. planifolia* que estuviesen en estado fenológico de floración”. La indagación de las poblaciones nativas se constató con los informantes, y el estado fenológico se ratificó con la observación directa en campo.

El tamaño de la muestra se acotó a 21 flores por colecta. En cada colecta se eligieron tres individuos (esquejes o especímenes) y por cada individuo se seleccionaron 7 flores

(consideradas repeticiones) (Tabla 4.1). Este criterio se consideró suficientemente amplio y representativo para el análisis morfológico de *V. planifolia*. De manera que, el diseño experimental consistió en bloques completamente al azar y la precisión del diseño se evaluó con el coeficiente de variación.

Tabla 4. 1. Tamaño de la muestra de *Vanilla planifolia* en la Huasteca potosina

Colecta	Individuos	Flores (repeticiones por colecta)
1	1	7
	2	7
	3	7
Total	3	21

4.2.4 Ubicación del material biológico

Para ubicar los especímenes de *V. planifolia* se recorrió toda la región de la Huasteca potosina, con el apoyo de miembros del comité Sistema Producto Vainilla de San Luis Potosí y técnicos especializados del comité (informantes clave), en noviembre de 2012. Todos los especímenes nativos en etapa de floración, se ubicaron a través de recorridos de campo, durante enero y febrero de 2013. Estos se georreferenciaron con un GPS (marca Garmin).

De tal manera que se eligieron 40 sitios y 97 especímenes, distribuidos en nueve municipios y 21 localidades de la región Huasteca de San Luis Potosí, México (Tabla 4.2).

Tabla 4. 2. Ubicación del material biológico para el análisis morfométrico del labelo de *Vanilla planifolia* en San Luis Potosí, México

Municipio	Localidad	Especímenes (No)	Porcentaje (%)
Aquismón	Jomté	3	3.1
Axtla de Terrazas	Ejido Jalpilla	3	3.1
Coxcatlán	Ejido Ajuatitla	3	3.1

Tabla 4. 3. Continuación

Municipio	Localidad	Especímenes (No)	Porcentaje (%)
Huehuetlán	Alaquich	7	7.2
Matlapa	Cuichapa	6	38.1
	La providencia	7	
	Tamala	6	
	Tepetzintla	3	
	Tlacoehuaque	6	
	Tlajumpal	9	
Tamazunchale	Axhumol	3	28.8
	Chapulhuacanito	1	
	El platanito	3	
	Monte alegre	3	
	Santiago	6	
	Tixcuayuca	12	
Tampacán	La Ceiba	6	6.2
Tampamolón Corona	El naranjo	2	2.1
Xilitla	La Herradura	3	8.3
	Otlaxcuayo	2	
	Peña Blanca	3	
Total	21	97	100

4.2.5 Colecta del material biológico

Se recolectaron las flores de *V. planifolia* durante marzo y abril del 2013 (justo en el pico de la floración) y se obtuvo un total de 679 flores procedentes de 40 poblaciones ([Tabla 4.3](#)).

Los individuos (esquejes) donde se tomaron las flores fueron marcados, con etiquetas de acetato de 3 x 4 cm. Las etiquetas se rotularon con un plumón indeleble de punto fino y se colocaron con cintillas de vinilo, alrededor del diámetro del tallo del esqueje.

Tabla 4. 4. Cantidad recolectada de flores de *Vanilla planifolia* en la región Huasteca del estado de San Luis Potosí, México

Colecta	Cantidad de flores	Localidad	Municipio
S1	21	Cuichapa	Matlapa
S2	21	Cuichapa	Matlapa
S3	21	San Isidro Tlajumpal	Matlapa
S4	21	San Juan Tlajumpal	Matlapa
S5	21	Ejido Jalpilla	Axtla de Terrazas
S6	21	Ejido Ajuatitla	Coxcatlán
S7	21	Jomté	Aquismón
S8	14	Tixcuayuca	Tamazunchale
S9	7	Tixcuayuca	Tamazunchale
S10	21	Tixcuayuca	Tamazunchale
S11	21	Tixcuayuca	Tamazunchale
S12	21	Tixcuayuca	Tamazunchale
S13	21	Santiago	Tamazunchale
S14	21	Santiago (Tenexapa)	Tamazunchale
S15	21	Axhumol	Tamazunchale
S16	7	Tamala	Matlapa
S17	14	Tamala	Matlapa
S18	7	Tamala	Matlapa
S19	7	Tamala	Matlapa
S20	7	Tamala	Matlapa
S21	21	Tepetzintla	Matlapa
S22	21	San José Tlajumpal	Matlapa
S23	21	La Ceiba	Tampacán
S24	21	La Ceiba	Tampacán
S25	21	Alaquich	Huehuetlán
S26	7	Alaquich	Huehuetlán
S27	21	Alaquich	Huehuetlán
S28	7	La Providencia	Matlapa
S29	21	La Providencia	Matlapa
S30	7	Otlaxcuayo	Xilitla
S31	7	Otlaxcuayo	Xilitla
S32	21	La providencia	Matlapa
S33	21	Tlacoehuaque	Matlapa
S34	21	Tlacoehuaque	Matlapa
S35	21	El platanito	Tamazunchale
S36	7	Chapulhuacanito	Tamazunchale
S37	21	Monte Alegre	Tamazunchale

Tabla 4. 3. Continuación

Colecta	Cantidad de flores	Localidad	Municipio
S38	21	La Herradura	Xilitla
S39	21	Peña Blanca	Xilitla
S40	14	El naranjo	Tampamolón Corona

4.2.6 Análisis morfológico del labelo de *Vanilla planifolia*

El análisis morfológico del labelo de *V. planifolia* se basó en el protocolo morfométrico del labelo ([Salazar-Rojas, 2007](#)), para cuantificar toda la información geométrica de la forma y visualizar los cambios morfológicos. Dicho protocolo fue desarrollado en 4 fases: 1) trabajo de campo, 2) trabajo de laboratorio, 3) trabajo de gabinete (diseño y elaboración de trazos) y 4) toma de datos del labelo.

- **Fase 1: Trabajo de campo**

Consistió en elegir las flores de *V. planifolia* ([Figura 4.2](#)) durante la etapa de floración, en los meses de marzo y abril del 2013. Para ser cortadas en la base del pedicelo con un *cutter* que se desinfecto con alcohol al 70% en cada corte.



Figura 4. 2. Criterios de selección de las flores de *Vanilla planifolia*

Posteriormente, las flores se colocaron dentro de frascos de cristal de 220ml, con una solución conservadora ([Tabla 4.4](#)). El frasco contuvo una cantidad de 170 ml de solución

conservadora y generalmente se usaron tres frascos por población. En cada frasco se introdujeron 7 flores.

Tabla 4. 5. Solución conservadora para flores de *Vanilla planifolia*

Compuesto	%	Concentración (ml)
Etanol 96%	50	85
Ácido láctico	4	6.8
Ácido benzoico	3	5.1
Glicerina	3	5.1
Agua destilada c .b. p	40	68

Nota: La solución está calculada para 170 ml

Los frascos fueron rotulados al exterior e interior, con etiquetas. La etiqueta exterior se colocó en la cara externa del frasco y se elaboró con papel adherible en forma rectangular, sus dimensiones constaron de 4 x 9 cm. La etiqueta interior se sumergió en la solución conservadora y fue hecha con papel albanene en una forma rectangular, con unas dimensiones de 3 x 5 cm. Ambas etiquetas fueron rotuladas con un lápiz del número 4 al momento de cortar las flores. Las etiquetas especificaron la siguiente información: municipio, localidad, coordenadas UTM, altitud, número de colecta y repetición, fecha de colecta ([Figura 4.3](#)).



Figura 4. 3. Etiquetas utilizadas para la colecta de flores de *Vanilla planifolia*

Las flores se mantuvieron dentro de los frascos hasta su procesamiento en el laboratorio, donde se almacenaron en condiciones de oscuridad y temperatura ambiente.

- **Fase 2: Trabajo de laboratorio**

Se basó en separar la estructura floral de *V. planifolia* para examinar a detalle el labelo. Este procedimiento se realizó en las instalaciones del laboratorio del Colegio de Postgraduados, campus Puebla y tuvo una duración de 6 meses, entre mayo y noviembre del 2013. A continuación se describe el procedimiento:

- ✓ *Disección de la estructura floral:* Primero se separaron los sépalos y pétalos, luego el labelo y la columna. Posteriormente, cada estructura se mantuvo en una caja Petri, con solución conservadora para evitar su desecación. La separación de las estructuras, se hizo con la punta de una aguja de bordar de uso corriente, siguiendo los contornos naturales de la flor para no dañar su estructura morfológica. Los contornos de la flor se visualizaron con una lupa restirador de luz blanca de 15 mm 5x con prensa ([Figura 4.4](#)).



Figura 4. 4. Materiales usados en la disección de las flores de *V. planifolia*

- ✓ *Extensión del labelo:* El labelo se extendió en un vidrio con cubierta esmerilada de 28 x 20 cm. La parte central del labelo y los lóbulos se desplegaron con una aguja de bordar de uso común, y la extensión del labelo se realizó con el apoyo de un microscopio estereoscópico que permitió observar el labelo y desenrollarlo ([Figura 4.5](#)).



Figura 4. 5. Materiales usados para la extensión del labelo de *V. planifolia*

- ✓ *Tinción del labelo y demás estructuras florales:* La tinción consistió en verter de una a cinco gotas de azul de metileno diluido con alcohol etílico sobre el labelo extendido, los sépalos, pétalos y columna. Previo al teñido todas las estructuras se colocaron en un vidrio con cubierta esmerilada de 28 x 20 cm ([Figura 4.6](#)).

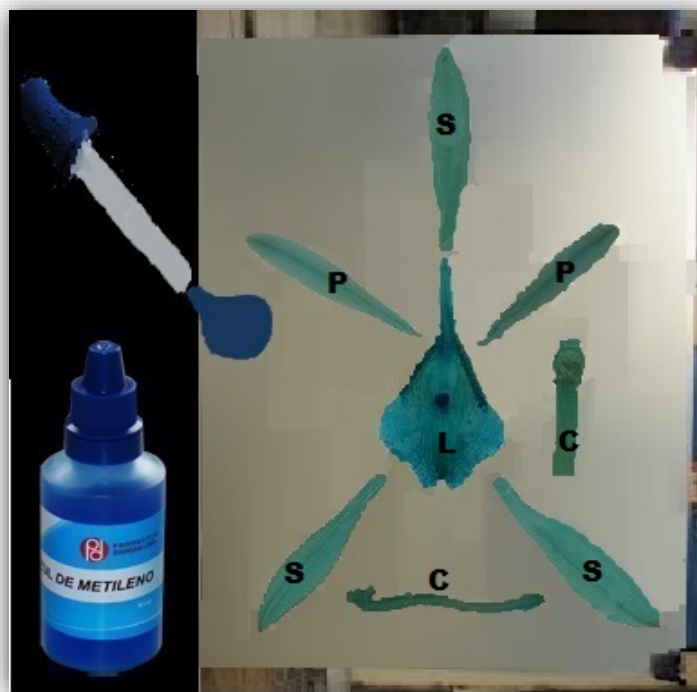


Figura 4. 6. Materiales usados en la tinción de la estructura floral de *Vanilla planifolia*.
S=sépalo, P= pétalo, L= labelo, C= Columna

- ✓ *Toma de fotografía del labelo y demás estructuras florales:* Una vez teñidas todas las estructuras florales, se procedió a fotografiar cada estructura de manera individual, con un cuadro de papel milimétrico color naranja como escala de medición (1 cm=10 cuadros) (Figura 4.7). En el caso del labelo, el callo se acomodó ligeramente hacia atrás, a unos 45° (porque es un eje de referencia de la simetría bilateral). Las fotos se tomaron a una distancia de 30 cm, con una cámara digital (marca SONY α , modelo DSLR-SLT-A55) equipada con un lente microscópico (18-55 mm de zoom). La cámara estuvo unida a un tripié fijo (marca Manfrotto) para obtener una fina resolución en las imágenes de la estructura morfológica de la flor. Las fotografías se guardaron en la memoria interna de la cámara (32 gb de almacenamiento) y posteriormente, se almacenaron en un ordenador móvil para su procesamiento.

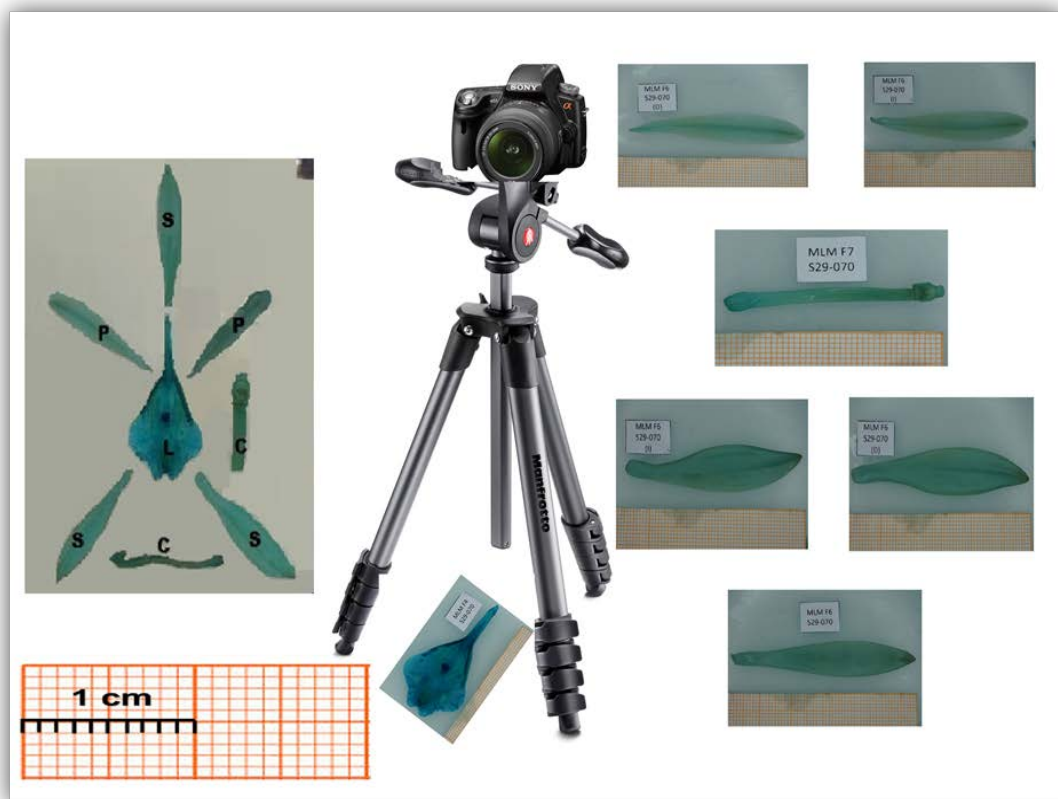


Figura 4. 7. Proceso para fotografiar el labelo de *V. planifolia*

- **Fase 3: Trabajo de gabinete (Diseño y elaboración de trazos)**

Esta fase requirió de seis meses, entre diciembre del 2013 y mayo del 2014, debido a que fue un trabajo muy detallado.

Primero, se quitó el fondo de la imagen y se dejó la escala de medición (1 cm) en los labels teñidos ([Figura 4.8](#)) para que se pudiese guardar la imagen en formato TIFF. Esta edición se hace con el programa Power Point 2013, diseñado por Microsoft Office.

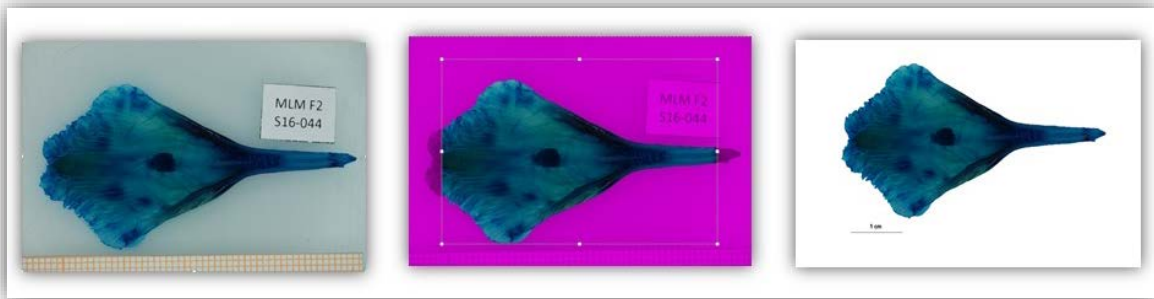


Figura 4. 8. Edición del labelo de *Vanilla planifolia*

Segundo, la imagen TIFF se exportó al programa de diseño CorelDRAW Graphic Suite X6 para poder trazar las líneas geométricas y vectorizar la imagen ([Figura 4.9](#)).

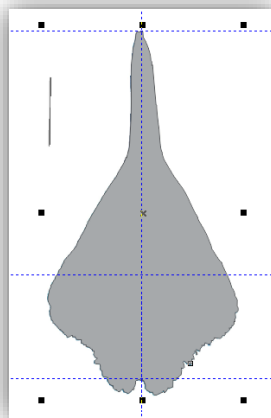


Figura 4. 9. Vectorización del labelo de *Vanilla planifolia*

Tercero, el labelo se dividió en siete regiones (A, B, C, D, E, F y G) delimitadas a partir de la estructura del callo y la cresta, mediante líneas guías con el programa CorelDRAW Graphic Suite X6 ([Figura 4.10a](#)). En la región A y G se trazaron seis líneas y en las

regiones B, C, D, E, y F nueve, es decir, se tuvo un total de 59 líneas y 7 ángulos distribuidos en el labelo (Figura 4.10b). Todos los trazos se unieron en los vértices geométricos de cada región del labelo y, también, se realizaron con el programa de diseño CorelDRAW Graphic Suite X6.

Finalmente, la región A se integró con siete variables (A1, A2, A3, A4, A5, A y aA). La región B se constituyó con 12 variables (B1, B2, B3, B4, B5, B6, B7, B8, B9, B10, B y aB). La región C se compuso de 11 variables (C1, C2, C3, C4, C5, C6, C7, C8, C9, C10 y C). La región D se formó con 14 variables (D1, D2, D3, D4, D5, D6, D7, D8, D9, D10, D, aD, aDE22 y aDE55). La región E se creó con 12 variables (E1, E2, E3, E4, E5, E6, E7, E8, E9, E10, E y aE). La región F se constituyó de 11 variables (F1, F2, F3, F4, F5, F6, F7, F8, F9, F10 y F). La región G se conformó por nueve variables (G1, G2, G3, G4, G5, G6, G7, G y aG).

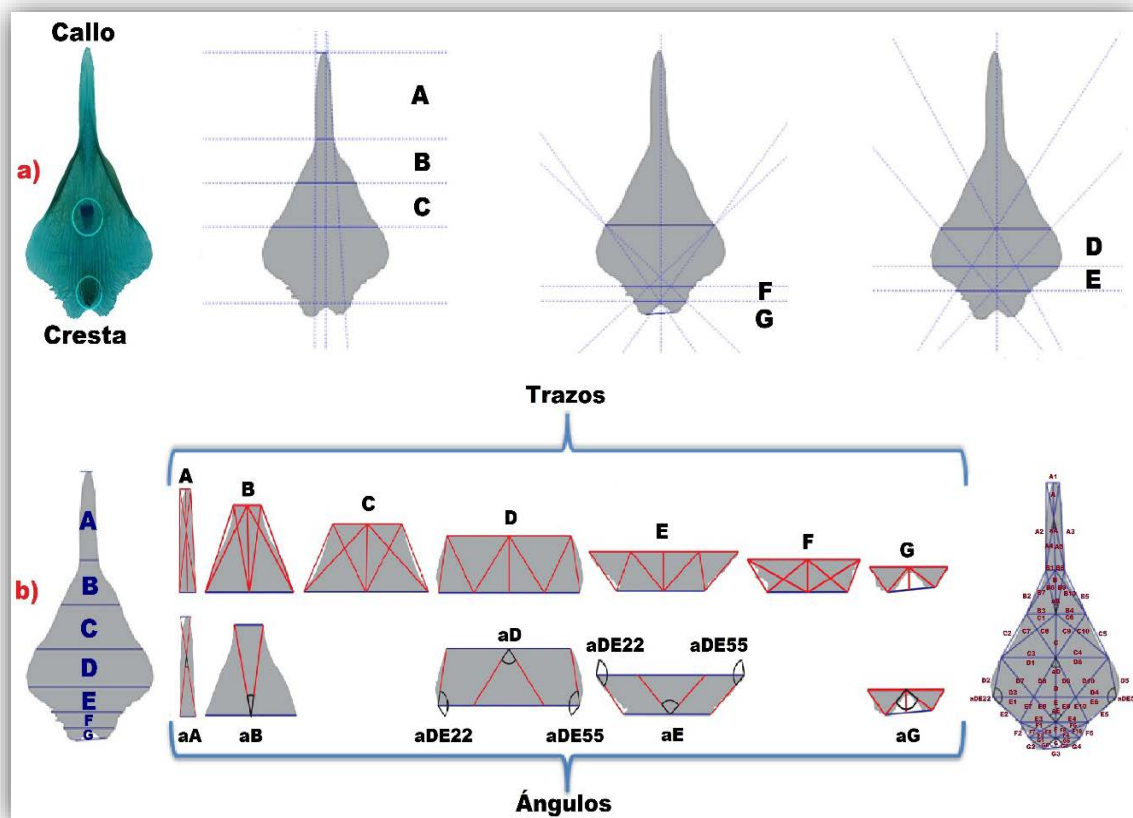


Figura 4. 10. Proceso de elaboración de trazos del labelo de *Vanilla planifolia*. a) Imagen de la estructura morfológica del callo y cresta del labelo, y líneas guías en el trazado de las regiones. b) Trazos, ángulos y variables en el labelo

- **Fase 4: Toma de datos del labelo (medición)**

Después de haber trazado todas las regiones de los labelos de *V. planifolia* y definido 76 variables en cada labelo. La medición de las variables se hizo con el mismo programa de diseño CorelDRAW Graphic Suite X6 en centímetros (cm). Los datos obtenidos se guardaron en una hoja de cálculo de Excel y las filas correspondieron a las variables (o caracteres) y las columnas a las colectas. Esta fase requirió de tres meses, durante junio y agosto del 2014.

4.2.7 Análisis estadístico y procesamiento de datos

Para el procesamiento de los datos morfométricos, se realizó un análisis de varianza (ANOVA) bajo el diseño de bloques completamente al azar y una prueba de Tukey, en el paquete estadístico SAS versión 9.0 ([SAS, 2002](#)). Con el propósito de estimar la variación entre las poblaciones e individuos y comparar la media en los tratamientos (poblaciones de *V. planifolia*).

Asimismo, se aplicó un análisis multivariado a los datos morfométricos para relacionar las variables que contribuyeron en la variación infraespecífica de *V. planifolia*, mediante el análisis de componentes principales. El análisis de conglomerados o clúster se hizo bajo el método jerárquico aglomerativo, con el objetivo de identificar los morfotipos que presenta *V. planifolia* en la Huasteca potosina. Dichos análisis se obtuvieron con el paquete estadístico SAS versión 9.0 ([SAS, 2002](#)).

4.3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.3.1 Análisis de la varianza

El análisis de la varianza permitió determinar que 100% de los caracteres evaluados en los labelos de *V. planifolia* muestran diferencias altamente significativas ($p \leq 0.0001$), es decir, sus medias poblacionales difieren entre los tratamientos (40 poblaciones). Por eso se rechaza la hipótesis nula (todas las medias de los tratamientos sean iguales) y se

acepta la hipótesis alternativa (que al menos dos medias sean diferentes). De esta manera al ser $F_{cal} > F_{teor}$, se concluye que hay diferencia altamente significativa (0.0001) dentro de los labels de *V. planifolia* en las variables evaluadas (Tabla 4.5).

Los valores de los coeficientes de variación de las 76 variables analizadas en los labels de *V. planifolia* presentaron una gama entre 4.32 y 13.72% (Tabla 4.5). De hecho las medias presentaron consistencia con la desviación estándar (o variabilidad de la variable) como lo muestran los coeficientes de variación, esto permitió comparar la dispersión que albergan los datos.

Tabla 4. 6. Media, coeficiente de variación y cuadrado de la media de las 76 variables evaluadas en 679 especímenes procedentes de 40 poblaciones de *Vanilla planifolia* de la región Huasteca del estado de San Luis Potosí, México

Región	Variable	Media	Coeficiente de variación	Cuadrado de la media	
				Población	Error
A	A1	2.15	12.30	0.61***	0.07
	A2	16.05	4.54	4.89***	0.53
	A3	16.04	4.50	5.06***	0.52
	A4	16.35	4.46	4.89***	0.53
	A5	16.28	4.43	5.34***	0.52
	A	16.03	4.56	5.21***	0.53
B	B1	2.03	6.28	0.47***	0.02
	B2	8.94	4.88	1.80***	0.19
	B3	6.10	6.49	3.05***	0.16
	B4	6.10	6.49	3.05***	0.16
	B5	9.04	5.22	2.12***	0.22
	B6	2.03	6.28	0.47***	0.02
	B7	10.00	5.08	2.59***	0.26
	B8	8.30	4.67	1.38***	0.15
	B9	8.25	4.32	1.25***	0.16
	B10	10.12	5.02	3.17***	0.26
	B	8.02	4.61	1.18***	0.14
C	C1	6.10	6.49	3.05***	0.16
	C2	9.03	5.75	1.90***	0.27
	C3	10.49	6.83	6.35***	0.51
	C4	10.29	7.12	6.48***	0.54
	C5	9.12	6.13	2.37***	0.31
	C6	6.10	6.49	3.05***	0.16
	C7	12.95	6.29	7.36***	0.66

***= $p \leq 0.0001$

Tabla 4. 5. Continuación

Región	Variable	Media	Coeficiente de variación	Cuadrado de la media	
				Población	Error
C	C8	10.20	5.52	3.28***	0.32
	C9	9.95	5.23	2.61***	0.27
	C10	13.14	6.37	7.41***	0.70
	C	8.02	4.77	1.27***	0.15
D	D1	10.49	6.83	6.35***	0.51
	D2	7.64	6.00	2.51***	0.21
	D3	11.75	7.05	5.55***	0.69
	D4	11.69	6.92	3.49***	0.65
	D5	7.66	5.77	2.56***	0.20
	D6	10.29	7.12	6.48***	0.54
	D7	9.86	6.83	5.53***	0.45
	D8	8.46	5.70	2.99***	0.23
	D9	8.43	5.70	3.03***	0.23
	D10	9.74	6.88	5.82***	0.45
	D	7.43	6.31	2.91***	0.22
E	E1	11.75	7.05	5.55***	0.69
	E2	7.07	7.08	2.10***	0.25
	E3	6.49	8.97	3.49***	0.34
	E4	6.47	8.37	3.42***	0.29
	E5	7.03	7.18	1.39***	0.25
	E6	11.69	6.92	3.49***	0.65
	E7	5.30	7.92	1.33***	0.18
	E8	6.13	6.65	1.49***	0.17
	E9	6.10	6.58	1.35***	0.16
	E10	5.29	7.77	1.37***	0.17
	E	4.66	7.24	0.84***	0.11
F	F1	6.49	8.97	3.49***	0.34
	F2	3.31	9.20	0.63***	0.09
	F3	4.82	8.07	1.66***	0.15
	F4	4.85	7.68	1.36***	0.14
	F5	3.28	9.37	0.74***	0.09
	F6	6.47	8.37	3.42***	0.29
	F7	5.62	7.29	1.71***	0.17
	F8	7.07	8.36	3.84***	0.35
	F9	7.05	8.13	3.33***	0.33
	F10	5.60	7.32	1.77***	0.17
	F	2.83	8.02	0.43***	0.05

***=p≤0.0001

Tabla 4. 5. Continuación

Región	Variable	Media	Coeficiente de variación	Cuadrado de la media	
				Población	Error
G	G1	4.82	8.07	1.66***	0.15
	G2	3.01	13.72	1.53***	0.17
	G3	5.12	11.42	2.70***	0.34
	G4	3.15	12.99	1.41***	0.17
	G5	4.85	7.68	1.36***	0.14
	G6	3.25	11.60	1.35***	0.14
	G7	3.26	11.10	0.95***	0.13
	G	2.06	12.60	0.68***	0.07
Ángulos de las regiones del labelo	aA	21.78	6.87	23.67***	2.24
	aB	28.22	8.04	67.41***	5.14
	aD	55.98	7.04	139.50***	15.76
	ADE22	121.05	6.39	407.03***	59.85
	ADE55	80.63	5.42	142.53***	19.08
	aE	121.46	5.87	358.36***	50.89
	aG	103.91	10.60	590.59***	121.32

***=p≤0.0001

4.3.2 Comparación de medias

La prueba de Tukey determinó que existen diferencias significativas entre las 40 poblaciones de *V. planifolia*, ubicadas en la región Huasteca del estado de San Luis Potosí, México.

La comparación de medias para los caracteres morfológicos de la **región A** (A1, A2, A3, A4, A5, A) mostró que la región basal de los labelos (región A) es significativamente diferente entre las 40 poblaciones de *V. planifolia*. En la **región B** (B1, B2, B3, B4, B5, B6, B7, B8, B9, B10, B) y **región C** (C1, C2, C3, C4, C5, C6, C7, C8, C9, C10, C) correspondientes a los lóbulos basales o parte proximal del labelo (hipoquilo), también, se observaron diferencias significativas entre las poblaciones de esta especie; excepto entre las poblaciones de Santiago y Tenexapa. La **región D** (D1, D2, D3, D4, D5, D6, D7, D8, D9, D10, D) y **región E** (E1, E2, E3, E4, E5, E6, E7, E8, E9, E10, E) de los lóbulos laterales medios o parte media del labelo (mesoquilo) presentaron diferencias

significativas en 33 poblaciones; aunque entre las poblaciones de Cuichapa, Tlajumpal y Ejido Jalpilla, Tampacán y Tepetzintla, Otlaxcuayo y la Providencia no se presentaron diferencias significativas. La **región F** (F1, F2, F3, F4, F5, F6, F7, F8, F9, F10, F) y **G** (G1, G2, G3, G4, G5, G6, G7, G) de los lóbulos apicales o parte distal del labelo (epiquilo) presentaron diferencias significativas en casi todas las poblaciones, excepto en las localidades de Tlajumpal y Ejido Jalpilla que no presentaron diferencias significativas entre estas. Cabe destacar que los valores de las diferencias mínimas significativas (DMS) permitieron detectar diferencias significativas pequeñas en todas las regiones de los labelos de *V. planifolia* ([Anexo 4.1](#)).

Finalmente la **región de los ángulos** (aA, aB, aD, aE, aDE22, aDE55, aG), localizada en los vértices de los lóbulos de labelos de *V. planifolia*, muestra que las medias de estos caracteres son significativamente diferentes entre las poblaciones de esta orquídea.

4.3.3 Distribución de la variación del labelo

En el siguiente apartado se seleccionaron los tres primeros componentes principales (PRIN1, PRIN2 y PRIN3) que explican el 77.95% de la variación total en las 40 poblaciones de *V. planifolia* ([Figura 4.11](#)). El primer componente (PRIN1) tiene un 48.47% de información, el segundo componente (PRIN2) abarca el 20.17% y el tercer componente (PRIN3) posee 9.31% de la variación referente a esta especie ([Tabla 4.6](#)).

En la [Figura 4.11](#), se observa la distribución espacial de las 40 poblaciones de *V. planifolia* en la Huasteca potosina, con respecto a la ubicación del primer componente (eje Z), segundo componente (eje Y) y tercer componente (eje X). Los valores de las poblaciones de vainilla forman cinco agrupaciones. De manera que la variación morfológica de *V. planifolia* está plasmada en cinco formas biológicas, que se diferencian claramente entre las poblaciones San Luis Potosí.

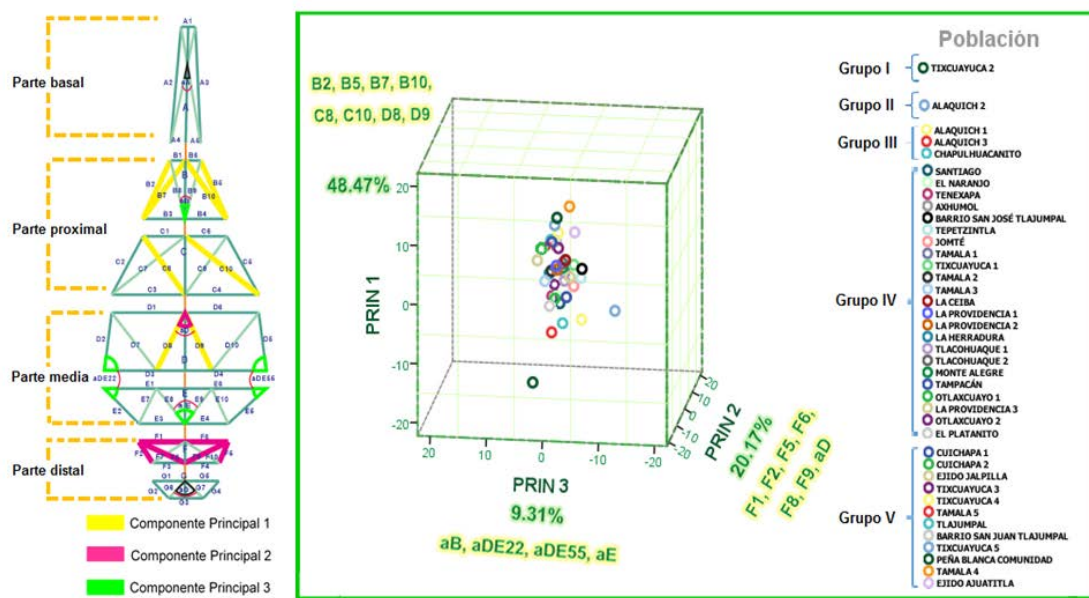


Figura 4. 11. Dispersión de los 679 especímenes pertenecientes a 40 poblaciones de *Vanilla planifolia* en la Huasteca potosina, con base en los tres primeros componentes principales del análisis de 76 variables

El primer componente principal (PRIN1=48.47%) presenta una relación con la forma del lóbulo basal de la región B (B2=0.150, B5=0.154, B7=0.152, B10=0.155) y la región C (C8=0.153, C10=0.157), y con la abertura o amplitud del lóbulo lateral medio de la región D (D8=0.149, D9=0.151) (Tabla 4.6). La longitud (B2 y B5) y apertura (B7 y B10) del lóbulo de la región B, aportan mayor información para definir a este componente principal e indican que estas variables intervienen en la diferenciación morfológica de las poblaciones de *V. planifolia*, junto con las variables que expresan la compresión de la forma y volumen de los lóbulos laterales medios (C8, C10, D8, D9).

El segundo componente principal (PRIN2=20.17%) está determinado por la base y la forma del lóbulo apical en la región F (F1=0.187, F2=0.195, F5=0.210, F6=0.184, F8=0.188, F9=0.182), y el ángulo agudo de la región D (aD=0.202) (Tabla 4.6). Sin duda, el ancho (F1 y F6), la longitud (F2 y F5) y apertura (F8 y F9) del lóbulo de la región F son los que definen a este componente; así como el ángulo aD que configura la amplitud o estrechez de los lóbulos laterales medios y muestra correspondencia con el ancho de la base de la región F (F1, F6), en los labels analizados de *V. planifolia*.

El tercer componente principal (PRIN3=9.31%) está relacionado principalmente con los ángulos convexos de los lóbulos basales y lóbulos laterales medios ($aB=0.219$, $aDE22=0.231$, $aDE55=0.281$, $aE=0.208$) (Tabla 4.6). Es decir, la rotación de los ángulos obtusos (grado de inclinación) en los vértices de la región D y E, permiten diferenciar a los labels al presentar una forma redondeada, oblonga o alargada y reducida o encogida; mientras, la rotación y apertura de los ángulos agudos de la región B (aB) y E (aE) brindan información acerca del tamaño (ancho) del labelo. De modo que esto permite ver los cambios en los lóbulos de la región basal y media, y con ello diferenciar a las poblaciones de vainilla en la Huasteca potosina.

Tabla 4. 7. Vectores propios, valores propios y proporción acumulada de la varianza explicada para cada variable en las tres dimensiones de los 679 especímenes de *Vanilla planifolia* en la región Huasteca del estado de San Luis Potosí, México

Variable	Prin1	Prin2	Prin3
A1	0.031	-0.022	-0.151
A2	0.142	-0.096	-0.157
A3	0.140	-0.104	-0.158
A4	0.143	-0.098	-0.149
A5	0.142	-0.107	-0.149
A	0.139	-0.103	-0.164
B1	0.087	-0.121	0.144
B2	*0.150	-0.107	-0.072
B3	0.141	-0.061	0.164
B4	0.139	-0.068	0.172
B5	*0.154	-0.082	-0.038
B6	0.087	-0.121	0.143
B7	*0.152	-0.106	0.040
B8	0.137	-0.133	-0.115
B9	0.137	-0.118	-0.137
B10	*0.155	-0.107	0.024
B	0.134	-0.113	-0.160
C1	0.141	-0.061	0.164
C2	0.133	-0.074	0.006
C3	0.135	-0.018	0.198
C4	0.142	-0.021	0.170
C5	0.147	-0.040	-0.064
C6	0.139	-0.068	0.172
C7	0.140	-0.030	0.082
C8	*0.153	-0.091	0.035

*Indica las variables con mayor relevancia en la variación de cada componente principal

Tabla 4. 6. Continuación

Variable	Prin1	Prin2	Prin3
C9	0.146	-0.132	-0.003
C10	*0.157	-0.048	0.094
C	0.133	-0.114	-0.161
D1	0.135	-0.018	0.198
D2	0.114	-0.150	-0.072
D3	0.129	0.164	0.007
D4	0.130	0.114	-0.060
D5	0.129	-0.119	-0.110
D6	0.142	-0.021	0.170
D7	0.132	-0.138	0.092
D8	*0.149	-0.093	0.030
D9	*0.151	-0.091	0.024
D10	0.136	-0.128	0.079
D	0.127	-0.142	-0.006
E1	0.129	0.164	0.007
E2	0.117	0.068	-0.181
E3	0.114	0.187	0.061
E4	0.121	0.184	0.053
E5	0.108	0.041	-0.207
E6	0.130	0.114	-0.060
E7	0.116	0.175	-0.085
E8	0.146	0.143	-0.031
E9	0.139	0.151	-0.019
E10	0.117	0.175	-0.086
E	0.117	0.141	-0.152
F1	0.114	*0.187	0.061
F2	0.101	*0.195	-0.078
F3	0.136	0.146	0.064
F4	0.142	0.101	0.105
F5	0.090	*0.210	-0.107
F6	0.121	*0.184	0.053
F7	0.131	0.141	0.027
F8	0.118	*0.188	0.056
F9	0.127	*0.182	0.042
F10	0.143	0.114	0.074
F	0.103	0.132	-0.152
G1	0.136	0.146	0.064
G2	0.111	0.076	0.127
G3	0.077	0.151	-0.027
G4	0.112	0.099	0.172
G5	0.142	0.101	0.105

*Indica las variables con mayor relevancia en la variación de cada componente principal

Tabla 4. 6. Continuación

Variable	Prin1	Prin2	Prin3
G6	0.089	0.143	0.049
G7	0.111	0.158	0.031
G	0.121	0.148	0.109
aA	0.025	-0.053	0.160
aB	0.032	-0.072	*0.219
aD	0.003	*0.202	0.163
ADE22	0.048	-0.158	*0.208
ADE55	0.078	-0.118	*0.231
aE	0.036	-0.037	*0.281
aG	-0.073	-0.021	-0.122
Valor propio	31.990	13.313	6.143
Proporción Variación total	48.47	20.17	9.31
Variación acumulada	48.47	68.64	77.95

*Indica las variables con mayor relevancia en la variación de cada componente principal

Finalmente, el análisis de componentes principales permitió mostrar la varianza asociada a cada factor (Tabla 4.7) y, a partir de esto, se determinó que 39 componentes son los que intervienen en la determinación de la variación morfológica de los labelos de *V. planifolia* en la región Huasteca del estado de San Luis Potosí, México. Los primeros siete componentes principales tienen un valor mayor a 1 y explican 93.4%; los demás componentes poseen un valor menor a 1 y aportan 6.6% en su conjunto (Tabla 4.7).

Tabla 4. 8. Varianza total explicada por 39 componentes principales para 76 caracteres morfológicos de labelos de *Vanilla planifolia* en la Huasteca potosina

Componente Principal	Valor propio	Diferencia	Proporción	
			Explicada	Acumulada
PRIN 1	31.990	18.677	0.4847	0.4847
PRIN 2	13.313	7.170	0.2017	0.6864
PRIN 3	6.143	1.958	0.0931	0.7795
PRIN 4	4.184	1.671	0.0634	0.8429
PRIN 5	2.514	0.488	0.0381	0.8810
PRIN 6	2.025	0.552	0.0307	0.9116
PRIN 7	1.473	0.512	0.0223	0.9340

Tabla 4. 7. Continuación

Componente Principal	Valor propio	Diferencia	Proporción	
			Explicada	Acumulada
PRIN 8	0.961	0.398	0.0146	0.9485
PRIN 9	0.563	0.028	0.0085	0.9571
PRIN 10	0.534	0.162	0.0081	0.9652
PRIN 11	0.372	0.051	0.0056	0.9708
PRIN 12	0.322	0.078	0.0049	0.9757
PRIN 13	0.244	0.011	0.0037	0.9794
PRIN 14	0.233	0.058	0.0035	0.9829
PRIN 15	0.176	0.023	0.0027	0.9856
PRIN 16	0.153	0.021	0.0023	0.9879
PRIN 17	0.132	0.026	0.0020	0.9899
PRIN 18	0.106	0.019	0.0016	0.9915
PRIN 19	0.087	0.006	0.0013	0.9928
PRIN 20	0.081	0.021	0.0012	0.9940
PRIN 21	0.060	0.011	0.0009	0.9950
PRIN 22	0.049	0.006	0.0007	0.9957
PRIN 23	0.042	0.004	0.0006	0.9963
PRIN 24	0.039	0.004	0.0006	0.9969
PRIN 25	0.035	0.005	0.0005	0.9975
PRIN 26	0.030	0.005	0.0005	0.9979
PRIN 27	0.025	0.007	0.0004	0.9983
PRIN 28	0.019	0.000	0.0003	0.9986
PRIN 29	0.018	0.003	0.0003	0.9989
PRIN 30	0.015	0.004	0.0002	0.9991
PRIN 31	0.011	0.002	0.0002	0.9993
PRIN 32	0.010	0.000	0.0001	0.9994
PRIN 33	0.009	0.001	0.0001	0.9995
PRIN 34	0.008	0.002	0.0001	0.9997
PRIN 35	0.006	0.001	0.0001	0.9998
PRIN 36	0.005	0.001	0.0001	0.9998
PRIN 37	0.004	0.001	0.0001	0.9999
PRIN 38	0.004	0.001	0.0001	1
PRIN 39	0.003	0.003	0	1

4.3.4 Dispersión de las poblaciones de *Vanilla planifolia*

La posición donde se ubican las poblaciones de vainilla de la región Huasteca, con respecto a los componentes principales 1, 2 y 3 ([Figura 4.11](#)), indica la variación en sus dimensiones, forma y tamaño de los labelos. Particularmente, se encuentran distribuidas

respecto al aumento o disminución de los valores de las variables que determinan a dichos componentes.

El componente principal 1 (PRIN 1) representado en el eje “Z”, mostró que las poblaciones con mayor longitud (B2, B5) y amplitud de sus aristas en los lóbulos en la parte proximal (hipoquilo) (B7, B10, C8, C10) y media del labelo (mesoquilo) (D8, D9), se encuentran en la región superior derecha con respecto al punto de origen, y las poblaciones con dimensiones más pequeñas se localizan en la región inferior izquierda ([Figura 4.11](#)). La población que presenta lóbulos más largos y extendidos en la región B, C y D es Tamala4; y la población con labelos más cortos y de menor extensión en estas regiones, es Tixcuayuca2. En particular, todas las poblaciones procedentes de los municipios de Aquismón (Jomté), Tampamolón Corona (El naranjo) y Huehuetlán (Alaquich1, Alaquich2, Alaquich3) exhiben labelos cortos en la parte proximal de la región B y una mayor reducción en los lóbulos de la región C y D, con respecto a las demás poblaciones. En cambio, las poblaciones de los municipios de Coxcatlán (Ejido Ajuatitla) y Axtla de Terrazas (Ejido Jalpilla) poseen lóbulos largos en la región B y amplios en la región C y D. Específicamente, las poblaciones de los municipios de Matlapa (Peña blanca comunidad, Tlajumpal, Barrio San Juan Tlajumpal, Tamala5, Chuichapa1, Chuichapa2, Barrio San José Tlajumpal, Tamala1, Tlacoahuque2: *coeficientes positivos*; La providencia1, Tepetzintla, Tamala2, La Providencia2, Tlacoahuque1, Tamala3, La providencia3: *coeficientes negativos*), Tamazunchale (Tixcuayuca5, Tixcuayuca4, Tixcuayuca3, Axhumol, Tixcuayuca1: *coeficientes positivos*; Monte Alegre, Tenexapa, Santiago, El platanito, Chapulhuacanito: *coeficientes negativos*), Tampacán (La ceiba: *coeficiente positivo*; Tampacán: *coeficiente negativo*) y Xilitla (Otlaxcuayo2: *coeficiente positivo*; La Herradura: *coeficiente negativo*) se ubican tanto en la parte superior derecha e inferior izquierda de la gráfica, es decir, existen poblaciones con labelos cortos y reducidos de la región B, C y D (*coeficiente positivo*), y labelos largos y amplios en los lóbulos B, C y D (*coeficiente negativo*) ([Tabla 4.8](#)).

Con respecto al componente principal 2 (PRIN 2) colocado en el eje “Y” ([Figura 4.11](#)), se ubican 19 poblaciones en la parte superior derecha respecto al origen 0, la cuales

presentan dimensiones mayores en la base y el largo del lóbulo de la parte media del labelo (mesoquilo) (F1, F2, F5, F6, F8, F9), y ofrecen una mayor amplitud del ángulo agudo (aD). Contrario a las poblaciones situadas en la parte inferior izquierda que expresan un menor tamaño en la base y el largo del lóbulo de la región F, y una disminución en la amplitud del ángulo de la región D (aD). La población que refiere un mayor tamaño en la forma de la región F y el ángulo aD es la providencia3, y la que tiende a disminuir es Tixcuayuca2. Todas las poblaciones del municipio de Xilitla (Otlaxcuayo1, Otlaxcuayo2, Peña Blanca Comunidad y La Herradura), Coxcatlán (Ejido Ajuatitla) y Tampacán (La ceiba y Tampacán) muestran un lóbulo apical grande en la región F y una amplitud extensa en el lóbulo lateral medio de la región D. Sin embargo, en las poblaciones de Axtla de Terrazas (Ejido Jalpilla), Aquismón (Jomté) y Tampamolón Corona (El Naranja) ocurre todo lo contrario, es decir, el tamaño del lóbulo apical de la región F es menor y la extensión del lóbulo lateral medio en la región D es más estrecha. Por su parte, las poblaciones de los municipios de Matlapa (La providencia1, La providencia2, Tlacoahuque2, Tamala2, Tamala4, Tamala3, Tlacoahuque1: *coeficientes positivos*; Barrio San José Tlajumpal, Tepetzintla, Cuichapa1, Tamala1, Cuichapa2, Barrio San Juan Tlajumpal, Tamala5, Tlajumpal: *coeficientes negativos*), Tamazunchale (Monte Alegre, El platanito, Chapulhuacanito: *coeficientes positivos*; Axhumol, Tixcuayuca5, Tixcuayuca1, Tixcuayuca4, Tixcuayuca3, Santiago, Tenexapa: *coeficientes negativos*) y Huehuetlán (Alaquich1: *coeficiente positivo*; Alaquich2, Alaquich3: *coeficientes negativos*) se posicionan tanto en el eje superior derecho, con lóbulos grandes y extensos en la región F y D (*coeficiente positivo*); como en el eje inferior izquierdo, con lóbulos que disminuyen su tamaño en la parte distal del labelo de la región F y la extensión de la parte media del labelo en la región D se reduce ([Tabla 4.8](#)).

El componente principal 3 (PRIN 3) representado en el eje “X” explica que las poblaciones con formas más redondeadas en los lóbulos basales (aB) y lóbulos laterales medios (aDE22, aDE55, aE) están situadas en la parte superior derecha respecto al punto de origen 0 ([Figura 4.11](#)). La población que presenta las formas más redondeadas en los lóbulos basales y laterales medios es Ejido Jalpilla, y la población que presenta

lóbulo no tan redondeados, sino más bien oblongos y alargados es Alaquich2. Para las poblaciones de los municipios de Tampamolón Corona (El naranjo), Tampacán (La ceiba y Tampacán), Coxcatlán (Ejido Ajuatitla) y Aquismón (Jomté) sus lóbulos son menos redondeados y ligeramente oblongos, en la parte proximal (hipoquilo) y distal del labelo (epiquilo). En cambio, las poblaciones de Xilitla (Otlaxcuayo2, La Herradura, Otlaxcuayo1 y Peña Blanca Comunidad) conservan lóbulos redondeados. También, destacan las poblaciones de Tamazunchale (Tixcuayuca2, El platanito, Chapulhuacanito, Tixcuayuca5, Tenexapa: *coeficiente positivo*; Monte Alegre, Tixcuayuca3, Tixcuayuca4, Santiago, Axhumol, Tixcuayuca1: *coeficiente negativo*), Matlapa (Cuichapa2, Tamala3, Tamala2, Tamala5, La Providencia1, Cuichapa1, La Providencia2, Tlajumpal, Tlacoahuaque2: *coeficiente positivo*; Barrio San Juan Tlajumpal, Tlacoahuaque1, La Providencia3, Tamala1, Tamala4, Tepetzintla, Barrio San José Tlajumpal: *coeficiente negativo*) y Huehuetlán (Alaquich3: *coeficiente positivo*; Alaquich1: *coeficiente negativo*) por mostrar una forma redondeada en los lóbulos apicales y laterales medios, cuando sus coeficientes son positivos; y las poblaciones con coeficiente negativos, indican la proporción en la que disminuye su forma redondeada y tienden a tener lóbulos más oblongos al aumentar su valor negativo (Tabla 4.8).

Tabla 4. 9. Valores propios de los componentes principales para las poblaciones de *Vanilla planifolia* en San Luis Potosí, México

Población	PRIN1	PRIN2	PRIN3
Tamala4	10.279	3.261	-1.264
Peña Blanca comunidad	8.714	1.725	0.747
Tixcuayuca5	8.561	-2.063	0.615
Tixcuayuca4	7.544	-3.046	-0.171
Tlajumpal	6.817	-4.851	0.893
Barrio San Juan Tlajumpal	6.627	-4.623	-0.048
Ejido Ajuatitla	5.600	4.491	-2.023
Tamala 5	5.486	-4.633	1.638
Cuichapa1	5.464	-1.393	1.207
Tixcuayuca3	4.993	-3.066	-0.170
Cuichapa2	4.478	-1.638	3.101
Otlaxcuayo2	2.638	4.303	3.319
Axhumol	2.628	-1.574	-1.200
Ejido Jalpilla	2.443	-1.943	3.739
Tixcuayuca1	2.077	-2.411	-2.838

Tabla 4. 8. Continuación

Población	PRIN1	PRIN2	PRIN3
La Ceiba	0.930	4.027	-0.442
Barrio San José Tlajumpal	0.857	-0.373	-4.000
Tamala1	0.505	-1.627	-1.073
Tlacoahuque2	0.476	3.774	0.040
Monte Alegre	-0.081	3.125	-0.089
La Providencia1	-0.413	5.102	1.350
Tepetzintla	-0.518	-0.858	-3.894
La Herradura	-0.619	1.281	2.038
Tamala2	-0.787	3.425	2.004
La Providencia2	-0.816	4.333	1.124
Jomté	-1.543	-2.347	-2.823
Tlacoahuque1	-1.858	1.667	-0.584
Tamala3	-2.183	2.099	2.938
Tenexapa	-2.344	-5.908	0.587
La Providencia3	-2.517	6.193	-0.917
El Naranjo	-2.728	-4.454	-0.107
Santiago	-3.946	-4.365	-0.613
Tampacán	-4.880	2.557	-0.803
Otlaxcuayo1	-5.793	4.532	1.542
Alaquich2	-6.057	-0.219	-9.855
El Platanito	-7.408	2.804	3.363
Chapulhuacanito	-8.024	0.578	1.333
Alaquich1	-8.116	0.913	-3.728
Alaquich3	-9.976	-0.796	1.355
Tixcuayuca2	-16.506	-8.004	3.708

4.3.5 Agrupamiento de la variación del labelo

Debido a que el análisis de componentes principales confirmó la separación de las poblaciones de *V. planifolia* en la Huasteca potosina, tal como se muestra en la [Figura 4.11](#), dicha especie muestra cinco asociaciones entre sus poblaciones ([Figura 4.12](#)).

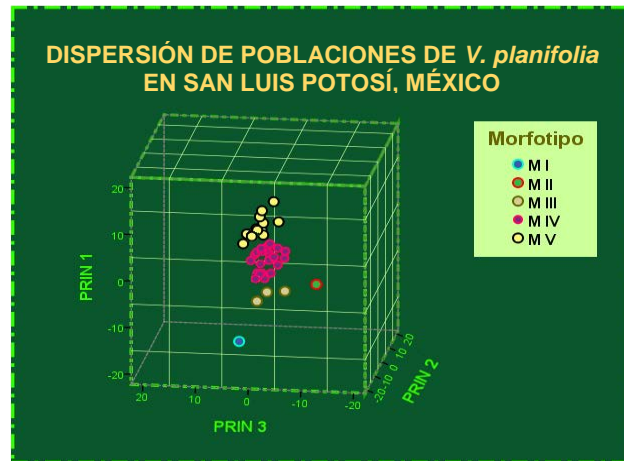


Figura 4. 12. Agrupación de las poblaciones de *Vanilla planifolia* en San Luis Potosí, México

En el dendrograma derivado del análisis de conglomerados ([Figura 4.13](#)), se puede observar que la población de Tixcuayuca2 se separa notablemente del resto del taxón, a una distancia euclidiana de 2.04; por lo que se conforman dos grupos en la bifurcación inicial (C1 y C2). El primer grupo (C1) es el consolidado por la población de Tixcuayuca2, que se caracteriza por tener los labelos en forma redondeada, con los lóbulos basales y lóbulos laterales medios más pequeños (ancho y longitud de la región B, D y F) y estrechos (definido por la rotación e inclinación de sus ángulos aB, aD, aDE22, aDE55, aE). Mientras, el otro grupo (C2) está definido por labelos más grandes, con una forma menos pronunciada y redondeada en sus lóbulos laterales medios.

En la segunda escisión, la población de Tixcuayuca2 está claramente conformada; pero el resto del taxón (C2) se ramifica en dos grupos a una distancia de 1.36, donde se diferencia notoriamente la población de Alaquich2 (C3) y el resto del grupo (C4); por lo que se forman tres grupos (C1, C3 y C4) ([Figura 4.13](#)). De esta manera, el segundo grupo (Alaquich2=C3) se caracteriza por poseer un lóbulo basal corto, un lóbulo lateral medio en forma alargada y oblonga, con una menor dimensión en su volumen; mientras, el otro grupo (C4) presenta mayor proporción en el tamaño de los lóbulos basales y medios, con una forma que tiende a ser de ovoide a redondeada.

En el tercer corte, la agrupación C4 se divide en dos conjuntos (C5 y C6), a una distancia de 1.12 para constituir cuatro grupos (C1, C3, C5 y C6) ([Figura 4.13](#)). Es decir, el cuarto grupo (C5) se distingue por presentar una mayor longitud en sus lóbulos basales y un incremento en el volumen de sus lóbulos, lo cual genera una forma casi redondeada en su labelo.

En el cuarto corte, la asociación C6 se separa en dos ramas y conforma el quinto grupo (C7), a una distancia euclidiana de 0.97 ([Figura 4.13](#)). Dicho grupo se distingue porque la forma de su labelo es ligeramente oblonga en su lóbulo basal y un poco redonda en su lóbulo lateral medio.

Finalmente, las 40 poblaciones de *V. planifolia* se asocian conforme al parecido en la forma de sus labelos, y la distancia entre estas es debido a la similitud que mantienen entre sí (afinidades biológicas del labelo). Es así que las agrupaciones formadas concuerdan con la dispersión de sus poblaciones mostradas en la [Figura 4.11](#) y [Figura 4.12](#), por eso se decidió fijar el corte del dendrograma a una distancia de 0.97. Además, dichas agrupaciones corresponden con el análisis de aglomeración de ambientes, expresado en el capítulo II.

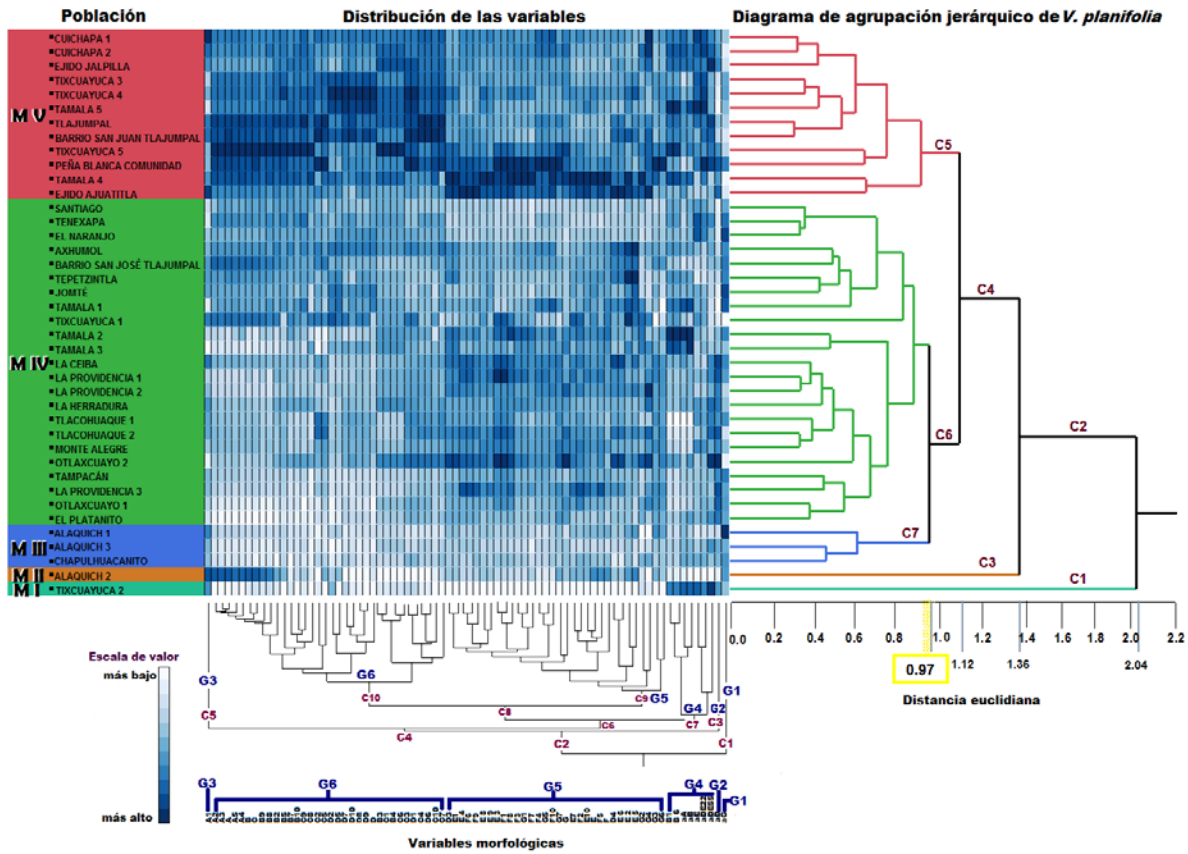


Figura 4. 13. Dendrograma de 40 poblaciones de *Vanilla planifolia* y 76 caracteres morfológicos, mediante la distancia euclidiana

En la [Figura 4.13](#), se aprecia la variación morfológica de *V. planifolia* en la Huasteca potosina, pues la distribución del cluster entre las variables de los caracteres morfológicos permite comprender la expresión de cada morfotipo. Además, evidencia la organización de cada uno de estos, conforme a la aglomeración de las variables morfológicas del labelo que definen los caracteres y representan la organización biológica en esta especie.

En el agrupamiento de las variables morfológicas expuestas en la [Figura 4.13](#), se observan dos grandes ramas hasta conformar cinco grupos. El primer grupo de variables (G1) está constituido por aG que determina la abertura de la cresta en el lóbulo de la parte distal del labelo. El segundo grupo de variables (G2) corresponde a aD que detalla la amplitud y volumen del lóbulo lateral medio en la región D. El tercer grupo de variables

(G3) se relaciona con A1 que define el tamaño de la base (ancho) en la región A. El cuarto grupo de variables (G4) está formado por B1, B6, aA, aB, aE, aDE22, aDE55; que precisan el ancho de la base de la región B, la amplitud de las regiones A, B, D y E y la forma de los lóbulos laterales medios en la región D y E. El quinto grupo (G5) está integrado por numerosas variables como E1, E2, E3, E4, E5, E6, E7, E8, E9, E10, E, F1, F2, F3, F4, F5, F6, F7, F8, F9, F10, F, G1, G2, G3, G4, G5, G6, G7, G; que puntualizan la base de cada lóbulo, los contornos y las dimensiones internas o aristas de la región E, F y G. El sexto grupo compuesto por A2, A3, A4, A5, A, B2, B3, B4, B5, B7, B8, B9, B10, B, C1, C2, C3, C4, C5, C6, C7, C8, C9, C10, C, D1, D2, D5, D6, D7, D8, D9, D10, D; involucra aquellas variables que especifican la longitud, el ancho y las aristas internas en la proporción de la forma del labelo para las regiones A, B y C; así como el tamaño de la base en la región C y D.

De manera que el comportamiento que tienen estas variables, influye en la expresión de cada morfotipo y, por ende, en la consolidación detallada de cinco grupos morfológicos diferentes de *V. planifolia* en la región Huasteca de San Luis Potosí, México. Por lo que los cinco morfotipos que alberga esta región no sólo evidencia la forma biológica de esta especie, sino la variación infraespecífica existente de esta orquídea en la Huasteca potosina.

4.3.6 Descripción de los morfotipos

De acuerdo con la forma en que se distribuyeron los caracteres morfológicos del labelo, la agrupación jerárquica de *V. planifolia* ([Figura 4.13](#)) señala la formación de cinco formas biológicas o morfotipos para esta especie. A continuación se describe cada uno de estos:

- ✚ **Morfotipo I** ([Figura 4.14a](#)): Está representado por la población de Tixcuayuca2 ([Figura 4.13](#)); se define porque su región G es muy corta ($G=1.41$) y presenta una separación relativamente amplia en el lóbulo apical de la base de la cresta ($aG=101.71$). Presenta un volumen amplio en el lóbulo lateral medio en la región D ($aD=56.89$). Tiene una base grande en la región A ($A1=2.24$) y la extensión de

esta región da una apariencia ancha ($aA=23.79$). La base de la región B es simétrica ($B1=2.17$, $B6=2.17$), muestra una dimensión amplia en los lóbulos de la región B ($aB=31.40$) y E ($aE=85.12$); y también, posee los lóbulos laterales medios más amplios ($aDE22=127.05$, $aDE55=124.19$) que le proporcionan una forma redondeada a sus lóbulos, sobre todo al lóbulo del lado izquierdo. Incluso, el lóbulo lateral medio del lado izquierdo (situado entre la región C y E) presenta una mayor longitud que el lado derecho ($D2=7.58$, $D5=6.88$). Este morfotipo refleja los valores más altos en la amplitud de los lóbulos basales y laterales, con respecto a los demás morfotipos, solo que el tamaño de sus lóbulos son pequeños (ancho) ([Anexo 4.2](#)).

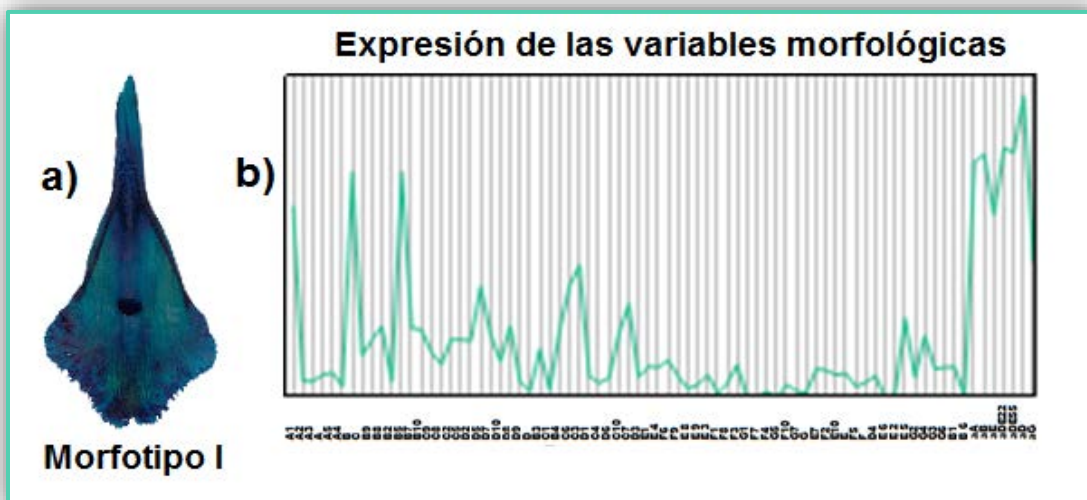


Figura 4. 14. Perfil de expresión de los caracteres morfológicos analizados en labels de *Vanilla planifolia* del estado de San Luis Potosí. **a)** Forma biológica del labelo, **b)** Comportamiento de las variables que describen al morfotipo I; la línea turquesa de la gráfica representan los valores de la población que lo conforma

- ✚ **Morfotipo II** ([Figura 4.15a](#)): Está representado por la población de Alaquich2 ([Figura 4.13](#)); destaca por mostrar una mayor distancia en el vértice del lóbulo apical de la región G ($aG=105.893$) comparado con el *morfotipo I* que rodea la base de la cresta del labelo. Posee el mayor tamaño de la base en la región A ($A1=2.48$), con respecto a los otros morfotipos (I, III, IV y V). El contorno ($E2=7.16$,

E5=7.19), la longitud (E=4.86) y extensión (E7=5.23, E10=5.21) del lóbulo medio en la región E es mayor al *morfotipo I*, y el lóbulo del lado derecho es un poco mayor que el izquierdo; así como la región F (F2=3.28, F5=3.45; F=2.97) donde el lóbulo del lado derecho es un poco más amplio. Sin duda, este morfotipo presenta los valores promedios más altos en los lóbulos de la región E y F, con respecto a los morfotipos I, III, IV y V ([Anexo 4.2](#)); aunque hay poblaciones contenidas en los demás morfotipos que llegan a tener valores propios más altos, como se observa en la [Figura 4.13](#). Es bastante grande la distancia entre las puntas del lóbulo apical de la región G (G3=5.03), y las dimensiones de sus vértices internos (G6=3.04, G7=3.26) revelan una mayor holgura comparado con el *morfotipo I*, al igual que la longitud de este lóbulo (G=1.91). Además, tiene la parte basal del labelo más alargada a comparación de los demás morfotipos (A2=16.69, A3=, 16.70, A4=16.95, A5=16.84, A=16.69). Por su parte, la longitud (B=8.35), el contorno (B2=8.94, B5=8.93) y la extensión (B8=8.52, B9=8.53) del lóbulo basal en la región B, son mayores al *morfotipo I*. Incluso, este morfotipo tiene la región C más prolongada comparada con los otros morfotipos (C=8.36); y el lóbulo basal del lado derecho (C5=9.05) es más grande que el lado izquierdo (C2=8.33), el cual representa el menor tamaño de todos los morfotipos. Finalmente, las dimensiones del contorno de la región (D2=7.42, D5=7.54) son similares y constantes entre sí, lo cual las diferencia del resto de los morfotipos. La forma en el contorno de su lóbulo lateral medio es oblonga, por lo que este morfotipo se caracteriza por ser un labelo alargado y estilizado.

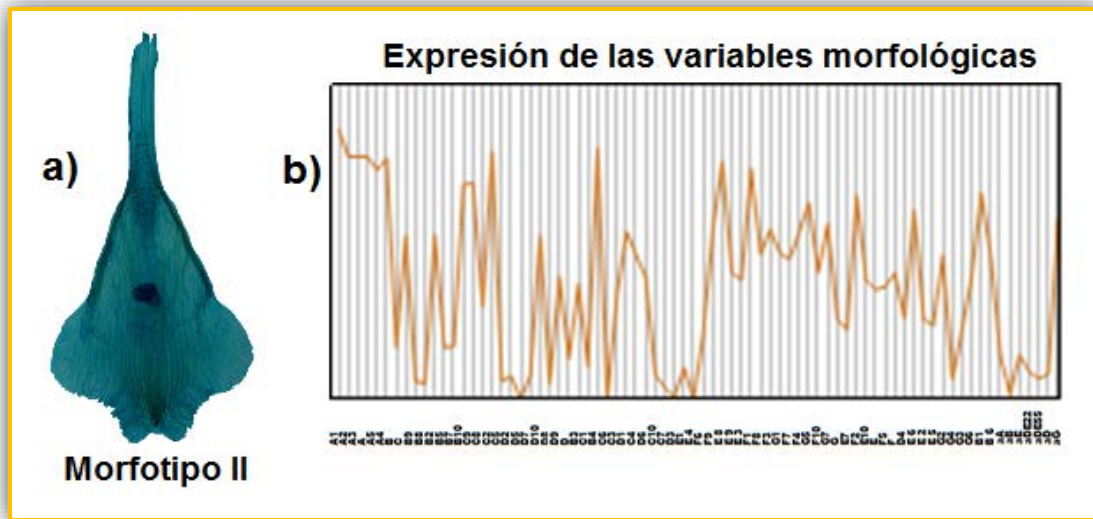


Figura 4. 15. Perfil de expresión de los caracteres morfológicos analizados en labels de *Vanilla planifolia* del estado de San Luis Potosí. **a)** Forma biológica del labelo, **b)** Comportamiento de las variables que describen al morfotipo II; la línea café-naranja de la gráfica representan los valores de la población que lo conforma

- ✚ **Morfotipo III** ([Figura 4.16a](#)): Está constituido por tres poblaciones ([Figura 4.13](#)); se caracteriza porque su lóbulo apical en la región G ($aG=105.231$) presenta una mayor separación con respecto a los valores promedios de los morfotipos I, II, IV y V. Presenta poca amplitud en el volumen del lóbulo lateral medio en la región D ($aD=54.97$); aunque su amplitud es ligeramente mayor que en el *morfotipo II*, sus dimensiones son menores que los *morfotipos I, IV y V*. Muestra dimensiones pequeñas en la parte basal de la región A ($A1=2.15$) y supera el tamaño del *morfotipo IV*, pero no el de los *morfotipos I, II y V*. Asimismo, la región A muestra una extensión considerable en su parte basal ($aA=21.75$), mayor a los *morfotipos II y IV*, y menor al *morfotipo I y V*. En la región B ($aB=27.64$) y E ($aE=78.58$), la extensión o estiramiento de sus lóbulos supera el alargamiento del *morfotipo II*; pero no el de los *morfotipos I, IV y V*. En la región D y E, el estiramiento del contorno de los lóbulos laterales medios ($aDE22=117.27$, $aDE55=117.38$) le brinda una forma un poco redondeada (aunque disminuye un poco en una de las poblaciones que conforma este morfotipo: Alaquich1); pero no completamente

redonda como en el *morfotipo I*, ni en los *morfotipos VI* y *V*. El tamaño de la región E es relativamente pequeña ($E_2=6.82$, $E_5=6.67$, $E=4.41$), al igual que la extensión de su lóbulo lateral medio ($E_7=4.96$, $E_{10}=5.03$) comparado con los *morfotipos II*, *IV* y *V*; aunque tiene dimensiones mayores que el *morfotipo I*. También, la longitud del lóbulo apical en la región F ($F_2=3.13$, $F_5=3.11$, $F=2.70$); y la prolongación de la región G ($G=1.84$), así como la distancia entre las puntas de su lóbulo apical ($G_3=4.95$) y la extensión de sus puntas es relativamente pequeña, como en el patrón de tamaño de la región E ([Anexo 4.2](#)). En general, los lóbulos de la región E, F y G son los más representativos para este morfotipo ([Figura 4.13](#)).

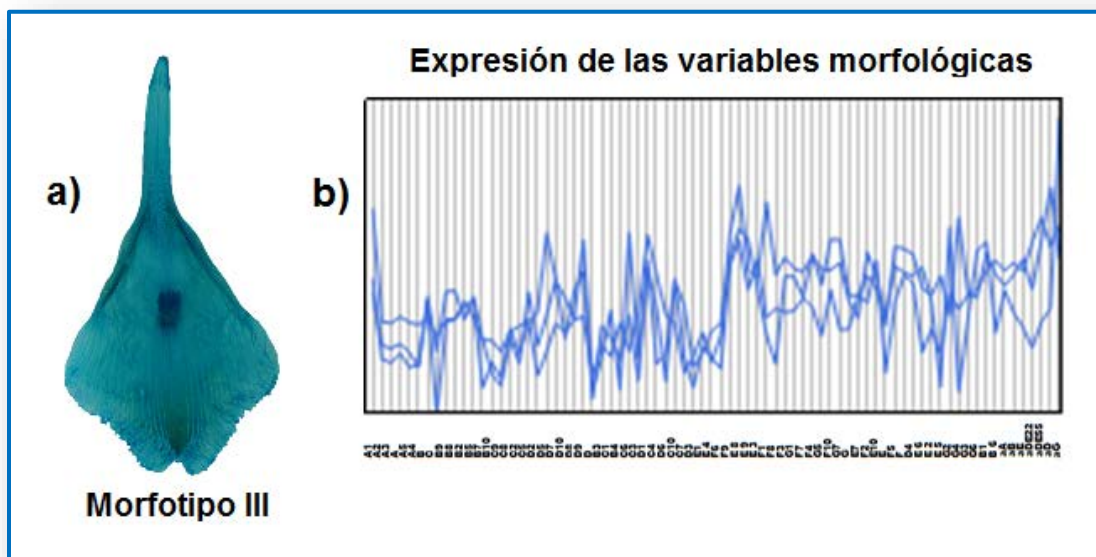


Figura 4. 16. Perfil de expresión de los caracteres morfológicos analizados en labels de *Vanilla planifolia* del estado de San Luis Potosí. **a)** Forma biológica del labelo, **b)** Comportamiento de las variables que describen al morfotipo III; las líneas azules de la gráfica representan los valores de cada una de las poblaciones que lo conforman

- ✚ **Morfotipo IV** ([Figura 4.17a](#)): Está compuesto por 23 poblaciones ([Figura 4.13](#)); se distingue porque la abertura de la cresta en el lóbulo apical de la región G ($aG=105.23$) es amplia. Presenta las mayores dimensiones en la amplitud del lóbulo lateral medio en la región D ($aD=56.23$), según los valores promedio para este morfotipo ([Anexo 4.2](#)); aunque dentro de este morfotipo se observan dos

patrones para esta región, y las regiones A, B y C (valores altos: lóbulos amplios, y valores bajos: lóbulos de menores dimensiones, con respecto al valor promedio) ([Figura 4.13](#)). Posee la base más angosta de la región A ($A_1=2.04$) con respecto al resto de los morfotipos, y la amplitud de esta región ($a_A=21.58$) es mayor a los morfotipos *II* y *III*. Su lóbulo basal es ancho y simétrico ($a_B=28.16$, B_1 y $B_6=1.99$). En lo que respecta a la región A ($A_2=15.81$, $A_3=15.80$, $A_4=16.12$, $A_5=16.03$, $A=15.79$) y B ($B_2=8.80$, $B_5=8.87$, $B_7=9.85$, $B_8=8.17$, $B_9=8.13$, $B_{10}=9.95$, $B=7.90$) sus dimensiones son mayores al morfotipo *I* y *III*, pero menores al morfotipo *II* y *V*. La región C ($C_1=5.99$, $C_2=8.92$, $C_5=8.98$, $C_6=5.99$, $C_7=12.75$, $C_8=10.01$, $C_9=9.79$, $C_{10}=12.89$, $C=7.89$) y D ($D_1=10.37$, $D_2=7.54$, $D_5=7.57$, $D_6=10.13$, $D_7=9.66$, $D_8=8.34$, $D_9=8.30$, $D_{10}=9.55$, $D=7.29$) es mayor a los morfotipos *I*, *II*, y *III*, pero menor al morfotipo *V*. Su región E muestra una base más ancha ($E_1=11.74$, $E_6=11.69$) con respecto al morfotipo *I*, *II* y *III*, pero más reducida comparada con el morfotipo *V*; una longitud larga ($E=4.66$) que es mayor al morfotipo *I*, *II* y *III*, y menor al morfotipo *V*; una similitud en las proporciones del contorno del lóbulo lateral medio ($E_2=7.08$, $E_5=7.05$), las cuales son mayores al morfotipo *I* y *III*, pero menores al morfotipo *II* y *V*; y la extensión de sus lóbulos ($E_7=5.33$, $E_8=6.12$, $E_9=6.09$, $E_{10}=5.31$) es alargada comparada con el morfotipo *I*, *II* y *III*, pero su tamaño se ve reducido con respecto al morfotipo *V*. La región F es proporcional en su base ($F_1=6.52$, $F_6=6.46$), su contorno es amplio ($F_2=3.35$, $F_5=3.30$) y la extensión de su lóbulo ($F_7=5.59$, $F_8=7.09$, $F_9=7.03$, $F_{10}=5.57$) es prologado; por lo que presenta dimensiones mayores al morfotipo *I*, *II* y *III*, pero menores al morfotipo *V*; aunque la longitud de esta región ($F=2.84$) es menor al morfotipo *II* y *V*. Toda la región G ($G_1=4.81$, $G_2=3.01$, $G_3=5.08$, $G_4=3.12$, $G_5=4.82$, $G_6=3.19$, $G_7=3.23$, $G=2.04$) muestra dimensiones mayores al morfotipo *I*, *III* y *III* ([Anexo 4.2](#)).

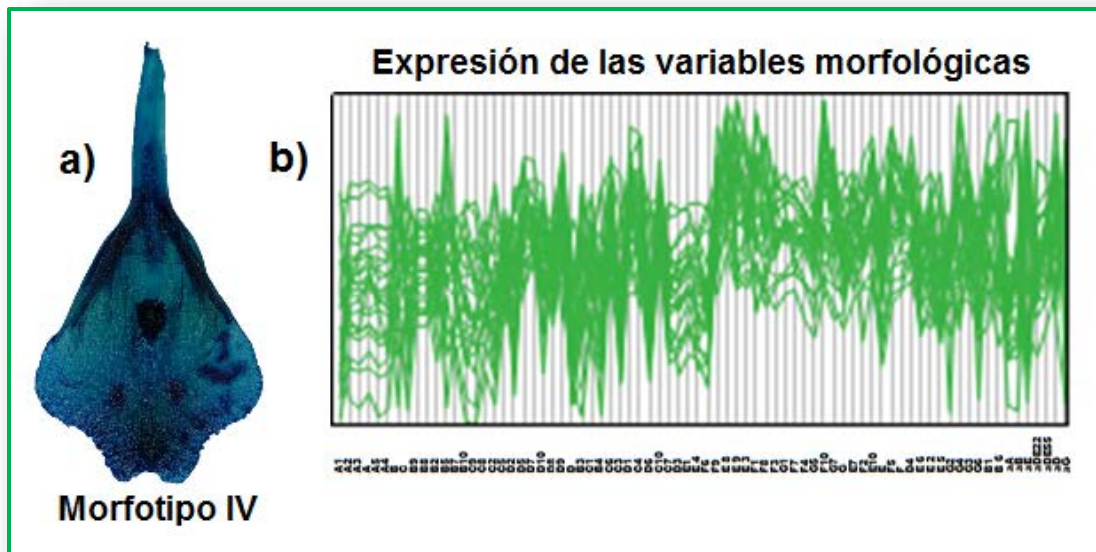


Figura 4. 17. Perfil de expresión de los caracteres morfológicos analizados en labels de *Vanilla planifolia* del estado de San Luis Potosí. **a)** Forma biológica del labelo, **b)** Comportamiento de las variables que describen al morfotipo IV; las líneas verdes de la gráfica representan los valores de cada una de sus poblaciones que lo conforman

- ✚ **Morfotipo V** ([Figura 4.18a](#)): Está integrado por 12 poblaciones ([Figura 4.13](#)); se define porque presenta una abertura mínima en el lóbulo apical de la región G ($aG=99.66$), es decir, las puntas de sus lóbulos están muy cercanas entre sí. El lóbulo lateral medio de la región D es ligeramente amplio ($aD=55.76$), por lo que la forma de su lóbulo es redondeado y muy semejante en ambos lados ($ADE22=124.58$, $ADE55=125.78$). Todas sus demás regiones A, B, C, D, E, F y G presentan las mayores dimensiones en cuanto a la prolongación y extensión o estiramiento de sus lóbulos ([Anexo 4.2](#)). De manera que este es el morfotipo con el labelo más grande, más ancho y con los lóbulos más extendidos.

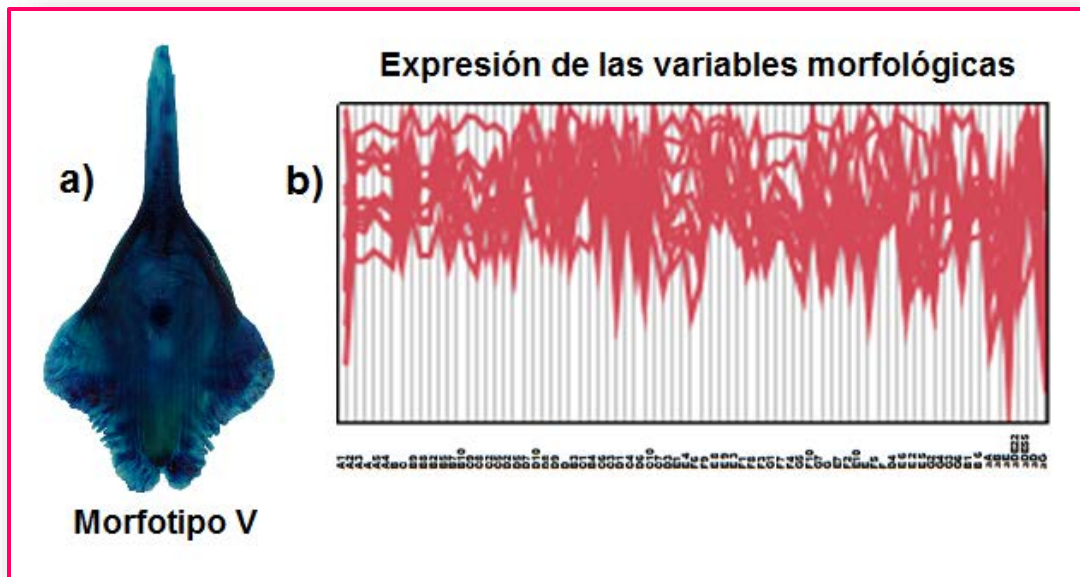


Figura 4. 18. Perfil de expresión de los caracteres morfológicos analizados en labels de *Vanilla planifolia* del estado de San Luis Potosí. **a)** Forma biológica del labelo, **b)** Comportamiento de las variables que describen al morfotipo V; las líneas rojas de la gráfica representan los valores de cada una de sus poblaciones que lo conforman

Finalmente, en la [Figura 4.19](#) se muestran los morfotipos de la región Huasteca de San Luis Potosí, México, conforme al análisis de conglomerado referido en esta investigación, donde se visualizan las diferencias morfológicas que presenta cada labelo. Así como la complejidad de organización que tiene esta especie, en función de las características propias de cada morfotipo que los hacen únicos y diferentes, es decir, la autorganización que tiene esta especie le permite generar su propia variación infraespecífica y sobrevivir en la región de la Huasteca Potosina, México.

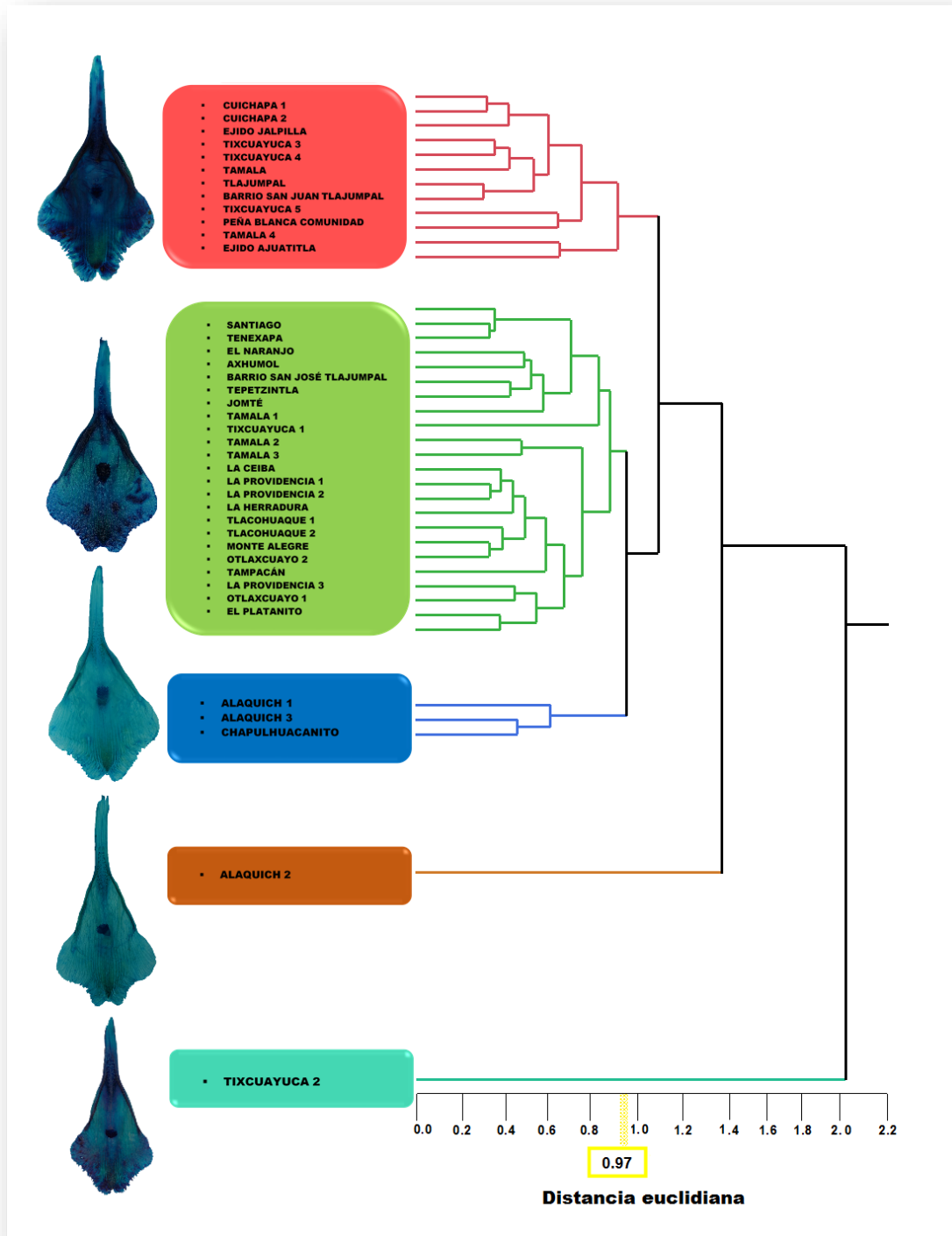


Figura 4. 19. Morfotipos expresados en el dendrograma de 40 poblaciones de *Vanilla planifolia* en el estado de San Luis Potosí, México

4.3.7 Distribución geográfica y ambiental de los morfotipos

El morfotipo I está ubicado al sur del municipio de Tamazunchale. El morfotipo II se restringe al occidente del municipio de Huehuetlán. El morfotipo III se encuentra al occidente de Huehuetlán y es distintivo del sureste de Tamazunchale. El morfotipo IV corresponde a diversos municipios como Aquismón, Xilitla, Tampamolón Corona, Tampacán, Matlapa y Tamazunchale. Mientras, el morfotipo V se concentra en el municipio de Matlapa y es representativo del centro de Coxcatlán; también, está presente al sur de Tamazunchale y al sur de Xilitla. El municipio de Tamazunchale alberga al morfotipo I y poblaciones de los morfotipos II y III. Mientras, Matlapa destaca por tener el mayor número de poblaciones del morfotipo IV y V. (Figura 4.20).

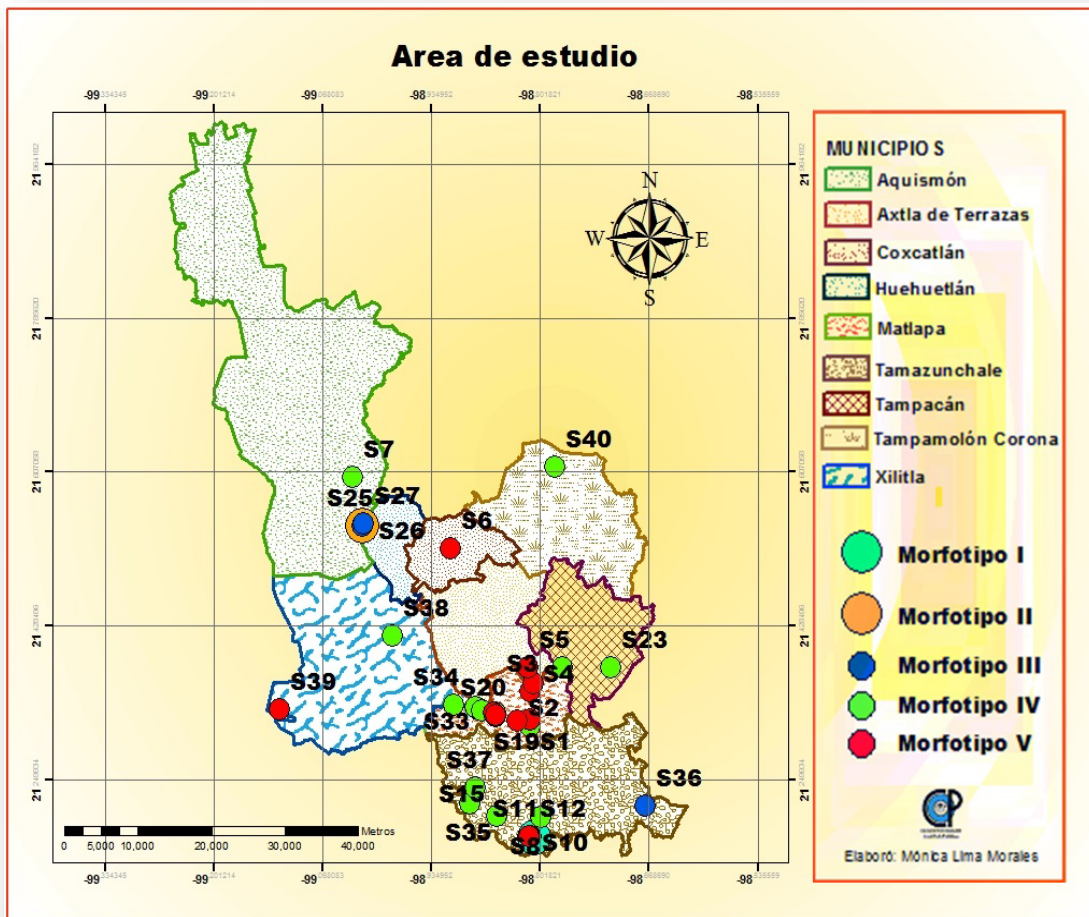


Figura 4. 20. Distribución geográfica de los morfotipos de *Vanilla planifolia* en la región Huasteca del estado de San Luis Potosí, México

La zona de distribución de los morfotipos se acota a dos tipos de régimen de humedad del suelo. El morfotipo I se ubica en el régimen údico con 330 a 365 días de humedad, por lo que requiere una mayor humedad y una precipitación bien distribuida, con suficiente lluvia en verano. Los morfotipos II y III sólo se presentan en un régimen údico con 270 a 330 días de humedad, y se acotan a regímenes con mayor evaporación en el período de lluvias de verano. El morfotipo IV sobresale en el régimen údico con 300 a 365 días; empero, también, se puede observar en el régimen údico con 270 a 330 días de humedad (Tabla 4.9 y Figura 4.21). Principalmente, el morfotipo V se distribuye en el régimen údico con 330 a 365 días de humedad (Tabla 4.9 y Figura 4.21), que influye en la conglomeración dentro de un grupo de este morfotipo (Figura 4.13); aunque, también se encuentra desplazado en el régimen údico con 270 a 330 días de humedad (Tabla 4.9 y Figura 4.21), que coincide con la aglomeración de dos grupos de dicho taxón (Figura 4.13).

Tabla 4. 10. Período de humedad del suelo que presentan los morfotipos de *Vanilla planifolia* en la región Huasteca de San Luis Potosí, México

Morfotipo	Tipo de Régimen de Humedad del Suelo	Poblaciones	Clave de la población
Morfotipo I	Údico con 330 a 365 días de humedad	Tixcuayuca2	S9
Morfotipo II	Údico con 270 a 330 días de humedad	Alaquich2	S26
Morfotipo III	Údico con 270 a 330 días de humedad	Alaquich1 Alaquich3 Chapulhuacanito	S25 S27 S36
Morfotipo IV	Údico con 270 a 330 días de humedad	Jomté La Ceiba Tampacán El Naranjo	S7 S23 S24 S40
	Údico con 330 a 365 días de humedad	Tixcuayuca1 Santiago Tenexapa Axhumol Tamala1 Tamala2	S8 S13 S14 S15 S16 S17

Tabla 4. 9. Continuación

Morfotipo	Tipo de Régimen de Humedad del Suelo	Poblaciones	Clave de la población
Morfotipo IV	Údico con 330 a 365 días de humedad	Tamala3	S18
		Tepetzintla	S21
		Barrio San José Tlajumpal	S22
		La Providencia1	S28
		La Providencia2	S29
		Otlaxcuayo1	S30
		Otlaxcuayo2	S31
		La Providencia3	S32
		Tlacoehuaque1	S33
		Tlacoehuaque2	S34
		El platanito	S35
		Monte Alegre	S37
		La Herradura	S38
Morfotipo V	Údico con 270 a 330 días de humedad	Tlajumpal	S3
		Barrio San Juan Tlajumpal	S4
		Ejido Jalpilla	S5
		Ejido Ajuatitla	S6
		Peña Blanca Comunidad	S39
	Údico con 330 a 365 días de humedad	Cuichapa1	S1
		Cuichapa2	S2
		Tixcuayuca3	S10
		Tixcuayuca4	S11
		Tixcuayuca5	S12
	Tamala4	S19	
	Tamala5	S20	

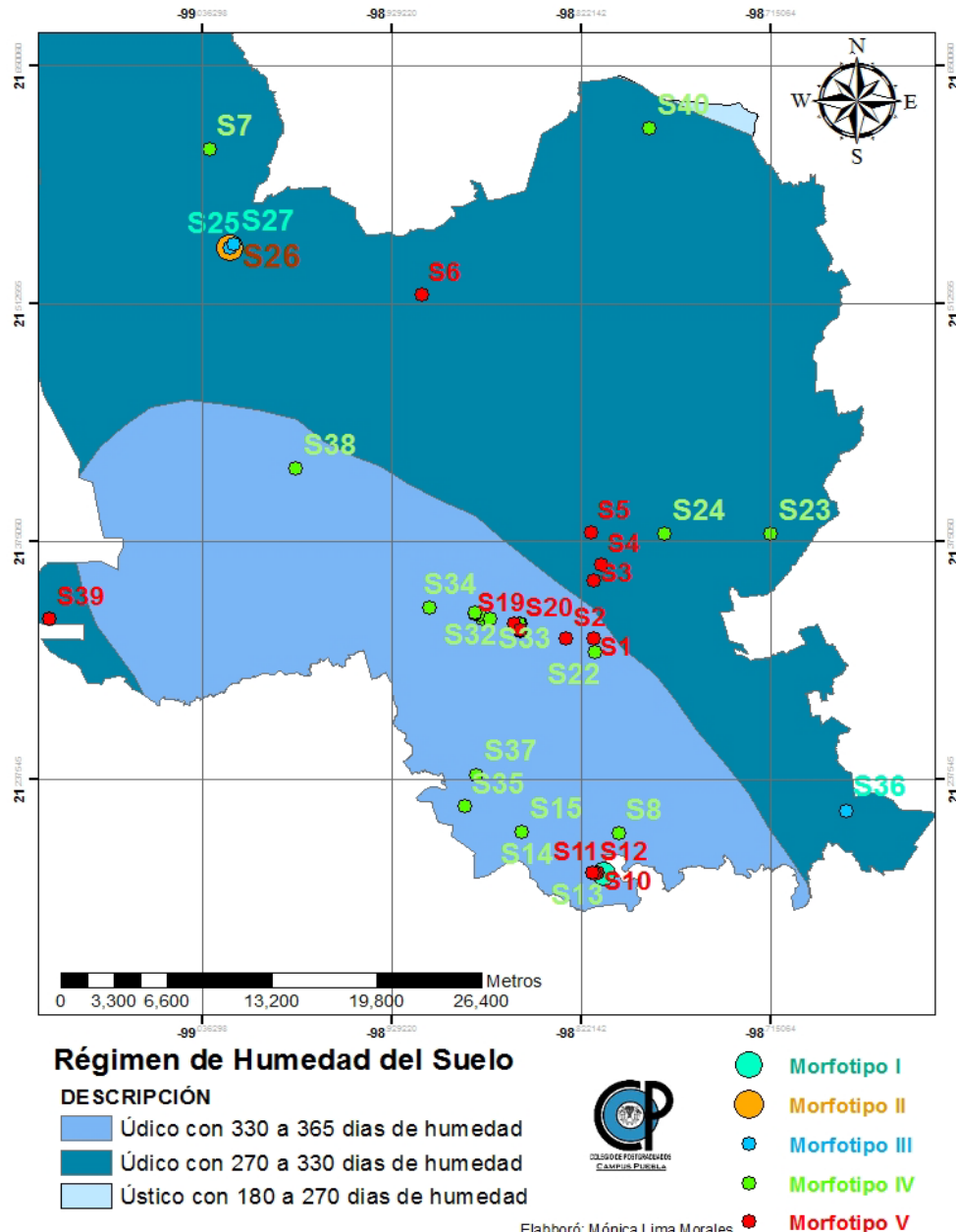


Figura 4. 21. Distribución de los cinco morfotipos de *Vanilla planifolia* respecto al régimen de humedad del suelo en la región Huasteca de San Luis Potosí, México

En lo que respecta a los morfotipos I, II y III están en un clima cálido húmedo A(f). El morfotipo IV es el más cosmopolita, pues se puede encontrar en climas cálidos húmedos como A(f), Am y Am(f); climas semicálidos como (A)C(fm) y climas cálidos subhúmedos como Aw2. El morfotipo V corresponde a climas cálidos como A(f), Am y semicálidos subhúmedos como (A)C(w2) (Tabla 4.10). Sin duda, todos los morfotipos comparten el clima cálido húmedo A(f) (Figura 4.22).

Tabla 4. 11. Tipo de clima donde se ubican los morfotipos de *Vanilla planifolia* en la región Huasteca de San Luis Potosí, México

Morfotipo	Tipo de clima	Descripción del clima	Población	Clave de la población
Morfotipo I	A (f)	Cálido húmedo, temperatura media anual mayor a 22°C y temperatura del mes más frío de 18°C. Precipitación del mes más seco mayor a 40 mm; lluvias entre verano e invierno mayores al 18% anual.	Tixcuayuca2	S9
Morfotipo II	A (f)		Alaquich2	S26
Morfotipo III	A (f)		Alaquich1	S25
			Alaquich3 Chapulhuacanito	S27 S36
Morfotipo IV	A (f)	Jomté	S7	
		Tixcuayuca1	S8	
		Santiago	S13	
		Tamala1	S16	
		Tamala2	S17	
		Tamala3	S18	
		Tepetzintla	S21	
		La Providencia1	S28	
		La Providencia2	S29	
		Otlaxcuayo1	S30	
		Otlaxcuayo2	S31	
		La Providencia3	S32	
		Tlacoahuaque1	S33	
Tlacoahuaque2	S34			
Monte Alegre	S37			
La Herradura	S38			
Morfotipo IV	(A)C(fm)	Semicálido húmedo del grupo C, temperatura media anual mayor de 18°C, temperatura del mes más frío menor de 18°C, temperatura del mes más caliente 22°C. Precipitación del mes más seco mayor a 40 mm; lluvias entre verano e invierno y porcentaje de lluvia invernal menor al 18% del total anual.	Tenexapa Axhumol	S14 S15

Tabla 4. 10. Continuación

Morfotipo	Tipo de clima	Descripción del clima	Población	Clave de la población
Morfotipo IV	Am	Cálido húmedo, temperatura media anual mayor d 22°C y temperatura del mes más frío mayor de 18°C. Precipitación del mes más seco menor de 60 mm; lluvias de verano y porcentaje de precipitación invernal del 5% al 10.2% del total anual.	El platanito	S35
	Am(f)	Cálido húmedo, temperatura media anual mayor de 22°C temperatura del mes más frío mayor de 18°C. Precipitación del mes más seco menor de 60 mm; lluvias de verano y porcentaje de lluvia invernal mayor al 10.2% del total anual.	San José Tlajumpal La Ceiba Tampacán	S22 S23 S24
	Aw2	Cálido subhúmedo, temperatura media anual mayor de 22°C y temperatura del mes más frío mayor de 18°C. Precipitación de mes más seco entre 0 y 60 mm; lluvias de verano con índice P/T mayor de 55.3 y porcentaje de lluvia invernal del 5 al 10.2% del total anual.	El naranjo	S40

Tabla 4. 10. Continuación

Morfotipo	Tipo de clima	Descripción del clima	Población	Clave de la población
Morfotipo V	A(f)	Cálido húmedo, temperatura media anual mayor de 22°C y temperatura del mes más frío de 18°C. Precipitación del mes más seco mayor a 40 mm; lluvias entre verano e invierno mayores al 18% anual.	Cuichapa2 Tixcuayuca3 Tixcuayuca4 Tixcuayuca5 Tamala4 Tamala5	S2 S10 S11 S12 S19 S20
	Am(f)	Cálido húmedo, temperatura media anual mayor de 22°C y temperatura del mes más frío mayor de 18°C. Precipitación del mes más seco menor de 60 mm; lluvias de verano y porcentaje de lluvia invernal mayor al 10.2% del total anual.	Cuichapa1 Tlajumpal San Juan Tlajumpal Ejido Jalpilla Ejido Ajuatitla	S1 S3 S4 S5 S6
	(A)C(w2)	Semicálido subhúmedo del grupo C, temperatura media anual mayor de 18°C, temperatura del mes más frío menor de 18°C, temperatura del mes más caliente mayor de 22° C. Precipitación del mes más seco menor a 40 mm: lluvias de verano con índice P/T mayor de 55 y porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10.2% del total anual.	Peña Blanca Comunidad	S39

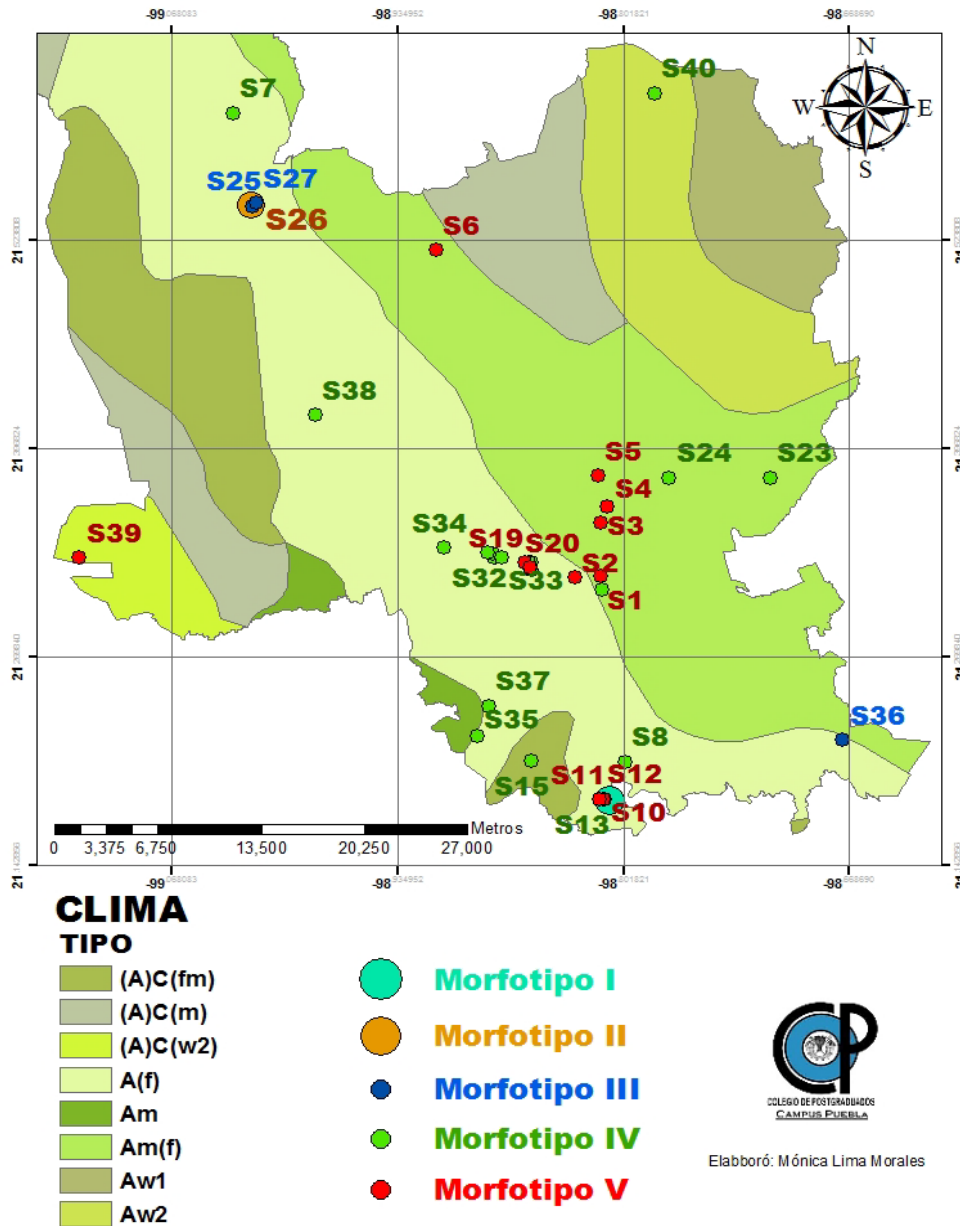


Figura 4. 22. Ubicación espacial de los cinco morfotipos de *Vanilla planifolia* con relación al clima de la región Huasteca de San Luis Potosí, México

Los morfotipos I, II y III están ubicados totalmente en suelos agrícolas. Mientras el morfotipo IV está presente tanto en suelos agrícolas, como en bosque de latifoliadas caducifolio templado o subpolar y bosque de latifoliadas perennifolio tropical o subtropical. De manera semejante, el morfotipo V se localiza en suelos agrícolas y bosques de latifoliadas perennifolio tropical o subtropical, así como en bosque mixto (Tabla 4.11 y Figura 4.23).

Tabla 4. 12. Vegetación y uso de suelo donde se localizan los morfotipos de *Vanilla planifolia* en la Huasteca potosina

Morfotipo	Tipo de vegetación y uso de suelo	Población	Clave de la población
Morfotipo I	Suelo agrícola	Tixcuayuca2	S9
Morfotipo II	Suelo agrícola	Alaquich2	S26
Morfotipo III	Suelo agrícola	Alaquich1	S25
		Alaquich3	S27
		Chapulhuacanito	S36
Morfotipo IV	Bosque de latifoliadas caducifolio templado o subpolar	El Platanito	S35
		Bosque de latifoliadas perennifolio tropical o subtropical	Jomté
	Tixcuayuca1		S8
	Tamala1		S16
	Tamala2		S17
	Tamala3		S18
	Tepetzintla		S21
	Barrio San José Tlajumpal		S22
	La Providencia1		S28
	La Providencia2		S29
	Otlaxcuayo1		S30
	Otlaxcuayo2		S31
	La Providencia3		S32
	Tlacoahuaque1		S33
	La Herradura		S38
	Suelo agrícola		Santiago
		Tenexapa	S14
Axhumol		S15	
La Ceiba		S23	
Tampacán		S24	
Tlacoahuaque2		S34	
Monte Alegre		S37	
El Naranjo		S40	
Morfotipo V	Bosque de latifoliadas perennifolio tropical o subtropical	Tlajumpal	S3
		Tamala4	S19
		Tamala5	S20
	Bosque Mixto	Peña Blanca Comunidad	S39
	Suelo Agrícola	Cuichapa1	S1
		Cuichapa2	S2
		Barrio San Juan Tlajumpal	S4
		Ejido Jalpilla	S5
		Ejido Ajuatitla	S6
Tixcuayuca 3		S10	
Tixcuayuca 4		S11	
Tixcuayuca 5	S12		

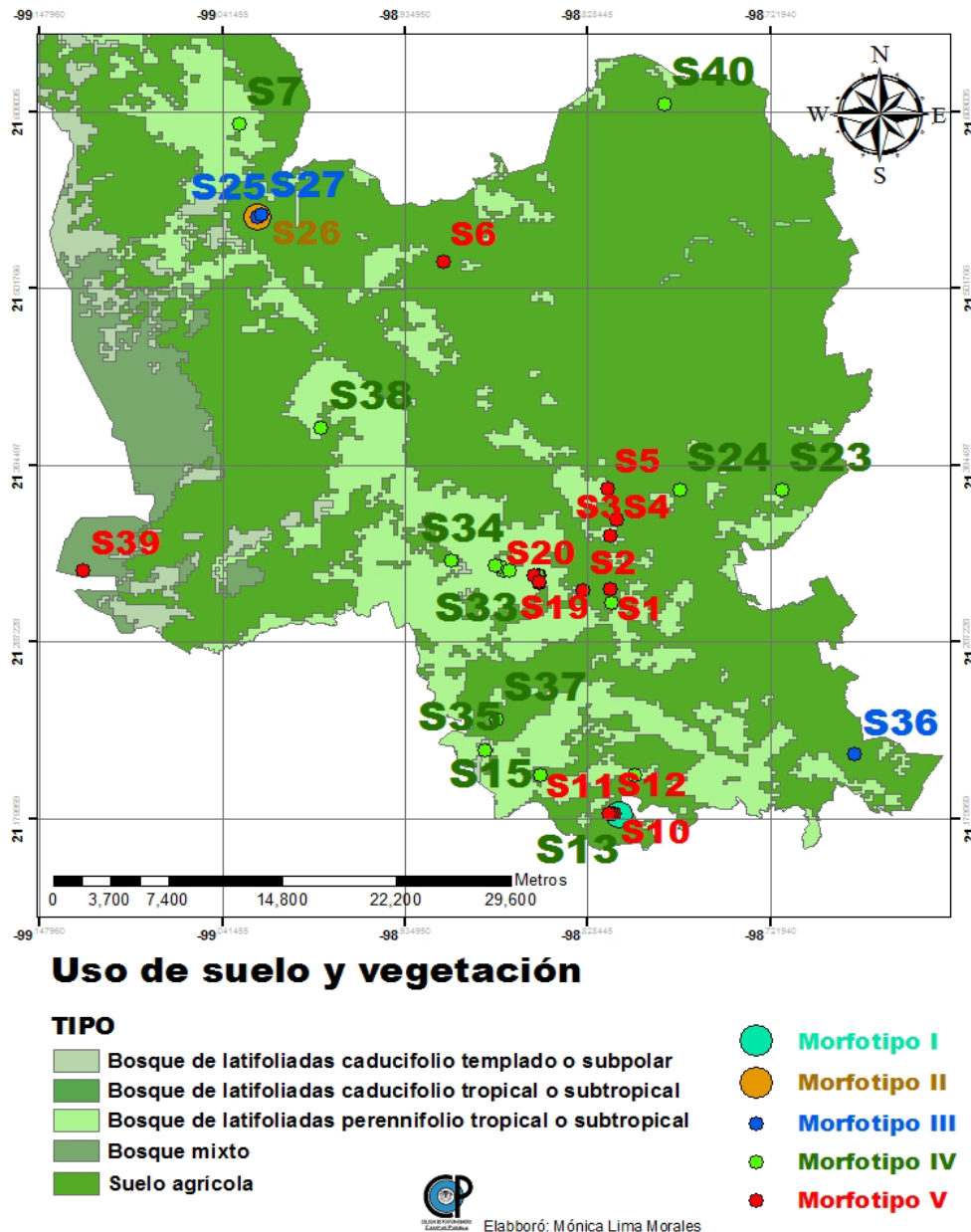


Figura 4. 23. Distribución de los cinco morfotipos de *Vanilla planifolia* con relación al uso de suelo y vegetación en la región Huasteca de San Luis Potosí, México

Todos los morfotipos se ubican en un suelo tipo Rendzina, por poseer una capa superficial abundante en materia orgánica; aunque los morfotipos IV y V no sólo se restringen a este tipo de suelo, sino ambos presentan un suelo tipo Litosol (muy característico de las serranías, con uso forestal). Además, el morfotipo IV puede existir en suelos de tipo Fluvisol Calcárico, que contienen una gran disposición de nutrientes (Tabla 4.12 y Figura 4.24).

Tabla 4. 13. Suelos característicos donde se ubican los morfotipos de *Vanilla planifolia* en la región Huasteca del estado de San Luís Potosí, México

Morfotipo	Tipo de Suelo	Población	Clave de la población
Morfotipo I	Rendzina	Tixcuayuca2	S9
Morfotipo II	Rendzina	Alaquich2	S26
Morfotipo III	Rendzina	Alaquich1	S25
		Alaquich3	S27
		Chapulhuacanito	S36
Morfotipo IV	Rendzina	Tixcuayuca	S8
		Santiago	S13
		Tenexapa	S14
		Axhumol	S15
		Tamala1	S16
		Tamala2	S17
		Tamala3	S18
		Tepetzintla	S21
		Barrio San José Tlajumpal	S22
		La Ceiba	S23
		La Providencia1	S28
		La Providencia2	S29
		Otlaxcuayo1	S30
		Otlaxcuayo2	S31
		La Providencia3	S32
		Tlacoehuaque1	S33
		Tlacoehuaque2	S34
El Platanito	S35		
Monte Alegre	S37		
El Naranjo	S40		
Morfotipo IV	Fluvisol Calcárico	Tampacán	S24
	Litosol	Jomté	S7
Morfotipo V	Rendzina	La Herradura	S38
		Cuichapa1	S1
		Cuichapa2	S2
		Tlajumpal	S3
		Barrio San Juan Tlajumpal	S4
		Ejido Jalpilla	S5
		Ejido Ajuatitla	S6
		Tixcuayuca3	S10
		Tixcuayuca4	S11
		Tixcuayuca5	S12
		Tamala4	S19
Tamala5	S20		
Morfotipo V	Litosol	Peña Blanca Comunidad	S39

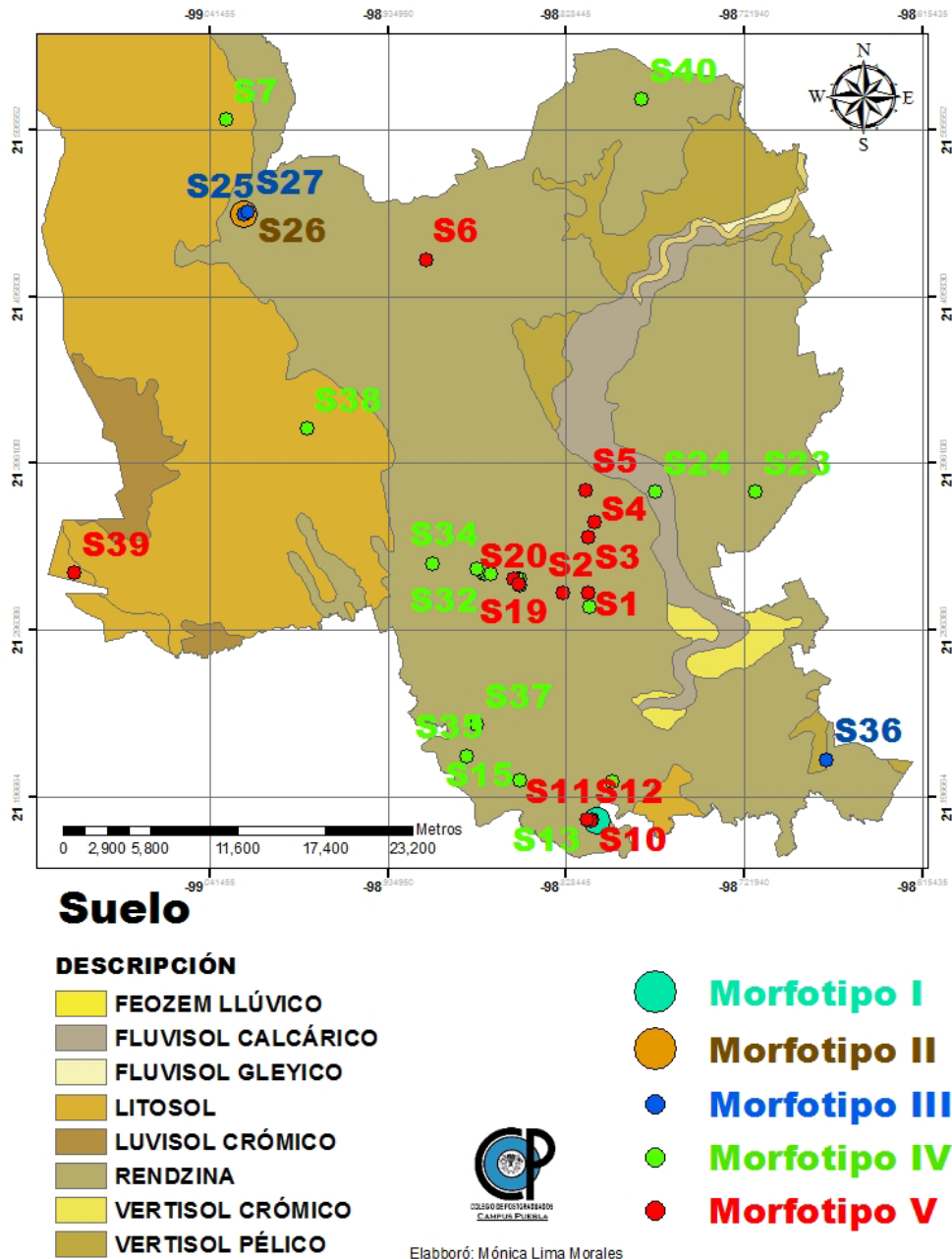


Figura 4. 24. Suelo característico donde se distribuyen los cinco morfotipos de *Vanilla planifolia* en la zona de estudio

El morfotipo I se encuentra en valles montañosos a los 401 msnm. El morfotipo II está al pie de una superficie montañosa, a los 201 msnm. El morfotipo III se ubica en zonas montañosas y lomeríos, entre 201 y 401 msnm. El morfotipo IV está principalmente en área de montañas, lomeríos y planicies; entre los 201 y 801 msnm ([Tabla 4.13](#) y [Figura 4.25](#)).

Tabla 4. 14. Características del relieve donde se ubican los morfotipos de *Vanilla planifolia* en la Huasteca potosina

Morfotipo	Tipo de relieve	Curvas de nivel (msnm)	Población	Clave de la población	
Morfotipo I	Valles montañosos	401	Tixcuayuca2	S9	
Morfotipo II	Montañas	201	Alaquich2	S26	
Morfotipo III	Montañas	401	Alaquich1	S25	
		401	Alaquich3	S27	
	Lomeríos	201	Chapulhuacanito	S36	
Morfotipo IV	Montañas	401	Jomté	S7	
		601	Santiago	S13	
		601	Tamala1	S16	
		601	Tamala2	S17	
		601	Tamala3	S18	
		401	Tepetzintla	S21	
		201	Barrio San José Tlajumpal	S22	
		201	La Providencia1	S28	
		201	La Providencia2	S29	
		201	Otlaxcuayo1	S30	
		201	Otlaxcuayo2	S31	
		201	La Providencia3	S32	
		201	Tlacoehuaque1	S33	
		201	Tlacoehuaque2	S34	
		601	La Herradura	S38	
		Valles montañosos	401	Tixcuayuca1	S8
			601	Tenexapa	S14
			601	Axhumol	S15
	401		El Platanito	S35	
	201		Monte Alegre	S37	
	Lomeríos	201	La Ceiba	S23	
		201	El Naranjo	S40	
	Planicies	201	Tampacán	S24	
	Morfotipo V	Montañas	201	Cuichapa1	S1
			401	Cuichapa2	S2
			201	Tlajumpal	S3
			201	Barrio San Juan Tlajumpal	S4
			401	Tixcuayuca3	S10
401			Tixcuayuca4	S11	
601			Tixcuayuca5	S12	
601			Tamala4	S19	
601			Tamala5	S20	
801			Peña Blanca Comunidad	S39	
Lomeríos		201	Ejido Jalpilla	S5	
Planicies		201	Ejido Ajuatitla	S6	

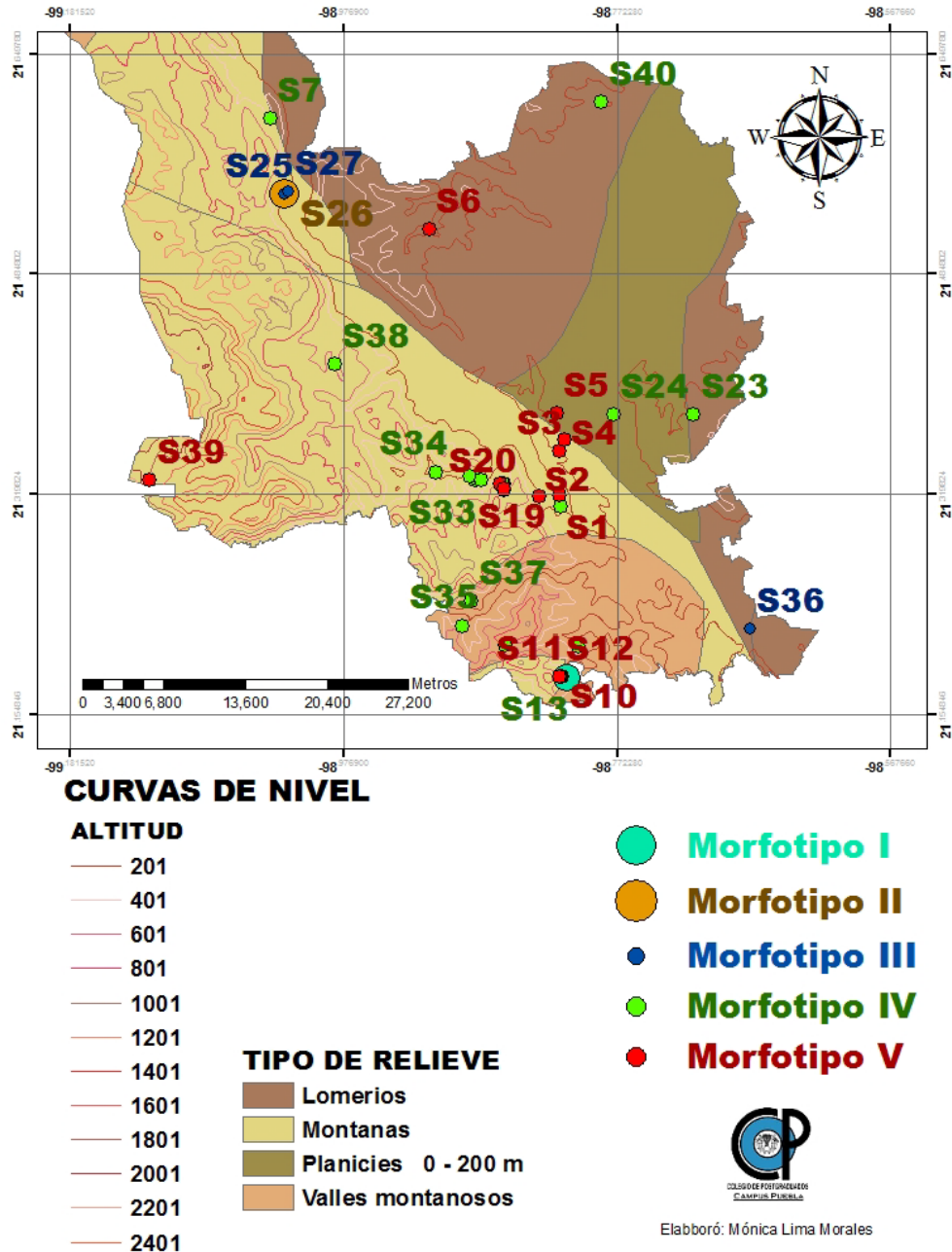


Figura 4. 25. Ubicación de los cinco morfotipos de *Vanilla planifolia* con respecto al relieve y cotas de nivel en la región Huasteca del estado de San Luis Potosí, México

4.4 DISCUSIÓN

Tal como aseguraron Zelditch *et al.* (2001) y Parr *et al.* (2012), la técnica de morfometría geométrica permitió obtener información sobre el tamaño, las dimensiones y rotaciones

del labelo de *V. planifolia* para diferenciar a los organismos, de acuerdo a su forma y no a su tamaño (largo y ancho).

Los valores expresados en los coeficientes de variación de las poblaciones de *V. planifolia* (entre 4.32 y 13.27%) son adecuados según Herrera, *et al.* (2008), Rosas-Guerrero *et al.* (2010) y Blinova (2012), ya que la variación expresada en los rasgos florales de especies con simetría bilateral presentan niveles bajos de variación en sus coeficientes ($CV < 12\%$). Incluso, estos caracteres podrían servir como indicadores biológicos en la diferenciación morfológica del género *Vanilla*; ya que estos atributos se relacionan con el tamaño general de la flor, la forma y el plano simétrico (Ishmuratova, 2006; Nabiullin, 2008). Por lo que esto permite un nuevo enfoque taxonómico, como sugirió Cope *et al.* (2012); además, brindan información sustancial asociada a la cuantificación de la variación ecológica de las orquídeas (Arévalo, *et al.*, 2011).

La variación infraespecífica que presenta *V. planifolia* en la Huasteca potosina, es muy semejante a la reportada por Maceda (2015) en la Huasteca hidalguense. Al igual que el porcentaje de los tres primeros componentes principales, con el 79%. No así, en las variables morfológicas que determinan la variación entre los morfotipos; ya que en el caso de Maceda (2015) los caracteres que más aportan se localizan en los lóbulos basales (región B y C, o hipoquilo), en la parte basal (A4) y en los lóbulos laterales medios (región D y E, o mesoquilo); y en este caso, las variables que más contribuyen a la variación de la vainilla en la Huasteca potosina, se concentran en la parte del lóbulo apical (región F, o epiquilo) y en todos los ángulos a excepción de aA que moldean la forma del labelo. Así como los caracteres del lóbulo basal (región B y C, o hipoquilo), que son diferentes caracteres a los reportados para el estado de Hidalgo.

En lo que respecta a la diferenciación geográfica y ambiental de los cinco morfotipos de *V. planifolia*, no existe un patrón detallado que influya directamente en sus rasgos morfológicos; aunque el régimen de humedad del suelo aglomeré a dos grupos de las poblaciones que conforman el morfotipo V. No es suficiente para precisar su influencia en la diferenciación morfológica de esta especie, ni que exista una correlación con el

tamaño de sus lóbulos y la forma del labelo. A pesar de que Hernández (2014) mostró que el régimen de humedad del suelo y la altitud se relacionan con el tamaño y forma de los labelos, en una especie emparentada con esta orquídea. En esta investigación, se detalla que los cinco morfotipos comparten características semejantes en el régimen de humedad del suelo (tipo údico) y en sus niveles altitudinales (Anexo 4.3), por lo cual esto no determina el tamaño de los lóbulos en los cinco morfotipos de vainilla, ubicados en la Huasteca potosina. Ni tampoco, que el tamaño de los labelos en los cinco morfotipos de *V. planifolia* sea una expresión de las condiciones de lluvia, temperatura y/o nutrientes del suelo tal como lo sugirieron Wright *et al.* (2005) y Toledo *et al.* (2010); pues estos morfotipos tienen un patrón semejante en el clima y tipo de suelo (Anexo 4.3). Por eso, Maceda (2015) concluyó que la diferenciación morfológica de esta orquídea no está asociada a factores abióticos.

Por su parte, Paiaro *et al.* (2012) expresaron que las flores presentan diferencias fenotípicas de acuerdo con la distancia geográfica entre sus poblaciones (distantes entre sí) y, por ende, las poblaciones geográficamente más cercanas tienen flores más similares. Pero en este caso no es así, por ejemplo, el morfotipo II tiene poblaciones muy equidistantes entre sí y no por eso, difieren estas en la expresión morfológica de su labelo. Mientras, las poblaciones dentro de Matlapa y Tamazunchale (muy próximas entre sí), no comparten el mismo fenotipo, sino todo lo contrario (Figura 4.20). De hecho, esto sugiere que la expresión morfológica de estos morfotipos es parte de la variación genética que alberga esta especie, en la Huasteca potosina. Es así, que este estudio es sustancial para la conservación de la diversidad dentro de *V. planifolia*. Pues, en los últimos años, a partir de los análisis morfométricos se ha precisado que las interacciones complejas entre factores genéticos y ambientales afectan la forma de los organismos (Klingenberg, 2010; Pedroso, 2010).

Es preciso mencionar que la distribución geográfica de los cinco morfotipos no es homogénea, lo que permite una dispersión de los morfotipos IV y V en gran parte de la región Huasteca (Figura 4.20). Dicha configuración espacial le permite a cualquier especie mantener su variación dentro de las poblaciones naturales (Galen, 1999b). No

obstante, cuando la amplitud espacial es tan pequeña, la variación ambiental no tiene efecto sobre la variación de la especie ([Alpert y Simms, 2002](#)), por eso en *V. planifolia* no se aprecian diferencias morfológicas con respecto a su ambiente.

Sin duda, el planteamiento de que la variación morfológica de los labelos de *V. planifolia* no se puede relacionar con un patrón de distribución, ni con factores geográficos o climáticos, concuerda con Salazar-Rojas *et al.* ([2010](#)) en labelos de *Laelia anceps* subsp. *Dawsonii* f. *chilapensis*. A pesar de que Adrinova *et al.* ([2011](#)) afirmaron que la variación climática, la longitud y latitud, influye en la prolongación y anchura de las flores.

Tampoco se tiene evidencia para relacionar la variación morfológica de *V. planifolia* con la interacción ecológica polinizador-planta ([Bateman y Rudall, 2006](#); [Nattero *et al.*, 2010](#)). Debido a que esta especie tiene un sistema de polinización por engaño ([Soto Arenas, 2006](#)). Además, han sido poco identificados y observados sus polinizadores en las áreas de distribución de esta especie ([Azofeifa- Bolaños *et al.*, 2014](#)); pero sobre todo, porque los polinizadores no son selectivos en las dimensiones de las flores sino en la disponibilidad del alimento, en la densidad de plantas con flores y que la ubicación de las flores esté dentro de su zona de alimentación ([Nattero *et al.*, 2011](#)). No obstante, Grindeland *et al.* ([2005](#)) mencionaron que el tamaño de las flores es resultado de los polinizadores. Sin embargo, Valuiskikh y Teteryuk ([2014](#)) atribuyeron la variación en los tamaños de las inflorescencias a las condiciones ecológicas del hábitat en las orquídeas. Mientras, Runions y Gener ([2000](#)) asocian la variación floral con el desarrollo de la flor, ya que las flores que tienen un crecimiento más largo producen flores más grandes.

Finalmente, en esta investigación se precisa que el tamaño y la forma de los morfotipos de *V. planifolia* no es producto de la constante presión de selección que ejercen los polinizadores en el labelo, como aseguró Maceda ([2015](#)) para la Huasteca hidalguense; sino, más bien es producto de la variación que tiene esta especie en su genoma. Así como lo demostró Galen ([1999b](#)) en estudios genéticos de especies vegetales, donde la variación en la longitud y la distancia que separa la punta de los lóbulos en las estructuras florales tiene una base hereditaria y, por eso, se manifiesta en la forma de la corola.

También, la información genética de cada especie determina el diámetro de la estructura floral y el número de flores ([Caruso, 2004](#)); de ahí, las formas biológicas pueden surgir de variaciones en el genoma, cambios en el proteoma o metaboloma ([Ashman y Majetic, 2006](#); [Schaefer y Bookstein, 2009](#)).

No obstante, es importante que se realicen trabajos enfocados en los aspectos de la biología reproductiva de esta especie y que se indague en la historia de vida, como señalaron Delph *et al.* ([2004](#)), Cheplick ([2005](#)) y Harder y Johnson ([2009](#)); así como en sus rasgos ecofisiológicos ([Ackerly *et al.*, 2000](#)). Junto con trabajos de morfometría tridimensional entre la planta y el polinizador, con el objetivo de estimar si existe una asociación entre la forma floral y el polinizador ([Van der Niet *et al.*, 2010](#)).

Por último, el estudio de caracterización morfométrico de *V. planifolia* brinda información referente al desconocimiento real del germoplasma existente en la región Huasteca de San Luis Potosí, México; la cual puede ser empleada en los problemas de erosión genética que atañen a esta especie, como lo han sido los trabajos de Herrera-Cabrera *et al.* ([2012](#)) en la región del Totonacapan y Maceda ([2015](#)) en región Huasteca del estado de Hidalgo. Sin embargo, es necesario que se efectúen trabajos que profundicen en los factores que diferencian a los morfotipos de la Huasteca potosina y continuar con la caracterización molecular y genómica de esta especie. Igualmente realizar estudios ecológicos, agronómicos, bioquímicos y fitoquímicos en los cinco morfotipos para aportar elementos clave en la productividad de esta planta, ante los efectos del cambio climático a los que está expuesta la vainilla.

4.5. CONCLUSIÓN

Se determinó que existen diferencias altamente significativas entre las poblaciones de *V. planifolia* en la región Huasteca de San Luis Potosí, México.

Existe variación infraespecífica en *V. planifolia* en la Huasteca potosina. Por lo que se diferenciaron morfológicamente cinco entidades taxonómicas de *V. planifolia* o morfotipos en el estado de San Luis Potosí, México.

Los agrupamientos de los morfotipos de *V. planifolia* se encuentran definidos por el contorno y la amplitud de los lóbulos basales y lóbulos apicales. La forma redondeada, oblonga o alargada que presentan esta especie es producida por la rotación y expansión de los ángulos localizados en los lóbulos de la parte proximal, media y distal del labelo.

Los *morfotipos IV y V* presentan una mayor variación en las condiciones ambientales y de distribución espacial, por lo que es posible que sean más resistentes y adaptables a sobrevivir en diversos nichos ecológicos; además, es posible que estos morfotipos sean los más valorados por los campesinos, debido a la adaptación fisiológica que tienen para permanecer en zonas con uso agrícola. En lo que respecta a los *morfotipos I, II y III* tienen características propias que las restringen a establecerse en microhábitats muy particulares, por lo cual es importante la conservación de su entorno y la relación humano-planta para que sigan existiendo. De tal forma el *morfotipo I* se acota a vivir al sur del municipio de Tamazunchale; el *morfotipo II* se restringe al occidente de Huehuetlán; el *morfotipo III* se limita al occidente de Huehuetlán y sureste de Tamazunchale; el morfotipo IV se encuentra en varios municipios como Aquismón, Xilitla, Tampamolón Corona, Tampacán, Matlapa y Tamazunchale; y el *morfotipo V* se concentra en Matlapa, Coxcatlán, Tamazunchale y Xilitla.

La variación infraespecífica de *V. planifolia* expresada en los cinco morfotipos, no se asocia plenamente a las diferencias entre su distribución geográfica y ambiental, sino a la propia variación genética u ontogénica de esta especie.

4.6 LITERATURA CITADA

Ackerly, D. D., Dudley, S. A., Sultan, S. E., Schmitt, J., Coleman, J. S., Randall, C. L., Sandquist, D. R., Gener, M. A., Evans, S., Dawson, T. E., Lechowicz, M. J. (2000). The Evolution of

- Plant Ecophysiological Traits: Recent Advances and Future Directions. *BioScience*. 50(11): 979-995.
- Adrinova, I. Yu., Vasyutkina, E. A., Krestov. (2011). Ecographic Variation in the Generative Organs of Larch in the Russian Far East. *Russian Journal of Ecology*. 42(1): 9-16.
- Alpert, P., Simms, E. L. (2002). The relative advantages of plasticity and fixity in different environments: when is it good for a plant to adjust? *Evolutionary Ecology*. 16: 285-297.
- Anderson, B., Johnson, S. D. (2008). The geographical mosaic of coevolution in plant-pollinator mutualism. *Evolution*. 62(1): 220-225.
- Arévalo, R., Figueroa, J. & Madriñán, S. (2011). Anatomía foliar de ocho especies de orquídeas epífitas. *Lankesteriana*. 11(1): 39-54.
- Ashman, T-L., Majetic, C. J. (2006). Genetic constraints on floral evolution: a review and evaluation of patterns. *Heredity*. 96: 343-352.
- Azofeifa-Bolaños, J. B., Paniagua-Vásquez, A., García-García, J. A. (2014). Importancia y desafíos de la conservación de *Vanilla spp.* (Orchidaceae) en Costa Rica. *Agronomía Mesoamericana*. 25(1): 189-202.
- Bateman, R. M., Rudall, P. J. (2006). Evolutionary and Morphometric Implications of Morphological Variation Among Flowers Within an Inflorescence: A Case-Study Using European Orchids. *Annals of Botany*. 98: 975-993.
- Blinova, I. V. (2008). Populations of Orchids at the Northern Limit of Their Distribution (Murmansk Oblast): Effect of Climate. *Russian Journal of Ecology*. 39(1): 26-33.
- Blinova, I. V. (2012). Intra-and Interspecific Morphological Variation of Some European Terrestrial Orchids along a Latitudinal Gradient. *Journal of Ecology*. 43(2): 111-116.
- Borba, E. L., Shepherd, G. J., Van den Berg, C., Semir, J. (2002). Floral and Vegetative Morphometrics of Five *Pleurothallis* (Orchidaceae) Species: Correlation with Taxonomy, Phylogeny, Genetic Variability and Pollination Systems. *Annals of Botany*, 90(2): 219-230.
- Bory, S., Grisoni, M., Duval, M.F., Besse, P. (2008). Biodiversity and preservation of *Vanilla*: present state of knowledge. *Genetic Resources Crop Evolution* 55(4): 551-571.
- Brock, M. T., Weing, C. (2007). Plasticity and environment specific covariances: an investigation of floral-vegetative and within flower correlations. *Evolution*. 61(12): 2913-2924.
- Caballero-Martínez, L. A., Aguilera-Gómez, I., Rivas-Manzano, I. V., Aguilar-Ortigoza, C. J. & Lamus-Molina, V. (2012). Biología floral y polinización de *Ipomoea murucoides* Roem. & Schult. (Convolvulaceae) en Ixtapan del Oro, Estado de México (México). *Anales de Biología*. 34: 65-76.
- Cariveau, D., Irwin, R. E., Brody, A. K., Garcia-Mayeya, L. S., Von Der Ohe, A. (2004). Direct and indirect effects of pollinators and seed predators to selection on plant and floral traits. *Oikos*. 104(1): 15-26.
- Caruso, C. M., Peterson, S. B., Ridley, C. E. (2003). Natural selection on floral traits of *Lobelia* (Lobeliaceae): spatial and temporal variation. *American Journal of Botany*. 90(9): 1333-1340.
- Caruso, C. M. (2004). The quantitative genetics of floral trait variation in *Lobelia*: Potential constraints on adaptive evolution. *Evolution*. 58(4): 732-740.

- Casas, A., Caballero, J., Valiente-Banuet, A., Soriano, J. A., 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.
- Casas, A., Otero-Arnaiz, A., Pérez-Negrón, E., Valiente-Banuet, A. (2007). *In situ* Management and Domestication of Plants in Mesoamerica. *Annals of Botany*. 100: 1101-1115.
- Castro-Castro, A., Rodríguez, A., Vargas-Amado, G., Ramírez-Delgadillo, R. (2010). Variación morfológica del género *Prochnyanthes* (Agavaceae). *Acta Botánica Mexicana*. 92: 29-49.
- Chalcoff, V. R., Ezcurra, C., Aizen, M. A. (2008). Uncoupled Geographical Variation between Leaves and Flowers in s South-Andean Proteacea. *Annals of Botany*. 102(1): 79-91.
- Cheplick, G. P. (2005). The allometry of reproductive allocation. *In*: Reekie, E. G., Bazzaz, F. A. (Eds). *Reproductive allocation in Plants*. 97-128.
- Chiron, G., Guignard, G., Barale, G. (2010). Contribution of morphometry to the taxonomy of *Baptistonia Barb. Rodr.* (Orchidaceae). *Candollea*. 65(1): 45-62.
- CONABIO. (2006). Mapa base del estado de San Luis Potosí. En formato Geotiff. Compilación cartográfica. México.
- Conner, J. K. (1997). Floral evolution in wild radish: the roles of pollinators, natural selection, and genetic correlations among traits. *International Journal of Plants Sciences*. 158(6): S108-S120.
- Cope, J. S., Corney, D., Clark, J. Y., Remagnino, P., Wilkin, P (2012). Plant species identification using digital morphometrics: A review. *Expert Systems with Applications*. 39: 7562-7573.
- Cosacov, A., Sérsic A. N., Sosa, V., De-Nova, J. A., Nylinder, S., Cocucci, A. A. (2009). New insights into the phylogenetic relationships, character evolution, and phytogeographic patterns of *Calceolaria* (*Calceolariaceae*). *American Journal of Botany*. 96(12): 2240-2255.
- Cosacov, A., Cocucci, A. A., Sérsic, A. N. (2012). Variación geográfica de la recompensa floral de *Calceolaria polyrhiza* (*Calceolariaceae*): Influencia de factores bióticos y abióticos. *Boletín Sociedad Argentina de Botánica*. 47(3-4): 363-373.
- Cosacov, A., Cocucci, A. A., Sérsic, A. N. (2013). Geographical differentiation in floral traits across the distribution range of the Patagonian oil-secreting *Calceolaria polyrhiza*: do pollinators matter? *Annals of Botany*. 1-16. doi:10.1093/aob/mct239.
- Cosacov, A., Cocucci, A. A., Sérsic, A. N. (2014). Geographical differentiation in floral traits across the distribution range of the Patagonian oil-secreting *Calceolaria polyrhiza*: do pollinators matter? *Annals of Botany*. 113(2): 2251-266.
- Cuervo, M. M. A., Bonilla, G. MA., Bustos, S. R. (2012). Morfología y morfometría de dos especies de banderitas (Orchidaceae: *Masdevallia*) en Colombia. *Acta Biológica Colombiana*. 17(39): 575-588.
- Darwin, C. (1859). Capítulo II: Variación en la naturaleza. *In*: El origen de las especies, editado en 1999. Editores Mexicanos Unidos S. A. México. ISBN 968-15-1044-5.
- Davenport, D., & Lee, H. (1985). Image analysis in the Orchidaceae. *Journal of Theoretical Biology*. 114: 199-122.
- Davis, L. K., Stpiczyńska, M. (2006). Labellar micromorphology of Bifrenariinae Dressler (Orchidaceae). *Annals of Botany*. 98(6):1512-1231.

- Davies, L. K., Stpiczyńska, M. (2007). Micromorphology of the Labellum and Floral Spur of *Cryptocentrum* Benth and *Sepalosaccus* Schltr. (Maxillariinae: Orchidaceae). *Annals of Botany*. 100(4):797-805.
- Davies, L.K., Stpiczyńska, M. (2008). Labellar micromorphology of two Euglossine-pollinated Orchid Genera; *Scuticaria* Lindl. And *Dichaea* Lindl. *Annals of Botany*. 102(5): 805-824.
- Davies, L. K. & Stpiczyńska, M. (2011). Comparative labellar micromorphology of Zygopetalinae (Orchidaceae). *Annals of Botany*. 108: 945-964.
- Delph, L. F., Gehring, J. L., Frey, F. M., Arntz, A. M., Levri, M. (2004). Genetic constraints on floral evolution in a sexually dimorphic plant revealed by artificial selection. *Evolution*. 58: 1936-1946.
- Domínguez, C. A., Eguiarte, L.E., Núñez-Farfán, J. & Dirzo, R. (1998). Flower morphometry of *Rhizophora mangle* (Rhizophoraceae): geographical variation in Mexican populations. *American Journal of Botany*. 85(5): 637-643.
- Donoso, Z. C. (1979). Variación y tipo de diferenciación en poblaciones de roble (*Nothofagus obliqua* (Mirb.) Oerst.). *Bosque*. 3(1): 1-14.
- Donoso, C., Premoli, A., Gallo, L. Ipinza, R. (2004). Variación Intraespecífica en las especies arbóreas de los bosques templados de Chile y Argentina. Ed. Universitaria, S. A. Primera Edición. ISBN 956-11-1702-9, 25-26 pp.
- Fandohan, B., Assogbadjo, A., Kakaï, G. R., Sinsin, B. (2010). Variation in seed morphometric traits, germination and early seedling growth performance of *Tamarindus indica* L. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*. 4(4): 1102-1109.
- Forsman, A. (2014). Rethinking phenotypic plasticity and its consequences for individuals, populations and species. *Heredity*. 1-9.
- Galen, C. (1996). Rates of floral evolution: adaptation to bumblebee pollination in an alpine wildflower, *Polemonium viscosum*. *Evolution*. 50(1): 120-125.
- Galen, C. (1999a). Flowers and enemies: predation by nectar-thieving ants in relation to variation in floral form of an alpine wildflower, *Polemonium viscosum*. *Oikos*. 85(3): 426-434.
- Galen, C. (1999b). Why Do Flowers Vary? The functional ecology of variation in flower size and form within natural plant populations. *BioScience*. 49(8): 631-640.
- Galen, C., Butchart, B. (2003). Ants in your Plants: effects of nectar-thieves on pollen fertility and seed-siring capacity in the alpine wildflowers, *Polemonium viscosum*. *Oikos*. 101(3): 521-528.
- García, E. (1998). Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). Climas (clasificación de Köppen, modificado por García). Escala 1:1 000 000. México.
- Gaskett, A. C. (2012). Floral shape mimicry and variation in sexually deceptive orchids with a shared pollinator. *Biological Journal of the Linnean Society*. 106(3): 469-481.
- Gaston, J. K. (2009). Geographic range limits of species. *Proceedings of the Royal Society B*. 276: 1391-1393.
- Gegear, R. J., Burns, J. G. (2007). The Birds, the Bees, and the Virtual Flowers: Can Pollinator Behavior Drive Ecological Speciation in Flowering Plants? *The American Naturalist*. 170(4): 000-000

- Gentry, A. H. (1988). Changes in plant community diversity and floristic composition on environmental and geographical gradients. *Annals of the Missouri Botanical Garden*. 75(1): 1-34.
- Gerst, K. L., Angert, A. L., Lawrence, V. D. (2011). The effect of geographic range position on demographic variability in annuals plants. *Journal of Ecology*. 99(2): 591-599.
- Gómez, J. M., Muñoz-Pajares, A. J., Abdelaziz, M., Lorite, J., Perfectti., F. (2014). Evolution of pollination niches and floral divergence in the generalist plant *Erysimum mediohispanicum*. *Annals of Botany*. 113(2): 237-249.
- Gómiz, N. E., Toretta, J. P. & Aliscioni, S. S. (2014). *Zygostates alleniana* (Orchidaceae: Epidendroideae: Cymbidieae: Oncidiinae): estructura floral relacionada con la polinización. *Anales del Jardín Botánico de Madrid*. 71(1): 18-26.
- Gould, S. J., Johnston, R. F. (1972). Geographic variation. *Annual Review of Ecology and Systematics*. 3: 457-498.
- Grindeland, J. M., Sletvold, N., Ims, R. A. (2005). Effects of floral display size and plant density on pollinator visitation rate in a natural population of *Digitalis purpurea*. *Functional Ecology*. 19(3): 383-390.
- Hágsater, E., M.A. Soto Arenas, G.A. Salazar Chávez, R. Jiménez Machorro, M.A. López Rosas y R.L. Dressler. (2005). *Las Orquídeas de México*. Instituto Chinoín, México D.F. (edición simultánea en inglés *Orchids of Mexico*).
- Harder, L. D., Johnson, S. D. (2009). Darwin's beautiful contrivances: evolutionary and functional evidence for floral adaptation. *New Phytologist*. 183(3): 530-545.
- Hattori, M., Nagano, Y., Itino, T. (2014). Geographic Flower Trait Variation of *Aquilegia buergeriana* Sieb. et Zucc. var. *Buergeriana* on Mt. Norikura and the Utsukushigahara Highland, Japan. *American Journal of Plant Sciences*. 5: 2686-2692.
- Hernández, A., Ornelas, J. F. (2003). Correlación morfo-específica en flores de *Palicourea padifolia* (Rubiaceae). *Boletín de la Sociedad Botánica de México*. 73: 35-41.
- Hernández, M. E. (2007). Clasificación climática para la Huasteca Potosina, elaborado para el proyecto Propuesta de una metodología para identificar zonas vulnerables a la sequía y a las plagas que afectan a las actividades agropecuarias en la Huasteca Potosina, apoyada en imágenes de satélite, sistemas de información geográfica, análisis multivariado y un modelo de simulación climática, registro: SAGARPA-2004-C01-186/A-1.
- Hernández, S. N. (2014). Análisis de la variación infraespecífica de *Vanilla insignis* Ames bajo el enfoque de recursos genéticos. Tesis de maestría. Colegio de Postgraduados de Chapingo, campus Puebla. 1-72 pp.
- Herrera-Cabrera, B. E., Castillo, G. F., Sánchez-Cordero, J. J., Ortega, P. R., Goodman, M. M. (2000). Caracteres morfológicos para valorar la diversidad entre poblaciones de maíz en una región: caso de la Raza Chalqueño. *Revista Fitotécnica Mexicana*. 23(1): 335-354.
- Herrera-Cabrera, B. E., Salazar-Rojas, V. M., Delgado-Alvarado, A. Campos-Contreras, J. E., Cervantes-Vargas, J. (2012). Use and conservation of *Vanilla planifolia* J in the Totonacapan Region, Mexico. *European Journal of Environmental Sciences* 2(1): 43-55
- Herrera, J. (2001). The variability of organs differentially involved in pollination, and correlations of traits in *Genistea* (Leguminosae: Papilionoideae). *Annals of Botany*. 88: 1027-1037.
- Herrera, J. (2005). Flower Size Variation in *Rosmarinus officinalis*: Individuals, Populations and Habitats. *Annals of Botany*. 95: 431-437.

- Herrera, J., Arista, M. & Ortiz, P. L. (2008). Perianth organization and intra-specific floral variability. *Plant Biology*. 10(6): 704-710.
- Hodgins, K. A., Barrett, S. C. H. (2008). Geographic variation in floral morphology and style-morph ratios in a sexually polymorphic daffodil. *American Journal of Botany*. 95(2): 185-195.
- INEGI. (2007a). Continuo Nacional del Conjunto de Datos de la Carta de Climas, 1:1 000 000, serie I.
- INEGI. (2007b). Conjunto de Datos Vectoriales de Uso del Suelo y vegetación. Serie III. Escala 1: 250 000.
- INEGI. (2007c). Continuo Nacional del Conjunto de Datos Geográficos de la Carta Edafológica. Serie I. Escala 1: 1 000 000.
- INEGI. (2011). Conjuntos de Datos Vectoriales de Climas, Temperaturas Medias Anuales y Precipitación Total Anual. Serie I. Escala 1: 1 000 000.
- INEGI. (2012a). Perspectiva Estadística de San Luis Potosí, diciembre 2012.
- INEGI (2012b). Síntesis de información Geográfica del estado de San Luis Potosí.
- INEGI (2012c). Conjunto Nacional Topográfico. Serie II. Escala 1:250, 000.
- INEGI (2012d). Conjunto Geológico F14 escala 1:1 000 000.
- Ishmuratova, M. M. (2006). *Rodiola iremel'skaya* na Yuzhnom Urale (*Rhodiola iremelica* in the Southern Urals), Moscow: Nauka. *In*: Blinova, I. V. (2012). Intra-and Interspecific Morphological Variation of Some European Terrestrial Orchids along a Latitudinal Gradient. *Journal of Ecology*. 43 (2): 111-116.
- Johnson, S. D., Steiner, K. E. (1997). Long-tongued fly pollination and Evolution of floral spur length in the *Disa draconis* complex (Orchidaceae). *Evolution*. 51: 45-53.
- Johnson, S. D. (2010). The pollination niche and its role in the diversification and maintenance of the southern African flora. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*. 365: 499-516.
- Jonas, C. S., Geber, M. (1999). Variation among population of *Clarkia unguiculata* (Onagraceae) along altitudinal latitudinal gradients. *American Journal of Botany*. 86(3): 333-343.
- Juillet, N., Scopece, G. (2010). Does floral trait variability enhance reproductive success in deceptive orchids? *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*. 12(4): 318-322.
- Kay, K. M., Reeves, P. A., Olmstead, R. G., Schemske, D. W. (2005). Rapid speciation and the evolution of hummingbird pollination in Neotropical *Costus* subgenus *Costus* (Costaceae): evidence from nrDNA, ITS and ETS sequences. *American Journal of Botany*. 92(11): 1899-1910.
- Kay, K. M., Sargent, R. D. (2009). The role of animal pollination in plant speciation: integrating ecology, geography, and genetics. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*. 40: 637-656.
- Klingenberg, C. P. (2010). Evolution and development of shape: integrating quantitative approaches. *Nature Reviews Genetics*. 11: 623-635.
- Lambrecht, S. C., Dawson, T. E. (2007). Correlated variation of floral and leaf traits along a moisture availability gradient. *Oecologia*. 151: 574-583.

- Linhart, Y. B., Grant, M. C. (1996). Evolutionary significance of local genetic differentiation in Plants. *Annual Review of Ecology and Systematics*. 27: 237-277.
- Maad, J. & Alexandersson, R. (2004). Variable selection in *Platanthera bifolia* (Orchidaceae): phenotypic selection differed between sex functions in a drought year. *Journal of Evolutionary Biology*. 17(3): 642-650.
- Maceda, R. A. (2015). Distribución potencial, caracterización morfológica y conocimiento tradicional de *Vanilla planifolia* J. en la región de la huasteca hidalguense, México. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados de Chapingo, campus Puebla. 1-117 pp.
- Medel, R., Valiente, A., Botto-Mahan, C., Carvallo, G., Pérez, F., Pohl, N., Navarro, L. (2007). The influence of insects and hummingbirds on the geographical variation of the flower phenotype in *Mimulus luteus*. 30(6): 812-818.
- Mereďa, J. P., Hodálová, I., Mártonfi, P., Kučera, J., Lihová, J. (2008). Intraspecific Variation in *Viola suavis* in Europe: Parallel Evolution of White-flowered Morphotypes. *Annals of Botany*. 102: 443-462.
- Nabiullin, M. I. (2008). Biology and Conservation of Some Rhizomatous Orchid Species (Orchidaceae) in Specially Protected (Bashkir State Reserve) and Neighboring Areas. *In: Blinova, I. V. (2012). Intra-and Interspecific Morphological Variation of Some European Terrestrial Orchids along a Latitudinal Gradient. Journal of Ecology*. 43(2): 111-116.
- Nattero, J., Cocucci, A., Medel, R. (2010). Pollinator-mediated selection in a specialized pollination system: matches and mismatches across populations. *Journal of Evolutionary Biology*. 23(9): 1957-1968.
- Nattero, J., Malerba, R., Medel, R., Cocucci, A. (2011). Factors affecting pollinator movement and plant fitness in a specialized pollination system. *Plant Systematics and Evolution*. 296: 77-85.
- Newman, E., Anderson, B., Johnson, S. D. (2012). Flower color adaptation in a mimetic Orchid. *Proceedings of the Royal Society B*. 279: 2309-2313.
- Noguera, S. R., Hernández, M. VR. (2009). Variación: el universo infinito de las entidades biológicas. *Revista Digital Universitaria*. 10(6): 1-12.
- Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. (2010). Publicada en el Diario Oficial de la Federación, el jueves 30 de Diciembre de 2010.
- Paíaro, V., Oliva, G. E., Cocucci, A. A. & Sérsic, A. N. (2012). Geographic patterns and environmental drivers of flower and leaf variation in an endemic legume of Southern Patagonia. *Plant Ecology & Diversity*. 5(1):13-25.
- Pauw, A., Stofberg, J., Waterman, R. J. (2009). Flies and flowers in Darwin's race. *Evolution*. 63(1): 268-279.
- Parr, W. C. H., Wroe, S., Chamoli, U., Richards, H. S., McCurry, M. R., Clausen, P. D., McHenry, C. (2012). Toward integration of geometric morphometrics and computational biomechanics: New methods for 3D virtual reconstruction and quantitative analysis of Finite Element Models. *Journal of Theoretical Biology*. 301: 1-14.
- Pedroso, H. L., Rocha-Filho, L. C., Lomônaco, C. (2010). Variación fenotípica de plantas del Cerrado (Sabana brasileña) frente a la heterogeneidad ambiental. *Ecosistemas*. 19(1): 24-26.

- Pélabon, C., Osler, N. C., Diekman, M. Graae, B. J. (2013). Decoupled phenotypic variation between floral and vegetative traits distinguishing between developmental and environmental correlation. *Annals of botany*. 111: 935-944.
- Pellissier, L., Vittoz, P., Internicola, A. I., Bienvenu, G. LD. (2010). Generalized food-deceptive Orchid species flower earlier and occur at lower altitudes than rewarding ones. *Journal of Plant Ecology*. 1-8.
- Pérez-Barrales, R., Arroyo, J., Armbruster, W. S. (2007). Differences in pollinator faunas may generate geographic differences in floral morphology and integration in *Narcissus papyraceus* (Amaryllidaceae). *Oikos*. 116: 1904-1918.
- Pérez-Barrales, R., Pino, R., Albaladejo, R. G., Arroyo, J. (2009). Geographic variation of flower traits in *Narcissus papyraceus* (Amaryllidaceae): do pollinators matter? *Journal of Biogeography*. 36: 1411-1422.
- Pimienta, L. R. (2000). Encuestas probabilísticas vs no probabilísticas. *Política y cultura*. 263-276.
- Pokorny, J., Blinova, I. V. (2008). Confronto tra popolazioni di *Dactylorhiza maculata* (L.) Soó dei monti Khibiny (Regione di Murmansk, Europa nordorientale) e dei moti Sudeti (Europa Centrale). *Caesiana*. 31(1): 21-30.
- Purvis, A., Gittleman, J. L., Cowlshaw, G., Mace, G. M. (2000). Predicting extinction risk in declining species. *Proceedings of the Royal Society of London-Series B: Biological Science*. 267: 1947-1952.
- Ramírez, N., Nassar, J. M., Valera, L., Garay, V., Briceño, H., Quijada, M., Moret, Y. A., Montilla, J. (2010). Variación morfométrica floral en *Pachira quinata* (Jacq.) W. Alverson (Bombacaceae). *Acta Botanica Venezuelica*. 33(1): 83-102.
- Reyes-Hernández, V. J., Vargas-Hernández, J. J., López-Uptón, J., Vaquera-Huerta, H. (2005). Variación morfológica y anatómica en poblaciones mexicanas de *Psedotsuga* (Pinaceae). *Acta Botanica Mexicana*. 70: 47-67.
- Roncal, J. (2014). Edaphic and light conditions of sympatric plant morphotypes in western Amazonia. *Biodiversity Data Journal* 2: e1078. doi: 10.3897/BDJ.2.e1078.
- Rosas-Guerrero, V., Quesada, M., Armbruster, W. S, Pérez-Barrales, R., Smith, S. D. (2010). Influence of pollination specialization and breeding system on floral integration and phenotypic variation in *Ipomoea*. *Evolution*. 65(2): 350-364.
- Runions, C. J., Geber, M. A. (2000). Evolution of the self-pollinating flower in *Clarkia xantiana* (Onagraceae). I. Size and development of floral organs. *American Journal of Botany*. 87(10): 1439-1451.
- Rzedowski, J. (2006). *Vegetación de México*. 1ra. Edición digital, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, 504 pp.
- Salazar-Rojas, M. V. (2007). Uso tradicional y conservación de la "calaverita" *Laelia anceps* subsp. f. *chilapensis* Soto-Arenas (Orchidaceae) en la región de Chilapa Guerrero. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados, Campus Puebla, México.
- Salazar-Rojas, V. M., Herrera-Cabrera, B. E., Soto-Arenas, M. A., Castillo-González, F. (2010). Morphological variation in *Laelia anceps* subsp. *dawsonii* f. *chilapensis* Soto-Arenas Orchidaceae in traditional home gardens of Chilapa, Guerrero, Mexico. *Genetic Resources and Crop Evolution*. 57: 543-552.

- Sandring, S., Riihimäki, M. A., Savolainen, O., Ågren, J. (2007). Selection on flowering time and floral display in an alpine and lowland population of *Arabidopsis lyrata*. *Journal of Evolutionary Biology*. 20(2): 558-567.
- Santos-Gally, R., Pérez-Barrales, R., Simón, V. I., Arroyo, J. (2012). The role of short-tongued insects in floral variation across the range of a style-dimorphic plant. *Annals of Botany*. 1-12.
- Sargent, R. D. (2004). Floral symmetry affects speciation rates in angiosperms. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences* 271: 603-608.
- SAS. (2002). SAS, versión 9.0. Institute Inc., Cary, NC. USA.
- Savriama, Y., Gómez, J. M., Perfectti, F., Klingenberg, C. P. (2012). Geometric morphometric of corolla shape: dissecting components of symmetric and asymmetric variation in *Erysimum mediohispanicum* (Brassicaceae). *New Phytologist*. 196: 945-954.
- Schaefer, K., Bookstein, F. (2009). Does geometric morphometrics serve the needs of plasticity research? *Journal of Biosciencie*. 34(4): 589-599.
- Shipunov, A. B., Bateman, R. M. (2005). Geometric morphometrics as a tool for understanding *Dactylorhiza* (Orchidaceae) diversity in European Russia. *Biological Journal of the Linnean Society*. 85: 1-12.
- Sletvold, N., Grindeland, J. M., Agren, J. (2013). Vegetation context influences the strength and targets of pollinator-mediated selection in a deceptive Orchid. *Ecology*. 94(6): 1236-1242.
- Soto Arenas, M. A. (1999). Filogeografía y recursos genéticos de las vainillas de México. Reporte, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), proyecto J-101. México. 92 pp.
- Soto Arenas, M. A. (2006). La vainilla: retos y perspectivas de su cultivo. CONABIO. *Biodiversitas*. 66: 1-9.
- Soto-Arenas, M. A., Solano-Gómez, A. R. (2007). Ficha técnica de *Vanilla planifolia*. In: Soto-Arenas, M. A. (compilador). Información actualizada sobre las especies de orquídeas del PROY-NOM-059-ECOL-2000. Instituto Chinoín. A. C. Herbario de la Asociación Mexicana de Orquideología, A. C., Bases de datos SNIB-CONABIO. Proyecto no. W029, México, D. F.
- Soto Arenas, M. A. (2009). Recopilación y análisis de la información existente sobre las especies mexicanas del género *Vanilla*. Reporte intermedio, junio 2009. Instituto Chinoín, A. C.
- Soto Arenas, M.A. & Dressler, R. (2010). A revision of the mexican and american species of *Vanilla Plumer Ex Miller* with a characterization of their its región of the nuclear ribosomal DNA. *Lankesteriana* 9(3): 285-354.
- Souto, C. P. & Premoli, A. C. (2007). Genetic variation in the widespread *Embothrium coccineum* (Proteaceae) endemic to Patagonia: effects of phylogeny and historical events. *Australian Journal of Botany*. 55: 809-817.
- SPVSPL, Sistema Producto Vainilla del Estado de San Luis Potosí. (2012). Plan Rector para la Competitividad del Sistema Producto Vainilla del Estado de San Luis Potosí. Comité Estatal del Sistema Producto Vainilla de San Luis Potosí, A. C. (2009-2012).
- Strauss, S. Y., Witthall, J. B. (2006). Chapter 7: Non-pollinator agents of selection on floral traits. In: Harder, L. D., Barrett, S. C. H. (Eds). *Ecology and evolution of flowers*. University of California, Davis, CA, USA. 120-138.

- Sugiyama, S. (2003). Geographical distribution and phenotypic differentiation in populations of *Dactylis glomerata* L. in Japan. *Plant Ecology*. 169(2): 259-305.
- Sun, M., Gross, K., Schiestl, F. P. (2014). Floral adaptation to local pollinator guilds in a terrestrial Orchid. *Annals of Botany*. 113(2): 289-300.
- Taylor, S. J., Bogdan, R. (1987). *Introducción a los métodos cualitativos de investigación*. Barcelona: Ed. Paidós.
- Thompson, J. N. & Cunningham, B. M. (2002). Geographic structure and dynamics of coevolutionary selection. *Nature*. 417: 735-738.
- Thompson, J. N. (2005). *The geographic mosaic of coevolution*. The University of Chicago Press, Chicago. 439 pp.
- Thomson, J. D., Wilson, P. (2008). Explaining evolutionary shifts between bee and hummingbird pollination: convergence, divergence, and directionality. *International Journal of Plant Sciences*. 169(1): 23-38.
- Toledo, M., Poorter, L., Peña-Claros, M., Alarcón, A., Balcázar, J., Chuvina, J., Leño, C., Licona, J. C., Ter Steege, H., Bongers, F. (2010). Patterns and Determinants of Floristic Variation across Lowland Forest of Bolivia. *Biotropica*. 43(4): 405-413.
- Toro, M. V., Manriquez, S. G. & Suazo, G. 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.
- Turesson, G. (1992a). The species and the variety as ecological units. *Hereditas* 3(1): 100-113.
- Turesson, G. (1992b). The genotypical response of the plant species to the habitat. *Hereditas*. 3(3): 211-350.
- Urban, M. C., Skelly, D. K. (2006). Evolving metacommunities: toward an evolutionary perspective on metacommunities. *Ecology*. 87(7): 1616-1626.
- Ushimaru, A., Itagaki, T. & Ishii, H. (2003). Variation in floral organ size depends on function: a test with *Commelina communis*, an andromonoecious species. *Evolutionary Ecology Research*. 5(4): 615-622.
- Valuiskikh, O. E., Teteryuk, L. V. (2014). Phenotypic Variation of *Gymnadenia conopsea* (L.) R. Br. (Orchidaceae) in Marginal Populations on Limestones in the Northeast of European Russia. *Russian Journal of Ecology*. 45(1): 24-32.
- Vamosi, J. C., Armbruster, W. S., Renner, S. S. (2014). Evolutionary ecology of specialization insights from phylogenetic analysis. *Proceedings of the Royal Society B*. 281(1795): 20142004.
- Van der Niet, T., Zollikofer, C. P. E., Ponce de León, M. S., Johnson, S. D., Linder, P. H. (2010). Three-dimensional geometric morphometrics studying floral shape variation. *Trends in Plant Science*. 15(8): 423-426.
- Villanueva-Viramontes, S. (2014). Genética de la conservación y la historia de vida de *Vanilla planifolia* Andrews (Orchidaceae). *In: Desde el Herbario CICY*. 6: 88-90 http://www.cicy.mx/Documentos/CICY/Desde_Herbario/2014/2014-09-25-Vainilla.pdf
Revisado 29 de julio del 2014.
- Willems, J. H., Blinova, I. & Tromp, K. (2003). Intraspecific variation in Orchid populations in two different climatic areas in Europa: Murmansk Region and The Netherlands. II. Populations fitness. *Journal Europäischer Orchideen*. 35(2): 327-342.

- Williams, J. L., Conner, J. K. (2001). Sources of phenotypic variation in floral traits in wild radish, *Raphanus raphanistrum* (Brassicaceae). *American Journal of Botany*. 88(9): 1577-1581.
- Worley, A.C., Baker, A. M., Thompson, J. D. & Barrett, S.C.H. (2000). Floral display in *Narcissus*: Variation in flower size and number at the species, population, and individual levels. *International Journal of Plant Sciences*. 161: 69-79.
- Wright, I. J., Reich, P. B., Cornelissen, H. C., Falster, D. S., Groom, P. K., Hikosaka, K., Lee, W., Lusk, C. H., Niinemets, U., Oleksyn, J., Osada, N., Poorter, H., Warton, D. I., Westoby, M. (2005). Modulation of leaf economic traits and trait relationships by climate. *Ecology and Biogeography*. 14: 411-421.
- Y-B.Gong & S- Q. Huang, (2009). Floral symmetry: pollinator-mediated stabilizing selection on flower size in bilateral species. *Proceedings of the Royal Society B*. 276: 4013-4020.
- Zelditch, M. L., Swinderski, D. L., Sheets, H. D., Fink, W. L. (2001). Geometric morphometrics for biologists: a primer. San Diego. El Servier Academic. ISBN: 978-0-12-778460-1. *In*: <http://www.sciencedirect.com/science/book/9780127784601>

4.7 ANEXO

Anexo 4.1. Valores promedio de las 76 variables evaluadas en 679 especímenes de *Vanilla planifolia* en la región Huasteca del estado de San Luis Potosí, México

		Caracteres de la Región A				
Población	A1	A2	A3	A4	A5	A
1	2.59 ^a	16.43 ^{abcdefg}	16.41 ^{abcdef}	16.77 ^{abcdef}	16.73 ^{abcdefghi}	16.41 ^{abcdefgh}
2	2.38 ^{abcd}	16.30 ^{abcdefghi}	16.27 ^{abcdefgh}	16.67 ^{abcdefg}	16.57 ^{abcdefghijk}	16.25 ^{abcdefghij}
3	2.34 ^{abcdef}	16.88 ^{ab}	16.85 ^{ab}	17.36 ^{ab}	17.11 ^{ab}	16.83 ^{abc}
4	2.35 ^{abcde}	16.78 ^{abcd}	16.77 ^{abc}	17.08 ^{abc}	17.06 ^{abcd}	16.90 ^{ab}
5	2.24 ^{abcdefgh}	16.05 ^{abcdefghijk}	16.04 ^{abcdefghi}	16.37 ^{abcdefgh}	16.32 ^{abcdefghijklm}	16.00 ^{abcdefghijkl}
6	2.54 ^{ab}	16.34 ^{abcdefghi}	16.33 ^{abcdefg}	16.68 ^{abcdef}	16.58 ^{abcdefghij}	16.32 ^{abcdefghi}
7	2.15 ^{bcdefghijk}	16.04 ^{abcdefghijk}	16.02 ^{abcdefghi}	16.30 ^{abcdefghi}	16.28 ^{abcdefghijklmn}	16.01 ^{abcdefghijkl}
8	2.31 ^{abcdef}	16.49 ^{abcdefg}	16.48 ^{abcdef}	16.82 ^{abcdef}	16.74 ^{abcdefghi}	16.50 ^{abcdefg}
9	2.24 ^{abcdefgh}	14.89 [!]	14.88 [!]	15.19 [!]	15.20 ^{no}	14.85 ^m
10	1.98 ^{efghijkl}	16.48 ^{abcdefg}	16.51 ^{abcde}	16.69 ^{abcdef}	16.78 ^{abcdefgh}	16.46 ^{abcdefgh}
11	2.11 ^{cdefghijkl}	16.50 ^{abcdefg}	16.5 ^{abcde}	16.74 ^{abcdef}	16.81 ^{abcdefg}	16.48 ^{abcdefgh}
12	2.08 ^{defghijkl}	17.03 ^a	17.06 ^a	17.36 ^a	17.31 ^a	17.02 ^a
13	1.91 ^{ghijkl}	15.79 ^{cdefghijkl}	16.08 ^{abcdefghi}	16.30 ^{abcdefghi}	16.21 ^{bcdefghijklmn}	16.04 ^{abcdefghijkl}
14	1.84 ^{ijkl}	16.27 ^{abcdefghij}	16.29 ^{abcdefgh}	16.51 ^{abcdefgh}	16.52 ^{abcdefghijkl}	16.25 ^{abcdefghijk}
15	2.09 ^{cdefghijkl}	16.23 ^{abcdefghij}	16.20 ^{abcdefghi}	16.53 ^{abcdefgh}	16.43 ^{abcdefghijklm}	16.18 ^{abcdefghijkl}
16	1.82 ^{kl}	15.97 ^{abcdefghijk}	16.08 ^{abcdefghi}	16.34 ^{abcdefghi}	16.39 ^{abcdefghijklm}	16.04 ^{abcdefghijkl}
17	1.95 ^{efghijkl}	15.53 ^{efghijkl}	15.49 ^{efghij}	16.21 ^{bcdefghij}	15.88 ^{efghijklmno}	15.30 ^{ijklm}
18	1.72 [!]	15.28 ^{ijkl}	15.23 ^{hij}	15.58 ^{ghij}	15.46 ^{lmno}	15.28 ^{ijklm}
19	2.23 ^{abcdefghi}	16.76 ^{abcd}	16.73 ^{abc}	17.12 ^{abc}	16.98 ^{abcde}	16.72 ^{abcd}
20	1.87 ^{hijkl}	16.39 ^{abcdefgh}	16.38 ^{abcdef}	16.70 ^{abcdef}	16.59 ^{abcdefghij}	16.32 ^{abcdefghi}
21	2.19 ^{bcdefghij}	16.16 ^{abcdefghij}	16.14 ^{abcdefghi}	16.52 ^{abcdefgh}	16.53 ^{abcdefghijkl}	16.25 ^{abcdefghij}
22	2.20 ^{abcdefghij}	16.60 ^{abcdef}	16.58 ^{abcd}	16.87 ^{abcde}	16.79 ^{abcdefg}	16.57 ^{abcdef}
23	2.34 ^{abcdef}	15.92 ^{bcdefghijkl}	15.91 ^{bcdefghij}	16.22 ^{bcdefghij}	16.19 ^{bcdefghijklmn}	15.89 ^{bcdefghijklm}
24	2.09 ^{cdefghijkl}	15.61 ^{efghijkl}	15.63 ^{defghij}	15.85 ^{efghij}	15.90 ^{efghijklmno}	15.60 ^{efghijklm}
25	2.29 ^{abcdefg}	15.50 ^{ghijkl}	15.48 ^{efghij}	15.79 ^{efghij}	15.74 ^{efghijklmno}	15.48 ^{efghijklm}

Anexo 4.1. Continuación

Población	Caracteres de la Región A					
	A1	A2	A3	A4	A5	A
26	2.48 ^{abc}	16.69 ^{abcde}	16.70 ^{abcd}	16.95 ^{abcd}	16.84 ^{abcde}	16.69 ^{abcde}
27	2.09 ^{cdefghijkl}	15.20 ^{kl}	15.17 ^j	15.50 ^{hij}	15.38 ^{mno}	15.16 ^{klm}
28	1.98 ^{efghijkl}	15.45 ^{ghijkl}	15.41 ^{ghij}	15.73 ^{ghij}	15.63 ^{ijklmno}	15.40 ^{hijklm}
29	2.07 ^{defghijkl}	15.45 ^{ghijkl}	15.48 ^{efghij}	15.78 ^{efghij}	15.71 ^{hijklmno}	15.46 ^{ghijklm}
30	1.97 ^{efghijkl}	15.20 ^{kl}	15.18 ^j	15.46 ^{hij}	15.38 ^{mno}	15.17 ^{klm}
31	1.78 ^{kl}	15.67 ^{efghijkl}	15.72 ^{cdefghij}	15.88 ^{defghij}	15.97 ^{efghijklmno}	15.65 ^{defghijklm}
32	2.08 ^{defghijkl}	15.57 ^{efghijkl}	15.48 ^{efghi}	15.79 ^{efghij}	15.67 ^{ijklmno}	15.49 ^{efghijklm}
33	2.15 ^{bcdefghijk}	15.81 ^{bcdefghijkl}	15.79 ^{bcdefghij}	16.06 ^{cdefghij}	15.97 ^{efghijklmno}	15.78 ^{cdefghijklm}
34	2.15 ^{bcdefghijk}	15.88 ^{bcdefghijkl}	15.84 ^{bcdefghij}	16.15 ^{bcdefghij}	15.98 ^{defghijklmno}	15.84 ^{bcdefghijklm}
35	1.88 ^{hijkl}	14.97 ^{kl}	14.90 ^j	15.27 ^j	15.08 ^o	14.90 ^m
36	2.05 ^{defghijkl}	15.31 ^{hijkl}	15.29 ^{ghij}	15.57 ^{hij}	15.50 ^{klmno}	15.14 ^{lm}
37	2.03 ^{defghijkl}	15.86 ^{bcdefghijkl}	15.83 ^{bcdefghij}	16.12 ^{cdefghij}	16.03 ^{cdefghijklmno}	15.82 ^{bcdefghijklm}
38	2.22 ^{abcdeefghi}	15.78 ^{defghijkl}	15.73 ^{cdefghij}	16.11 ^{cdefghij}	15.94 ^{efghijklmno}	15.72 ^{defghijklm}
39	2.08 ^{defghijkl}	16.87 ^{abc}	16.85 ^{ab}	17.09 ^{abc}	17.08 ^{abc}	16.82 ^{abc}
40	2.03 ^{defghijkl}	15.98 ^{bcdefghijkl}	15.93 ^{bcdefghij}	16.28 ^{abcdeefghij}	16.12 ^{bcdefghijklmno}	15.92 ^{bcdefghijklm}
DMS	0.3946	1.0884	1.0787	1.0915	1.0794	1.0916

Media armónica=13.65854, DMS= Diferencia Mínima Significativa

*El número promedio con letras diferentes en cada línea indican diferencia significativa, según la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$). Los promedios se muestran con el límite de confianza al 95%

Anexo 4.1. Continuación (Región B)

		Caracteres de la región B					
Población	B1	B2	B3	B4	B5	B6	
1	2.16 ^{bcdefg}	9.18 ^{abcde}	6.44 ^{bcdef}	6.49 ^{abcdef}	9.31 ^{abcdefg}	2.16 ^{bcdefghi}	
2	2.25 ^{abcde}	9.14 ^{abcdef}	6.63 ^{abcde}	6.65 ^{abcd}	9.31 ^{abcdef}	2.25 ^{abcdef}	
3	2.20 ^{abcdef}	9.48 ^{ab}	6.66 ^{abcd}	6.67 ^{abc}	9.56 ^{abc}	2.20 ^{abcdefg}	
4	2.15 ^{cdefgh}	9.29 ^{abcd}	6.35 ^{bcdefgh}	6.36 ^{bcdefg}	9.47 ^{abcd}	2.15 ^{defghij}	
5	2.20 ^{abcdef}	9.14 ^{abcde}	6.77 ^{ab}	6.77 ^{ab}	9.25 ^{abcdefgh}	2.20 ^{abcdefgh}	
6	2.00 ^{ghijklm}	9.15 ^{abcde}	6.08 ^{cdefghijklm}	6.08 ^{cdefghijkl}	9.12 ^{abcdefghij}	2.00 ^{ijklmnopq}	
7	2.03 ^{ghijkl}	8.86 ^{bcdefghi}	5.94 ^{ghijklm}	5.93 ^{ghijkl}	9.05 ^{abcdefghijk}	2.03 ^{ghijklmnop}	
8	2.07 ^{efghij}	9.18 ^{abcde}	6.12 ^{cdefghijk}	6.13 ^{cdefghijk}	8.60 ^{hijkl}	2.09 ^{efghijklm}	
9	2.17 ^{abcdefg}	8.39 ^{hij}	5.21 ^{no}	5.32 ^{mn}	8.09 ^l	2.17 ^{abcdefghi}	
10	2.06 ^{ghijk}	9.27 ^{abcd}	6.34 ^{bcdefgh}	6.34 ^{bcdefgh}	9.41 ^{abcde}	2.06 ^{ghijklmno}	
11	2.14 ^{defgh}	9.27 ^{abcd}	6.67 ^{abc}	6.66 ^{abc}	9.60 ^{ab}	2.14 ^{defghij}	
12	2.33 ^{abc}	9.59 ^a	7.04 ^a	7.05 ^a	9.69 ^a	2.33 ^{abc}	
13	2.06 ^{ghijk}	8.99 ^{abcdefgh}	6.06 ^{efghijklm}	6.06 ^{efghijkl}	9.05 ^{abcdefghijk}	2.05 ^{ghijklmno}	
14	2.10 ^{defghi}	8.99 ^{abcdefgh}	6.19 ^{bcdefghijk}	6.20 ^{bcdefghijk}	9.24 ^{abcdefghi}	2.10 ^{defghijkl}	
15	2.10 ^{defghij}	9.13 ^{abcdef}	6.26 ^{bcdefghij}	6.25 ^{bcdefghij}	9.07 ^{abcdefghij}	2.10 ^{defghijkl}	
16	2.17 ^{abcdefg}	8.87 ^{bcdefghi}	6.10 ^{cdefghijkl}	6.09 ^{cdefghijkl}	9.12 ^{abcdefghij}	2.17 ^{abcdefghi}	
17	2.36 ^a	8.57 ^{efghij}	6.25 ^{bcdefghij}	6.24 ^{bcdefghij}	8.73 ^{efghijkl}	2.36 ^a	
18	2.28 ^{abcd}	8.47 ^{ghij}	6.28 ^{bcdefghij}	6.29 ^{bcdefghij}	8.59 ^{hijkl}	2.28 ^{abcde}	
19	2.28 ^{abcd}	9.30 ^{abcd}	6.65 ^{abcde}	6.62 ^{abcde}	9.47 ^{abcd}	2.28 ^{abcd}	
20	2.35 ^{ab}	9.17 ^{abcde}	6.66 ^{abcd}	6.66 ^{abc}	9.28 ^{abcdefgh}	2.35 ^{ab}	
21	2.11 ^{defghi}	8.92 ^{bcdefghi}	5.97 ^{ghijklm}	5.97 ^{ghijkl}	9.02 ^{abcdefghijk}	2.11 ^{defghijk}	
22	1.94 ^{ijklmn}	9.10 ^{abcdefg}	5.76 ^{hijklmn}	5.75 ^{hijklm}	9.14 ^{abcdefghij}	1.94 ^{klmnopq}	
23	2.01 ^{ghijklm}	8.84 ^{bcdefghij}	5.94 ^{ghijklm}	5.94 ^{ghijkl}	8.90 ^{cdefghijk}	2.01 ^{hijklmnopq}	
24	1.84 ^{mnpq}	8.61 ^{efghij}	5.61 ^{klmn}	5.60 ^{klm}	8.72 ^{efghijkl}	1.84 ^{qrst}	
25	1.85 ^{lmno}	8.55 ^{efghij}	5.51 ^{lmn}	5.51 ^{lm}	8.64 ^{efghijkl}	1.85 ^{pqrst}	

Anexo 4.1. Continuación (Región B)

		Caracteres de la región B					
Población	B1	B2	B3	B4	B5	B6	
26	1.74 ^{op}	8.94 ^{bcdefgh}	4.91 ^o	4.89 ⁿ	8.93 ^{bcdefghijk}	1.74 st	
27	1.90 ^{ijklmno}	8.49 ^{ghij}	5.74 ^{ijklmn}	5.75 ^{hijklm}	8.53 ^{ijkl}	1.90 ^{mnpopqrs}	
28	1.94 ^{ijklmn}	8.86 ^{bcdefghi}	6.07 ^{defghijklm}	6.06 ^{defghijkl}	8.88 ^{cdefghijk}	1.94 ^{klmnopqrs}	
29	1.96 ^{hijklmno}	8.70 ^{defghij}	6.05 ^{efghijklm}	6.06 ^{defghijkl}	8.74 ^{efghijkl}	1.96 ^{ijklmnopqrs}	
30	1.79 ^{nop}	8.43 ^{hij}	5.90 ^{ghijklm}	5.86 ^{ghijklm}	8.49 ^{ijkl}	1.79 ^{rst}	
31	2.08 ^{efghij}	8.87 ^{bcdefghi}	6.40 ^{bcdefg}	6.39 ^{bcdefg}	9.01 ^{abcdefghijk}	2.08 ^{ghijklmno}	
32	1.84 ^{lmnop}	8.60 ^{efghij}	5.52 ^{lmn}	5.52 ^{lm}	8.67 ^{ghijkl}	1.84 ^{pqrst}	
33	1.65 ^p	8.80 ^{cdefghij}	5.62 ^{klmn}	5.63 ^{klm}	8.84 ^{defghijk}	1.65 ^t	
34	1.78 ^{nop}	8.73 ^{cdefghij}	5.65 ^{klmn}	5.65 ^{ijklm}	8.95 ^{bcdefghijk}	1.78 ^{rst}	
35	1.92 ^{ijklmno}	8.28 ^j	5.72 ^{ijklmn}	5.72 ^{ijklm}	8.35 ^{kl}	1.92 ^{lmnopqrs}	
36	1.89 ^{ijklmno}	8.20 ^j	5.50 ^{mno}	5.52 ^{lm}	8.61 ^{ghijkl}	1.89 ^{nopqrs}	
37	1.88 ^{klmn}	8.72 ^{cdefghij}	5.84 ^{ghijklm}	5.85 ^{ghijklm}	8.92 ^{bcdefghijk}	1.88 ^{opqrs}	
38	1.96 ^{hijklmno}	8.91 ^{bcdefghi}	6.31 ^{bcdefghi}	6.32 ^{bcdefgh}	9.02 ^{abcdefghijk}	1.96 ^{ijklmnopqrs}	
39	2.05 ^{ghijk}	9.37 ^{abc}	6.37 ^{bcdefg}	6.37 ^{bcdefg}	9.52 ^{abcd}	2.05 ^{ghijklmno}	
40	2.00 ^{ghijklm}	8.95 ^{abcdefgh}	6.12 ^{cdefghijk}	6.14 ^{cdefghijk}	9.00 ^{abcdefghijk}	2.00 ^{ijklmnopq}	
DMS	0.1908	0.6521	0.592	0.5964	0.7057	0.1901	

Media armónica=13.65854, DMS= Diferencia Mínima Significativa

*El número promedio con letras diferentes en cada línea indican diferencia significativa, según la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$). Los promedios se muestran con el límite de confianza al 95%

Anexo 4.1. Continuación (Región B)

		Caracteres de la región B				
Población	B7	B8	B9	B10	B	
1	10.23 ^{abcdef}	8.48 ^{abcdefghi}	8.44 ^{abcdefgh}	10.45 ^{abcdef}	8.18 ^{abcdefgh}	
2	10.22 ^{abcdef}	8.57 ^{abcde}	8.37 ^{abcdefghijkl}	10.59 ^{abcd}	8.15 ^{abcdefghij}	
3	10.67 ^{ab}	8.73 ^{ab}	8.68 ^{ab}	10.78 ^{ab}	8.43 ^{ab}	
4	10.41 ^{abcd}	8.71 ^{abc}	8.61 ^{abc}	10.63 ^{abc}	9.39 ^{ab}	
5	10.40 ^{abcd}	8.34 ^{abcdefghijk}	8.27 ^{bcdefghijkl}	10.54 ^{abcde}	7.99 ^{abcdefghijkl}	
6	10.21 ^{abcdefg}	8.41 ^{abcdefghij}	8.40 ^{abcdefghij}	10.18 ^{bcdefgh}	8.16 ^{abcdefghi}	
7	9.89 ^{cdefghi}	8.26 ^{bcdefghijkl}	8.25 ^{bcdefghijkl}	9.91 ^{cdefghij}	8.00 ^{abcdefghijkl}	
8	10.26 ^{abcde}	8.49 ^{abcdefgh}	8.50 ^{abcdef}	10.29 ^{bcdefgh}	8.26 ^{abcdef}	
9	9.44 ^{hi}	7.96 ^{fghijkl}	7.87 ^{klm}	9.24 ⁱ	7.62 ^{ijkl}	
10	10.22 ^{abcdefg}	8.54 ^{abcdef}	8.42 ^{abcdefghi}	10.54 ^{abcde}	8.23 ^{abcdefg}	
11	10.42 ^{abcd}	8.58 ^{abcde}	8.43 ^{abcdefghi}	10.62 ^{abc}	8.25 ^{abcdef}	
12	10.85 ^a	8.86 ^a	8.86 ^a	11.09 ^a	8.53 ^a	
13	10.09 ^{bcdefgh}	8.27 ^{bcdefghijkl}	8.32 ^{bcdefghijkl}	10.18 ^{bcdefgh}	8.05 ^{abcdefghijkl}	
14	10.07 ^{bcdefgh}	8.46 ^{abcdefghi}	8.32 ^{bcdefghijkl}	10.40 ^{abcdefg}	8.13 ^{abcdefghijk}	
15	10.28 ^{abcde}	8.34 ^{abcdefghijk}	8.38 ^{abcdefghij}	10.11 ^{bcdefghi}	8.10 ^{abcdefghijk}	
16	9.94 ^{bcdefgh}	8.40 ^{abcdefghij}	8.23 ^{bcdefghijklm}	10.27 ^{bcdefgh}	8.02 ^{abcdefghijkl}	
17	10.04 ^{bcdefgh}	8.13 ^{defghijkl}	8.09 ^{cdefghijklm}	9.98 ^{cdefghij}	7.68 ^{ghijkl}	
18	9.69 ^{defghi}	7.97 ^{fghijkl}	7.89 ^{ijklm}	9.85 ^{defghij}	7.58 ^{kl}	
19	10.53 ^{abc}	8.72 ^{ab}	8.57 ^{abcde}	10.77 ^{ab}	8.37 ^{abc}	
20	10.46 ^{abc}	8.52 ^{abcdefg}	8.48 ^{abcdefg}	10.61 ^{abc}	8.16 ^{abcdefghi}	
21	9.94 ^{bcdefgh}	8.38 ^{abcdefghijk}	8.34 ^{abcdefghijkl}	10.10 ^{bcdefghi}	8.09 ^{abcdefghijk}	
22	10.06 ^{bcdefgh}	8.52 ^{abcdefg}	8.47 ^{abcdefgh}	10.11 ^{bcdefghi}	8.29 ^{abcde}	
23	9.88 ^{cdefghi}	8.21 ^{bcdefghijkl}	8.18 ^{bcdefghijklm}	9.96 ^{cdefghij}	7.94 ^{bcdefghijkl}	
24	9.55 ^{efghi}	8.06 ^{efghijkl}	8.00 ^{fghijklm}	9.72 ^{fghij}	7.79 ^{defghijkl}	
25	9.48 ^{fghi}	7.99 ^{fghijkl}	7.94 ^{hijklm}	9.60 ^{hij}	7.74 ^{efghijkl}	

Anexo 4.1. Continuación (Región B)

		Caracteres de la región B			
Población	B7	B8	B9	B10	B
26	9.35 ^{hi}	8.52 ^{abcdefg}	8.53 ^{abcde}	9.68 ^{hij}	8.35 ^{abcd}
27	9.49 ^{fghi}	7.86 ^{ijkl}	7.81 ^{lmn}	9.56 ^{hij}	7.60 ^{kl}
28	9.79 ^{cdefghi}	7.92 ^{hijkl}	8.08 ^{cdefghijklm}	9.81 ^{efghij}	7.83 ^{cdefghijkl}
29	9.87 ^{cdefghi}	7.95 ^{ghijkl}	7.97 ^{ghijklm}	9.79 ^{efghij}	7.73 ^{fghijkl}
30	9.48 ^{fghi}	7.81 ^{kl}	7.78 ^{mn}	9.57 ^{hij}	7.59 ^{kl}
31	10.00 ^{bcdefgh}	8.13 ^{cdefghijkl}	8.06 ^{efghijklm}	10.21 ^{bcdefgh}	7.82 ^{cdefghijkl}
32	9.47 ^{fghi}	8.03 ^{efghijkl}	7.99 ^{fghijklm}	9.57 ^{hij}	7.80 ^{efghijkl}
33	9.67 ^{defghi}	8.08 ^{efghijkl}	8.06 ^{efghijklm}	9.69 ^{fghij}	7.89 ^{bcdefghijkl}
34	9.63 ^{efghi}	8.15 ^{bcdefghijkl}	9.10 ^{cdefghijklm}	9.77 ^{fghij}	7.92 ^{bcefgghijkl}
35	9.38 ^{hi}	7.73 ^l	7.71 ⁿ	9.38 ^{ij}	7.49 ^l
36	9.18 ^j	7.90 ^{ijkl}	7.84 ^{lmn}	9.62 ^{hij}	7.64 ^{hijkl}
37	9.64 ^{efghi}	8.18 ^{bcdefghijkl}	8.08 ^{defghijklm}	9.84 ^{defghij}	7.93 ^{bcdefghijkl}
38	9.99 ^{bcdefgh}	8.11 ^{defghijkl}	8.07 ^{efghijklm}	10.14 ^{bcdefghi}	7.89 ^{bcdefghijkl}
39	10.45 ^{abc}	8.68 ^{abcd}	8.61 ^{abcd}	10.63 ^{abc}	8.40 ^{ab}
40	10.01 ^{bcdefgh}	8.36 ^{abcdefghijkl}	8.19 ^{bcdefghijklm}	10.09 ^{bcdefghi}	7.96 ^{bcdefghijkl}
DMS	0.7587	0.5796	0.5327	0.76	0.5526

Media armónica=13.65854, DMS= Diferencia Mínima Significativa

*El número promedio con letras diferentes en cada línea indican diferencia significativa, según la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$). Los promedios se muestran con el límite de confianza al 95%

Anexo 4.1. Continuación (Región C)

		Caracteres de la región C					
Población		C1	C2	C3	C4	C5	C6
1		6.44 ^{bcdef}	9.33 ^{abcde}	10.87 ^{abcd}	10.97 ^{abcd}	9.40 ^{abcdef}	6.49 ^{abcdef}
2		6.63 ^{abcde}	9.10 ^{abcdefghijkl}	10.84 ^{abcd}	10.83 ^{abcdef}	9.28 ^{abcdefgh}	6.65 ^{abcd}
3		6.66 ^{abcd}	9.56 ^{abc}	11.20 ^{ab}	11.48 ^a	9.78 ^{ab}	6.67 ^{abc}
4		6.35 ^{bcdefgh}	9.65 ^a	11.34 ^a	11.46 ^a	9.69 ^{abc}	6.36 ^{bcdefg}
5		6.77 ^{ab}	9.02 ^{abcdefghijkl}	11.14 ^{abc}	10.79 ^{abcdef}	9.14 ^{abcdefghi}	6.77 ^{ab}
6		6.08 ^{cdefghijklm}	9.21 ^{abcdefgh}	10.58 ^{abcdef}	10.06 ^{bcdefghi}	9.25 ^{abcdefgh}	6.08 ^{cdefghijkl}
7		5.94 ^{ghijklm}	9.02 ^{abcdefghijkl}	9.75 ^{efgh}	10.03 ^{bcdefghi}	8.95 ^{bcdefghij}	5.93 ^{ghijkl}
8		6.12 ^{cdefghijk}	9.27 ^{abcdef}	10.90 ^{abcd}	9.84 ^{efghi}	9.30 ^{abcdefgh}	6.13 ^{cdefghijk}
9		5.21 ^{no}	8.49 ^{ghijk}	9.55 ^{fghi}	8.70 ^{jk}	8.23 ^j	5.32 ^{mn}
10		6.34 ^{bcdefgh}	9.34 ^{abcd}	11.10 ^{abc}	10.86 ^{abcdef}	9.54 ^{abcd}	6.34 ^{bcdefgh}
11		6.67 ^{abc}	9.33 ^{abcd}	11.39 ^a	11.05 ^{ab}	9.49 ^{abcd}	6.66 ^{abc}
12		7.04 ^a	9.13 ^{abcdefghij}	11.12 ^{abc}	10.63 ^{abcdefg}	9.45 ^{abcde}	7.05 ^a
13		6.06 ^{efghijklm}	8.92 ^{abcdefghijkl}	9.96 ^{defgh}	9.78 ^{ghij}	8.81 ^{defghij}	6.06 ^{efghijkl}
14		6.19 ^{bcdefghijk}	9.02 ^{abcdefghijkl}	10.10 ^{cdefgh}	10.36 ^{bcdefgh}	9.08 ^{abcdefghi}	6.20 ^{bcdefghijk}
15		6.26 ^{bcdefghij}	9.24 ^{abcdefg}	10.79 ^{abcde}	10.47 ^{abcdefgh}	9.17 ^{abcdefgh}	6.25 ^{bcdefghij}
16		6.10 ^{cdefghijkl}	8.96 ^{abcdefghijkl}	10.11 ^{cdefgh}	9.94 ^{cdefghi}	8.78 ^{defghij}	6.09 ^{cdefghijkl}
17		6.25 ^{bcdefghij}	8.46 ^{hijk}	10.55 ^{abcdef}	10.24 ^{bcdefgh}	8.33 ^j	6.24 ^{bcdefghij}
18		6.28 ^{bcdefghij}	8.36 ^{jk}	10.40 ^{abcdefg}	9.86 ^{efghi}	8.56 ^{fghij}	6.29 ^{bcdefghij}
19		6.65 ^{abcde}	8.97 ^{abcdefghijkl}	10.65 ^{abcde}	10.55 ^{abcdefg}	9.48 ^{abcd}	6.62 ^{abcde}
20		6.66 ^{abcd}	9.18 ^{abcdefghi}	11.29 ^{ab}	10.89 ^{abcde}	9.42 ^{abcde}	6.66 ^{abc}
21		5.97 ^{ghijklm}	8.88 ^{abcdefghijkl}	9.99 ^{defgh}	9.69 ^{ghij}	9.07 ^{abcdefghi}	5.97 ^{ghijkl}
22		5.76 ^{hijklmn}	9.20 ^{abcdefgh}	10.00 ^{defgh}	9.88 ^{defghi}	9.39 ^{abcdef}	5.75 ^{hijklm}
23		5.94 ^{ghijklm}	9.06 ^{abcdefghijkl}	10.43 ^{abcdefg}	10.28 ^{bcdefgh}	9.12 ^{abcdefghi}	5.94 ^{ghijkl}
24		5.61 ^{klmn}	8.72 ^{defghijk}	9.76 ^{efgh}	9.77 ^{fghij}	8.83 ^{defghij}	5.61 ^{klm}
25		5.51 ^{lmn}	8.40 ^{ijk}	9.12 ^{hi}	9.03 ^{ijk}	8.53 ^{ghij}	5.51 ^{lm}

Anexo 4.1. Continuación (Región C)

		Caracteres de la región C					
Población	C1	C2	C3	C4	C5	C6	
26	4.91 ^o	8.33 ^k	8.51 ⁱ	8.30 ^k	9.05 ^{abcdefghij}	4.89 ⁿ	
27	5.74 ^{ijklmn}	8.56 ^{efghijk}	9.47 ^{ghi}	9.53 ^{hij}	8.49 ^{hij}	5.75 ^{hijklm}	
28	6.07 ^{defghijklm}	8.88 ^{abcdefghijk}	10.52 ^{abcdefg}	10.25 ^{bcdefgh}	9.02 ^{abcdefghij}	6.06 ^{defghijkl}	
29	6.06 ^{efghijklm}	8.71 ^{defghijk}	10.54 ^{abcdef}	10.31 ^{bcdefgh}	8.78 ^{defghij}	6.06 ^{defghijkl}	
30	5.90 ^{fghijklm}	8.51 ^{fghijk}	10.44 ^{abcdefg}	10.06 ^{bcdefghi}	8.80 ^{defghij}	5.86 ^{ghijklm}	
31	6.40 ^{bcdefg}	8.97 ^{abcdefghijk}	10.95 ^{abcd}	10.83 ^{abcdef}	9.15 ^{abcdefghi}	6.39 ^{bcdefg}	
32	5.52 ^{lmn}	8.85 ^{cdefghijk}	10.00 ^{defgh}	9.85 ^{efghi}	8.95 ^{bcdefghij}	5.52 ^{lm}	
33	5.62 ^{klmn}	9.33 ^{abcde}	10.73 ^{abcde}	10.43 ^{abcdefgh}	9.35 ^{abcdefg}	5.63 ^{klm}	
34	5.65 ^{klmn}	9.36 ^{abcd}	10.67 ^{abcde}	10.64 ^{abcdefg}	9.46 ^{abcde}	5.65 ^{klm}	
35	5.72 ^{klmn}	8.62 ^{defghijk}	10.34 ^{abcdefg}	9.94 ^{cdefghi}	8.65 ^{efghij}	5.72 ^{ijklm}	
36	5.50 ^{mno}	8.73 ^{defghijk}	10.25 ^{bcdefg}	9.50 ^{hij}	8.75 ^{defghij}	5.52 ^{lm}	
37	5.84 ^{ghijklm}	9.01 ^{abcdefghijk}	10.51 ^{abcdefg}	10.17 ^{bcdefgh}	9.18 ^{abcdefgh}	5.85 ^{ghijklm}	
38	6.31 ^{bcdefghi}	8.87 ^{bcdefghijk}	10.63 ^{abcde}	10.28 ^{bcdefgh}	8.88 ^{cdefghij}	6.32 ^{bcdefgh}	
39	6.37 ^{bcdefg}	9.64 ^{ab}	11.38 ^a	11.00 ^{abc}	9.80 ^a	6.37 ^{bcdefg}	
40	6.12 ^{cdefghijk}	8.97 ^{abcdefghijk}	10.49 ^{abcdefg}	10.10 ^{bcdefghi}	9.00 ^{abcdefgh}	6.14 ^{cdefghijk}	
DMS	0.592	0.7758	1.0713	1.0945	0.836	0.5964	

Media armónica=13.65854, DMS= Diferencia Mínima Significativa

*El número promedio con letras diferentes en cada línea indican diferencia significativa, según la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$). Los promedios se muestran con el límite de confianza al 95%

Anexo 4.1. Continuación (Región C)

Población	Caracteres de la región C				
	C7	C8	C9	C10	C
1	13.60 ^{abcdef}	10.42 ^{abcdefgh}	10.37 ^{abc}	13.77 ^{abcdefg}	8.17 ^{abcdefg}
2	13.44 ^{abcdefg}	10.59 ^{abcdefg}	10.35 ^{abcd}	13.71 ^{abcdefg}	8.13 ^{abcdefg}
3	14.00 ^a	10.73 ^{abcde}	10.66 ^a	14.25 ^{ab}	8.42 ^{ab}
4	13.92 ^{ab}	10.63 ^{abcdef}	10.41 ^{ab}	14.36 ^a	8.39 ^{abc}
5	13.50 ^{abcdefg}	10.63 ^{abcdef}	10.28 ^{abcde}	13.71 ^{abcdefg}	8.01 ^{abcdefghi}
6	13.03 ^{abcdefghij}	10.39 ^{bcdefgh}	10.02 ^{abcdefgh}	13.16 ^{abcdefghi}	8.18 ^{abcdef}
7	12.88 ^{abcdefghij}	9.86 ^{fghi}	9.94 ^{abcdefgh}	12.31 ^{hijk}	8.01 ^{abcdefghi}
8	11.63 ^{klm}	10.61 ^{abcdefg}	9.95 ^{abcdefgh}	13.26 ^{abcdefghi}	8.26 ^{abcde}
9	10.69 ^m	9.54 ⁱ	9.27 ^{hi}	11.58 ^k	7.66 ^{fghi}
10	13.53 ^{abcdef}	10.62 ^{abcdef}	10.19 ^{abcdefg}	13.84 ^{abcdef}	8.25 ^{abcde}
11	13.75 ^{abcd}	10.85 ^{abc}	10.40 ^{ab}	14.03 ^{abc}	8.26 ^{abcde}
12	13.64 ^{abcde}	11.24 ^a	10.67 ^a	13.87 ^{abcde}	8.53 ^a
13	12.40 ^{fghijkl}	10.19 ^{cdefghi}	10.01 ^{abcdefgh}	12.70 ^{defghijk}	8.03 ^{abcdefgh}
14	13.00 ^{abcdefghij}	10.10 ^{cdefghi}	10.29 ^{abcd}	13.18 ^{abcdefghi}	8.10 ^{abcdefg}
15	13.41 ^{abcdefg}	10.30 ^{bcdefghi}	10.18 ^{abcdefg}	13.31 ^{abcdefghi}	8.10 ^{abcdefg}
16	13.02 ^{abcdefghij}	9.85 ^{fghi}	10.24 ^{abcdefg}	12.66 ^{defghijk}	8.02 ^{abcdefgh}
17	12.70 ^{cdefghijkl}	9.86 ^{fghi}	9.76 ^{bcdefghi}	12.16 ^{hijk}	7.60 ^{fghi}
18	12.54 ^{defghijkl}	10.27 ^{bcdefghi}	9.50 ^{fghi}	12.91 ^{cdefghij}	7.61 ^{fghi}
19	12.41 ^{fghijkl}	11.04 ^{ab}	10.30 ^{abcd}	13.89 ^{abcd}	8.37 ^{abc}
20	13.58 ^{abcdef}	10.81 ^{abcd}	10.27 ^{abcdef}	13.96 ^{abc}	8.17 ^{abcdefg}
21	12.72 ^{bcdefghijkl}	10.20 ^{bcdefghi}	9.99 ^{abcdefgh}	12.63 ^{efghijk}	8.09 ^{abcdefg}
22	12.79 ^{abcdefghijkl}	10.19 ^{cdefghi}	9.96 ^{abcdefgh}	13.10 ^{bcdefghi}	8.28 ^{abcd}
23	12.99 ^{abcdefghij}	10.00 ^{defghi}	9.86 ^{bcdefgh}	13.09 ^{bcdefghi}	7.96 ^{bcdefghi}
24	12.30 ^{ghijkl}	9.63 ^{hi}	9.58 ^{defghi}	12.50 ^{ghijk}	7.79 ^{defghi}
25	11.61 ^{lm}	9.72 ^{hi}	9.40 ^{hi}	12.06 ^{ijk}	7.75 ^{defghi}

Anexo 4.1. Continuación (Región C)

Población	Caracteres de la región C				
	C7	C8	C9	C10	C
26	11.89 ^{klm}	9.74 ^{hi}	9.65 ^{bcdefghi}	11.84 ^{jk}	8.36 ^{abc}
27	12.11 ^{hijkl}	9.59 ^{hi}	9.50 ^{efghi}	12.24 ^{hijk}	7.61 ^{fghi}
28	12.68 ^{cdefghijkl}	9.95 ^{efghi}	9.65 ^{bcdefghi}	12.91 ^{cdefghij}	7.70 ^{efghi}
29	12.60 ^{defghijkl}	10.03 ^{cdefghi}	9.70 ^{bcdefghi}	12.95 ^{cdefghij}	7.74 ^{defghi}
30	12.03 ^{ijkl}	9.73 ^{hi}	9.06 ⁱ	12.50 ^{ghijk}	7.61 ^{ghi}
31	13.31 ^{abcdefg}	10.24 ^{bcddefghi}	9.99 ^{abcddefgh}	13.62 ^{abcddefg}	7.84 ^{cdefghi}
32	12.43 ^{efghijkl}	9.63 ^{hi}	9.48 ^{ghi}	12.59 ^{fghijk}	7.79 ^{defghi}
33	13.20 ^{abcddefghi}	9.78 ^{ghi}	9.59 ^{defghi}	13.20 ^{abcddefghi}	7.90 ^{bcdefgh}
34	13.22 ^{abcddefghi}	9.77 ^{ghi}	9.63 ^{bcddefghi}	13.35 ^{abcddefgh}	7.92 ^{bcdefghi}
35	12.49 ^{efghijkl}	9.63 ^{hi}	9.25 ^{hi}	12.53 ^{ghijk}	7.45 ⁱ
36	12.46 ^{efghijkl}	9.64 ^{hi}	9.33 ^{hi}	12.51 ^{ghijk}	7.50 ^{hi}
37	12.84 ^{abcddefghijk}	9.95 ^{efghi}	9.60 ^{cdefghi}	13.04 ^{bcdefghij}	7.93 ^{bcdefghi}
38	13.06 ^{abcddefghij}	10.19 ^{cdefghi}	9.96 ^{abcddefgh}	13.05 ^{bcdefghij}	7.85 ^{cdefghi}
39	13.88 ^{abc}	10.76 ^{abcde}	10.33 ^{abcd}	14.14 ^{abc}	8.46 ^{ab}
40	12.96 ^{abcddefghij}	10.21 ^{bcddefghi}	10.01 ^{abcddefgh}	13.00 ^{bcdefghij}	7.96 ^{bcdefghi}
DMS	1.2171	0.841	0.7786	1.2514	0.5713

Media armónica=13.65854, DMS= Diferencia Mínima Significativa

*El número promedio con letras diferentes en cada línea indican diferencia significativa, según la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$). Los promedios se muestran con el límite de confianza al 95%

Anexo 4.1. Continuación (Región D)

		Caracteres de la región D					
Población		D1	D2	D3	D4	D5	D6
1		10.87 ^{abcd}	7.98 ^{abcdefg}	11.65 ^{abcdefgh}	11.83 ^{abcde}	7.93 ^{abcdef}	10.97 ^{abcd}
2		10.84 ^{abcd}	7.68 ^{cdefghij}	11.67 ^{abcdefgh}	11.54 ^{abcdef}	7.69 ^{cdefghij}	10.83 ^{abcdef}
3		11.20 ^{ab}	7.94 ^{abcdefg}	11.80 ^{abcdefgh}	12.06 ^{abcde}	7.95 ^{abcdef}	11.48 ^a
4		11.34 ^a	8.2177 ^{abcd}	11.7753 ^{abcdefgh}	12.1957 ^{abcd}	8.215 ^{abcd}	11.46 ^a
5		11.14 ^{abc}	7.48 ^{efghijk}	11.85 ^{abcdefgh}	11.77 ^{abcde}	7.53 ^{efghijkl}	10.79 ^{abcdef}
6		10.58 ^{abcdef}	7.74 ^{bcddefghi}	12.68 ^a	12.62 ^a	7.88 ^{bcddefgh}	10.06 ^{bcddefghi}
7		9.75 ^{efgh}	8.05 ^{abcdef}	11.14 ^{cdefgh}	11.42 ^{abcdef}	8.11 ^{abcde}	10.03 ^{bcddefghi}
8		10.90 ^{abcd}	8.27 ^{abcd}	10.96 ^{efgh}	11.61 ^{abcdef}	8.06 ^{abcdef}	9.84 ^{efghi}
9		9.55 ^{ghi}	7.58 ^{defghijk}	9.28 ⁱ	10.13 ^g	6.88 ⁱ	8.71 ^{jk}
10		11.10 ^{abc}	8.28 ^{abc}	11.90 ^{abcdefg}	11.66 ^{abcde}	8.31 ^{abc}	10.86 ^{abcdef}
11		11.39 ^a	8.55 ^a	12.26 ^{abcd}	11.81 ^{abcde}	8.56 ^a	11.05 ^{ab}
12		11.12 ^{abc}	7.68 ^{cdefghij}	12.35 ^{abc}	11.88 ^{abcde}	7.80 ^{bcddefghi}	10.63 ^{abcdefg}
13		9.96 ^{defgh}	7.62 ^{cdefghijk}	10.92 ^{fgh}	11.00 ^{defg}	7.58 ^{defghijk}	9.78 ^{fghij}
14		10.10 ^{cdefgh}	7.53 ^{efghijk}	10.63 ^h	11.12 ^{defg}	7.64 ^{defghij}	10.36 ^{bcddefgh}
15		10.79 ^{abcde}	8.05 ^{abcdef}	12.05 ^{abcdefg}	12.17 ^{abcd}	8.09 ^{abcde}	10.47 ^{abcdefgh}
16		10.11 ^{cdefgh}	7.98 ^{abcdefg}	11.66 ^{abcdefgh}	11.93 ^{abcde}	8.11 ^{abcde}	9.94 ^{cdefghi}
17		10.55 ^{abcdef}	7.46 ^{efghijk}	12.26 ^{abcd}	11.60 ^{abcdef}	7.47 ^{efghijkl}	10.24 ^{bcddefgh}
18		10.40 ^{abcdefg}	7.63 ^{cdefghijk}	12.17 ^{abcde}	11.29 ^{bcddefg}	7.59 ^{defghijk}	9.86 ^{efghi}
19		10.65 ^{abcde}	8.14 ^{abcde}	12.83 ^a	12.12 ^{abcde}	8.06 ^{abcdef}	10.55 ^{abcdefg}
20		11.29 ^{ab}	8.38 ^{ab}	11.91 ^{abcdefg}	11.34 ^{bcddefg}	8.36 ^{ab}	10.89 ^{abcde}
21		10.00 ^{defgh}	7.86 ^{bcddefgh}	12.15 ^{abcdefg}	12.04 ^{abcde}	7.93 ^{abcdef}	9.69 ^{ghij}
22		10.00 ^{defgh}	7.59 ^{defghijk}	11.95 ^{abcdefg}	11.96 ^{abcde}	7.71 ^{bcddefghi}	9.88 ^{defghi}
23		10.43 ^{abcdefg}	7.35 ^{ghijk}	12.26 ^{abcd}	12.41 ^{abc}	7.41 ^{fghijkl}	10.28 ^{bcddefgh}
24		9.76 ^{efgh}	7.19 ^{hijk}	11.32 ^{bcddefgh}	11.43 ^{abcdef}	7.18 ^{ijkl}	9.77 ^{fghij}
25		9.12 ^{hi}	7.39 ^{fghijk}	11.31 ^{bcddefgh}	11.23 ^{bcddefg}	7.39 ^{ghijkl}	9.03 ^{ijkl}

Anexo 4.1. Continuación (Región D)

		Caracteres de la región D					
Población	D1	D2	D3	D4	D5	D6	
26	8.51 ⁱ	7.42 ^{fg hijk}	11.16 ^{cdefgh}	11.28 ^{bcdefg}	7.54 ^{efghijk}	8.30 ^k	
27	9.47 ^{ghi}	6.97 ^k	10.91 ^{gh}	10.94 ^{fg}	6.97 ^{kl}	9.53 ^{hij}	
28	10.52 ^{abcdefg}	7.34 ^{ghijk}	12.05 ^{abcdefg}	11.90 ^{abcde}	7.33 ^{ghijk}	10.25 ^{bdefgh}	
29	10.54 ^{abcdef}	7.45 ^{fg hijk}	12.15 ^{abcdef}	11.94 ^{abcde}	7.49 ^{efghijkl}	10.31 ^{bcdefgh}	
30	10.44 ^{abcdefg}	7.02 ^{jk}	11.62 ^{abcdefgh}	11.21 ^{cdefg}	7.16 ^{ijkl}	10.06 ^{bcdefghi}	
31	10.95 ^{abcd}	7.42 ^{fg hijk}	12.64 ^a	12.44 ^{ab}	7.37 ^{ghijkl}	10.83 ^{abcdef}	
32	10.00 ^{defgh}	7.22 ^{hijk}	11.76 ^{abcdefgh}	11.85 ^{abcde}	7.25 ^{hijkl}	9.85 ^{efghi}	
33	10.73 ^{abcde}	7.47 ^{efghijk}	11.82 ^{abcdefgh}	11.69 ^{abcde}	7.50 ^{efghijkl}	10.43 ^{abcdefgh}	
34	10.67 ^{abcde}	7.43 ^{fg hijk}	12.12 ^{abcdefg}	12.11 ^{abcde}	7.49 ^{efghijkl}	10.64 ^{abcdefg}	
35	10.34 ^{abcdefg}	7.04 ^{jk}	11.71 ^{abcdefgh}	11.33 ^{bcdefg}	7.04 ^{ijkl}	9.94 ^{cdefghi}	
36	10.25 ^{bcdefg}	7.12 ^{ijk}	10.99 ^{efgh}	10.45 ^{fg}	7.15 ^{ijkl}	9.50 ^{hij}	
37	10.51 ^{abcdefg}	7.50 ^{efghijk}	11.93 ^{abcdefgh}	11.63 ^{abcdef}	7.50 ^{efghijkl}	10.17 ^{bcdefgh}	
38	10.63 ^{abcde}	7.30 ^{ghijk}	11.76 ^{abcdefgh}	11.59 ^{abcdef}	7.36 ^{ghijkl}	10.28 ^{bcdefgh}	
39	11.38 ^a	7.64 ^{cdefghijk}	12.43 ^{ab}	11.86 ^{abcde}	7.57 ^{defghijk}	11.00 ^{abc}	
40	10.49 ^{abcdefg}	7.63 ^{cdefghijk}	11.06 ^{defgh}	11.12 ^{defg}	7.86 ^{bcdefgh}	10.10 ^{bcdefghi}	
DMS	1.0713	0.6858	1.239	1.2089	0.6612	1.0945	

Media armónica=13.65854, DMS= Diferencia Mínima Significativa

*El número promedio con letras diferentes en cada línea indican diferencia significativa, según la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$). Los promedios se muestran con el límite de confianza al 95%

Anexo 4.1. Continuación (Región D)

		Caracteres de la región D				
Población	D7	D8	D9	D10	D	
1	10.37 ^{abcdef}	8.80 ^{abcde}	8.85 ^{abcde}	10.31 ^{abcdef}	7.81 ^{abcdefgh}	
2	10.15 ^{abcdefgh}	8.66 ^{bcddefgh}	8.61 ^{abcdefghi}	10.15 ^{abcdefgh}	7.58 ^{cdefghijkl}	
3	10.67 ^{abcde}	8.89 ^{abcd}	8.87 ^{abcde}	10.70 ^{abcd}	7.89 ^{abcde}	
4	10.89 ^{abc}	9.08 ^{abc}	9.18 ^{abc}	10.87 ^{ab}	8.17 ^{abc}	
5	10.17 ^{abcdefg}	8.49 ^{cdefghij}	8.48 ^{cdefghij}	10.03 ^{abcdefghi}	7.44 ^{defghijklmnn}	
6	9.67 ^{efghijk}	8.59 ^{bcddefgh}	8.61 ^{abcdefghi}	9.36 ^{fghijklmno}	7.40 ^{efghijklmnn}	
7	9.94 ^{cdefghij}	8.66 ^{cdefgh}	8.65 ^{abcdefgh}	9.98 ^{bcdefghij}	7.85 ^{abcdef}	
8	10.37 ^{abcdef}	8.82 ^{abcde}	8.73 ^{abcdef}	9.86 ^{cdefghijklm}	7.14 ^{ghijklmnn}	
9	9.31 ^{ghijkl}	7.63 ^{lm}	7.48 ⁿ	8.74 ^{no}	6.74 ⁿ	
10	10.76 ^{abcd}	9.09 ^{abc}	9.07 ^{abcd}	10.56 ^{abcde}	8.11 ^{abcd}	
11	11.05 ^a	9.44 ^a	9.32 ^a	11.00 ^a	8.43 ^a	
12	10.25 ^{abcdefg}	8.69 ^{bcddefg}	8.59 ^{bcddefghi}	9.88 ^{bcddefghijklm}	7.57 ^{cdefghijkl}	
13	9.65 ^{fghijk}	8.22 ^{defghijklm}	8.18 ^{efghijklmnn}	9.51 ^{fghijklmno}	7.38 ^{efghijklmnn}	
14	9.98 ^{bcddefghij}	8.36 ^{defghijk}	8.35 ^{efghijkl}	9.94 ^{bcddefghijk}	7.48 ^{cdefghijklm}	
15	10.24 ^{abcdefg}	8.80 ^{abcde}	8.77 ^{abcdef}	10.20 ^{abcdefg}	7.83 ^{abcdefg}	
16	9.66 ^{fghijk}	8.48 ^{cdefghij}	8.47 ^{cdefghij}	9.92 ^{bcddefghijklm}	7.78 ^{abcdefghi}	
17	9.16 ^{hijkl}	8.11 ^{efghijklm}	8.10 ^{fghijklmnn}	9.15 ^{ijklmno}	7.19 ^{efghijklmnn}	
18	9.88 ^{defghij}	8.50 ^{cdefghij}	8.43 ^{defghijk}	9.62 ^{efghijklmnn}	7.23 ^{efghijklmnn}	
19	10.09 ^{abcdefghi}	8.92 ^{abcd}	8.89 ^{abcde}	10.08 ^{abcdefghi}	7.61 ^{cdefghijk}	
20	10.98 ^{ab}	9.29 ^{ab}	9.24 ^{ab}	10.79 ^{abc}	8.31 ^{ab}	
21	9.59 ^{fghijkl}	8.54 ^{cdefghi}	8.50 ^{cdefghij}	9.23 ^{ghijklmno}	7.41 ^{defghijklmnn}	
22	9.65 ^{fghijk}	8.34 ^{defghijkl}	8.30 ^{efghijkl}	9.57 ^{efghijklmnn}	7.38 ^{efghijklmnn}	
23	9.53 ^{fghijkl}	8.21 ^{defghijklm}	8.20 ^{efghijklm}	9.37 ^{fghijklmno}	7.07 ^{klmnn}	
24	9.03 ^{ijkl}	7.95 ^{hijklm}	7.92 ^{ijklmnn}	9.09 ^{ijklmno}	6.93 ^{klmnn}	
25	8.87 ^{kl}	7.87 ^{ijklm}	7.85 ^{ijklmnn}	8.93 ^{mno}	7.01 ^{ijklmnn}	

Anexo 4.1. Continuación (Región D)

		Caracteres de la región D				
Población	D7	D8	D9	D10	D	
26	8.62 ^l	7.53 ^m	7.49 ^{mn}	8.51 ^o	6.93 ^{klmn}	
27	9.02 ^{ijkl}	7.68 ^{klm}	7.74 ^{klmn}	8.96 ^{klmno}	6.80 ^{mn}	
28	9.43 ^{ghijkl}	8.27 ^{defghijkl}	8.19 ^{efghijklmn}	9.30 ^{ghijklmno}	7.11 ^{hijklmn}	
29	9.52 ^{ghijkl}	8.24 ^{defghijklm}	8.19 ^{efghijklmn}	9.44 ^{ghijklmno}	7.19 ^{ghijklmn}	
30	9.34 ^{ghijkl}	7.82 ^{ijklm}	7.75 ^{klmn}	9.02 ^{klmno}	6.75 ⁿ	
31	9.79 ^{defghijk}	8.41 ^{cdefghij}	8.38 ^{defghijkl}	9.83 ^{cdefghijklm}	7.21 ^{efghijklmn}	
32	9.13 ^{ijkl}	7.99 ^{ghijklm}	7.97 ^{ghijklmn}	8.93 ^{lmno}	6.92 ^{klmn}	
33	9.86 ^{defghijk}	8.45 ^{cdefghij}	8.37 ^{defghijkl}	9.80 ^{cdefghijklm}	7.35 ^{efghijklmn}	
34	9.76 ^{defghijk}	8.39 ^{cdefghijk}	8.40 ^{defghijkl}	9.69 ^{defghijklmn}	7.27 ^{efghijklmn}	
35	9.35 ^{ghijkl}	8.02 ^{ghijklm}	7.94 ^{hijklmn}	9.12 ^{ijklmno}	6.87 ^{lmn}	
36	9.47 ^{ghijkl}	7.81 ^{ijklm}	7.70 ^{lmn}	9.17 ^{hijklmno}	7.09 ^{ijklmn}	
37	9.77 ^{defghijk}	8.39 ^{cdefghijk}	8.35 ^{efghijkl}	9.62 ^{efghijklmn}	7.33 ^{efghijklmn}	
38	9.71 ^{efghijk}	8.27 ^{defghijkl}	8.22 ^{efghijkl}	9.55 ^{efghijklmn}	7.19 ^{ghijklmn}	
39	10.26 ^{abcdefg}	8.72 ^{bcdef}	8.66 ^{abcdefg}	10.07 ^{abcdefghi}	7.51 ^{cdefghijkl}	
40	9.95 ^{cdefghij}	8.63 ^{bcdefgh}	8.61 ^{abcdefghi}	9.93 ^{bcdefghijkl}	7.70 ^{bdefghij}	
DMS	1.006	0.7209	0.7182	1.0022	0.7005	

Media armónica=13.65854, DMS= Diferencia Mínima Significativa

*El número promedio con letras diferentes en cada línea indican diferencia significativa, según la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$). Los promedios se muestran con el límite de confianza al 95%

Anexo 4.1. Continuación (Región E)

Población	Caracteres de la región E					
	E1	E2	E3	E4	E5	E6
1	11.65 ^{abcdefgh}	7.09 ^{abcdef}	6.63 ^{abcdefghi}	6.73 ^{abcdefg}	6.91 ^{abcdefg}	11.83 ^{abcde}
2	11.67 ^{abcdefgh}	6.79 ^{def}	6.62 ^{abcdefghi}	6.69 ^{abcdefg}	6.76 ^{abcdefgh}	11.54 ^{bcdef}
3	11.80 ^{abcdefgh}	7.05 ^{abcdef}	6.45 ^{abcdefghij}	6.59 ^{abcdefghi}	7.14 ^{abcdefg}	12.06 ^{abcde}
4	11.78 ^{abcdefgh}	7.49 ^{abcd}	6.39 ^{abcdefghij}	6.66 ^{abcdefgh}	7.25 ^{abcdef}	12.20 ^{abcd}
5	11.85 ^{abcdefgh}	6.91 ^{bcdef}	6.53 ^{abcdefghij}	6.63 ^{abcdefgh}	6.92 ^{abcdefg}	11.77 ^{abcde}
6	12.68 ^a	7.61 ^{ab}	7.03 ^{ab}	7.37 ^a	7.36 ^{abc}	12.62 ^a
7	11.14 ^{cdefgh}	7.21 ^{abcdef}	5.97 ^{efghij}	6.02 ^{fghijkl}	7.32 ^{abcd}	11.42 ^{abcdef}
8	10.96 ^{efgh}	7.66 ^a	6.98 ^{abc}	6.21 ^{defghijkl}	7.26 ^{abcde}	11.61 ^{abcdef}
9	9.28 ⁱ	5.33 ^g	4.86 ^k	4.72 ^m	6.03 ^h	10.13 ^g
10	11.90 ^{abcdefg}	7.17 ^{abcdef}	6.50 ^{abcdefghij}	6.46 ^{bcdefghijkl}	7.16 ^{abcdefg}	11.66 ^{abcde}
11	12.26 ^{abcd}	7.37 ^{abcde}	6.61 ^{abcdefghij}	6.34 ^{cdefghijkl}	7.36 ^{abc}	11.81 ^{abcde}
12	12.35 ^{abc}	7.02 ^{abcdef}	6.93 ^{abcd}	6.68 ^{abcdefg}	7.09 ^{abcdefg}	11.88 ^{abcde}
13	10.92 ^{fgh}	6.79 ^{def}	5.84 ^{ghij}	5.93 ^{ghijkl}	6.75 ^{cdefgh}	11.00 ^{defg}
14	10.63 ^h	6.57 ^f	5.80 ^{hij}	5.86 ^{hijkl}	6.77 ^{abcdefgh}	11.12 ^{defg}
15	12.05 ^{abcdefg}	7.59 ^{abc}	6.29 ^{bcdefghij}	6.39 ^{bcdefghijkl}	7.50 ^{ab}	12.17 ^{abcd}
16	11.66 ^{abcdefgh}	7.48 ^{abcd}	5.82 ^{ghij}	6.39 ^{bcdefghijkl}	7.33 ^{abcd}	11.93 ^{abcde}
17	12.26 ^{abcd}	6.91 ^{bcdef}	6.89 ^{abcd}	6.64 ^{abcdefgh}	7.10 ^{abcdefg}	11.60 ^{abcdef}
18	12.17 ^{abcde}	7.25 ^{abcdef}	6.53 ^{abcdefghij}	6.23 ^{defghijkl}	6.93 ^{abcdefg}	11.29 ^{bcdefg}
19	12.83 ^a	7.67 ^a	7.12 ^{ab}	7.15 ^{ab}	7.21 ^{abcdef}	12.12 ^{abcde}
20	11.91 ^{abcdefg}	7.23 ^{abcdef}	6.37 ^{abcdefghij}	6.20 ^{efghijkl}	6.96 ^{abcdefg}	11.34 ^{bcdefg}
21	12.15 ^{abcdefg}	7.68 ^a	6.07 ^{defghij}	6.21 ^{efghijkl}	7.52 ^a	12.04 ^{abcde}
22	11.95 ^{abcdefg}	7.36 ^{abcde}	6.33 ^{bcdefghij}	6.27 ^{defghijkl}	7.28 ^{abcde}	11.96 ^{abcde}
23	12.26 ^{abcd}	7.15 ^{abcdef}	7.01 ^{abc}	6.99 ^{abcde}	7.26 ^{abcde}	12.41 ^{abc}
24	11.32 ^{bcdefgh}	6.77 ^{def}	6.67 ^{abcdefg}	6.45 ^{bcdefghijkl}	6.87 ^{abcdefg}	11.43 ^{abcdef}
25	11.31 ^{bcdefgh}	7.08 ^{abcdef}	5.91 ^{fghij}	5.82 ^{ijkl}	7.09 ^{abcdefg}	11.23 ^{bcdefg}

Anexo 4.1. Continuación (Región E)

Población	Caracteres de la región E					
	E1	E2	E3	E4	E5	E6
26	11.16 ^{cdefgh}	7.16 ^{abcdef}	5.77 ^{ij}	5.66 ^l	7.19 ^{abcdef}	11.28 ^{bcddefg}
27	10.91 ^{gh}	6.65 ^{ef}	5.75 ^j	5.99 ^{ghijkl}	6.50 ^{gh}	10.94 ^{fg}
28	12.05 ^{abcdefg}	6.95 ^{abcdef}	7.22 ^a	7.02 ^{abcd}	7.01 ^{abcdefg}	11.90 ^{abcde}
29	12.15 ^{abcdef}	7.19 ^{abcdef}	6.66 ^{abcdefgh}	6.77 ^{abcdef}	7.21 ^{abcdef}	11.94 ^{abcde}
30	11.62 ^{abcdefgh}	6.79 ^{def}	6.66 ^{abcdefgh}	6.40 ^{bcddefghijkl}	6.58 ^{defgh}	11.21 ^{cdefg}
31	12.64 ^a	7.17 ^{abcdef}	7.22 ^a	7.02 ^{abcd}	7.17 ^{abcdefg}	12.44 ^{ab}
32	11.76 ^{abcdefgh}	6.97 ^{abcdef}	6.75 ^{abcdef}	7.14 ^{abc}	6.89 ^{abcdefg}	11.85 ^{abcde}
33	11.82 ^{abcdefgh}	6.85 ^{cdef}	6.74 ^{abcdef}	6.52 ^{bcddefghij}	6.97 ^{abcdefg}	11.69 ^{abcde}
34	12.12 ^{abcdefg}	7.18 ^{abcdef}	6.97 ^{abc}	6.88 ^{abcde}	7.17 ^{abcdef}	12.11 ^{abcde}
35	11.71 ^{abcdefgh}	6.72 ^{ef}	6.27 ^{bcddefghij}	6.42 ^{bcddefghijkl}	6.56 ^{efgh}	11.33 ^{bcddefg}
36	10.99 ^{efgh}	6.74 ^{def}	6.16 ^{cdefghij}	5.71 ^{kl}	6.41 ^{gh}	10.45 ^{fg}
37	11.93 ^{abcdefgh}	7.01 ^{abcdef}	6.79 ^{abcde}	6.66 ^{abcdefgh}	6.94 ^{abcdefg}	11.63 ^{abcdef}
38	11.76 ^{abcdefgh}	6.82 ^{def}	6.69 ^{abcdefg}	6.47 ^{bcddefghijkl}	6.85 ^{abcdefg}	11.59 ^{abcdef}
39	12.43 ^{ab}	7.08 ^{abcdef}	7.22 ^a	7.11 ^{abc}	6.81 ^{abcdefg}	11.86 ^{abcde}
40	11.06 ^{defgh}	6.72 ^{ef}	5.89 ^{ghij}	5.76 ^{ijkl}	6.81 ^{abcdefg}	11.12 ^{defg}
DMS	1.239	0.7483	0.8701	0.8097	0.7541	1.2089

Media armónica=13.65854, DMS= Diferencia Mínima Significativa

*El número promedio con letras diferentes en cada línea indican diferencia significativa, según la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$). Los promedios se muestran con el límite de confianza al 95%

Anexo 4.1. Continuación (Región E)

		Caracteres de la región E				
Población	E7	E8	E9	E10	E	
1	5.41 ^{abcdef}	6.30 ^{abc}	5.40 ^{bcde}	5.40 ^{bcde}	4.77 ^{bcd}	
2	5.26 ^{bcdefg}	6.22 ^{abcd}	6.20 ^{bcdef}	5.23 ^{cdefg}	4.64 ^{bcdef}	
3	5.13 ^{cdefg}	6.09 ^{bcde}	6.16 ^{bcdefg}	5.11 ^{cdefg}	4.54 ^{cdef}	
4	5.20 ^{bcdefg}	6.18 ^{bcd}	6.12 ^{bcdefg}	5.26 ^{cdefg}	4.66 ^{bcdef}	
5	5.09 ^{cdefg}	6.07 ^{bcde}	6.08 ^{bcdefg}	5.11 ^{cdefg}	4.46 ^{cdef}	
6	5.77 ^{ab}	6.61 ^{ab}	6.58 ^{ab}	5.94 ^{ab}	5.05 ^{ab}	
7	5.36 ^{bcdefg}	6.01 ^{bcde}	6.17 ^{bcdefg}	5.36 ^{bcdef}	4.82 ^{bcd}	
8	5.78 ^{ab}	6.25 ^{abcd}	5.79 ^{efg}	5.26 ^{cdefg}	4.84 ^{abc}	
9	4.24 ^h	4.75 ^f	4.77 ^h	4.05 ^g	3.76 ^g	
10	5.25 ^{bcdefg}	6.19 ^{bcd}	6.21 ^{abcdef}	5.25 ^{cdefg}	4.69 ^{bcdef}	
11	5.50 ^{abcde}	6.51 ^{ab}	6.33 ^{abcde}	5.45 ^{abcde}	4.91 ^{abc}	
12	5.47 ^{abcde}	6.32 ^{abc}	6.13 ^{bcdefg}	5.41 ^{bcde}	4.69 ^{bcdef}	
13	4.97 ^{efg}	5.78 ^{cde}	5.80 ^{efg}	4.99 ^{defg}	4.45 ^{cdef}	
14	4.80 ^{fgh}	5.66 ^{de}	5.69 ^g	4.74 ^g	4.23 ^{efg}	
15	5.22 ^{bcdefg}	6.17 ^{bcd}	6.09 ^{bcdefg}	5.30 ^{cdefg}	4.68 ^{bcdef}	
16	5.16 ^{bcdefg}	6.13 ^{bcd}	6.10 ^{bcdefg}	5.45 ^{abcde}	4.70 ^{bcde}	
17	5.52 ^{abcde}	6.09 ^{bcde}	6.17 ^{bcdefg}	5.46 ^{abcde}	4.83 ^{abcd}	
18	5.19 ^{bcdefg}	6.10 ^{bcde}	6.03 ^{bcdefg}	5.31 ^{cdefg}	4.70 ^{bcde}	
19	6.03 ^a	6.80 ^a	8.80 ^a	6.04 ^a	5.33 ^a	
20	5.37 ^{bcdef}	6.33 ^{abc}	6.26 ^{abcdef}	5.58 ^{abcdef}	4.80 ^{bcd}	
21	5.36 ^{bcdefg}	6.10 ^{bcde}	6.12 ^{bcdefg}	5.37 ^{bcdef}	4.78 ^{bcd}	
22	5.25 ^{bcdefg}	6.07 ^{bcde}	6.07 ^{bcdefg}	5.24 ^{cdefg}	4.63 ^{bcdef}	
23	5.54 ^{abcde}	6.33 ^{abc}	6.32 ^{abcde}	5.48 ^{abcde}	4.77 ^{bcd}	
24	5.24 ^{bcdefg}	6.08 ^{bcde}	5.94 ^{cdefg}	5.35 ^{bcdefg}	4.61 ^{bcdef}	
25	5.14 ^{cdefg}	5.81 ^{cde}	5.78 ^{efg}	5.15 ^{cdefg}	4.57 ^{bcdef}	

Anexo 4.1. Continuación (Región E)

		Caracteres de la región E				
Población	E7	E8	E9	E10	E	
26	5.23 ^{bcdefg}	5.81 ^{cde}	5.77 ^{efg}	5.21 ^{cdefg}	4.86 ^{abc}	
27	4.74 ^{gh}	5.50 ^e	5.59 ^g	4.78 ^{fg}	4.19 ^{fg}	
28	5.65 ^{abcd}	6.33 ^{abc}	6.43 ^{abc}	5.59 ^{abcd}	4.87 ^{abc}	
29	5.45 ^{abcde}	6.29 ^{abc}	6.26 ^{bcdef}	5.39 ^{bcdef}	4.75 ^{bcd}	
30	5.36 ^{bcdefg}	6.09 ^{bcde}	5.99 ^{bcdefg}	5.30 ^{cdefg}	4.62 ^{bcdef}	
31	5.63 ^{abcd}	6.48 ^{ab}	6.34 ^{abcde}	5.43 ^{abcde}	4.68 ^{bcdef}	
32	5.68 ^{abc}	6.32 ^{abc}	6.40 ^{abcd}	5.71 ^{abc}	4.90 ^{abc}	
33	5.27 ^{bcdefg}	6.18 ^{bcd}	6.07 ^{bcdefg}	5.22 ^{cdefg}	4.58 ^{bcdef}	
34	5.46 ^{abcde}	6.28 ^{abc}	6.32 ^{abcde}	5.46 ^{abcde}	4.72 ^{bcde}	
35	5.03 ^{defg}	5.81 ^{cde}	5.91 ^{cdefg}	4.99 ^{defg}	4.33 ^{def}	
36	5.00 ^{efg}	5.75 ^{cde}	5.60 ^g	5.16 ^{cdefg}	4.48 ^{cdef}	
37	5.52 ^{abcde}	6.36 ^{abc}	6.32 ^{abcde}	5.49 ^{abcde}	4.79 ^{bcd}	
38	5.27 ^{bcdefg}	6.09 ^{bcde}	6.05 ^{bcdefg}	5.20 ^{cdefg}	4.54 ^{cdef}	
39	5.55 ^{abcde}	6.51 ^{ab}	6.43 ^{abc}	5.52 ^{abcde}	4.78 ^{bcd}	
40	5.00 ^{efg}	5.78 ^{cde}	5.81 ^{defg}	4.97 ^{efg}	4.45 ^{cdef}	
DMS	0.6275	0.609	0.6002	0.6143	0.5037	

Media armónica=13.65854, DMS= Diferencia Mínima Significativa

*El número promedio con letras diferentes en cada línea indican diferencia significativa, según la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$). Los promedios se muestran con el límite de confianza al 95%

Anexo 4.1. Continuación (Región F)

Caracteres de la región F						
Población	F1	F2	F3	F4	F5	F6
1	6.63 ^{abcde} fg ^{hi}	3.44 ^{abcde}	4.95 ^{cde} fg ^h	5.19 ^{ab}	3.34 ^{bcde}	6.73 ^{abcde} fg
2	6.62 ^{abcde} fg ^{hi}	3.30 ^{abcde} fg	5.04 ^{abcde} fg	5.15 ^{abc}	3.23 ^{def}	6.69 ^{abcde} fg
3	6.45 ^{abcde} fg ^{hi}	3.12 ^{cdef}	4.81 ^{cde} fg ^{hijk}	5.06 ^{abcd}	3.14 ^{def}	6.59 ^{abcde} fg ^{hi}
4	6.39 ^{abcde} fg ^{hi}	3.23 ^{bcdef}	4.63 ^{ef} g ^{hijkl}	4.96 ^{abcde} fg	3.11 ^{def}	6.66 ^{abcde} fg ^h
5	6.53 ^{abcde} fg ^{hi}	3.12 ^{cdef}	4.96 ^{cde} fg ^h	4.94 ^{abcde} fg	3.18 ^{def}	6.63 ^{abcde} fg ^h
6	7.03 ^{ab}	3.63 ^{ab}	5.23 ^{abcd}	5.21 ^{ab}	3.74 ^{ab}	7.37 ^a
7	5.97 ^{ef} g ^{hij}	3.24 ^{bcdef}	4.51 ^{ghijk}	4.68 ^{bcde} fg ^{hi}	3.28 ^{cdef}	6.02 ^{ef} g ^{hijkl}
8	6.98 ^{abc}	3.55 ^{abc}	4.83 ^{cde} fg ^{hijk}	4.48 ^{ef} g ^{hi}	3.21 ^{def}	6.21 ^{def} g ^{hijkl}
9	4.86 ^K	2.63 ^g	3.79 ^l	3.91 ^j	2.54 ^g	4.72 ^m
10	6.50 ^{abcde} fg ^{hi}	3.23 ^{bcdef}	4.88 ^{cde} fg ^{hi}	4.91 ^{bcde} fg	3.24 ^{cdef}	6.46 ^{bcde} fg ^{hijkl}
11	6.61 ^{abcde} fg ^{hi}	3.40 ^{abcde}	5.10 ^{abcde}	4.81 ^{bcde} fg ^h	3.37 ^{bcde}	6.34 ^{cde} fg ^{hijkl}
12	6.93 ^{abcd}	3.46 ^{abcd}	5.05 ^{abcde} fg	5.12 ^{abcd}	3.28 ^{cdef}	6.68 ^{abcde} fg
13	5.84 ^{ghij}	3.05 ^{defg}	4.35 ^{ijkl}	4.42 ^{ghij}	3.08 ^{def}	5.93 ^{ghijkl}
14	5.80 ^{hij}	2.99 ^{fg}	4.44 ^{hijk}	4.72 ^{bcde} fg ^h	2.82 ^{fg}	5.86 ^{hijkl}
15	6.29 ^{bcde} fg ^{hi}	3.23 ^{bcdef}	4.90 ^{cde} fg ^{hi}	5.00 ^{abcde}	3.30 ^{bcde}	6.39 ^{bcde} fg ^{hijkl}
16	5.82 ^{ghij}	3.31 ^{abcde} fg	4.69 ^{def} g ^{hijk}	5.08 ^{abcd}	3.23 ^{def}	6.39 ^{bcde} fg ^{hijkl}
17	6.89 ^{abcd}	3.51 ^{abc}	5.30 ^{abc}	4.95 ^{abcde} fg	3.48 ^{abcd}	6.64 ^{abcde} fg ^h
18	6.53 ^{abcde} fg ^{hi}	3.38 ^{abcde} fg	5.00 ^{bcde} fg ^h	4.83 ^{bcde} fg ^h	3.38 ^{bcde}	6.23 ^{def} g ^{hijkl}
19	7.12 ^{ab}	3.72 ^a	5.60 ^a	5.20 ^{ab}	3.86 ^a	7.15 ^{ab}
20	6.37 ^{abcde} fg ^{hi}	3.37 ^{abcde} fg	4.74 ^{cde} fg ^{hijk}	4.79 ^{bcde} gh	3.24 ^{cdef}	6.20 ^{ef} g ^{hijkl}
21	6.07 ^{def} g ^{hij}	3.35 ^{abcde} fg	4.63 ^{ef} g ^{hijk}	4.60 ^{cde} fg ^{hi}	3.39 ^{bcde}	6.21 ^{ef} g ^{hijkl}
22	6.33 ^{bcde} fg ^{hi}	3.35 ^{abcde} fg	4.81 ^{cde} fg ^{hijk}	4.84 ^{bcde} fg ^h	3.26 ^{cdef}	6.27 ^{def} g ^{hijkl}
23	7.01 ^{abc}	3.49 ^{abcd}	5.07 ^{abcde} fg	5.04 ^{abcd}	3.43 ^{abcde}	6.99 ^{abcde}
24	6.67 ^{abcde} fg	3.36 ^{abcde} fg	4.71 ^{def} g ^{hijk}	4.81 ^{bcde} fg ^h	3.25 ^{cdef}	6.45 ^{bcde} fg ^{hijkl}
25	5.91 ^{ef} g ^{hij}	3.18 ^{bcde} fg	4.48 ^{ghijk}	4.29 ^{hij}	3.23 ^{def}	5.82 ^{ijkl}

Anexo 4.1. Continuación (Región F)

Caracteres de la región F						
Población	F1	F2	F3	F4	F5	F6
26	5.77 ^{ij}	3.28 ^{abcdef}	4.27 ^{kl}	4.15 ^{ij}	3.45 ^{abcd}	5.66 ^l
27	5.75 ^j	2.93 ^{fg}	4.30 ^{kl}	4.43 ^{ghij}	2.97 ^{efg}	5.99 ^{fghijkl}
28	7.22 ^a	3.39 ^{abcde}	5.21 ^{abcd}	5.11 ^{abcd}	3.54 ^{abcd}	7.02 ^{abcd}
29	6.66 ^{abcde}	3.47 ^{abcd}	4.90 ^{cdefghi}	5.02 ^{abcde}	3.39 ^{bcde}	6.77 ^{abcdef}
30	6.66 ^{abcde}	3.46 ^{abcd}	4.62 ^{efghijk}	4.69 ^{bcdefghi}	3.27 ^{cdef}	6.40 ^{bcdefghijkl}
31	7.22 ^a	3.45 ^{abcd}	5.13 ^{abcde}	4.98 ^{abcdef}	3.44 ^{abcd}	7.02 ^{abcd}
32	6.75 ^{abcde}	3.62 ^{ab}	4.84 ^{cdefghijk}	4.81 ^{bcdefgh}	3.70 ^{abc}	7.14 ^{abc}
33	6.74 ^{abcde}	3.38 ^{abcde}	4.71 ^{defghijk}	4.75 ^{bcdefgh}	3.19 ^{def}	6.52 ^{bcdefghij}
34	6.97 ^{abc}	3.41 ^{abcde}	4.92 ^{cdefghi}	4.90 ^{bcdefg}	3.41 ^{abcde}	6.88 ^{abcde}
35	6.27 ^{bcdefghij}	3.12 ^{cdef}	4.55 ^{efghijk}	4.72 ^{bcdefgh}	3.18 ^{def}	6.42 ^{bcdefghijkl}
36	6.16 ^{cdefghij}	3.27 ^{abcde}	4.51 ^{fghijk}	4.42 ^{ghij}	3.11 ^{def}	5.71 ^{kl}
37	6.79 ^{abcde}	3.49 ^{abcd}	4.89 ^{cdefghi}	4.89 ^{bcdefg}	3.46 ^{abcd}	6.66 ^{bcdefgh}
38	6.69 ^{abcde}	3.26 ^{bcdef}	5.01 ^{cdefgh}	4.91 ^{bcdefg}	3.25 ^{cdef}	6.47 ^{bcdefghijk}
39	7.22 ^a	3.46 ^{abcd}	5.57 ^{ab}	5.47 ^a	3.46 ^{abcd}	7.11 ^{abc}
40	5.89 ^{fghij}	3.11 ^{cdef}	4.57 ^{efghijk}	4.59 ^{defghi}	3.08 ^{def}	5.76 ^{ijkl}
DMS	1.239	0.4561	0.5819	0.5564	0.46	1.2089

Media armónica=13.65854, DMS= Diferencia Mínima Significativa

*El número promedio con letras diferentes en cada línea indican diferencia significativa, según la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$). Los promedios se muestran con el límite de confianza al 95%

Anexo 4.1. Continuación (Región F)

		Caracteres de la región F				
Población		F7	F8	F9	F10	F
1		5.81 ^{bcdefg}	7.29 ^{abcdefg}	7.27 ^{abcdefg}	6.03 ^{abc}	2.91 ^{bcdefgh}
2		5.88 ^{bcde}	7.23 ^{abcdefgh}	7.25 ^{abcdefg}	5.92 ^{abcd}	2.89 ^{bcdefgh}
3		5.63 ^{cdefghi}	6.85 ^{cdefghi}	7.07 ^{bcdefghi}	5.71 ^{abcdef}	2.72 ^{defghi}
4		5.35 ^{defghijkl}	6.93 ^{bcdefghi}	7.18 ^{abcdefghi}	5.64 ^{abcdefg}	2.71 ^{defghi}
5		5.64 ^{cdefghi}	7.11 ^{abcdefghi}	7.12 ^{bcdefghi}	5.62 ^{abcdefg}	2.68 ^{efghi}
6		6.09 ^{abc}	7.70 ^{abcd}	8.02 ^a	6.09 ^{ab}	3.13 ^{ab}
7		5.23 ^{ghijk}	6.59 ^{fghi}	6.63 ^{efghi}	5.27 ^{efgh}	2.87 ^{bcdefgh}
8		5.60 ^{cdefghij}	7.369 ^{abcdef}	6.75 ^{defghi}	5.28 ^{efgh}	3.04 ^{abcd}
9		4.89 ^k	5.32 ^j	5.17 ⁱ	4.39 ^j	2.30 ^j
10		5.68 ^{cdefghi}	7.05 ^{abcdefghi}	7.13 ^{bcdefghi}	5.74 ^{abcdef}	2.82 ^{bcdefghi}
11		5.91 ^{abcd}	7.40 ^{abcdef}	6.98 ^{bcdefghi}	5.62 ^{abcdefg}	2.94 ^{bdefgh}
12		5.86 ^{bcdef}	7.50 ^{abcde}	7.35 ^{abcde}	5.92 ^{abcd}	2.84 ^{bcdefghi}
13		5.08 ^{ijkl}	6.28 ⁱ	6.34 ⁱ	5.14 ^{fgh}	2.67 ^{fghi}
14		5.18 ^{hijkl}	6.48 ^{ghi}	6.47 ^{ghi}	5.37 ^{defgh}	2.62 ^{ghij}
15		5.70 ^{cefg}	6.94 ^{bcdefghi}	7.06 ^{bcdefghi}	5.79 ^{abcde}	2.92 ^{bcdefgh}
16		5.65 ^{cdefghi}	6.71 ^{efghi}	7.10 ^{bcdefghi}	6.01 ^{abc}	3.01 ^{abcde}
17		6.08 ^{abc}	7.75 ^{ab}	7.34 ^{abcdef}	5.85 ^{abcde}	3.09 ^{abc}
18		5.83 ^{bcdefg}	6.83 ^{defghi}	7.03 ^{bcdefghi}	5.66 ^{abcdefg}	2.95 ^{bcdefg}
19		6.50 ^a	7.87 ^a	7.83 ^{ab}	6.20 ^a	3.35 ^a
20		5.51 ^{cdefghij}	6.94 ^{bcdefghi}	7.06 ^{bcdefghi}	5.54 ^{bcdefg}	2.78 ^{cdefghi}
21		5.47 ^{cdefghijk}	6.58 ^{fghi}	6.79 ^{defghi}	5.44 ^{cdefg}	2.88 ^{bcdefgh}
22		5.69 ^{cdefghi}	6.93 ^{bcdefghi}	6.88 ^{cdefghi}	5.66 ^{abcdefg}	2.91 ^{bcdefgh}
23		5.84 ^{bcdefg}	7.51 ^{abcde}	7.43 ^{abcde}	5.82 ^{abcde}	2.90 ^{bcdefgh}
24		5.53 ^{cdefghij}	7.21 ^{abcdefgh}	6.96 ^{cdefghi}	5.42 ^{cdefg}	2.84 ^{bcdefghi}
25		5.29 ^{efghijk}	6.56 ^{fghi}	6.48 ^{fghi}	5.14 ^{fgh}	2.82 ^{bcdefgh}

Anexo 4.1. Continuación (Región F)

		Caracteres de la región F				
Población		F7	F8	F9	F10	F
26		5.37 ^{defghijk}	6.25 ⁱ	6.33 ^l	4.78 ^{hi}	2.97 ^{bcdef}
27		4.99 ^{jk}	6.24 ⁱ	6.46 ^{ghi}	5.10 ^{gh}	2.52 ^{ij}
28		5.84 ^{bcdefg}	7.56 ^{abcde}	7.39 ^{abcde}	5.75 ^{abcdef}	2.89 ^{bcdefgh}
29		5.72 ^{cdefgh}	7.29 ^{abcdefg}	7.22 ^{bcdefgh}	5.82 ^{abcde}	2.94 ^{bcdefgh}
30		5.39 ^{defghijk}	7.22 ^{bcdefgh}	6.98 ^{bcdefghi}	5.46 ^{cdefg}	2.78 ^{cdefghi}
31		5.82 ^{bcdefg}	7.72 ^{abc}	7.54 ^{abcd}	5.69 ^{abcdefg}	2.74 ^{defghi}
32		5.75 ^{bcdefgh}	7.49 ^{abcde}	7.67 ^{abc}	5.64 ^{abcdefg}	2.93 ^{bcdefgh}
33		5.42 ^{defghijk}	7.25 ^{abcdefg}	7.06 ^{bcdefghi}	5.46 ^{cdefg}	2.69 ^{efghi}
34		5.64 ^{cdefghi}	7.51 ^{abcde}	7.41 ^{abcde}	5.63 ^{abcdefg}	2.76 ^{cdefghi}
35		5.43 ^{defghijk}	6.92 ^{bcdefghi}	9.96 ^{cdefghi}	5.36 ^{defgh}	2.61 ^{hij}
36		5.25 ^{fghijk}	6.73 ^{efghi}	6.73 ^{defghi}	5.28 ^{efgh}	2.75 ^{defghi}
37		5.69 ^{cdefghi}	7.38 ^{abcdef}	7.15 ^{bcdefghi}	5.69 ^{abcdefg}	2.91 ^{bcdefgh}
38		5.74 ^{bcdefgh}	7.25 ^{abcdefg}	7.10 ^{bcdefghi}	5.66 ^{abcdefg}	2.80 ^{bcdefghi}
39		6.34 ^{ab}	7.83 ^a	7.67 ^{abc}	6.22 ^a	3.03 ^{abcd}
40		5.32 ^{defghijk}	6.36 ^{hi}	6.37 ^{hi}	5.27 ^{efgh}	2.71 ^{defghi}
DMS		0.6118	0.8844	0.8568	0.6127	0.3397

Media armónica=13.65854, DMS= Diferencia Mínima Significativa

*El número promedio con letras diferentes en cada línea indican diferencia significativa, según la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$). Los promedios se muestran con el límite de confianza al 95%

Anexo 4.1. Continuación (Región G)

		Caracteres de la región G									
Población		G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G		
1		4.95 ^{cdefgh}	2.98 ^{bcddefghijk}	5.10 ^{bcde}	3.58 ^a	5.19 ^{ab}	3.41 ^{bcde}	3.30 ^{abcdef}	2.20 ¹	2.20 ¹	2.20 ¹
2		5.04 ^{abcdefg}	3.47 ^{abcd}	4.83 ^{cde}	3.55 ^{ab}	5.15 ^{abc}	3.17 ^{bcddefg}	3.42 ^{abcde}	2.26 ^{abcd}	2.26 ^{abcd}	2.26 ^{abcd}
3		4.81 ^{cdefghijk}	3.16 ^{bcddefghij}	5.07 ^{bcde}	3.29 ^{abcde}	5.06 ^{abcd}	3.23 ^{bcddefg}	3.43 ^{abcde}	2.14 ^{abcdefg}	2.14 ^{abcdefg}	2.14 ^{abcdefg}
4		4.63 ^{efghijk}	3.07 ^{bcddefghij}	4.84 ^{cde}	3.41 ^{abcd}	4.96 ^{abcdefg}	3.24 ^{bcddefg}	3.27 ^{abcdef}	2.12 ^{abcdefg}	2.12 ^{abcdefg}	2.12 ^{abcdefg}
5		4.96 ^{cdefgh}	3.26 ^{abcdefgh}	4.81 ^{cde}	3.39 ^{abcd}	4.94 ^{abcdefg}	3.14 ^{bcddefg}	3.28 ^{abcdef}	2.14 ^{abcdefg}	2.14 ^{abcdefg}	2.14 ^{abcdefg}
6		5.23 ^{abcd}	3.58 ^{abc}	4.94 ^{cde}	3.58 ^a	5.21 ^{ab}	3.22 ^{bcddefg}	3.36 ^{abcdef}	2.23 ^{abcde}	2.23 ^{abcde}	2.23 ^{abcde}
7		4.51 ^{fghijk}	2.74 ^{hijk}	5.06 ^{bcde}	2.76 ^{efg}	4.68 ^{bcddefghi}	2.84 ^{fghi}	3.05 ^{defg}	1.86 ^{efghi}	1.86 ^{efghi}	1.86 ^{efghi}
8		4.83 ^{cdefghijk}	3.48 ^{abcd}	3.88 ^g	3.29 ^{abcde}	4.48 ^{efghi}	2.78 ^{ghi}	2.70 ^{gh}	1.95 ^{cdefghi}	1.95 ^{cdefghi}	1.95 ^{cdefghi}
9		3.79 ^l	2.65 ^{hijk}	3.93 ^{fg}	2.64 ^{fg}	3.91 ^j	2.45 ^{hi}	2.36 ^h	1.41 ^j	1.41 ^j	1.41 ^j
10		4.88 ^{cdefghij}	2.94 ^{defghijk}	5.31 ^{bcde}	3.17 ^{abcdef}	4.91 ^{bcddefg}	3.36 ^{bcddef}	3.35 ^{abcdef}	2.18 ^{abcdefg}	2.18 ^{abcdefg}	2.18 ^{abcdefg}
11		5.10 ^{abcde}	3.17 ^{bcddefghij}	5.34 ^{bcde}	3.03 ^{abcdefg}	4.81 ^{bcddefgh}	3.46 ^{bcd}	3.23 ^{abcdefg}	2.17 ^{abcdefg}	2.17 ^{abcdefg}	2.17 ^{abcdefg}
12		5.05 ^{abcdefg}	3.35 ^{abcdefg}	5.51 ^{abc}	3.40 ^{abcd}	5.12 ^{abcd}	3.58 ^{ab}	3.63 ^{abc}	2.38 ^{ab}	2.38 ^{ab}	2.38 ^{ab}
13		4.35 ^{ijkl}	2.91 ^{defghijk}	4.51 ^{efg}	2.87 ^{defg}	4.42 ^{ghij}	2.89 ^{efghi}	2.87 ^{gh}	1.80 ^{ghi}	1.80 ^{ghi}	1.80 ^{ghi}
14		4.44 ^{hijk}	2.74 ^{ghijk}	4.79 ^{cdef}	2.90 ^{defg}	4.72 ^{bcddefgh}	2.98 ^{cdefghi}	3.03 ^{efg}	1.82 ^{fghi}	1.82 ^{fghi}	1.82 ^{fghi}
15		4.90 ^{cdefghi}	2.97 ^{cdefghijk}	5.14 ^{bcde}	3.15 ^{abcdef}	4.99 ^{abcde}	3.15 ^{bcddefg}	3.05 ^{defg}	1.85 ^{efghi}	1.85 ^{efghi}	1.85 ^{efghi}
16		4.69 ^{defghijk}	3.26 ^{abcdefgh}	4.89 ^{cde}	2.91 ^{cdefg}	5.08 ^{abcd}	2.43 ^l	3.38 ^{abcdef}	1.89 ^{defghi}	1.89 ^{defghi}	1.89 ^{defghi}
17		5.30 ^{abc}	3.40 ^{abcde}	4.90 ^{cde}	2.99 ^{abcdefg}	4.95 ^{abcdefg}	3.25 ^{bcddefg}	3.21 ^{bcddefg}	2.18 ^{abcdefg}	2.18 ^{abcdefg}	2.18 ^{abcdefg}
18		5.00 ^{bcddefgh}	3.37 ^{abcdef}	5.08 ^{bcde}	3.26 ^{abcde}	4.83 ^{bcddefgh}	3.07 ^{bcddefg}	3.31 ^{abcdef}	2.21 ^{abcdef}	2.21 ^{abcdef}	2.21 ^{abcdef}
19		5.60 ^a	3.84 ^a	5.83 ^{ab}	3.37 ^{abcde}	5.20 ^{ab}	3.34 ^{bcddefg}	3.65 ^{ab}	2.40 ^{ab}	2.40 ^{ab}	2.40 ^{ab}
20		4.74 ^{cdefghijk}	2.98 ^{bcddefghijk}	5.06 ^{bcde}	2.99 ^{abcdefg}	4.79 ^{bcddefgh}	3.39 ^{bcddef}	3.14 ^{bcddefg}	2.06 ^{bcddefghi}	2.06 ^{bcddefghi}	2.06 ^{bcddefghi}
21		4.63 ^{efghijk}	2.74 ^{ghijk}	4.80 ^{cdef}	2.81 ^{defg}	4.60 ^{cdefghi}	2.91 ^{defghi}	3.07 ^{defg}	1.86 ^{efghi}	1.86 ^{efghi}	1.86 ^{efghi}
22		4.81 ^{cdefghijk}	2.75 ^{ghijk}	5.37 ^{bcde}	3.04 ^{abcdefg}	4.84 ^{bcddefgh}	3.42 ^{bcde}	3.22 ^{bcddefg}	1.95 ^{cdefghi}	1.95 ^{cdefghi}	1.95 ^{cdefghi}
23		5.07 ^{abcdef}	3.03 ^{bcddefghij}	5.54 ^{abc}	3.16 ^{abcdef}	5.04 ^{abcd}	3.42 ^{bcde}	3.47 ^{abcde}	2.05 ^{bdefghi}	2.05 ^{bdefghi}	2.05 ^{bdefghi}
24		4.71 ^{defghijk}	2.71 ^{hijk}	5.14 ^{bcde}	3.02 ^{abcdefg}	4.81 ^{bcddefgh}	3.24 ^{bcddefg}	3.11 ^{cddefg}	1.86 ^{efghi}	1.86 ^{efghi}	1.86 ^{efghi}
25		4.48 ^{ghijk}	2.36 ^k	5.40 ^{abcd}	2.49 ^g	4.29 ^{hij}	3.30 ^{bcddefg}	3.09 ^{defg}	1.69 ^{hij}	1.69 ^{hij}	1.69 ^{hij}

Anexo 4.1. Continuación (Región G)

		Caracteres de la región G							
Población	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G	
26	4.27 ^{kl}	2.63 ^{jik}	5.03 ^{bcde}	2.49 ^g	4.15 ^{ij}	3.04 ^{bcdefg}	3.26 ^{abcdef}	1.91 ^{defghi}	
27	4.30 ^{kl}	2.56 ^{jk}	4.82 ^{cde}	2.81 ^{defg}	4.43 ^{ghij}	3.00 ^{cdefgh}	3.03 ^{efg}	1.90 ^{defghi}	
28	5.21 ^{abcd}	2.94 ^{defghijk}	5.50 ^{abcd}	3.27 ^{abcde}	5.11 ^{abcd}	3.45 ^{bcde}	3.45 ^{abcde}	2.10 ^{abcdefg}	
29	4.90 ^{cdefghi}	3.18 ^{bcdefghi}	5.21 ^{bcde}	3.57 ^a	5.02 ^{abcde}	3.43 ^{bcde}	3.39 ^{abcdef}	2.30 ^{abc}	
30	4.62 ^{efghijk}	3.08 ^{bcdefghij}	5.34 ^{bcde}	3.29 ^{abcde}	4.69 ^{bcdefghi}	3.37 ^{bcdef}	3.28 ^{abcdef}	2.16 ^{abcdefg}	
31	5.13 ^{abcde}	3.59 ^{ab}	5.13 ^{bcde}	3.52 ^{abc}	4.98 ^{abcdef}	3.58 ^{ab}	3.57 ^{abcd}	2.45 ^a	
32	4.84 ^{cdefghijk}	2.80 ^{efghijk}	5.41 ^{abcd}	3.20 ^{abcdef}	4.81 ^{bcdefgh}	3.46 ^{bcd}	3.39 ^{abcdef}	2.09 ^{abcdefg}	
33	4.71 ^{defghijk}	2.75 ^{ghijk}	5.40 ^{abcd}	2.94 ^{bcdefg}	4.75 ^{bcdefgh}	3.32 ^{bcdefg}	3.40 ^{abcdef}	2.07 ^{abcdefgh}	
34	4.92 ^{cdefghj}	3.18 ^{bcdefghi}	5.20 ^{bcde}	3.40 ^{abcd}	4.90 ^{bcdefg}	3.48 ^{bc}	3.34 ^{abcdef}	2.28 ^{abcd}	
35	4.55 ^{efghijk}	3.03 ^{bcdefghij}	5.12 ^{bcde}	2.93 ^{cdefg}	4.72 ^{bcdefgh}	3.20 ^{bcdefg}	3.36 ^{abcdef}	2.11 ^{abcdefg}	
36	4.51 ^{ghijk}	3.00 ^{bcdefghij}	4.63 ^{defg}	3.16 ^{abcdef}	4.42 ^{ghij}	3.05 ^{bcdefg}	2.94 ^{efg}	1.94 ^{cdefghi}	
37	4.89 ^{cdefghi}	2.94 ^{defghijk}	5.43 ^{abcd}	3.21 ^{abcdef}	4.89 ^{bcdefg}	3.45 ^{bcde}	3.47 ^{abcde}	2.20 ^{abcdef}	
38	5.01 ^{dcdefgh}	3.00 ^{bcdefghij}	5.22 ^{bcde}	3.37 ^{abcde}	4.91 ^{bcdefg}	3.34 ^{abcdef}	3.33 ^{bcdefg}	2.12 ^{abcdefg}	
39	5.57 ^{ab}	3.23 ^{abcdefghi}	6.26 ^a	3.41 ^{abcd}	5.47 ^a	4.12 ^a	3.77 ^a	2.30 ^{abc}	
40	4.57 ^{efghijk}	2.66 ^{hijk}	4.87 ^{cde}	2.85 ^{defg}	4.59 ^{defghi}	3.02 ^{bcdefg}	2.94 ^{efg}	1.67 ^{ij}	
DMS	0.5819	0.618	0.8735	0.6116	0.5564	0.5638	0.5407	0.3882	

Media armónica=13.65854, DMS= Diferencia Mínima Significativa

*El número promedio con letras diferentes en cada línea indican diferencia significativa, según la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$). Los promedios se muestran con el límite de confianza al 95%

		Caracteres										
		aA	aB	aD	aE	ADE22	ADE55	aG				
Anexo 4.1. Continuación (Ángulos)	Población											
	1	23.62 ^{abcd}	29.36 ^{bcdefg}	55.89 ^{abcdefghijkl}	129.03 ^{ab}	127.18 ^{abc}	82.02 ^{bcdefg}	100.65 ^{abcdef}				
	2	23.99 ^{abc}	30.60 ^{abcde}	56.93 ^{abcdefghij}	127.34 ^{abcde}	128.42 ^{ab}	83.46 ^{abcd}	94.38 ^{def}				
	3	22.41 ^{bcdefgh}	29.10 ^{bcdefgh}	55.09 ^{bcdefghijkl}	126.01 ^{abcdef}	124.84 ^{abcd}	84.76 ^{abc}	99.69 ^{abcdef}				
	4	22.51 ^{bcdefgh}	29.20 ^{bcdefgh}	53.83 ^{cdefghijkl}	120.31 ^{abcdefgh}	125.62 ^{abcd}	83.64 ^{abcd}	95.91 ^{cdef}				
	5	23.44 ^{abcde}	30.84 ^{abcd}	57.94 ^{abcdefgh}	125.11 ^{abcdef}	124.32 ^{abcd}	85.52 ^a	96.98 ^{cdef}				
	6	22.47 ^{bcdefgh}	27.27 ^{efghi}	59.15 ^{abcd}	117.00 ^{defgh}	116.58 ^{cdefg}	79.30 ^{abcdefghi}	95.80 ^{cdef}				
	7	21.64 ^{defghij}	28.35 ^{cdefghi}	52.09 ^{hijkl}	121.33 ^{abcdefg}	119.33 ^{abcdef}	76.82 ^{efghij}	113.81 ^{ab}				
	8	21.28 ^{efghij}	26.29 ^{ghijk}	52.24 ^{ghijkl}	123.52 ^{abcdefg}	121.16 ^{abcdef}	75.16 ^j	92.03 ^f				
	9	23.79 ^{abcd}	31.40 ^{abc}	56.89 ^{abcdefghijkl}	127.05 ^{abcde}	124.19 ^{abcde}	85.12 ^{abc}	101.71 ^{abcdef}				
	10	20.58 ^{hij}	27.36 ^{efghi}	53.02 ^{efghijk}	127.15 ^{abcde}	127.37 ^{abc}	80.03 ^{abcdefghi}	104.52 ^{abcdef}				
	11	21.62 ^{defghij}	28.73 ^{cdefgh}	52.08 ^{hijk}	126.54 ^{abcde}	128.40 ^{ab}	80.59 ^{abcdefghi}	105.07 ^{abcdef}				
	12	22.13 ^{bcdefghi}	30.32 ^{abcdef}	57.27 ^{abcdefghi}	123.61 ^{abcdef}	122.74 ^{abcdef}	82.77 ^{abcdef}	99.16 ^{bcdef}				
	13	21.24 ^{efghij}	28.57 ^{cdefghi}	51.87 ^{ijkl}	122.77 ^{abcdefg}	121.79 ^{abcdef}	78.71 ^{bcdefghi}	104.48 ^{abcdef}				
	14	20.84 ^{ghij}	28.28 ^{cdefghi}	52.51 ^{fghijk}	127.71 ^{abc}	124.46 ^{abcd}	81.91 ^{abcdefgh}	109.86 ^{abcd}				
	15	21.84 ^{cdefghi}	28.88 ^{bcdefgh}	53.67 ^{cdefghijkl}	120.17 ^{abcdefgh}	115.91 ^{cdefg}	80.65 ^{abcdefghi}	107.68 ^{abcdef}				
	16	24.16 ^{ab}	32.23 ^{ab}	50.96 ^k	120.72 ^{abcdefg}	120.97 ^{abcdef}	75.61 ^{ghij}	112.13 ^{abc}				
	17	25.02 ^a	33.22 ^a	55.25 ^{bcdefghijkl}	120.30 ^{abcdefgh}	117.43 ^{bcdefg}	76.61 ^{fghij}	108.12 ^{abcdef}				
	18	23.22 ^{abcdef}	33.13 ^a	54.90 ^{bcdefghijk}	116.85 ^{efgh}	119.62 ^{abcdef}	78.10 ^{defghi}	101.70 ^{abcdef}				
	19	23.39 ^{abcde}	31.25 ^{abcd}	56.98 ^{abcdefghij}	117.40 ^{cdefgh}	124.57 ^{abcd}	77.30 ^{defghij}	92.92 ^{ef}				
	20	22.93 ^{abcdefg}	32.20 ^{ab}	51.23 ^k	130.23 ^a	129.58 ^a	80.40 ^{abcdefghi}	102.32 ^{abcdef}				
	21	22.21 ^{bcdefgh}	28.79 ^{cdefgh}	53.57 ^{cdefghijkl}	112.92 ^{gh}	112.69 ^{efg}	76.81 ^{efghij}	108.41 ^{abcdef}				
	22	20.33 ^{hij}	26.14 ^{ghijk}	55.15 ^{bcdefghijkl}	115.82 ^{gh}	114.79 ^{defg}	79.20 ^{abcdefgh}	109.20 ^{abcde}				
	23	22.40 ^{bcdefgh}	28.13 ^{cdefghi}	60.59 ^{ab}	117.31 ^{cdefgh}	114.62 ^{defg}	82.04 ^{abcdefg}	107.85 ^{abcdef}				
	24	21.22 ^{efghij}	27.18 ^{fghi}	57.61 ^{abcdefghi}	118.59 ^{bcdefgh}	118.34 ^{abcdefg}	79.29 ^{abcdefgh}	108.81 ^{abcde}				
25	21.60 ^{defghij}	26.60 ^{ghijk}	53.39 ^{defghijk}	112.90 ^{gh}	112.45 ^g	75.48 ^{hij}	116.06 ^a					

Anexo 4.1. Continuación (Ángulos)

Población	Caracteres						
	aA	aB	aD	aE	ADE22	ADE55	aG
26	19.95 ^{ij}	23.23 ^k	51.78 ^{ijk}	109.87 ^h	106.80 ⁹	71.41 ^j	105.89 ^{abcdef}
27	21.69 ^{defghi}	27.95 ^{defghi}	55.99 ^{abcdefghijkl}	117.58 ^{cdefgh}	118.93 ^{abcdef}	81.63 ^{abcdefghi}	103.80 ^{abcdef}
28	21.37 ^{efghij}	28.19 ^{defghi}	59.83 ^{ab}	120.12 ^{abcdeefgh}	119.72 ^{abcdef}	82.04 ^{abcdefg}	105.61 ^{abcdef}
29	21.57 ^{defghij}	28.11 ^{cdefghi}	58.04 ^{abcdefg}	116.91 ^{efgh}	116.47 ^{cdefg}	80.17 ^{abcdefghi}	99.13 ^{bcdef}
30	20.60 ^{hij}	26.35 ^{ghijk}	59.37 ^{abc}	118.78 ^{bdefgh}	120.28 ^{abcdef}	79.50 ^{abcdefghi}	105.88 ^{abcdef}
31	21.28 ^{efghij}	29.49 ^{bcedfg}	61.52 ^a	117.95 ^{cdefgh}	119.31 ^{abcdef}	85.20 ^{ab}	93.90 ^{def}
32	21.01 ^{fghij}	26.68 ^{ghij}	60.04 ^{ab}	119.40 ^{bcdefgh}	118.90 ^{abcdef}	78.11 ^{defghi}	105.14 ^{abcdef}
33	19.46 ^j	23.59 ^{jk}	57.31 ^{abcdeefghi}	123.18 ^{abcdefg}	121.60 ^{abcdef}	82.32 ^{abcdef}	106.95 ^{abcdef}
34	20.37 ^{hij}	25.33 ^{ijk}	59.80 ^{ab}	118.18 ^{cdefgh}	120.09 ^{abcdef}	83.29 ^{abcde}	96.96 ^{cdef}
35	21.70 ^{defghi}	29.03 ^{bcdefgh}	58.40 ^{abcdef}	120.11 ^{abcdeefgh}	120.50 ^{abcdef}	81.68 ^{abcdeefghi}	104.82 ^{abcdef}
36	22.00 ^{bcdeefghi}	28.37 ^{cdefghi}	55.53 ^{bcdeefghijk}	121.32 ^{abcdefg}	120.76 ^{abcdef}	78.62 ^{cdefghi}	106.64 ^{abcdef}
37	20.37 ^{hij}	25.77 ^{hijk}	57.69 ^{abcdeefghi}	124.18 ^{abcdef}	123.04 ^{abcdef}	80.49 ^{abcdeefghi}	102.04 ^{abcdef}
38	22.02 ^{bcdeefghi}	28.09 ^{cdefghi}	58.48 ^{abcde}	123.14 ^{abcdeefg}	121.22 ^{abcdef}	83.09 ^{abcdef}	101.81 ^{abcdef}
39	20.65 ^{hij}	27.16 ^{fghi}	59.78 ^{ab}	125.18 ^{abcdef}	129.73 ^a	84.67 ^{abc}	108.53 ^{abcde}
40	21.21 ^{efghij}	27.93 ^{defghi}	52.38 ^{ghijk}	127.66 ^{abcd}	124.15 ^{abcde}	79.66 ^{abcdeefghi}	114.00 ^{ab}
DMS	2.2359	3.3906	5.9351	10.665	11.567	6.5313	16.468

Media armónica=13.65854, DMS= Diferencia Mínima Significativa

*El número promedio con letras diferentes en cada línea indican diferencia significativa, según la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$). Los promedios se muestran con el límite de confianza al 95%

Anexo 4.2. Valor promedio de las 76 variables morfológicas del labelo en los cinco morfotipos de *Vanilla planifolia* en la región Huasteca de San Luis Potosí, México

Variable	Morfotipo I	Morfotipo II	Morfotipo III	Morfotipo IV	Morfotipo V
A1	2.24	2.48	2.15	2.04	2.23
A2	14.89	16.69	15.34	15.81	16.57
A3	14.89	16.70	15.31	15.80	16.56
A4	15.19	16.95	15.62	16.12	16.88
A5	15.20	16.84	15.54	16.03	16.83
A	14.85	16.69	15.26	15.79	16.54
B1	2.17	1.74	1.88	1.99	2.18
B2	8.39	8.94	8.41	8.80	9.28
B3	5.21	4.91	5.58	5.99	6.55
B4	5.32	4.89	5.59	5.99	6.56
B5	8.09	8.93	8.59	8.87	9.42
B6	2.17	1.74	1.88	1.99	2.18
B7	9.44	9.35	9.38	9.85	10.42
B8	7.96	8.52	7.92	8.17	8.59
B9	7.87	8.53	7.87	8.13	8.51
B10	9.24	9.68	9.59	9.95	10.62
B	7.62	8.35	7.66	7.90	8.27
C1	5.21	4.91	5.58	5.99	6.55
C2	8.49	8.33	8.56	8.92	9.29
C3	9.55	8.51	9.61	10.37	11.08
C4	8.71	8.30	9.35	10.13	10.88
C5	8.23	9.05	8.59	8.98	9.48
C6	5.32	4.89	5.59	5.99	6.56
C7	10.69	11.89	12.06	12.75	13.53
C8	9.54	9.74	9.65	10.01	10.73
C9	9.27	9.65	9.41	9.79	10.35
C10	11.58	11.84	12.27	12.89	13.89
C	7.66	8.36	7.62	7.89	8.28
D1	9.55	8.51	9.61	10.37	11.08
D2	7.58	7.42	7.16	7.54	7.98
D3	9.28	11.16	11.07	11.74	12.09
D4	10.13	11.28	10.88	11.69	11.89
D5	6.88	7.54	7.17	7.57	7.99
D6	8.71	8.30	9.35	10.13	10.88
D7	9.31	8.62	9.12	9.66	10.44
D8	7.63	7.53	7.79	8.34	8.89
D9	7.48	7.49	7.76	8.30	8.86
D10	8.74	8.51	9.02	9.55	10.32
D	6.74	6.93	6.97	7.29	7.82
E1	9.28	11.16	11.07	11.74	12.09
E2	5.33	7.16	6.82	7.08	7.21
E3	4.86	5.77	5.94	6.52	6.70

Anexo 4.2. Continuación

<i>Variable</i>	<i>Morfotipo I</i>	<i>Morfotipo II</i>	<i>Morfotipo III</i>	<i>Morfotipo IV</i>	<i>Morfotipo V</i>
E4	4.72	5.66	5.84	6.46	6.72
E5	6.03	7.19	6.67	7.05	7.08
E6	10.13	11.28	10.88	11.69	11.89
E7	4.24	5.23	4.96	5.33	5.42
E8	4.75	5.81	5.69	6.12	6.34
E9	4.77	5.77	5.66	6.09	6.30
E10	4.05	5.21	5.03	5.31	5.44
E	3.76	4.86	4.41	4.66	4.78
F1	4.86	5.77	5.94	6.52	6.70
F2	2.63	3.28	3.13	3.35	3.37
F3	3.79	4.27	4.43	4.81	5.05
F4	3.91	4.15	4.38	4.82	5.07
F5	2.54	3.45	3.11	3.30	3.35
F6	4.72	5.66	5.84	6.46	6.72
F7	4.89	5.37	5.18	5.59	5.85
F8	5.35	6.25	6.51	7.09	7.31
F9	5.17	6.33	6.56	7.03	7.33
F10	4.39	4.78	5.17	5.57	5.85
F	2.30	2.97	2.70	2.84	2.90
G1	3.79	4.27	4.43	4.81	5.05
G2	2.65	2.63	2.64	3.01	3.25
G3	3.93	5.03	4.95	5.08	5.24
G4	2.64	2.48	2.82	3.12	3.35
G5	3.91	4.15	4.38	4.82	5.07
G6	2.45	3.04	3.12	3.19	3.39
G7	2.36	3.26	3.02	3.23	3.40
G	1.41	1.91	1.84	2.04	2.21
aA	23.79	19.95	21.76	21.58	22.48
aB	31.40	23.23	27.64	28.16	29.45
aD	56.89	51.78	54.97	56.23	55.76
ADE22	127.05	109.87	117.27	120.33	124.58
ADE55	124.19	106.80	117.38	119.41	125.78
aE	85.12	71.41	78.58	79.85	82.03
aG	101.71	105.89	108.83	105.23	99.66

Anexo 4.3. Descripción y valores de los factores ambientales donde se distribuyen los cinco morfotipos de *Vanilla planifolia* en la región Huasteca del estado de San Luis Potosí, México

Morfotipo	RHS (días)	Clima	Uso de suelo y vegetación	Suelo	Relieve	Curvas de nivel
Morfotipo I	330-365	A(f)	Suelo agrícola	Rendzina	Valles montañosos	401
Morfotipo II	270-330	A(f)	Suelo agrícola	Rendzina	Montañas	201
Morfotipo III	270-330	A(f)	Suelo agrícola	Rendzina	Montañas Lomeríos	401
Morfotipo IV	270-330 330-365	A(f) (A)C(fm) Am Am(f) Aw2	-Suelo agrícola -Bosque de latifoliadas caducifolio -Bosque de latifoliadas perennifolio	- Rendzina -Fluvisol -Calcárico -Litosol	-Montañas -Vales montañosos -Lomeríos -Planicies	201-601
Morfotipo V	270-330 330-365	A(f) Am(f) (A)C(w2)	-Suelo agrícola -Bosque de latifoliadas perennifolio -Bosque mixto	- Rendzina -Litosol	-Montañas -Lomeríos -Planicies	201-801

RHS= Régimen de humedad del suelo

CAPÍTULO 5. RUMBO AL MANEJO *IN SITU* DE *Vanilla planifolia* JACKS. EX ANDREWS (ORCHIDACEAE) EN LA REGIÓN HUASTECA DEL ESTADO DE SAN LUIS POTOSÍ, MÉXICO

RESUMEN

El manejo de *Vanilla planifolia* tiene una gran relevancia entre las interacciones del ser humano y su entorno biológico, en la Huasteca potosina. A pesar de que aún no se han encontrado evidencias de la diferenciación entre plantas silvestres y cultivadas de *V. planifolia*. Es muy importante el conocimiento que gira en torno al uso y manejo de la vainilla, ya que esto conduce a su domesticación incipiente bajo sistemas *in situ* o ambientes manejados. Sin embargo, es escasa la información del manejo de esta orquídea en las comunidades locales donde se utiliza. Se desconoce la manipulación de esta planta en la región Huasteca y, por ende, no se sabe si su variación morfológica ha estado sometida un proceso de manejo. El objetivo fue 1) identificar el nivel de manejo de *V. planifolia*, y 2) documentar y sistematizar el manejo de *V. planifolia*. El estudio se hizo en nueve municipios y dos grupos étnicos de la región Huasteca de San Luis Potosí, México. Se usó un muestreo por conveniencia y se aplicaron 15 entrevistas semiestructuradas. La información fue de tipo cualitativo y se efectuó un análisis descriptivo. Se identificaron 5 etapas de manejo de *V. planifolia*, el cual es proporcionado por hombres (80%) y mujeres (20%), con una edad promedio de 58 años. En la región tenek destacaron las etapas 1, 2 y 3; y en la región náhuatl, las etapas 2, 3, 4 y 5. La vainilla data desde el siglo XIX en esta región. Los agricultores de la Huasteca potosina apenas inician con el manejo de *V. planifolia*, por lo que los cinco morfotipos existentes de esta especie no estuvieron sujetos a la selección de los grupos humanos en la zona de estudio. El cúmulo de conocimientos indicó que la región Huasteca es un corredor natural de *V. planifolia*, por lo que es importante proponer estrategias que fomenten a la vainilla como una planta emblemática en la Huasteca potosina.

Palabras clave: conocimiento tradicional, intensidad de manejo, morfotipo, sistemas agroforestales, variación morfológica.

CHAPTER 5. ON SITE MANAGEMENT OF *Vanilla planifolia* JACKS. EX ANDREWS (ORCHIDACEAE) IN THE HUASTECA REGION, SAN LUIS POTOSI, MEXICO

Abstract

Vanilla planifolia management has a great relevance between the interactions of the human being and its biological environment in the Huasteca Potosina. Despite the fact that no evidence has been found of the differentiation between wild and cultivated plants of *V. planifolia*. It is very important to the knowledge that revolves around the use and management of vanilla, as this leads to their incipient domestication under systems *in situ* or managed environments. However, there is little information in the management of this orchid in the local communities where it is used. The manipulation of this plant in the Huasteca region is unknown, therefore, it is not known if its morphological variation has been subjected to a management process. The aim of this study was to 1) to identify the level of management of *V. planifolia*, and 2) to document and systematize the management of this orchid. The study was conducted in nine municipalities and two ethnic groups in the Huasteca region of San Luis Potosí, Mexico. A convenience sampling was used and 15 semi-structured interviews were applied. The information was qualitative and a descriptive analysis was carried out. A five management stages of *V. planifolia* were identified, which is provided by men (80%) and women (20%), with a mean age of 28 years. In the tenek region, stages 1, 2 and 3 were highlighted; and in the Nahuatl region, stages 2, 3, 4 and 5. Vanilla dates back to the 19th century in this region. The farmers of the Huasteca Potosina are only beginning with the management of *V. planifolia*, so that the five existing morphotypes of this species were not subject to the selection of the human groups in the study area.

Key words: Agroforestry systems, management intensity, morphological variation, morphotypes, traditional knowledge.

5.1 INTRODUCCIÓN

México posee una enorme riqueza biológica y cultural que le ha permitido a sus poblaciones humanas tener un aprovechamiento heterogéneo de los recursos locales y generar por lo menos 100 especies cultivadas ([CONABIO, 2012](#)). En este contexto, nuestro país es un importante centro de domesticación y de diversidad de numerosos cultivos ([Bellon et al., 2009](#)), dentro de los que destaca la vainilla por ser el principal aromatizante de la industria alimentaria en todo el mundo ([Soto Arenas, 2006](#)). La región del Totonacapan se considera como el centro de domesticación de esta especie a nivel mundial ([Soto Arenas, 2009](#)). Su uso comenzó con la recolección de su fruto, la selección empírica de plantas y prosiguió con su manejo hasta articular cosmovisiones, conocimientos y técnicas vinculadas con las limitaciones que impone el ambiente ([Heiser, 1988](#); [Caballero y Cortés, 2001](#)). Por eso, en las distintas comunidades locales donde se cultiva *V. planifolia*, la intencionalidad del ser humano se convierte en un factor clave cuando comienzan a establecerse relaciones mutualistas semejantes a la naturaleza como sucede en los procesos que conducen hacia la domesticación de una especie ([Zeder, 2006](#); [Purugganan y Fuller, 2011](#)).

En la actualidad, la vainilla es una especie silvestre de gran importancia en el mercado mundial, por lo que el uso, manejo y selección que han realizado algunos grupos culturales es sustancial para su aprovechamiento y conservación. De manera particular, las plantas cultivadas de *V. planifolia* son muy similares a las plantas silvestres y no se puede considerar como una planta domesticada ([Soto Arenas, 2009](#)). Debido a que las plantas perennes como la vainilla tienen ciclos de vida más largos, estadios juveniles prolongados y generaciones que se sobrelapan, por lo que responden de manera diferente a la selección artificial ([Miller y Gross, 2011](#)). Sobre todo, porque en el caso de las plantas perennes, su domesticación requiere de bastante tiempo antes de poder modificar los aspectos de su biología reproductiva y fijar los caracteres morfológicos o genéticos que distinguen a las plantas domesticadas de su progenitor ([Casas et al., 1997a](#); [Gepts, 2004](#); [Rodríguez-Arévalo et al., 2006](#); [Pickersgill, 2007](#); [Blancas et al., 2009](#); [Chacón-Sánchez, 2009](#); [Parra et al., 2012](#); [Avendaño-Gómez et al., 2015](#)).

No obstante, es posible que en diversas regiones del país, *V. planifolia* este bajo un proceso de manejo *in situ*, muy parecido a lo que sucede en otras especies perennes ([Arellano y Casas, 2003](#)), las cuales no se pretenden domesticar, sino simplemente tomar ventaja de su plasticidad fenotípica para aumentar la disponibilidad del recurso ([Caballero y Cortés, 2001](#)).

En particular, el manejo *in situ* de estas plantas implica prolongados estadios de domesticación incipiente y semi-domesticación, antes de tener plantas completamente domesticadas ([Casas et al., 2007](#)). Generalmente se presentan bajas tasas de evolución a nivel morfológico, por lo que es difícil distinguir a las poblaciones silvestres de las domesticadas ([Olsen y Schaal, 2007](#)). De hecho, en varias especies perennes, su manejo implica complejas formas de interacción entre las comunidades locales y su entorno vegetal ([Caballero et al., 2004](#)).

El conocimiento, uso y manejo de las plantas involucra las intervenciones, transformaciones o decisiones sobre los sistemas naturales y artificiales sus elementos (o recursos) y sus procesos funcionales con fines explícitos. El manejo es una expresión de las distintas formas de aprovechamiento (apropiación, obtención y uso de recursos, procesos y sistemas), de conservación (acciones para mantenerlos y protegerlos) y de restauración. La recuperación y el fortalecimiento de los sistemas de manejo tradicional son de alta prioridad ante cualquier escenario ([Toledo, 2014](#)), debido a la existencia de complejas y variadas formas y grados de manipulación de plantas aparentemente silvestres ([Caballero y Cortés, 2001](#)).

El manejo de las plantas silvestre puede estar dirigido no sólo al aumento de la disponibilidad del recurso vegetal, sino también al mejoramiento de los productos obtenidos, y a menudo involucra formas de selección de fenotipos deseados, las cuales pueden constituir verdaderos procesos de domesticación incipiente ([Caballero y Cortés, 2001](#)), donde se ha documentado que la tolerancia selectiva de especies perennes, es una forma de domesticación *in situ* de plantas ([Casas et al., 1999b, 2014](#)).

Por eso, la domesticación *in situ* es un modelo útil para el estudio de las plantas silvestres y perennes ([Casas y Caballero, 1996](#); [Casas et al., 1996](#), [1997ab](#), [1998](#), [1999ab](#)), ya que trata de replicar los procesos evolutivos de diversificación que experimentan las plantas en su hábitat original ([Casas et al., 2007](#); [Purugganan y Fuller, 2011](#)). A partir de diferentes formas de manejo como la tolerancia, protección, propagación de individuos y manipulación de la densidad poblacional, sin implicar necesariamente el cultivo de las plantas involucradas ([Caballero et al., 1998](#); [Caballero y Cortés, 2001](#)). De ahí, que los patrones de variación morfológica que presentan algunas plantas perennes están relacionados con la intensidad de selección y manejo ([Zeder et al., 2006](#)). Al mismo tiempo, la combinación de estas formas de manejo en una misma población puede ocurrir simultánea o secuencialmente ([Blancas et al., 2013](#)).

Así que para documentar si esta orquídea silvestre se encuentra en vías de manejo, el conocimiento de los agricultores es una fuente de conocimiento muy útil para su estudio ([García-Marín y Zizumbo, 1993](#); [Casas y Parra, 2007](#); [Casas et al., 2007](#); [Azofeifa-Bolaños et al., 2014](#)). Dado que es necesario conocer, explorar, interrogar y dialogar con lo que se domestica ([Toledo, 2014](#)). En los campesinos existe un gran conocimiento que gira en torno a su manejo y uso de la vainilla desde su siembra hasta el consumo final ([Baltazar, 2010](#); [García, 2013](#)). Sin embargo, se conoce poco acerca de su transmisión cultural y del aprendizaje asimétrico concebido a través del ensayo, la observación, la imitación, la curiosidad y la experimentación ([Zeder et al., 2006](#); [Blanckaert et al., 2012](#)).

Específicamente, en la región Huasteca se desconoce el cuerpo ligado de saberes al manejo de *V. planifolia*, los cuales están relacionados con los aspectos biológicos de esta especie, su uso y sentido de pertenencia en esta área. A pesar de que los grupos totonacos ([Barrera-Rodríguez et al., 2009](#); [Baltazar, 2010](#)), chinantecos ([Carrasco et al., 2003](#)), huastecos ([SPVSLP 2008](#), [2009-2012](#), [2015](#); [Trinidad, 2014](#)) y nahuas ([Maceda, 2015](#)) jueguen un papel importante en su manejo tradicional, desarrollado en acahuales y cultivos ([Soto Arenas, 2006](#)). Es escasa la información que se tiene acerca de su manejo ([Soto Arenas, 2009](#)) y conocimiento tradicional ([Maceda, 2015](#)) y; por ende, no

sabemos si la variación morfológica infraespecífica identificada (5 morfotipos) en la Huasteca potosina este sometida a una intensidad de manejo.

Por lo que es fundamental conocer las etapas de manejo para estudiar el proceso de domesticación en las regiones culturales de México como la región de la Huasteca potosina, pues con certeza se sabe que su cultivo es muy distinto al del maíz o frijol ([Soto Arenas, 2006](#)). Sobre todo, porque el manejo implicado en la domesticación de cualquier especie nunca sigue una misma trayectoria, al fin y al cabo, este proceso es moldeado por las características propias de la especie, el ambiente y los contextos culturales donde las sociedades humanas se desenvuelven ([Zeder, 2006](#); [Raya-Pérez et al., 2010](#)). Puesto que esto no es un evento instantáneo en el que una planta se transforme de repente, sino implica una modificación paulatina de la especie junto con los procesos organizativos de las poblaciones humanas ([Zeder et al., 2006](#)).

En este trabajo se postula que *V. planifolia* apenas se encuentra en vías de manejo *in situ*, con un nivel de manejo incipiente diferenciado por el grado de conocimiento que tienen los campesinos sobre la especie y el ambiente, dentro de las distintas comunidades locales de la Huasteca potosina. Todo esto surgió de la siguiente pregunta teórica ¿La variación morfológica que presenta *V. planifolia* en la Huasteca potosina está regulada por el uso que le dan los pobladores a esta especie?, lo que condujo al punto central de esta investigación ¿*V. planifolia* está en proceso de manejo? Y ¿En qué nivel de manejo se encuentra? Para poder saber si la variación morfológica se encuentra bajo una intensidad de manejo, en el estado de San Luis Potosí, México.

Entonces, se planteó abordar el estudio del manejo de esta especie como un proceso dividido en etapas ([Vodouhè et al., 2011](#)), mediante la investigación etnológica ([Guber, 2001](#); [Vaughan et al., 2007](#)). A partir de la comprensión del contexto de la relación ser humano-planta en diferentes sistemas agroforestales que constituyen importantes reservorios de experiencia, técnica, cultura y diversidad biológica ([Casas et al., 2014](#)).

Es por eso que el objetivo general de esta investigación radicó en identificar y describir el nivel de manejo que tiene *V. planifolia* para documentar y sistematizar el conocimiento campesino asociado a este proceso en la Huasteca potosina, mediante el uso de técnicas etnográficas para poder conocer las interrelaciones establecidas por los grupos huastecos con esta especie y su ambiente, y así poder explicar si esto tiene relación con la variación morfológica que presenta esta orquídea en el estado de San Luis Potosí, México. En consonancia con esto, se buscó documentar y sistematizar el conocimiento campesino asociado a este proceso.

5.2 MATERIALES Y MÉTODOS

5.2.1 Área de estudio

La región Huasteca de San Luis Potosí forma parte de la zona agropecuaria y frutícola de la entidad ([Ruvalcaba, 2004](#)). En esta región se concentra el área de estudio ubicada en el extremo sureste del estado, entre los paralelos 21°09´y 22°01´de latitud norte, y los meridianos 98°37´ y 99°16´de longitud oeste ([INEGI, 2009](#)). Limita al norte con el municipio de ciudad Valles en el estado de San Luis Potosí, al sur y al este con el estado de Hidalgo, y los municipios de Ciudad Valles, Tanlajás, Tancanhuitz, San Antonio, Tanquián de Escobedo y San Martín Chalchicuatla del estado de San Luis Potosí; y al oeste con el estado de Querétaro y el municipio de Tamasopo del estado de San Luis Potosí. Su extensión territorial es de 2473.159 km² ([INEGI, 2010](#)). La altitud de la zona varía entre los 20 y 2600 msnm. Su clima es tropical húmedo, dentro de los que predominan el semicálido húmedo y cálido subhúmedo; con una temperatura media anual mayor a 18°C y una precipitación pluvial entre 1000 y 2500 mm ([García-CONABIO, 1998](#)). Se ubica en las provincias hidrográficas del Karst Huasteco y Llanuras de la Costa del Golfo Norte ([Cervantes-Zamora et al., 1990](#)), dentro de la zona ecológica Templada y Trópico húmeda ([Toledo y Ordoñez, 2009](#)).

El estudio se concentra en nueve municipios (Tamazunchale, Axtla de Terrazas, Xilitla, Matlapa, Coxcatlán, Aquismón, Huehuetlán, Tampacán y Tampamolón Corona) de la

región Huasteca donde habitan dos grupos étnicos, los nahuas y téenek llamados huastecos ([Figura 5.1](#)).

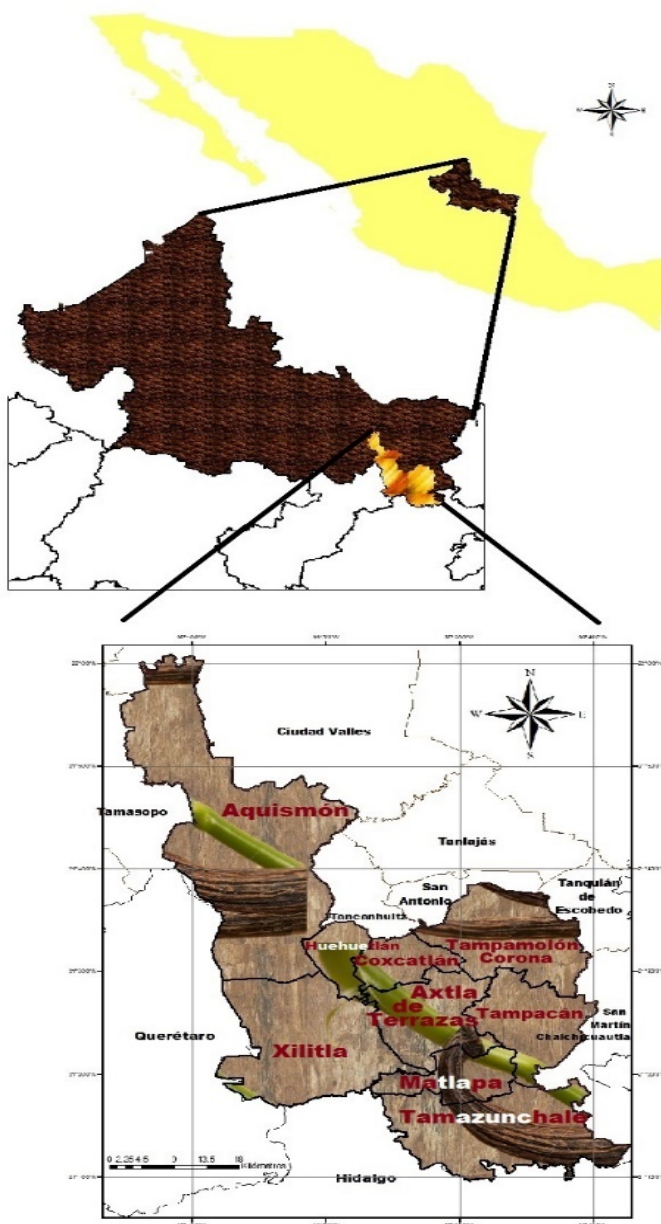


Figura 5. 1. Área de estudio localizada en la Huasteca potosina, San Luis Potosí, México

Grupos sociales

La zona de estudio comprende una población de 324,341 habitantes ([INEGI, 2011](#)), con una pobreza de moderada a extrema ([CONEVAL, 2010a](#)) y un grado de rezago social

alto (CONEVAL, 2010b). Existen dos grupos étnicos: los nahuas y los téenek que se asientan regularmente de forma dispersa tanto en la periferia como en las cabeceras municipales de la Huasteca. Los nahuas se encuentran asentados en los municipios de Tamazunchale, Matlapa, Axtla de Terrazas, Xilitla, Coxcatlán y Tampacán, con 61.5% de la población indígena (Figura 5.2a). Los téenek son descendientes de las civilizaciones mesoamericanas, particularmente alojados en los municipios de Aquismón, Huehuatlán y Tampamolón Corona, con 34.7% de la población indígena (Figura 5.2b). En todos estos municipios, los grupos étnicos cohabitan con la población mestiza, con quienes mantienen relaciones de hegemonía política, económica y social (Muñoz, 2012).

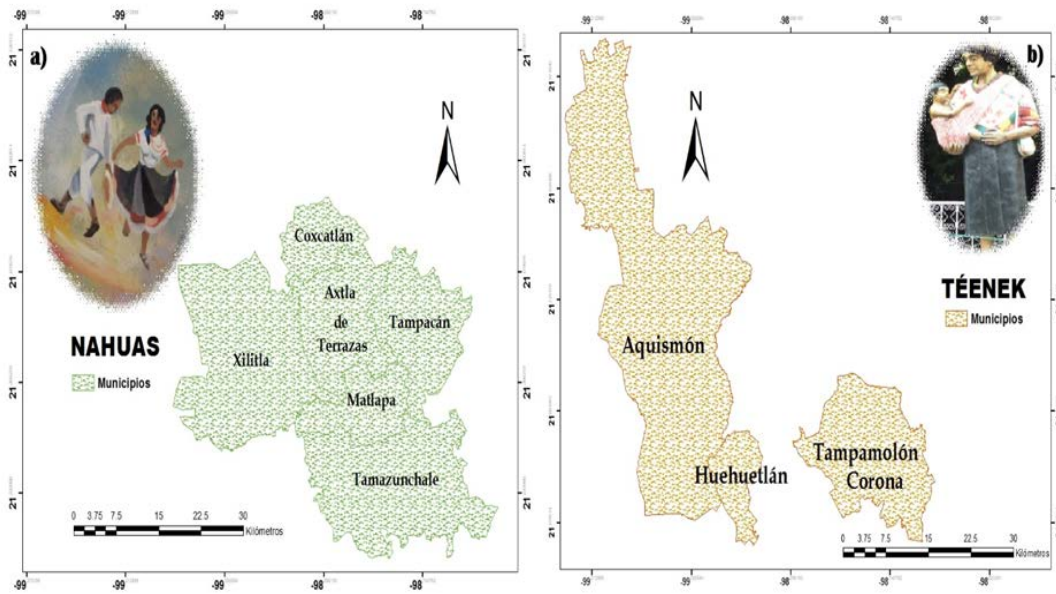


Figura 5. 2. Grupos sociales ubicados en la zona de estudio. a) Municipios con población hablante de náhuatl, b) Municipios con población hablante de téenek

5.2.2 Enfoque de investigación

La perspectiva de este estudio estuvo enfocada en la investigación cualitativa, al analizar la diversidad de comportamientos humanos relacionados con el manejo *in situ* de *V. planifolia* en la Huasteca potosina; y de esta forma documentar el proceso incipiente del manejo de esta especie, por medio de técnicas etnográficas como la entrevista semiestructurada. Esto permitió estudiar las distintas manifestaciones de las prácticas

de manejo y la toma de decisiones asociadas a la cultura que guían la acción colectiva e individual en la domesticación de especies vegetales. Por lo que fue fundamental conocer el sistema de conocimientos e interpretaciones socioculturales que los manejadores de vainilla han aprendido respecto a las cualidades inherentes de la vainilla, a su historia y ambiente en el estado de San Luis Potosí, México. De tal forma que se pueda documentar el proceso del manejo de *V. planifolia*, en los diferentes grupos étnicos de la Huasteca potosina.

5.2.3 Identificación del proceso de manejo de *Vanilla planifolia*

Para identificar el proceso de manejo de *V. planifolia* en la Huasteca potosina. Se procedió a esquematizar las etapas de manejo de plantas, basados en la premisa de Vodouhè *et al.* (2011) de que existen diferentes pasos en el proceso de la domesticación, los cuales son determinados por las variaciones en las prácticas de manejo de cada especie y por los diferentes grupos sociolingüísticos. Así el proceso de manejo se abordó desde tres dimensiones: la biológica, agroecosistema y cultural. A partir de estas tres perspectivas, se enmarcaron siete etapas de manejo, propuestas para el estudio de *V. planifolia* (Figura 5.3).

- 👉 Etapa 1: Especímenes totalmente silvestres, se recolectan sólo cuando es necesario. Destacan por sus atributos naturales (abundancia, persistencia y utilidad), los cuales atraen gradualmente la atención y concentración de esfuerzos de procuración de los recolectores. En el transcurso de esta etapa es posible que la recolección se lleve a cabo con más frecuencia.
- 👉 Etapa 2: Especímenes silvestres mantenidos en los terrenos donde se encontraron, por su utilidad y por la necesidad de regular su escasez (cantidad y/o calidad), ya que es difícil acceder a éstos. Finalmente, el agricultor tolera a estas plantas por los beneficios que le aporta.
- 👉 Etapa 3: Especímenes silvestres mantenidos en los terrenos donde se encontraron. Estas plantas son sujetas a visitas frecuentes y observaciones regulares para la comprensión y conocimiento de su biología reproductiva. Existen

labores de mantenimiento en los terrenos, donde comienza a modificarse su entorno u ambiente biofísico. Hay una sensación de responsabilidad por la supervivencia de las plantas, y un compromiso por el establecimiento de éstas. Es decir, se fomenta la inducción y protección de los especímenes.

- 🌱 Etapa 4: Especímenes silvestres establecidos fuera de su hábitat, llevados a un sistema agroforestal como un acahual, traspatio, huerto o una superficie menor de cultivo. Se conoce a detalle la biología reproductiva, por lo que se lleva cabo la multiplicación y cultivo. Se establecen huertos, traspatios o espacios determinados para su cultivo. Existe experiencia y conocimientos sobre el manejo *in situ* de estos especímenes, con el objetivo de incrementar la producción (fenología de la especie, fechas de siembra, densidad, cuidados, plagas y enfermedades).
- 🌱 Etapa 5: Especímenes procedentes de otro sistema agroforestal. Se cultiva y se cosecha de forma tradicional (colectiva). Existen conocimiento sobre el volumen de la producción y las variables que afectan este proceso.
- 🌱 Etapa 6: Especímenes cultivados por sus características productivas, son procedentes de la misma región o de zonas cercanas. Constantemente se renueva el germoplasma y se mantienen a los especímenes que tienen las características y cualidades idóneas para el agricultor. Existe un proceso de selección para mejorar la calidad del producto. Existen criterios específicos para seleccionar las plantas que mejor respondan a las necesidades del agricultor. Se conocen y establecen criterios de selección que determinan los mejores cultivares de plantas, en función de propiedades organolépticas y resistencia a plagas y enfermedades. Se crean y adoptan paquetes tecnológicos para su cultivo y multiplicación. En esta etapa se considera la posibilidad del acceso al mercado. La adquisición de tecnologías y métodos para el procesamiento del producto que satisfagan las necesidades de los consumidores (como el proceso del beneficiado y el valor agregado a los productos).
- 🌱 Etapa 7: Especímenes cultivados que presentan las mejores características para satisfacer las demandas de los consumidores. Existen criterios de selección más especializados sobre temas como: control de plagas y enfermedades del cultivo,

cualidades de procesamiento o cocción, almacenamiento y embalaje. La generación de ingresos es un criterio importante de su cultivo. Existe atención a las demandas del mercado. Se seleccionan y se producen variedades que responden a las necesidades del consumidor.



Figura 5. 3. Esquema de las etapas de manejo para el estudio de *Vanilla planifolia* en la Huasteca potosina. Fuente: Herrera-Cabrera, comunicación personal, 4 de marzo del 2014

Después de haber planteado esto, fue necesario indagar sobre el estado del arte de la domesticación de *V. planifolia* en la Huasteca potosina. Para poder concretar las preguntas que documentaran dichas etapas, además de saber el impacto que ejerce cada etapa en las características morfológicas de esta especie. Por consiguiente, se emplearon técnicas etnográficas como entrevistas no estructuradas y actividades de acción participativa con miembros del Sistema producto vainilla, durante el 2012 y 2013. También, se consideraron aspectos teóricos planteados en trabajos de domesticación *in*

situ por Caballero *et al.* (1998) y Casas *et al.* (2014) (Figura 5.4) que sirvieron para reconocer las diferentes formas de manipulación de las plantas.



Figura 5. 4. Esquema de información sobre el tipo de manejo para elaborar el instrumento. Fuente: Casas *et al.*, 2014

Posteriormente, a finales del 2013 se construyó el instrumento para recabar la información referente a las cinco etapas que se identificaron en el diagnóstico previo (durante el 2012-2013). La prueba de cotejo de las cédulas de entrevistas se realizó en enero del 2014, por lo que las entrevistas se realizaron en abril del 2014, durante el período de floración de *V. planifolia*. Las entrevistas fueron registradas en audio con el permiso expreso de los colabores, a través de una grabadora de voz de 8GB (marca Steren), y a la par se hicieron anotaciones relevantes de la entrevista en un diario de campo. La transcripción de estas entrevistas se hizo entre junio y septiembre del 2014, y dicha información fue capturada en un archivo de Word 2013. El contenido de las entrevistas se transcribió de manera textual, y en la edición de las entrevistas se hicieron correcciones gramaticales, sin cambiar el sentido de lo que quiso decir el entrevistado,

tales como signos de puntuación y signos convencionales de la transcripción para indicar dudas, silencios, exclamaciones, gestos o actitudes del entrevistado. Cada entrevista se identificó con un código formado de cinco partes separadas por diagonales; la primera parte corresponde al número de transcripción (T1, T2, T3...T15), la segunda a las iniciales del nombre del entrevistado, la tercera a las iniciales del entrevistador, la cuarta a la abreviatura del lugar donde se hizo la entrevista (Aquismón=AQU, Axtla de Terrazas=AXT, Coxcatlán=COX, Huehuetlán=HUE, Matlapa=MATL, Tamazunchale=TAMZ, Tampacán= TAMP, Tampamolón Corona= TAMC, Xilitla= XLT) y la quinta a la fecha de la entrevista. A continuación se muestra un ejemplo (Figura 5.5):

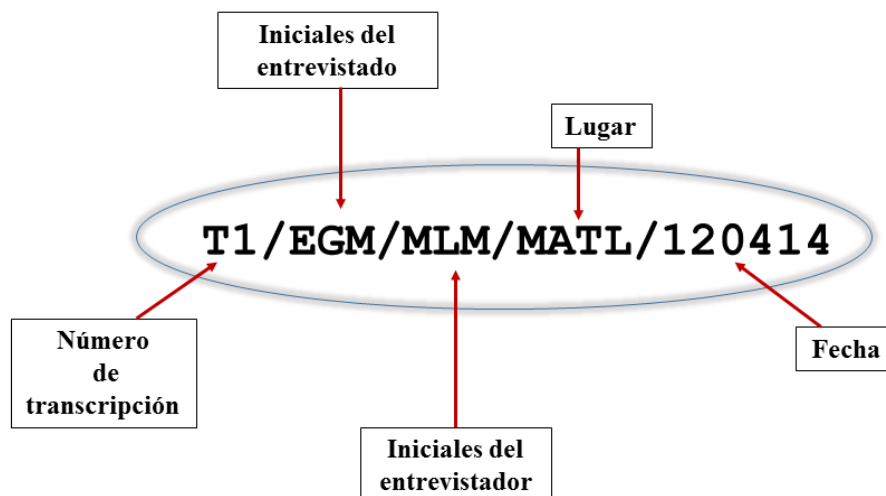


Figura 5. 5. Código de identificación de entrevistas

5.2.4 Muestreo

Se empleó la técnica de muestreo no probabilístico a través de un muestreo por conveniencia (Seoane *et al.*, 2007) que consistió en elegir a las personas que tuviesen al menos cinco años de conocimiento en *V. planifolia* y fuesen propietarios de estas plantas, es decir, se buscaron a productores y recolectores de vainilla que tuviesen plantas desde hace más de cinco años, con el propósito de que fuesen casos representativos en la Huasteca potosina.

El procedimiento que se siguió para identificar y seleccionar la muestra, fue por medio de informantes clave y la técnica bola de nieve ([Taylor y Bogdan, 1992](#)) que condujo a los miembros de la muestra (entrevistados). Los informantes clave fueron tres personas, un miembro del Comité Sistema Producto Vainilla del Estado de San Luis Potosí y dos prestadores de servicios profesionales de este comité; quienes permitieron vincularnos con algunos informantes, además de ayudarnos a comprender el escenario y complementar los conocimientos sobre lo que ocurría cuando no nos encontrábamos presentes en la zona de estudio. La técnica bola de nieve permitió acceder a otras personas que tenían vainilla, y a su vez, estas personas nos presentaron a otros miembros con experiencia en esta planta.

La selección de la muestra se hizo durante visitas periódicas, entre 2013 y 2015. La muestra se acotó a 15 personas, dos mujeres y 13 hombres de la zona de estudio.

5.2.5 Instrumento

Se diseñó una entrevista semiestructurada a través de un guion de entrevista, con preguntas cerradas y abiertas en su mayoría. La temática del instrumento denominado cédula de entrevista, correspondió al análisis de la interacción hombre-vainilla. Para ello se conformaron cinco cédulas de entrevistas, a partir de cinco premisas que permitieron identificar el nivel de manejo de *V. planifolia* en la Huasteca potosina ([Tabla 5.1](#)). Las premisas fueron estructuradas con base en las características del proceso de manejo de plantas, planteado por Adéoti *et al.* ([2009](#)), Vodouhè *et al.* ([2011](#)) y Vodouhè y Dansi ([2012](#)).

Tabla 5. 1. Identificación de los niveles de manejo asociados a *Vanilla planifolia* en la región Huasteca del estado de San Luis Potosí, México

Premisa	Nivel de manejo	Características del nivel de manejo
Recogen frutos de vainilla en el monte.	Etapa 1	Especímenes totalmente silvestres, se colectan cuando es necesario.
Tiene plantas de vainilla en su terreno y las encontró ahí.	Etapa 2	Especímenes ubicados en terrenos propios o comunales, que son mantenidos por su utilidad y por su escasez.
Tiene plantas en su terreno, las cuales encontró ahí y con el paso de tiempo, estas recibieron cuidados incipientes.	Etapa 3	Especímenes ubicados en terrenos propios o comunales, que son objeto de observaciones regulares hasta incrementar el conocimiento sobre su biología reproductiva y/o cuidados incipientes.
Llevó plantas de vainilla a su terreno del monte y estableció un TRASPATIO-HUERTO-CULTIVO a menor escala.	Etapa 4	Se conoce la biología reproductiva de la especie, su multiplicación y cultivo en traspacios o parte de los terrenos de cultivo escogidos por los agricultores. En esta etapa, los agricultores tienen a realizar diferentes experimentos (fecha de siembra, densidad de plantas, plagas y manejo de enfermedades, etc.) para incrementar la producción en un futuro. La propiedad de la planta es más rigurosa.
Llevó plantas de vainilla a su terreno y estas provienen de otro traspacio o cultivo	Etapa 5	La especie es cultivada a partir de del germoplasma cultivado previamente y su fruto es cosechado de manera tradicional.

La cédula de entrevista de la **etapa 1** se abocó a los siguientes aspectos:

- a) Identificación social con la especie.
- b) Características iniciales de uso de la especie.
- c) Características espaciales del sitio de recolección de la vainilla.
- d) Características temporales del sitio de la especie y de la especie misma.

La cédula de entrevista de la **etapa 2** abordó los siguientes aspectos:

- a) Identificación social con la especie.
- b) Características del sitio de mantenimiento de la vainilla.

- c) Experiencias y conocimientos sobre vainilla.
- d) Ciclo de vida de la vainilla.

La cédula de entrevista de la **etapa 3** englobó los siguientes aspectos:

- a) Identificación social con la especie.
- b) Cuidados incipientes de la vainilla.
- c) Biología reproductiva de la vainilla.
- d) Características del uso de la vainilla.

La cédula de entrevista de la **etapa 4** se basó en los siguientes aspectos:

- a) Identificación social con la especie.
- b) Características del sitio de extracción y cultivo de vainilla.
- c) Conocimientos sobre la vainilla: ciclo del cultivo y cuidados.
- d) Características del uso de la vainilla.

La cédula de entrevista de la **etapa 5** consideró los siguientes aspectos:

- a) Identificación social con la especie.
- b) Características del sitio del cultivo de vainilla.
- c) Prácticas y conocimientos sobre vainilla: Sistema de cultivo, ciclo del cultivo y cuidados.
- d) Características del uso de la vainilla.

5.2.6 Análisis de la información

La interpretación de las entrevistas se hizo conforme a un análisis descriptivo ([Pedraz et al., 2014a](#)), vinculado a la temática de las dimensiones argumentativas que se plantearon en la investigación. Y por medio del método de triangulación ([Taylor y Bogdan, 1992](#); [Okuda y Gómez-Restrepo, 2005](#); [Hamui-Sutton, 2013](#)), se pudo corroborar y profundizar la información recaba en las entrevistas con los informantes clave y la observación participante ([Pedraz et al., 2014b](#)) de la entrevistadora en todo este proceso.

5.3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.3.1 Análisis del proceso de manejo de *Vanilla planifolia*

5.3.1.1 Características generales de la población entrevistada

En el estudio participaron 15 personas, tres mujeres y 12 hombres (Figura 5.6a), entre 48 y 77 años de edad (Figura 5.6b). Su edad promedio fue de 58 años, muy semejante a la edad reportada en los vainilleros de la Huasteca hidalguense (61 años) (Maceda, 2015).

En la mayoría de los casos, su educación formal comprendió el nivel de formación básico (60%) y medio superior (19%), así como nivel superior (7%) y técnico-profesional (7%); aunque dentro de esta muestra, también, hubo personas que no obtuvieron ningún grado de escolaridad (7%) (Figura 5.6c).

La mayoría de los entrevistados se dedica a actividades del campo y de su casa, y el resto se desempeñó en oficios y profesiones. El 87% de los participantes pertenecen a la etnia náhuatl y el 13% son téenek (Figura 5.6d).

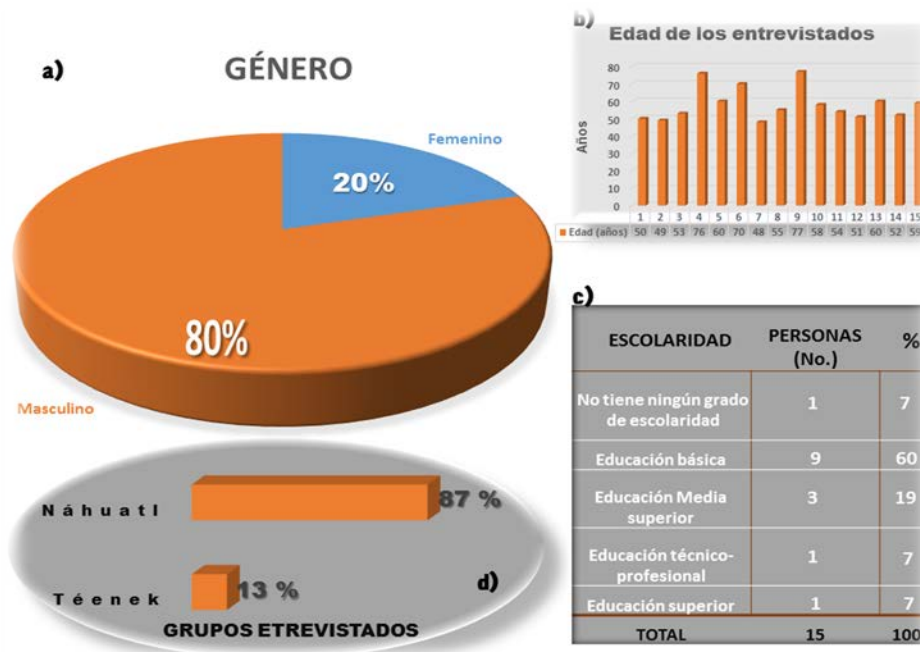


Figura 5. 6. Indicadores de las características de la población de estudio en la Huasteca potosina, México

El manejo de *V. planifolia* residió en personas adultas, sin existir un vínculo generacional de este proceso hacia personas más jóvenes, por lo que es importante que estas personas puedan transmitir sus experiencias y conocimientos en torno a esta especie, porque este conocimiento pudiera ser erosionado. McKey *et al.* (2010) explicó que los jóvenes agricultores pueden llegar a asociar los conocimientos tradicionales con tendencias atrasadas y, por lo tanto no ser receptivos a su transmisión. Sin embargo, es importante integrarlos al cultivo y manejo *in situ* de *V. planifolia*.

Otro aspecto destacado en la manipulación de esta especie, indicó que la mayor parte de los manejadores de este recurso fueron hombres (80%). Sin embargo, es necesario enfatizar que la participación femenina fortaleció el cuidado de esta orquídea, durante distintos períodos fenológicos como en la polinización y la cosecha del fruto.

No obstante, el empoderamiento del manejo de esta especie por parte del género masculino en esta región, sobresalió al mostrar escasa participación e inclusión de sus hijas por parte de sus padres. En cambio, a los varones se les asignó la obligación de dedicarse a los diferentes cultivos de sus padres, incluida la vainilla.

La participación juvenil se encontró dentro de un contexto social de migración jornalera, por lo que el interés de los jóvenes estuvo dirigido a otras expectativas diferentes a las actividades agrícolas y al cuidado de la vainilla. Sin embargo, se pudo apreciar que el cultivo de la vainilla fue muy rentable para explotaciones familiares pequeñas. Según Ramírez y Rapidel (1999) la riqueza de un cultivo se concentra en el trabajo familiar.

En su mayoría, los vainilleros de la Huasteca potosina han dedicado toda su vida al campo y algunos otros se han orientado a actividades comerciales. Es decir, 80% se dedica al sector primario, 7% al sector secundario y 13% al sector terciario.

5.3.1.2 Historicidad de la vainilla en la región Huasteca potosina

La vainilla en la región Huasteca del estado de San Luis Potosí se ha desarrollado en forma natural desde principios del siglo XIX, en la zona sur y centro de esta región. Tal como nos relatan algunos de los informantes en sus diálogos:

Las plantas son de aquí. Mi abuelo me contaba que desde que él era niño ya había, así nada más en el cerro. Nadie las sembró ahí. De esto, le hablo más o menos de 1880-1910, incluso un poco antes¹⁶.

En aquellos tiempos mi abuelo tenía, pero nada más las tenía ahí. El las encontró allá arriba en la sierra, dice que solitas se daban. Eso, calculo yo que eso fue por ahí de 1900, cuando eso mi abuelo era un jovencito¹⁷.

¡Uhhh! antes aquí había harto. Aquí nací y crecí, y ya había en las fincas, pero bien altos. No daba bastante, unas cuantas vainas; pero altos, porque no lo cortaban. Pues no sabían ni para que eran o para que servían¹⁸.

Con respecto a la historia de la vainilla solo se encontró una fuente secundaria (<http://www.ceepacslp.org.mx/ceepac/uploads2/files/Los%20electos%202012%20Ayuntamientos%20parte%202.pdf>), en la que se señala lo siguiente:

Fue en el municipio de Tancanhuitz donde se inició en el año de 1842 el cultivo del café y la vainilla.

No obstante, en la zona se desconoce cuál fue el municipio donde se inició el manejo de vainilla. Dicho municipio no es conocido por la producción de la vainilla, por lo que es posible que solo se dé en condiciones naturales.

A continuación, en el siguiente fragmento se narra una pequeña pesquisa de la memoria histórica que tienen los pobladores de la Huasteca potosina acerca de la vida de esta especie en la región:

¹⁶ Entrevista realizada el 12 de abril del 2014, en el municipio de Matlapa, SLP, México. Clave de la entrevista T5/EGM/MLM/MATL/120414.

¹⁷ Entrevista realizada el 11 de abril del 2014, en el municipio de Aquismón, SLP, México. Clave de la entrevista T4/JANG/MLM/AQU/110414.

¹⁸ Entrevista realizada el 16 de abril del 2014, en el municipio de Coxcatlán, SLP, México. Clave de la entrevista T11/ILP/MLM/COX/160414.

De hecho yo conozco la vainilla desde hace muchos años. Yo los tengo desde mis abuelos. Yo los rescate de un árbol grande de chalahuite que se cayó, estaba todo apachurrado¹⁹.

En el relato anterior, el árbol al que hace referencia el entrevistado pertenece al género *Inga*, tal vez sea la especie *Inga vera* o *Inga jinicuil*. Estos árboles están asociados al bosque tropical caducifolio, en la zona ecológica templada subhúmeda, trópico subhúmedo y trópico húmedo; con climas semicálidos y templados, entre los 800 y 1200 msnm. Se encuentran al pie de las montañas y alcanzan unas dimensiones de 5 a 20 metros de altura.

Esta orquídea silvestre generalmente se encontró en condiciones naturales, a lo largo de ciertos remanentes en las selvas tropicales de la Huasteca potosina y en diversos agroecosistemas. Las selvas o bosques tropicales fragmentados donde se presentó *V. planifolia* predominaron en los municipios de Aquismón, parte de Matlapa y Tamazunchale ([Figura 5.7](#)).



Figura 5. 7. Paisajes tropicales donde se localiza de manera natural *Vanilla planifolia* en la Huasteca potosina, México

¹⁹ Entrevista realizada el 14 de abril del 2014, en el municipio de Axtla de Terrazas, SLP, México. Clave de la entrevista T8/LMI/MLM/AXT/140414.

Por su parte, los agroecosistemas asociados al cultivo de café (algunos de estos abandonados) ([Figura 5.8](#)) y los denominados acahuales, fueron los sistemas donde se observó un mayor desarrollo esta especie ([Figura 5.9](#)).



Figura 5. 8. Sistemas agroforestales tradicionales de café donde se localiza de manera *in situ* *Vanilla planifolia* en la Huasteca potosina, México



Figura 5. 9. Acahuales donde se desarrolla de manera natural *Vanilla planifolia* en la Huasteca potosina, México

También, se encontraron algunos especímenes en ecosistemas modificados, destinados al cultivo de naranja ([Figura 5.10](#)).



Figura 5. 10. Ecosistema modificado dedicado al cultivo de Naranja en la región Huasteca del estado de San Luis Potosí, México. Las flechas indican la localización de *Vanilla planifolia*

Con respecto a las entrevistas realizadas a los vainilleros de la Huasteca potosina, algunos de ellos mencionaron conocer a la vainilla de antaño, ya que han vivido durante toda su vida en las comunidades donde existe esta planta. Por su parte, uno de los entrevistados dijo que supo de la existencia de la vainilla hasta que se mudó a una comunidad cercana de donde es originaria.

Sin embargo, algunos de ellos tuvieron una mayor relación con esta planta que otros, debido a la cercanía que mantuvieron con el hábitat de donde procedió esta planta y/o por haberla conocido desde su infancia a través de algún familiar como sus padres o abuelos. Pero hubo otras personas que conocieron el manejo de esta planta recientemente, aunque señalan que ya habían escuchado de esta orquídea. Tal como se expresa aquí:

Pues, yo no la conocía, nada más escuchaba que la nombraban “niwiwil anwits”. Le digo, eso en téenek. Luego, pues ya años que escuche que lo nombraban vainilla, pero yo no lo conocía así, si era su verdadero nombre. Nosotros acá siempre lo habíamos conocido como “niwiwil anwits”. Si, fue hasta que fuimos a capacitación con la maestra Cándida, entonces, ya lo conocí la vainilla. Luego me llevaron un día a Papantla y

*pues allá lo fuimos a ver sembrada en el campo. Yo na´mas acá la veía que crecía sola, y entonces a mí se me antojo también de sembrarla*²⁰.

*Yo no conocía la vainilla, pero ya formaron acá donde vivo un grupo y la conocía. Para mí es bueno, aunque otras personas ya me habían platicado de esto, eso hace tres años. Nunca me imaginé que yo iba a sembrar. Ya conocí la vainilla con el ingeniero Regulo*²¹.

Las personas entrevistadas dijeron haber vivido desde hace 33 hasta 77 años en sus comunidades ([Tabla 5.2](#)). Por eso algunos entrevistados han convivido con la vainilla desde su infancia. Incluso sus padres o abuelos ya tenían este bejuco desde antes, así como se expresaron los entrevistados:

*Las plantas de vainilla que tengo son de aquí. Yo las tengo porque mi papá tenía sembradas en plantaciones de aguacate, estaban hasta arriba. Entonces yo las empecé a bajar y los sembré en naranjo. Uhhh, pero ya tiene; cuando eso yo tenía entre 12 y 14 años. Yo los empecé a sembrar en cítricos y entonces vi que si les gusta. ¡Sí! Pero esa planta que tenía mi papá era de los sembradíos de mi abuelo. Mi abuelo nos contaba que ellos llevaban vainas a Tampico, pero en aquel tiempo no iban en carro ni en caballo, iban en botes o pangas sobre el río Moctezuma. Se aventaban seis meses para ir a Tampico, ida y vuelta. Llevaban de aquí chiles, piloncillo, café, varias cosas para vender; y de allá traían, por ejemplo la sal en grano y otras cosas que aquí no había en aquel tiempo. Y allá iban a vender las vainas, pero entons no se empacaban, se llevaban en rollos y se vendían en libras, no en kilos*²².

*Yo conocí la vainilla porque mi abuelo tenía. En ese entons, mi abuelo no lo limpia ni lo corta el bejuco. Na´mas así lo tenía. Lo vendía así por unidad, un rollito o dos nada más en cada época. Entons vi que un señor llevaba a vender por costales. Ese señor trabajaba en la parcela del café y sembró mucha planta de aquí. Entons yo dije –Si ese señor siembra ¿por qué yo no hago lo mismo?– Y sembré las plantas de mi abuelo y otras las baje de la sierra, pero vino una helada y se me quemó; aunque algún esqueje cayó entre las piedras o se topó con un árbol o palo, y retoño otra vez. Hay tenía, mantuve durante mucho tiempo veinte matas*²³.

²⁰ Entrevista realizada el 10 de abril del 2014, en el municipio de Huehuetlán, SLP, México. Clave de la entrevista T1/MCSM/MLM/HUE/100414.

²¹ Entrevista realizada el 16 de abril del 2014, en el municipio de Coxcatlán, SLP, México. Clave de la entrevista T11/ILP/MLM/COX/160414.

²² Entrevista realizada el 12 de abril del 2014, en el municipio de Matlapa, SLP, México. Clave de la entrevista T5/EGM/MLM/MATL/120414.

²³ Entrevista realizada el 11 de abril del 2014, en el municipio de Aquismón, SLP, México. Clave de la entrevista T4/JANG/MLM/AQU/110414.

Mi abuelo me platicaba que su papá ya de por sí tenía vainilla. De hecho, yo conozco la vainilla desde hace mucho. Mi abuelo los juntaba y los guardaba, y yo aprendí. Yo no sabía cómo se beneficiaba, pero si los juntaba y guardaba cuando ya estaban sazón. La primera venta que hice fue de vainilla seca...seca²⁴.

Los bejucos de vainilla que se conservaron hasta la actualidad fueron una herencia familiar que pasó de padres a hijos (abuelo-padre-hijo), por lo que estas personas desarrollaron un singular aprecio por esta orquídea.

Yo conocí la vainilla por mi papá, a pesar de que no conocí muy bien a mi papá, porque él se enfermó se lo llevaron a México. El murió joven, tenía como 37 años. Cuando el murió yo tenía unos 6 o 7 años. Pero el único año que lo vi yo, recuerdo que cortaba las vainas y nada más los dejaba a secar solas. Y de ahí me di cuenta porque tanto las cuidaba, ¡pues tenía aroma! Entons dije por eso los cuida. Por curiosidad hice una escalera, baje el esqueje en el aguacate y lo sembré más abajo²⁵.

Bajo este contexto, las plantas más jóvenes de vainilla tuvieron una edad aproximada de 3 a 9 años, y las plantas más vetustas alcanzaron una edad de 60 a 80 años ([Tabla 5.2](#)). Cabe destacar que estas plantas fueron conservadas por su resistencia a la sequía y a los cambios climáticos. Además, los agricultores manifestaron que estos presentaron frutos más grandes y robustos, como expresaron en algunos de sus diálogos:

Hace poco, no tiene mucho que las tengo, serán como tres años que tengo con la vainilla, son plantas nuevas. Apenas dio su primera floración²⁶.

Pues, ya casi va hacer cuatro años la vainilla. Las compramos en Aquismón, en \$10.00 pesos para ponerlas aquí en la malla sombra²⁷.

Allí donde tengo la vainilla, la planta tiene como ocho años, pero esa planta era de mi papa. Desde antes mi papá ya tenía esa plantita, porque

²⁴ Entrevista realizada el 14 de abril del 2014, en el municipio de Axtla de Terrazas, SLP, México. Clave de la entrevista T8/LMI/MLM/AXT/140414.

²⁵ Entrevista realizada el 12 de abril del 2014, en el municipio de Matlapa, SLP, México. Clave de la entrevista T5/EGM/MLM/MATL/120414.

²⁶ Entrevista realizada el 11 de abril del 2014, en el municipio de Matlapa, SLP, México. Clave de la entrevista T3/ARB/MLM/MATL/110414.

²⁷ Entrevista realizada el 15 de abril del 2014, en el municipio de Xilitla, SLP, México. Clave de la entrevista T9/JGF/MLM/XLT/150414.

*antes no vendía por kilo sino por vainas. Por eso yo pienso que esa planta tendrá como 60 años*²⁸.

Sin embargo, 13% de los entrevistados desconocieron saber la edad de sus plantas (Tabla 5.2 y Figura 5.11). El primer motivo por el que algunos de los entrevistados no supieron la edad de sus plantas fue porque eran de sus padres y/o abuelos, y la segunda razón fue porque sus esquejes procedían de otras plantaciones de la misma región. No obstante, los mismos entrevistados infieren que es posible que sus plantas tengan alrededor de 10 años, ya que las tienen desde hace 6 años.

Tabla 5. 2. Recopilación de la información referente a la edad y sitios de procedencia de *Vanilla planifolia* en la Huasteca potosina, México

Entrevista (no)	Clave de la entrevista	Municipio	Tiempo de vivir en la comunidad (años)	Procedencia de la planta (lugar)	Edad de la planta (años)
1	T1/MCSM/MLM/HUE/100414	Huehuetlán	33	Huehuetlán, SLP.	40
2	T2/GFB/MLM/MATL/100414	Matlapa	49	Tamazunchale, SLP.	No sabe
3	T3/ARB/MLM/MATL/110414	Matlapa	53	Tamazunchale, SLP. Xalapa, Ver.	3
4	T4/JANG/MLM/AQU/110414	Aquismón	76	Aquismón, SLP.	60
5	T5/EGM/MLM/MATL/120414	Matlapa	60	Matlapa, SLP. Tuxtepec, Oax.	60 u 80
6	T6/LL/MLM/TAMZ/130414	Tamazunchale	70	Tamazunchale, SLP.	60
7	T7/GS/MLM/TAMZ/130414	Tamazunchale	48	Tamazunchale, SLP. Aquismón, SLP.	6
8	T8/LMI/MLM/AXT/140414	Axtla de Terrazas	55	Axtla de Terrazas, SLP.	No sabe
9	T9/JGF/MLM/XLT/150414	Xilitla	77	Xilitla, SLP	8

²⁸ Entrevista realizada el 13 de abril del 2014, en el municipio de Tamazunchale, SLP, México. Clave de la entrevista T6/LL/MLM/TAMZ/130414.

Tabla 5.2. Continuación

Entrevista (no)	Clave de la entrevista	Municipio	Tiempo de vivir en la comunidad (años)	Procedencia de la planta (lugar)	Edad de la planta (años)
10	T10/SMF/MLM/XLT/150414	Xilitla	58	Xilitla, SLP Aquismón, SLP. Papantla, Ver.	8
11	T11/ILP/MLM/COX/160414	Coxcatlán	54	Aquismón, SLP.	4
12	T12/JFP/MLM/TAMC/160414	Tampamolón Corona	51	Tamazunchale, SLP.	6
13	T13/BG/MLM/TAMZ/170414	Tamazunchale	60	Tamazunchale, SLP.	65
14	T14/DMH/MLM/TAMZ/170414	Tamazunchale	52	Tamazunchale, SLP.	60
15	T15/RSP/MLM/TAMP/170414	Tampacán	40	Papantla, Ver.	9



Figura 5. 11. Edad estimada de los esquejes de *Vanilla planifolia* en la Huasteca potosina, México

De acuerdo con las entrevistas efectuadas, la mayoría de los vainilleros mencionaron que sus plantas son nativas de la Huasteca potosina. Principalmente estas fueron encontradas inmersas en la porción de la Sierra Madre Oriental que atraviesa la región del estado potosino ([Figura 5.12](#)). Es decir, se encontraron en los municipios de Aquismón, Huehuetlán, Matlapa, Tamazunchale y Xilitla ([Tabla 5.2](#)). Sin embargo, algunos vainilleros reiteraron desconocer la procedencia de sus plantas, debido a que fueron una herencia familiar o las obtuvieron de otra plantación, como se muestra en los siguientes textos:

Yo no le puede decir bien de donde vienen los esquejes, porque eran de mi abuelo. Solamente mis abuelos saben de dónde venía esa planta; pero decía mi abuelo que su papá ya tenía. Imagínese, entonces mi bisabuelo ya tenía, por eso le digo que solamente los abuelos sabían de donde venía. Mi abuelo ya la tenía, estaban más allá arriba en el cafetal, más al cerro. Yo solo las baje porque está más cerca y las puedo cuidar mejor²⁹.

Esa vainilla que tengo acá, ya lo tenían sembrado, la mera verdad no se ni dónde la trajeron. Porque cuando yo me cae, me vine para acá y ya estaban. Ya tenían unas plantas, pero son nativas de aquí³⁰.

Las plantas que yo tengo, las trajeron de otra plantación. Por eso no sé bien de donde sean, pero creo que son de una parte de Tamazunchale para allá, no sé el nombre de la localidad³¹.

²⁹ Entrevista realizada el 14 de abril del 2014, en el municipio de Axtla de Terrazas, SLP, México. Clave de la entrevista T8/LMI/MLM/AXT/140414.

³⁰ Entrevista realizada el 10 de abril del 2014, en el municipio de Huehuetlán, SLP, México. Clave de la entrevista T1/MCSM/MLM/HUE/100414.

³¹ Entrevista realizada el 10 de abril del 2014, en el municipio de Matlapa, SLP, México. Clave de la entrevista T2/GFB/MLM/MATL/100414.

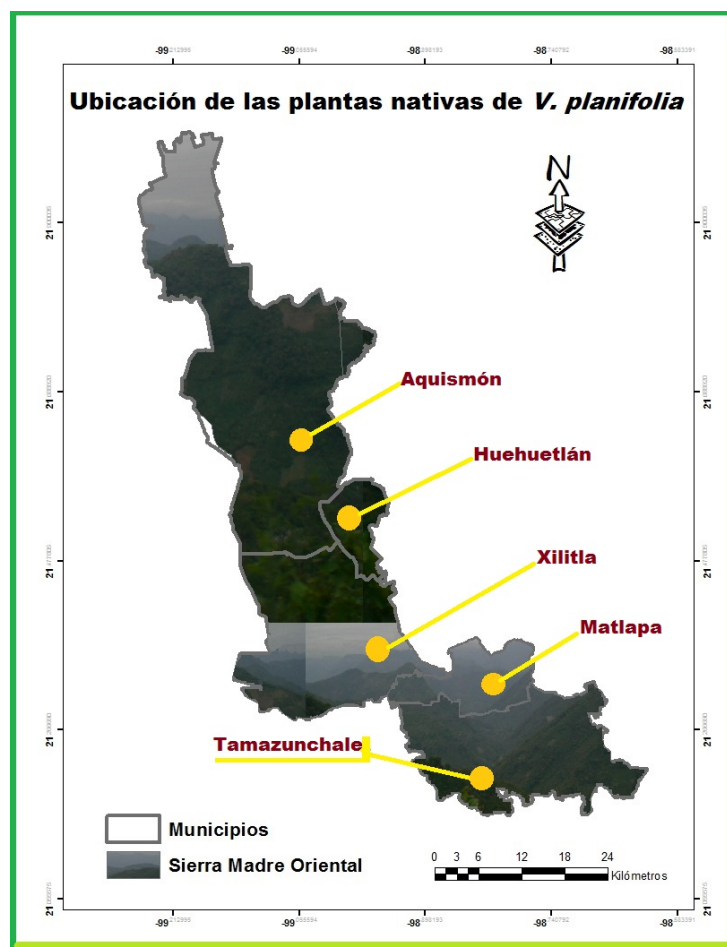


Figura 5. 12. Distribución natural de las plantas nativas de *Vanilla planifolia* en la Huasteca potosina, México

Con respecto a esto, los propios vainilleros dijeron haber propagado y dispersado estas plantas nativas a municipios de la zona centro y sur de la región Huasteca en el estado, con el objetivo de incrementar las poblaciones de *V. planifolia* y fomentar el manejo *in situ* de esta especie. Todo esto lo efectuaron para tener una mayor producción de vainas.

No obstante, por curiosidad algunos vainilleros introdujeron especímenes de *V. planifolia* procedentes de otros estados como Veracruz (Xalapa y Papantla) y Oaxaca (Tuxtepec) ([Tabla 5.2](#) y [Figura 5.13](#)) para conocer la respuesta de estos ante los cambios climáticos de la región como las altas temperaturas y prolongadas sequías. También, dichos esquejes fueron probados para saber la resistencia a enfermedades y plagas que

afectaron a las plantas de la región, por lo cual estuvieron en constante observación. Después de un tiempo, las personas emitieron un juicio para saber si estos esquejes eran viables dentro de la región, y así poder propagarlos. Sin embargo, estos no son tan exitosos como las plantas nativas. A continuación se presenta un fragmento donde se ubicó la procedencia de algunos esquejes introducidos:

La plantación que yo tengo se puede decir que las conseguí ora si compradas, con unos ingenieros de conocimiento de la planta de vainilla, porque hay cuatro tipos de planta, hay uno que es mejor y tres no te resultan de lo que tú quieres. Entonces, esos ingenieros me trajeron esas plantas de Xalapa, Veracruz. Ora sí que estas plantas ya han sido pasadas por laboratorio y esas han sido mejor. Ya que si hablados del principio o del anhelo que he tenido yo en esas plantas es para ser productor de vainilla. Claro que todo genera gasto para iniciar, porque no es de la noche a la mañana que estas plantas se den³².

La vainilla esa la trajeron de Veracruz, en Papantla. Un señor que se encarga de eso no las dio. Pero las que sembró mi carnal esas las consiguió cerca de acá, en el nacimiento, son de acá. Así que yo tengo de las dos, de la planta famosa de Papantla y la de aquí mismo³³.

Las plantas que hay aquí no son de la región, el patrón las mando a traer de Papantla, eso sí no se bien de donde exactamente, pero ya tiene rato que las tiene. Eso sí veo que como que no les queda el clima, se enferman mucho y no aguantan la sequía. Unas se ven bien bonitas y tienen harto fruto pero nada más cambia el tiempo y varios se caen o quien sabe porque se caerán³⁴.

Las plantas procedentes de Papantla (Veracruz) se introdujeron entre el 2009 y 2012. Estas fueron poco resistentes a los cambios climáticos de la región (sequías). Sin embargo, los esquejes que resistieron fueron muy susceptibles a enfermedades

³² Entrevista realizada el 11 de abril del 2014, en el municipio de Matlapa, SLP, México. Clave de la entrevista T3/ARB/MLM/MATL/110414.

³³ Entrevista realizada el 15 de abril del 2014, en el municipio de Xilitla, SLP, México. Clave de la entrevista T10/SMF/MLM/XLT/150414.

³⁴ Entrevista realizada el 17 de abril del 2014, en el municipio de Tampacán, SLP, México. Clave de la entrevista T15/RSP/MLM/TAMP/170414.

(pudrición, marchitamiento y hongos) y plagas (chinche roja y gusano peludo). Presentaron múltiples características de estrés fisiológico, que provocó la caída del fruto cuando no hubo suficiente humedad en el suelo; y requirieron de mayor tiempo para iniciar la floración con respecto a lo esquejes nativos (p. e. su primera floración se presentó a los 3 u 4 años de edad, mientras en las plantas nativas sucedió a las 2 o 3 años). Por su parte, las plantas de Xalapa (Veracruz) toleraron un poco mejor la sequía, aunque produjeron menos flores. Su primera floración sucedió a los tres años. En el caso de las plantas de Tuxtepec (Oaxaca), estas se introdujeron en 2014. Dichas plantas se distribuyeron entre los grupos de vainilleros consolidados para dar un seguimiento muy puntual de sus características y requerimientos agronómicos.

En la región, también se introdujeron plantas de *V. insignis* y *V. odorata*, procedentes de Oaxaca. Estas especies forman parte de una estrategia de los vainilleros para incrementar la variabilidad genética de esta especie, en el estado de San Luis Potosí. Sin embargo, su manejo fue más específico, debido a que a estas plantas les ha costado adaptarse a sus nuevas condiciones ambientales, así como lo afirmó uno de los entrevistados:

Yo veo que las plantas de acá están pegando, la única que está más triste es la odorata. Se me hace que ya lo tenían mucho tiempo cortado y entonces le faltó abono, mantenimiento³⁵.

En la [figura 5.13](#), se muestra la procedencia de las plantas de *V. planifolia*. Se encontró que el germoplasma primario de vainilla procede de 5 municipios de la Huasteca potosina y de esquejes provenientes de los estados de Oaxaca y Veracruz.

³⁵ Entrevista realizada el 12 de abril del 2014, en el municipio de Matlapa, SLP, México. Clave de la entrevista T5/EGM/MLM/MATL/120414.

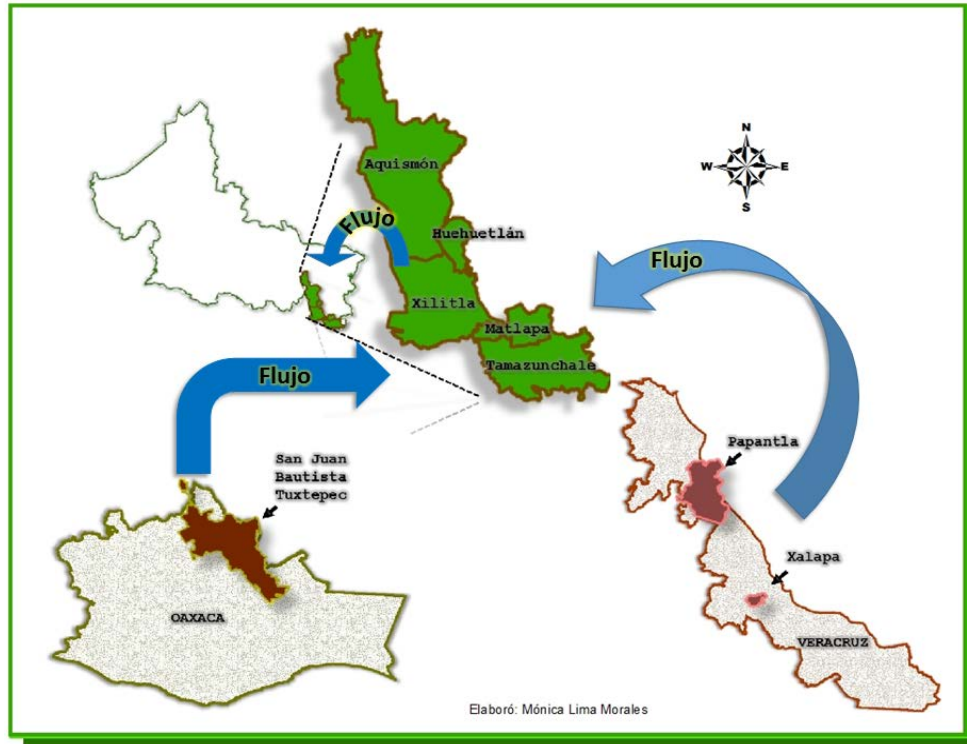


Figura 5. 13. Procedencia de las plantas de *Vanilla planifolia* en la Huasteca potosina, México

El cultivo de *V. planifolia* se comenzó a promover en el 2002, en la zona sur de la Huasteca potosina. La maestra Cándida Morales se encargó de realizar este trabajo en la región. Posteriormente, se constituyó una organización conformada en comités municipales durante el 2003. Estos agricultores se interesaron en el cultivo de *V. planifolia* como una alternativa frente a los bajos costos de los productos que siembran como la naranja, la mandarina, el café, la palmilla, entre otros. Por ejemplo, uno de los entrevistados mencionó que sembró vainilla por el precio tan barato que le pagan por su naranja:

En primer lugar vi como productor de cítrico, hablamos de naranja de otras plantas cítricos y no nos resultó, porque es mucha inversión y poca ganancia. Entonces de ahí me senté con mi esposa, que también es persona de campo, conoce cuál es el amor del campo para ir viendo la situación, la necesidad económica que teníamos. Nos sentamos y dijimos -¿qué podemos hacer en esto?-. Pensando que nuestros hijos tarde que temprano van hacer también miembros de cítricos o de cualquier producto que nosotros plantemos. Ora sí acá hablamos de la

*cabeza, lo que haga el papá hacen los hijos. Entons, ya decidimos de empezar en esta planta, la vainilla*³⁶.

A partir de esto, muchas personas se interesaron por el cultivo de la vainilla y plantaron varios esquejes en sus fincas, cafetales y cítricos. De tal manera que en 2006, el SIAP reportó una superficie aproximadamente de 77.5 hectáreas, sembradas de vainilla en la entidad potosina. En ese mismo año, un grupo de personas de la Huasteca asistieron al Congreso Internacional de Productores de Vainilla, efectuado en Papantla, Veracruz ([Figura 5.14](#)). Este Congreso fue realizado a finales de mayo (26 al 28 de mayo), tal como comentaron algunos de los asistentes a este evento:

*Un día la maestra nos invitó a una reunión de vainilleros, allá en Papantla. En esa fue reunión donde ya nos empezaron a hablar de vainilla. Me acuerdo bien, que la maestra nos dijo-ahora tenemos que ir allá a Papantla, a verlos ¿cómo trabajan?, ¿qué hacen con la vainilla?-Y es como ya fuimos allá y de ay me di cuenta que se hacen muchas cosas con la vainilla, perfumes, muchísimas cosas. Entonces dije-es algo bueno ¡verdad!, hay que plantarlo- y empezamos a plantarlo*³⁷.

En mayo del 2006, un señor que se llama Bernabé viene y me invita de sorpresa como a las 4 de la tarde, y me dice –Oye, hay salida a Papantla a las 6:00- Híjole, le digo-pero no tengo dinero para ir-. No dice –el camión va ser pagado por gobierno si quieres ir. Iba a ir mi hermano, pero a la mera hora me dijo que no. Ora, si quieres ir, puedes ir-. Esa fue la primera vez que salí a Papantla. Esa vez nos llevaron a un encuentro o congreso de productores. Allá conocí la vainilla ya como debe ser, allá fui a ver que hay muchas organizaciones constituidas, la vainilla en sus diferentes presentaciones. Hay también conocí a la maestra Cándida, yo no la conocía, yo oía nada más que decían Cándida, pero no sabía quién era. La conocí en el desayuno, yo estaba con Bernabé hay platicando, ni él sabía quién era la maestra como el realmente no produce no la conocía. Y ahí fue como nos enseñaron a polinizar, traían flores y nos enseñaron. Escuche lo del comercio justo de la vainilla y así fue como inicie. Yo creo que ya de por si me inquietaba todo eso. Acá tengo una foto del congreso, donde nos tomamos todos juntos, aquí esta Don Julio Juan, por allá aparece la maestra con su hijo, don Wilfrido, don Desiderio,

³⁶ Entrevista realizada el 11 de abril del 2014, en el municipio de Matlapa, SLP, México. Clave de la entrevista T3/ARB/MLM/MATL/110414.

³⁷ Entrevista realizada el 13 de abril del 2014, en el municipio de Tamazunchale, SLP, México. Clave de la entrevista T7/GS/MLM/TAMZ/130414.

el ingeniero Ides, Yesica Zárate (me parece que es una ingeniera, nos venía a visitar a Bernabé y a mi), el delegado de la SEDARH en ese tiempo en ciudad Valles, Bernabé, yo, Juventino de la Providencia, doña Cristina, este señor don Santiago de Ajuatitla inició pero ya murió ahora está el hijo que tiene una tienda, don Isidoro. Todos estos fuimos allá al congreso y allá estuvimos del 26 al 28 de mayo. Y así fue como yo me inicie en la vainilla hasta ahorita, pues ay estamos trabajando. Así fue como inicie yo, en este Congreso Internacional fue donde yo vi que la vainilla está bien, pues uno va y aprenda ¡verdad!, escucha a los ponentes y ahí fue como iniciamos³⁸.



Figura 5. 14. Delegación de San Luis Potosí asistente al Congreso Internacional de Productores de Vainilla, en Papantla, Veracruz, México.

Después de todo el trabajo que efectuaron los miembros de los comités municipales de vainilla, se constituyó el Consejo Estatal del Sistema Producto Vainilla, en octubre del 2007. Por lo que en noviembre, se integró el Comité Estatal del Sistema Producto. Luego se fundó legalmente el Comité Estatal del Sistema Producto Vainilla de San Luis Potosí,

³⁸ Entrevista realizada el 14 de abril del 2014, en el municipio de Axtla de Terrazas, SLP, México. Clave de la entrevista T8/LMI/MLM/AXT/140414.

A. C., el 27 de febrero de 2009, tal como se informa en el Plan Rector del Sistema Producto Vainilla (<http://www.sistemaproductoslp.gob.mx/vainilla/index.php#>).

Durante esto, los miembros del comité fomentaron la propagación de esquejes nativos para incrementar las plantaciones con personas interesadas en sembrar estos esquejes, entre el 2007 y 2010. Los esquejes fueron adquiridos en los municipios de Aquismón y Tamazunchale.

También, entre el 2007 y 2010, se inició la gestión de la construcción de Mallas Sombras en la región, como se dio a conocer en algunos diarios locales:

La huasteca se convierte en una región potencial en la siembra de vainilla con el apoyo del Gobierno de Estado que encabeza el doctor Fernando Toranzo Fernández quien entregó 7 invernaderos de vainilla, cuya producción se venderá a los Estados como Veracruz, Jalisco, Nuevo León y Chihuahua, pero también se comercializará en la Unión Americana, con el permiso otorgado por la FDA para que acceda el producto de calidad de Exportación. Tres de los siete invernaderos están localizados en Ahuacatitla en Axtla de Terrazas, en Ajuatitla municipio de Coxcatlán y Cuichapa en el municipio de Matlapa.

Martínez Castro, José Luis. 2012.

Se comercializará en el extranjero la vainilla. El Sol de San Luis, 16 de enero, sección Municipios.

Referente a lo dicho en esta nota, los productores mencionaron que aún se encuentran en vías para comercializar la vainilla en el mercado extranjero, aunque la mayor parte de sus compradores se ubican en el estado de Querétaro.

Por otra parte, en 2010 consiguieron la construcción del Centro Regional de Beneficio, Extracción y Comercialización, en Matlapa ([Figura 5.15](#)). Así como se informó en la siguiente nota periodística:

Se cuenta con un centro de acopio en Matlapa para reunir y procesar la producción de los siete invernaderos, por lo que Brasil y China se interesan por la vainilla que se produce en la huasteca potosina, por su calidad, para lo cual se buscarán los canales más adecuados para su comercialización.

Martínez Castro, José Luis. 2012.

Se comercializará en el extranjero la vainilla. El Sol de San Luis, 16 de enero, sección Municipios.



Figura 5. 15. Inauguración del centro de acopio y beneficiado de vainilla en el estado de San Luis Potosí, México.

Durante el 2011, los miembros del Sistema Producto Vainilla construyeron módulos de lombricomposta asesorados por el Ingeniero Regulo, quien se capacitó para el manejo de lombricomposta en el estado de Querétaro.

Subsecuentemente, el Comité Estatal del Sistema Producto Vainilla de San Luis Potosí, A. C. obtuvo el registro de la marca colectiva “Pacqui”, en 2012. Además, gestionaron capacitaciones para los productores como señaló el Instituto de Mujeres de San Luis Potosí:

El gobernador Fernando Toranzo Fernández, entregó becas a mujeres para capacitación en el cultivo, cosecha y producción de vainilla dentro del programa Emprendamos Juntos del Sistema de Financiamiento para el desarrollo del estado (SIFIDE). Las mujeres beneficiadas son de los municipios de Axtla, San Martín Chalchicuautla y Tampacán.

Instituto de las mujeres de San Luis Potosí. 2012.
Gira a la huasteca, a 27 de marzo.

Los miembros del Sistema Producto Vainilla que aprendieron el proceso del beneficiado tuvieron su primera venta de vainilla beneficiada, en 2013.

Por otro lado, en 2014, los agricultores dentro de sus inquietudes decidieron comprar esquejes en la región de Tuxtepec, Oaxaca para saber si era cierto que estos son más productivos, y así aumentar la variación de esta especie como sugieren algunos estudiosos de *V. planifolia*.

Asimismo, ellos buscaron consolidar las actividades de polinización y manejo en 243 hectáreas, durante el 2015 como informó el Plan Rector del Sistema Producto Vainilla 2015 (<http://www.sistemaproductoslp.gob.mx/vainilla/index.php#>).

A raíz de esto, el Colegio de Postgraduados campus Puebla, encargado del Macroproyecto de Investigación Aplicada en Vainilla dio un curso de polinización dirigido a los agricultores, en 2015 ([Figura 5.16a](#)). Esta institución ha trabajado con los vainilleros de esta región desde el 2012 como parte de las acciones del Macroproyecto, por lo que brindó un informe a los productores en Noviembre de 2015 ([Figura 5.16b](#)).



Figura 5. 16. a) Curso teórico-práctico de *Vanilla planifolia* en la Huasteca potosina, b) Seminario de Vainilla en el Instituto Tecnológico Superior de Tamazunchale

5.3.1.3 Identificación social de *Vanilla planifolia* en la Huasteca potosina

La identidad social de los agricultores con *V. planifolia* no se vio constituida a nivel colectivo como en la región del Totonacapan, donde la vainilla es parte esencial de la identidad cultural de este pueblo. En este sentido, los agricultores valoran la vainilla desde diferentes perspectivas, es decir, la importancia que tuvo la vainilla fue distinta para cada agricultor. El valor de la vainilla radicó en el tipo de relaciones que tuvo cada uno de los entrevistados con su entorno físico, económico, social, político, religioso y espiritual-simbólico.

De manera individual se pudieron constatar diferentes significados de *V. planifolia* entre los pobladores de la Huasteca potosina. Tal como lo relatan algunas personas:

*La vainilla es una planta igual como una mujer, porque da vainas y flores. Las vainas son sus frutos, son sus hijos. Es igual que una mujer cuando va teniendo familia*³⁹.

¡Ah Dios! Pues es una planta muy hermosa, lo trata a uno como uno lo trate a ella. Para mí es muy hermoso, porque ella sabe cuándo uno la quiere y cuando no. Crece depende del cuidado, si uno a lo ama y lo quiere. Yo, por ejemplo, de vez en cuando he ido a mi vainillal y llevé incienso del copal y lo hecho. Entonces, nos damos cuenta de que son necesario muchas cosas. Es muy bonita esta planta. En aquellos tiempos, yo me acuerdo que en diciembre iba buscar naranja San Miguel para vender, y que voy viendo en un colotillo, ya con la punta amarilla las vainas-Dije-pues en lugar de cortar naranjas que me van a dar unos \$20.00 por lo que llevé, mejor me llevó las vainas y empecé a cortar. Las tenía como sombrillas en el naranjo, estaban chicos los naranjitos, y que voy viendo que sale un colotillo hasta con su copete como con 30 o 40 racimos y con dos vainas cada uno, que me lo llevó. En aquel tiempo había agua. Y antes compraban más en Matlapa, estaba doña Reyna, doña Guillermina, don Frutoso así le decían, don Sabino, Raúl Argüelles, Raúl y otro señor que no me acuerdo de su nombre, pero había como siete. Ahorita compran, pero de esos que compran todos están pagando barato; hay un señor que compró a \$20.00 este año. Y yo en aquel tiempo los fui a vender a 50 centavos cada vaina y no estaban grandes, estaban más o menos como de 15 cm. En aquel tiempo yo me alegre mucho, porque me dieron \$374.00 (muy bien me acuerdo) de un colotillo,

³⁹ Entrevista realizada el 10 de abril del 2014, en el municipio de Huehuetlán, SLP, México. Clave de la entrevista T1/MCSM/MLM/HUE/100414.

¡pos! Era mucho dinero por unos 25 kilos más o menos. Y ahorita por unos 25 kg es más o menos como \$3500. De lo que le habló es más o menos por el 64, yo tenía 12 años. Yo a esas plantas ahora veo que es necesario sembrarlas, pero en aquel tiempo no. Yo nada más le escarbe la basurita y las puse. Yo le digo que en aquel tiempo llovía más que a hoy, la tierra era más húmeda y la niebla bajaba más al suelo. La niebla hacía que sin que lloviera produjera el campo. Antes había más plantas, quien sabe en aquel tiempo como se daba y eso que uno no polinizaba. En ese tiempo como iba a saber uno si se polinizaba como a hoy.⁴⁰

La vainilla para mi es una alternativa de producción a nuestro campo, por ejemplo, buscamos alternativas aparte de la naranja. Nosotros como gente de campo dependemos de la tierra. Uno siempre trata de buscar un ingreso extra. Entonces, la vainilla es una alternativa como un posible ingreso experimental. En algunas partes, ya hemos escuchado que es remunerador. Por ejemplo, aquí en Jalpilla, en Axtla se escucha que tiene buena aceptación y buen incremento en producción.⁴¹

La vainilla es un medio para mejorar⁴².

Para algunas personas, la vainilla es parte de su historia de vida y es una remembranza de momentos como se observó en el segundo fragmento. A continuación se narra la importancia que tiene *V. planifolia* para algunos de los agricultores:

Aquí la vainilla casi no tiene importancia, casi na´mas la gente de aquí sabía que era para aguardiente. Ponían una vaina en la botella y así tomaban. Luego, ya escuchamos, que tenía precio y que se usa para otras cosas, pero en general, solo la vendemos.⁴³

Pues, aquí nadie la utiliza, porque no saben. Pero, yo me acuerdo que desde hace 10-11 años, mi esposa y yo, empezamos a probar las vainas con café. También, probamos hirviendo un litro de leche con agua, y le agregamos una vaina como saborizante. Hicimos helados y paleta. Una temporada hicimos nieve, ahorita en eso andamos, nada más que yo pregunte por un cilindro para hacer nieve, pero esta caro. Mi hijo me

⁴⁰ Entrevista realizada el 12 de abril del 2014, en el municipio de Matlapa, SLP, México. Clave de la entrevista T5/EGM/MLM/MATL/120414.

⁴¹ Entrevista realizada el 10 de abril del 2014, en el municipio de Matlapa, SLP, México. Clave de la entrevista T2/GFB/MLM/MATL/100414.

⁴² Entrevista realizada el 11 de abril del 2014, en el municipio de Matlapa, SLP, México. Clave de la entrevista T3/ARB/MLM/MATL/110414.

⁴³ Entrevista realizada el 17 de abril del 2014, en el municipio de Tamazunchale, SLP, México. Clave de la entrevista T13/BG/MLM/TAMZ/170414.

quiere comprar una revolvedora para hacer nieve, pero a ver qué pasa. Yo quiero hacer el experimento de hacer veladoras con aroma a vainilla. También quiero unir el aroma del copal con la vainilla, porque tengo árboles de copal.

Yo digo que todo es importante, pero muchas veces nosotros solo vemos esta vainita, tiene un signo de pesos, entons, ya no nos interesa. ¡Sí!, tenemos necesidad. Y en la vainilla vemos tener un recurso más. Pero a mí me gusta trabajar sin ver el dinero, porque yo sé que a la larga o en el futuro me va dar unos cuantos pesos. Y esa es la forma en la que yo me mantengo, porque yo tengo plátano, siembro calabaza, chile piquín, tomatillo, hojas para hacer tamales; pues lo que me pidan yo lo vendo. Me dicen unos es que tú no trabajas, pues si pero solamente yo sé cómo me la paso. Por ejemplo mucha gente dice –es que la vainilla no te da, yo quisiera que ya me dé-, pues sí, porque tienes una esperanza que directamente esta vainilla te de dinero. Pues, yo sé que si te va a dar dinero, pero cuál es el interés, trabajarlo. Yo por eso tengo diversificado, allá arriba tengo cítricos, café, vainilla, piña, plátano, guanábana y otros árboles frutales. Los siembro porque me gusta, para mí es como un deporte. Yo lo veo como un deporte, porque con el tiempo eso me va a dar algo y mucha gente no lo ve así, desde el momento en que empieza a trabajar ya lo ve como dinero. Por eso muchas veces fracasamos. Yo siempre he trabajado así. Yo tengo la ilusión de que a futuro y siempre ha sido mi sueño comprarme una camioneta para las necesidades de aquí de la vainilla. Por ejemplo, que vamos a Papantla y tenemos que llevar la mercancía que hay que ir a traer Aquismón vainilla, gastamos \$1,000-\$3,000, y a lo mejor en una camionetita chica economizaríamos los gastos. Entonces, yo siento que todo es importante, pero la vainilla, también es muy importante. Ahorita con lo que uno tiene de vainilla a saliendo, y eso es lo que yo le digo a los compañeros. Pero sí tuviésemos no mucho 100 kg en beneficiado, que te lo pagarán a \$1,000.00, ya tendríamos \$100,000.00 ¿Quién te da eso en un año? ⁴⁴

La importancia que tiene la vainilla para mí es que es una planta nueva. Yo casi no la conozco, pero es una planta que tiene mucho rendimiento, tanto en esencia como en artesanías. Es una planta completa si uno se dedicará al 100%, si uno como familia se dedica si se puede sacar un beneficio.⁴⁵

⁴⁴ Entrevista realizada el 12 de abril del 2014, en el municipio de Matlapa, SLP, México. Clave de la entrevista T5/EGM/MLM/MATL/120414.

⁴⁵ Entrevista realizada el 17 de abril del 2014, en el municipio de Tamazunchale, SLP, México. Clave de la entrevista T14/DHM/MLM/TAMZ/170414.

La importancia social que ha adquirido la vainilla en la región Huasteca radicó en el uso que le dieron las personas durante cada etapa de manejo. En la etapa 1, 2 y 3, el valor de la vainilla se acotó a usarla en atoles y a agregarla en alcohol, por lo que en estas etapas, la identificación social de esta especie no se consolidó o fue mínima. En las etapas 4 y 5, fue donde comenzó a estructurarse la identificación social de *V. planifolia*, al constituirse una organización social en torno al uso de esta especie.

De hecho, en los distintos niveles de manejo se pudo observar que la identificación social se ha construido conforme al uso, aprovechamiento y conocimientos que tienen los agricultores acerca de *V. planifolia*. En la región Huasteca, durante las primeras etapas de manejo solo se tuvo el sentido de reconocimiento de esta especie, pero no se identificaron con esta especie como sucedió en las personas que mantuvieron las guías en sus terrenos (etapa 3 y 4).

El conocimiento tradicional albergado en las personas fortaleció el manejo de las plantas y su forma de organización, las cuales según Massieu y Chapela (2007) están relacionadas con elementos mágico-religiosos, médicos o culturales, así como manifestó uno de los agricultores:

Yo tengo una experiencia muy bonita. Yo vivía fuera y cuando vine a ver a mis naranjos, los encontré bien tristes. Todos tenían zacapalo. Entonces empecé a mocharle todo el zacapalo y había una rama que me estorbaba, lo hice al lao. Yo le hablaba al naranjo –no se preocupen, ya vine a defenderlos- y ese bracito empezó a moverse como si me hubiera escuchado. Por eso, hay veces que yo llego y acaricié los esquejes y las plantas, pues me da nostalgia. Yo les hablo a mi plantas y pido por ellos, porque para mí todas las cosas, los árboles, todo lo que vemos que está verde están vivos igual que nosotros; aunque sea el más pequeñito. Por eso, yo les hablé a mis plantas. Muchos dicen -tú siembras esto y se da-, y a nosotros ya no nos da. ¡Ah! Es que ustedes han dejado de hablar con las plantas como los antiguos. Los antiguos hablaban con las plantas. Las plantas, también saben cuándo nosotros les hablamos y ellas nos oyen, nos escuchan para que tengamos comunicación. Yo estoy seguro que si nosotros no fuéramos salvajes (que si vemos un pajarito le tiramos, que si vemos un conejo lo matamos), todos esos animales vivieran en comunicación con nosotros, porque nos verían de igual a igual, porque Dios así nos puso. Pero nosotros hemos provocado que los animales se defiendan, y hay veces que los árboles y lo que

tenemos en nuestro entorno, también se defiende. Por ejemplo, la vainilla siente cuando le falta sombra, siente cuando le falta calor, siente cuando le falta agua, es más sensible al tiempo y por eso es necesario todo en su momento. El tiempo y el amor que le tengamos a la vainilla es lo que permite que crezca y que de bien.

Yo le digo como experiencia, hace como tres o cuatro años cuando hicimos la lombricomposteras. Yo le metí el machete y serrucho a los mandarinos y a los naranjos. Luego, una noche, yo soñé que las plantas me hablaban. Las plantas me hablaron en un sueño, me decían –que porque yo estaba haciendo eso, si tú amas las plantas, tú hablas con nosotros y hora nos has venido a cortar- Y yo le platicaba a mi esposa –oyes, pero ¿por qué soñé eso?- Mi esposa me dijo –lo que es que tú cuidas las plantas y ellos, también han resentido que los hayas mochado- Pueda ser que sí, le digo. ¡Bueno, pero ni modos! Vamos a preparar algo de comer y nos vamos hacer una pequeña oración allí entre la entrada de la vainilla. Vamos a invitar a los compañeros y otras personas, si nos quieren acompañar. En primer lugar vamos hacer una oración, pues para pedir perdón por lo que estamos haciendo, porque queremos convivir con el campo y estamos destruyendo la naturaleza. Ya que ellos (árboles), también resienten que nosotros los sembramos y luego los matemos.⁴⁶

Finalmente, los nombres locales de la vainilla fueron muy poco conocidos entre los agricultores de la región. Tan solo se identificaron dos nombres, uno de denominación tenek y otro náhuatl: *niwiwil anwix* y *tlilixochitl*.

Yo la conozco como “niwiwil anwix” que significa aromatizante, “flor que huele, que tiene olor u aroma”.⁴⁷

A mí me dijo mi abuelo que se llama “Tlilixochitl” que significa “flor de carbón”, porque sus semillas parecen carbón molido.⁴⁸

⁴⁶ Entrevista realizada el 12 de abril del 2014, en el municipio de Matlapa, SLP, México. Clave de la entrevista T5/EGM/MLM/MATL/120414.

⁴⁷ Entrevista realizada el 10 de abril del 2014, en el municipio de Matlapa, SLP, México. Clave de la entrevista T1/MCSM/MLM/HUE/100414.

⁴⁸ Entrevista realizada el 12 de abril del 2014, en el municipio de Matlapa, SLP, México. Clave de la entrevista T5/EGM/MLM/MATL/120414.

5.3.1.4 Nivel de manejo de *Vanilla planifolia* en la Huasteca potosina

Del total de la población entrevistada, 7% está en la etapa 1 de manejo, 20% en la etapa 2, 20% en la etapa 3, 33% en la etapa 4 y 20% en la etapa 5 ([Figura 5.17](#) y [Tabla 5.3](#)).



Figura 5. 17. Etapas de manejo que presenta *Vanilla planifolia* en la Huasteca potosina, México

Los agricultores asociados a **la etapa 1** no tuvieron ningún tipo de manejo y sólo **recolectaron** las vainas. En cambio, los agricultores involucrados en **la etapa 2 y 3**, **toleraron** y **mantuvieron** las plantas de *V. planifolia* en **sus terrenos**, hasta conocer de manera paulatina su ciclo fenológico y brindar **protección** a estas plantas **por medio de cuidados incipientes**.

Los agricultores identificados en la **etapa 4**, **trasplantaron** y **fomentaron** la **multiplicación** de *V. planifolia* en **sus espacios productivos** para iniciar formalmente con el cultivo de esta especie, a través de ciertas prácticas culturales que les permitieron **manipular el ambiente** e incidir directamente en su producción.

Finalmente, los agricultores ubicados en la **etapa 5**, sembraron esquejes provenientes de otros cultivos ya establecidos, brindándoles una **mayor atención** a los esquejes para que estuviesen exentos de problemas e incrementaran la producción de los frutos de *V. planifolia* (Figura 5.18 y Tabla 5.3).

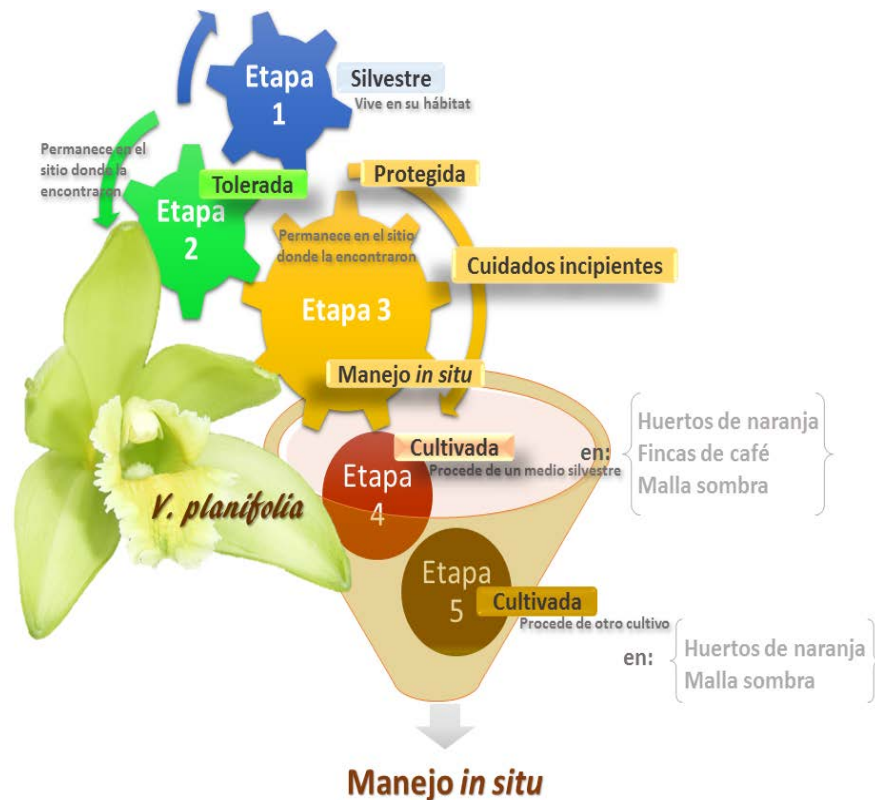


Figura 5. 18. Estado de manejo sobre *Vanilla planifolia* en la Huasteca potosina, México

Tabla 5. 3. Nivel de manejo de *Vanilla planifolia* en la Huasteca potosina, México

Nivel de manejo	Proporción de manejo (%)	Entrevistados (No)	Municipio	Origen de su planta	Forma de manejo	Tipo de manejo
Etapas 1 Recogen frutos de vainilla en el monte.	7	1	Aquismón	Nativo	Recolección	Silvestre
Etapas 2 Tiene plantas de vainilla en su terreno y las encontró ahí.	20	3	Huehuetlán Tamazunchale Xilitla	Nativo	Tolerancia	Manejo <i>in situ</i>
Etapas 3 Tiene plantas de vainilla en su terreno, las cuales encontró ahí y con el paso del tiempo estas recibieron cuidados incipientes.	20	3	Matlapa Tamazunchale Tamazunchale	Nativo	Inducción protección	Manejo <i>in situ</i>
Etapas 4 Llevó plantas de vainilla a su terreno del monte y estableció un TRASPATIO-HUERTO-CULTIVO a menor escala.	33	5	Axtla de Terrazas Xilitla Coxcatlán Tamazunchale Tampamolón Corona	Nativo	Trasplante de individuos y Fomento de esquejes	Transición del Manejo <i>in situ</i> al cultivo
Etapas 5 Llevó plantas de vainilla a su terreno y estas provienen de otro traspatio o cultivo.	20	3	Matlapa Matlapa Tampacán	Nativo Nativo Introducido Introducido	Siembra y plantación	Cultivada

De manera que los agricultores de la Huasteca potosina apenas iniciaron con el proceso de manejo de *V. planifolia* en forma *in situ*. Tal es así que, algunos agricultores comenzaron a convivir con esta especie a través de visitas frecuentes, a los sitios donde encontraron las plantas de vainilla (parcelas o monte), y de manera gradual observaron el crecimiento de la vainilla (estados fenológicos) sin atribuirle un interés específico. Aunque algunos otros agricultores, observaron de forma específica las interacciones que mantenían estas plantas con su ambiente para que pudiesen emular este comportamiento y brindar los cuidados mínimos que protegieran a esta especie. Paulatinamente algunos otros agricultores comenzaron a manipular estas plantas y a transformar su ambiente, mediante prácticas culturales orientadas al cultivo de esta especie. Así como se muestra en la [Tabla 5.4](#), donde se indican las premisas que permitieron identificar en qué nivel de manejo con la vainilla se encontraban las personas involucradas, en la región de estudio.

Tabla 5. 4. Identificación de los niveles de manejo de *Vanilla planifolia*, basados en la procedencia de las guías ubicadas en la Huasteca potosina, México

Nivel de manejo	¿De dónde consigue o trae su vainilla?	Clave de la entrevista
Etapa 1 <i>Recogen frutos de vainilla en el monte.</i>	<i>Yo na´mas bajo el ejote de la sierra, los corto en cada época del año.</i>	T4/JANG/ MLM/AQU /110414
Etapa 2 <i>Tiene plantas de vainilla en su terreno y las encontró ahí.</i>	<i>La vainilla que yo tengo crece solita allá en la finca, desde que me vine a vivir acá, allá estaba. Nada más no la corto, deajo que ande allí solita; pero ya me dan ganas de sembrarla acá, porque está retirado donde están, hasta allá arriba.</i>	T1/MCSM/ MLM/HUE /100414
	<i>El bejuco que tengo aquí, solito creció. Lo que yo hice fue dejarlo, porque vi que daba un como tipo fruto que olía, y me gusto. Por eso no lo corté, lo deje ahí.</i>	T13/BG/M LM/TAMZ/ 170414
	<i>La planta que yo tengo es de aquí, hay nació, estaban en el monte. Una vez que yo fui a trabajar la encontré allá arriba, así larga como un frijol y vi que estaba dando, no sabía que era. Pero, luego vino una helada y se secó todo, na´mas se salvaron unas matas que están acá abajo en mi terreno, esas son las que me quedaron. Pero no me las traje de allá arriba, esas también hay solitas nacieron. Si me hubiese traído las de allá arriba, tal vez se hubieran salvado y tendría más ahorita...</i>	T9/JGF/M LM/XLT/1 50414

Tabla 5.4. Continuación

Nivel de manejo	¿De dónde consigue o trae su vainilla?	Clave de la entrevista
<p>Etapa 2 Tiene plantas de vainilla en su terreno y las encontró ahí.</p>	<p>... De antes aquí había mucha mata, harta allá arriba en el monte, pero cuando vino la condenada helada, se secó casi toda la que había acá en la comunidad. Ora ya casi no hay, ya no nace sola.</p>	<p>T9/JGF/MLM/XLT/150414</p>
<p>Etapa 3 Tiene plantas de vainilla en su terreno, las cuales encontró ahí y con el paso del tiempo estas recibieron cuidados incipientes.</p>	<p>Las plantas que yo tengo ya estaban ahí, lo único que yo hice fue empezar a bajarlas. Unas las dejé aquí mismo y otras las puse en naranjo.</p>	<p>T5/EGM/MLM/MATL/120414</p>
	<p>Las plantas son de aquí. Mi papá ya desde antes tenía. Esa planta es la que está aquí en el terreno, y decía mi papá-que él ahí las encontró -. Lo que único que yo ya le hice fue empezar a bajarla, y a chapolear alrededor pa' que crezca bonita.</p>	<p>T6/LL/MLM/TAMZ/130414</p>
	<p>Esa planta está hay desde los abuelitos. Así que yo pensé por algo lo dejaron. Luego vi de que daba flor, entons dije- Si da flor, va dar fruto como el café, el naranjo-. Pero seguí viniendo y no vi nada, lo deje así. Hasta mucho después que vine, me llego un aroma, voltee a ver por donde olía y bien arriba de mi cabeza, un poco más alto, estaban unas vainitas. ¡Ahh! Eso es lo que da. Y la empecé a cuidar.</p>	<p>T14/DMH/MLM/TAMZ/170414</p>
<p>Etapa 4 Llevó plantas de vainilla a su terreno del monte y estableció un TRASPATI O- HUERTO- CULTIVO a menor escala.</p>	<p>Las plantas estaban más arriba en el cafetal, más al cerro. Las bajé porque está más cerca y las puedo cuidar mejor donde ahora las tengo. Aquí donde las tengo es en naranjo y veo que si le gusta.</p>	<p>T8/LMI/MLM/AXT/140414</p>
	<p>Esa planta que yo tengo, la traje de aquí cerca, estaba al pie del cerro. Pero ahí cuando la iba cuidar, mejor me la traje y la sembré acá en los cafetales que tengo. Así la puedo ir a cuidar para que no me la roben o la trocen.</p>	<p>T10/SMF/MLM/XLT/150414</p>
	<p>Las plantas que nosotros tenemos, se las compramos a un señor de Aquismón. Ese señor dice -que tiene bejucos en el monte y en la sierra-, que están del Aguacate más allá adentro. Pos esas plantas fueron las que sembramos acá en la malla sombra, y otras me las lleve a donde tengo cítricos.</p>	<p>T11/ILP/MLM/COX/160414</p>
	<p>Nosotros trajimos las plantas de un señor que se llama Santos Antonio Gaspar, vive acá abajo. Él tiene vainilla de aquí. Yo lo veía su vainilla allá arriba (en el cerro) desde que estaba pequeño, ya tiene muchos años que ese señor tiene. Yo sé porque he trabajado desde muy chico el campo...</p>	<p>T7/GS/MLM/TAMZ/130414</p>

Tabla 5.4. Continuación

Nivel de manejo	¿De dónde consigue o trae su vainilla?	Clave de la entrevista
Etapa 4 Llevó plantas de vainilla a su terreno del monte y estableció un TRASPATIO O-HUERTO-CULTIVO a menor escala.	<i>... Yo anduve trabajando en el campo y así es como lo veíamos, y como luego dejaban las vainas, pues empezaban a oler. Nosotros pasábamos por ahí para ir caminando a Tamal, y es cuando nosotros decíamos -que huele-, pero no sabíamos que era vainilla. Casi na´mas la gente de aquí sabía. Entons nosotros la trajimos a plantar acá a la malla.</i>	T7/GS/MLM/TAMZ/130414
	<i>Las plantas que tengo acá son de un lugar de allá del monte de Tamazunchale.</i>	T12/JFP/MLM/TAMC/160414
Etapa 5 Llevó plantas de vainilla a su terreno y estas provienen de otro traspatio o cultivo.	<i>Las plantas que yo tengo, las trajeron de otra plantación, son de una parte de Tamazunchale para allá.</i>	T2/GFB/MLM/MATL/100414
	<i>Las plantas que yo tengo son de dos lugares, unas son de un señor que tiene plantados en Tamazunchale y otras me las trajo un ingeniero de Xalapa, esas ya están probadas por laboratorio.</i>	T3/ARB/MLM/MATL/110414
	<i>Yo sé que esas plantas las trajeron de un cultivo de Papantla, eso si no sé dónde mero.</i>	T15/RSP/MLM/TAMP/170414

Es así que la domesticación de cualquier especie como *V. planifolia* implica un proceso evolutivo que inicia con la interacción entre las personas y las plantas silvestres, hasta continuar con la transformación de su hábitat y alcanzar niveles de mayor intensidad en su manejo tal como señalaron Caballero *et al.* (1998).

5.3.2 Descripción de las etapas de manejo identificadas para *Vanilla planifolia* en la Huasteca potosina

5.3.2.1 Etapa 1 (recolección)

👉 Se caracterizó por la recolección de las vainas de *V. planifolia* en su ambiente natural o silvestre (Figura 5.19). Así como expresó uno de los entrevistados:

Imagínese desde que mi abuelo vivía, íbamos a bajar la vainilla de la sierra. Él decía que ahí las jalló (halló). Y yo pienso que ¡sí!, porque hay solita se da. Me acuerdo muy bien que mi abuelo nada más la cortaba y la vendía así por unidad o rollito en cada época, ¡pero no siempre la juntaba! A veces nada más yo iba a traer los frijoles (vainas) allá arriba (refiriéndose a la sierra o el monte) y los venía a dejar con un señor que a veces compraba, pero ya murió el señor. Ahora vengo a vender la vainilla aquí (refiriéndose a la cabecera municipal de Aquismón) o voy a Matlapa, porque tiene más precio que el café o la palmilla. Solo que uno tiene que venir aquí a preguntar cuándo me van aceptar y cuánto me van aceptar. Y uno que viene de la sierra, pues no tiene dinero, no tiene recurso. Solamente cuando hay algún interesado que quiere cortar arriba, le doy, ya de ahí me da una poca feria, porque cuesta cortarla. Los árboles donde está la vainilla tienen como cuatro, siete, ocho y diez metros. Y uno ve cómo va la guía allá arriba y es laborioso para cortar la cosecha. Entonces, buscó unas personas que saben subir árboles y les digo que la junten, porque ya por mi edad no puedo cortarlas, y donde suben las personas es alto. Pero lo que yo alcanzó (refiriéndose a los árboles con guía de vainilla), con una vara de cuatro metros y un guingaro filoso, lo cortó, cae y ya lo juntó⁴⁹.



Figura 5. 19. Muestra de la altura que alcanzan algunas de las guías de *Vanilla planifolia* en su medio silvestre, ubicadas en la Huasteca potosina, México

Las guías de *V. planifolia* alcanzaron grandes dimensiones de longitud (entre 8 y 20 metros) en su entorno natural. Estas se encontraron dentro del dosel arbóreo y al ascender en busca de luz solar, se colocaron en las copas arbóreas y regiones superiores de los árboles del bosque. Similar a esto, García (2013) reportó que las

⁴⁹ Entrevista realizada el 11 de abril del 2014, en el municipio de Aquismón, SLP, México. Clave de la entrevista T4/JANG/MLM/AQU/110414.

plantas de *V. planifolia* alcanzan alturas de 8 y 15 metros, incluso hasta 30 metros de longitud en los ecosistemas naturales.

Por otra parte, las personas encargadas de recolectar vainilla poseen un conocimiento muy específico acerca de donde se concentran las poblaciones de *V. planifolia* en estado silvestre. Estos recolectores cosecharon la mayor parte de las vainas en las serranías del Carso Huasteco perteneciente a la Sierra Madre Oriental, en el estado de San Luis Potosí (Figura 5.20). Dentro de ese marco, Willems, *et al.* (2003) sugirieron que la preservación del hábitat de las orquídeas es un requisito indispensable para salvaguardarlas, debido a que las plantas perennes constituyen una fracción importante en estos ecosistemas, tal como enfatizaron McKey *et al.* (2010). No obstante, varios de los hábitats en donde se ubicó la vainilla, se encontraron alterados y fragmentados por actividades agrícolas de la región.



Figura 5. 20. Representación del paisaje de la Sierra Madre Oriental donde se ubican las poblaciones de *Vanilla planifolia*, en la etapa 1 de manejo *in situ*

En estos sitios se pudieron observar especies de uso comestible, medicinal y otros usos atribuidos por las personas de la zona. No obstante, en esta región, los frutos de vainilla carecieron de un uso comestible, por lo que las comunidades le han dado un valor de cambio a esta especie, principalmente. Así como relató uno de los entrevistados:

El plátano me lo como con la familia y el que se acerca ahí come, y otros productos como el camote, la calabaza, pues me los como; el chayote, también me lo como y un poquito lo vendo. Y la vainilla como dicen no lo puedo comer, entonces toda la que junto va todo al mercado. Habiendo mercado (refiriéndose a los compradores) me va bien, como este año, vendí bien la vainilla⁵⁰.

En efecto, los entornos naturales donde se localizó la vainilla como los bosques manejados, suministraron de diversos productos a las comunidades locales, al contar con diversas especies como la palmilla, el plátano, el chile y otros productos usados en tinturas. Por ello Caballero *et al.* (1998) indicaron que la disminución o disponibilidad de las especies recolectadas en la vegetación natural está en función de su grado de explotación y uso, así como de la modificación de su hábitat.

Durante esta etapa, las personas involucradas identificaron el período de fructificación de *V. planifolia* por medio de la percepción sensorial, al percatarse del aroma que desprendían las vainas en su medio silvestre. Los recolectores observaron la presencia de algunas vainas verdes y de vainas beneficiadas en forma natural (Figura 5.21), por lo que tomaron como referencia estas fechas para la cosecha de la vainilla; aunque esto no implicó que conocieran el ciclo fenológico de *V. planifolia*. Los recolectores suelen llamar a las vainas *ejotes* o *frijoles* por la similitud que poseen estos con las guías y los frutos del frijol que siembran en la región.

⁵⁰ Entrevista realizada el 11 de abril del 2014, en el municipio de Aquismón, SLP, México. Clave de la entrevista T4/JANG/MLM/AQU/110414.

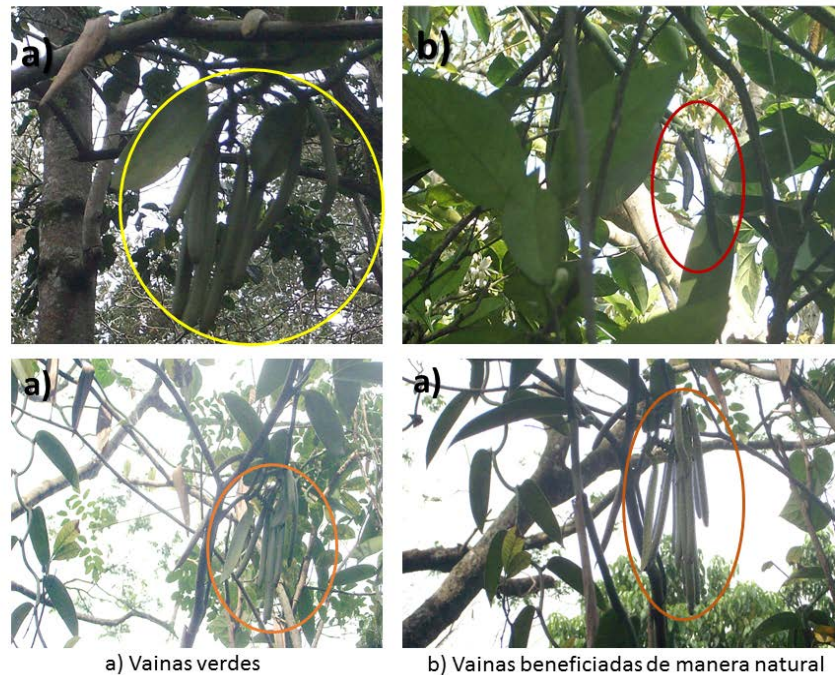


Figura 5. 21. Ejemplo de algunas vainas encontradas en estado natural en la cobertura de los árboles donde se desarrollan las guías de *Vanilla planifolia* en la Huasteca potosina, México

La **recolección** la realizaron entre los meses de diciembre y febrero. En las partes más altas de la serranía, las cosechas se realizaron en enero y finales de febrero, incluso todavía llegaron a encontrar vainas a principios de marzo. La variación entre las fechas de cosecha dependió de la fecha en que empezaron abrir las flores en las guías, por ejemplo, en las serranías, la floración inició hasta finales de abril. Según Pellissier *et al.* (2010) la fecha de floración en las orquídeas está determinada por su distribución altitud, es decir, las plantas que florecen más temprano se ubican en altitudes más bajas y las que florecen más tarde se encuentran a mayor altitud. Es por eso que el período de maduración del fruto no fue uniforme en la región Huasteca.

En la [figura 5.22](#), se muestran algunas de las vainas que recolectaron las personas en estado silvestre, donde predominó un solo fruto por racimo. En estos sitios, los recolectores llegaron a cosechar de 200 a 600 kg. Las características que presentaron estas vainas fueron un mayor tamaño y grosor, con longitudes aproximadas de 18 y 24 cm.



Figura 5. 22. Frutos cosechados en estado silvestre en la Huasteca potosina, México

La recolección o cosecha de las vainas se efectuó en fragmentos de selvas tropicales, acahuales o en cafetales abandonados (aproximadamente hace 8 años), con extensiones de alrededor de 7 hectáreas. Estos sitios mostraron ser muy complejos en sus relaciones ecológicas, además de diversificados. No obstante, las personas manifestaron que antes existía una mayor disponibilidad de plantas y de vainas, las cuales no eran recolectadas constantemente como en la actualidad.

Después de la cosecha, la vainilla fue transportada en ayates, costales o cajas de cartón por los recolectores hasta los sitios de comercio local donde fue vendida a intermediarios de la misma región o a intermediarios de Veracruz e Hidalgo. En los últimos años, estos recolectores vendieron su vainilla al centro de acopio del sistema producto vainilla de esta entidad. La razón de ser vendidas al centro de acopio fue porque este centro les pago un precio más alto y estable (entre \$80 y \$130) comparado con los otros compradores que llegaron a ofrecer \$20.00, \$40.00 o \$60.00. La venta de las vainas fue individual o comprada a mayoristas de las comunidades, debido a que no existe ningún tipo de organización entre los recolectores.

En esta etapa fue característico que la polinización se presentase en forma natural. Los recolectores entrevistados desconocieron saber de este proceso, aunque recordaron haber visto de manera frecuente moscas de colores sobre las guías de *V. planifolia*, pero

no saben específicamente cuales sean los animales encargados de polinizar estas plantas, ya que ellos no van seguido a estos lugares. Al respecto Nattero *et al.* (2011) dijeron que la selección natural pudo haber condicionado o limitado la producción de frutos, a través de la acción de factores bióticos que incidieran en las fuerzas ecológicas de las flores y en la germinación de las semillas.

En síntesis, *V. planifolia* predominó en bosques tropicales, así como en algunos fragmentos al inicio del bosque mesófilo y en laderas de la región de la Huasteca potosina; aunque la mayor parte de las plantas se encontraron en bosques y acahuales, según lo reportado por el Plan Rector de Vainilla en el estado de San Luis Potosí (2008). Particularmente, se pudieron encontrar guías en árboles con dimensiones de 30 metros de altura o en rocas que forman parte del Carso Huasteco (Figura 5.23). El tipo de propiedad en el que se ubicaron es de tipo comunal y ejidal, muy alejadas de sus casas (mínimo a 1 hora de distancia).



Figura 5. 23. Ambientes rocosos donde habita de manera natural *Vanilla planifolia*, en la Huasteca potosina, México

5.3.2.2 Etapa 2 (tolerancia)

👉 Se distinguió porque los agricultores mantuvieron las guías de *V. planifolia* encontradas en sus terrenos (ya sea propiedades comunales o ejidales). Estos terrenos destacaron por estar muy alejados de sus casas. Los sitios más cercanos se ubicaron a 45 minutos de sus casas, así como señaló una de las entrevistadas:

Mi vainilla esta hasta en la finca. La finca está como a 45 minutos de la casa, porque está retirado y empinado. La vainilla vive hasta allá arriba, por eso no voy seguido a cuidarla⁵¹.

Generalmente estas guías permanecieron en terrenos enclavados en las serranías, al pie de monte, en laderas o rocas ([Figura 5.24](#)).



Figura 5. 24. Plantas de *Vanilla planifolia* toleradas y mantenidas en los ambientes rupícolas donde las encontraron los agricultores de la Huasteca potosina, México

Por su parte, estos terrenos han sufrido modificaciones a través del desmonte de la vegetación primaria, al realizar algunas prácticas agrícolas. No obstante, esto permitió el crecimiento de las guías de *V. planifolia* en los árboles que subsistieron en las propiedades de los agricultores ([Figura 5.25](#)). Estas propiedades son de tipo comunal y algunas ejidales.

⁵¹ Entrevista realizada el 10 de abril del 2014, en el municipio de Huehuetlán, SLP, México. Clave de la entrevista T1/MCSM/MLM/HUE/100414.

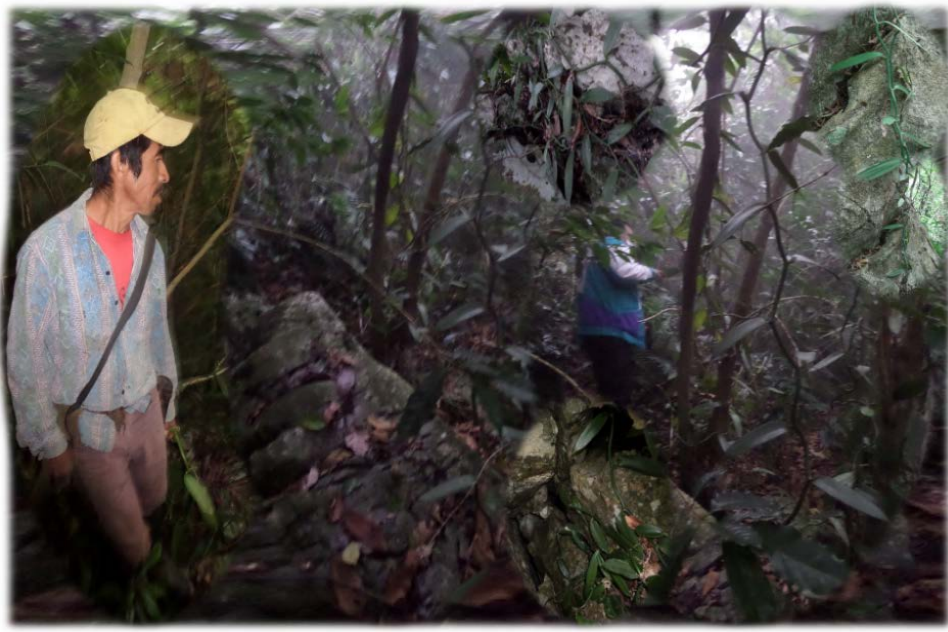


Figura 5. 25. Ambiente característico de *Vanilla planifolia* en la etapa 2 de manejo, ubicado en la Huasteca potosina, México

En concreto, durante esta etapa los agricultores observaron que *V. planifolia* no afectaba a las demás plantas, por eso la dejaron crecer en el sitio donde la encontraron. Posteriormente, esta planta les agrado por el aroma que desprendían sus vainas y las agregaron a bebidas alcohólicas y atoles (principios de un uso alimenticio).

Después, los agricultores comenzaron a cuidar y mantener a *V. planifolia* por la utilidad económica que les proveía con respecto a otros productos como el café, la palmilla, la naranja u otros menos rentables. A raíz de esto, los agricultores observaron constantemente el comportamiento de *V. planifolia* y pusieron atención en su crecimiento.

Los agricultores identificaron que la floración de *V. planifolia* se presentó en primavera, percatándose de que las flores se abrían en la temporada más calurosa. Sanda y Amasino (1996) expusieron que la iniciación de la floración es un proceso complejo en muchas especies, el cual está regulado por una combinación de señales que responden

a cambios ambientales tales como la temperatura y la duración del día. Similar a esto, Sandring *et al.* (2007) afirmaron que el tiempo de floración está en función de las diferencias climáticas; así como los cambios de humedad del suelo y movilización de los nutrientes (Ller *et al.*, 2013). Sobre todo, en esta etapa, los campesinos conocieron a detalle las características ambientales necesarias para el desarrollo de *V. planifolia*, por lo que empezaron a relacionar estos conocimientos e inferir los cuidados básicos que le podrían dar a las guías de *V. planifolia*. Sin embargo, los agricultores no le proporcionaron labores de manejo a las guías encontradas en sus terrenos. Por lo cual, fue incómodo el corte de los frutos y su cosecha se dificultó (por eso no cortaron todos los frutos) (Figura 5.26).



Figura 5. 26. Crecimiento de *Vanilla planifolia* durante la segunda etapa de manejo, sin un cuidado específico en el desarrollo de la guía

Paulatinamente, los agricultores comenzaron a bajar las guías de los árboles para evitar su ascenso (Figura 5.27), depositándolas en: a) ramas menores del mismo árbol, b) bajándolas al suelo para que vuelvan a trepar las guías, c) en rocas que retienen suficiente humedad, luz y sombra (al observar el crecimiento de algunas plantas que

caen del dosel sobre las rocas), d) moviéndolas a árboles con menores dimensiones dentro del mismo terreno. De esta manera, los agricultores realizaron el aclareo de ramas y eliminación de plantas leñosas (chapoleo), que interfirieron en el crecimiento de *V. planifolia*.



Figura 5. 27. Acciones de manejo, dirigidas al control del crecimiento de *Vanilla planifolia* en la Huasteca potosina, México

Como se observa en la [figura 5.28](#), durante esta etapa fue posible encontrar una densidad abundante de guías de *V. planifolia*, que mantuvieron los agricultores por la escasez de esta planta y por su valor económico. Respecto a esto, Caballero *et al.* (1998) afirmaron que los procesos de domesticación incluyen prácticas dirigidas a tolerar y mantener las plantas útiles encontradas dentro de los ambientes transformados por el hombre. Casas *et al.* (2007) sugirieron que la disponibilidad y densidad de las plantas

que existían antes de haberse modificado estos ambientes son aspectos fundamentales para distinguir su proceso evolutivo por medio de la selección artificial.



Figura 5. 28. Abundancia de guías de *Vanilla planifolia* en floración durante la etapa 2 de manejo, en la Huasteca potosina, México

Finalmente en esta etapa, los campesinos conocieron las características específicas de los lugares donde creció mejor *V. planifolia*. Al haber observado los siguientes aspectos: a) el terreno (la pendiente, el tipo de suelo y la hojarasca), b) las características de árboles a los que se adhirió la vainilla (corteza, la humedad que retienen, la cantidad de follaje y el tipo de hoja que presentan-caduca/perenne), c) la posición, orientación e inclinación del sol (cantidad de luz), d) las corrientes de aire (ventilación), e) los lugares con agua y/o sitios con suficiente humedad para crear un pequeño rocío (refresque), f) los animales que se acercaron a las flores para polinizar, comerse la planta o enfermarla y la temporada en que se presentaron ([Figura 5.29](#)). Sin duda, en esta etapa, los agricultores, aprendieron a conocer las condiciones ambientales donde se desarrolló *V. planifolia*; aunque, en ocasiones estas se vieron afectadas por algunos incendios, fuertes sequías o heladas.



Figura 5. 29. Aspectos observados por las personas en la etapa 2 de manejo *in situ* de *Vanilla planifolia* en la Huasteca potosina, México

En esta etapa, la polinización también se dio en forma natural. Por lo que algunos agricultores pudieron observar que animales se posaron en las flores (Figura 5.30). En virtud de esto, Nates-Parra (2005) aludió que los machos del género *Euglossa*, *Eulaema* y *Eufriesea* son los principales polinizadores de las orquídeas en la región neotropical. En particular *Eulaema polychroma*, *E. speciosa*, *E. cingulata* y *E. nigrita* son considerados los polinizadores de la vainilla.

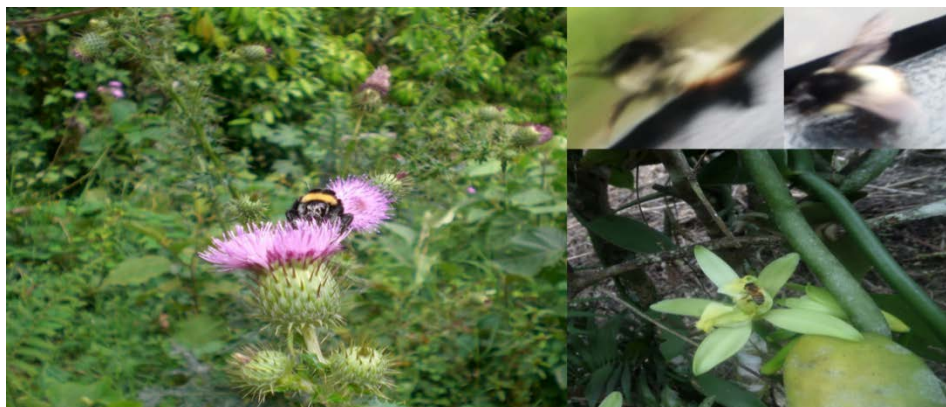


Figura 5. 30. Algunos posibles polinizadores observados en los ambientes correspondientes a la etapa 2 de manejo *in situ* de *Vanilla planifolia*, en la Huasteca potosina, México

Con respecto a los animales que polinizaron a *V. planifolia*, uno de los entrevistados comentó lo siguiente:

Yo pienso que la polinizan unas hormiguitas que nosotros le decimos jarritos. Estas son negras, muy diminutas, chiquititas y no pican. Ellos siempre se juntan antes de que salga la floración, se empiezan a juntar y se acercan. A pesar de que la vainilla no tiene aroma, ellos se acercan por lo que les sale, la mielecita, y comen de esto. Y yo estoy seguro que esos polinizan. Pero, también puede que polinice la melipona, porque es la única que está más pequeña. Porque la abeja grande no creo que polinice, esta grande; y el chupamirto, pues menos. Digo yo, porque está escondida la flor⁵².

A lo largo de esta etapa, los agricultores comenzaron a visitar de manera frecuente sus terrenos para cuidar que no le robasen las guías y/o frutos de *V. planifolia*, ya que la vainilla adquirió un valor de cambio remunerable en la región.

Al igual que en la etapa 1, las vainas se produjeron de manera natural ([Figura 5.31](#)). Pero, en esta etapa sobresalió la tolerancia de los agricultores por mantener las guías de *V. planifolia* en sus cafetales o sistemas agroforestales, por lo que esto permitió mantener su hábitat.



Figura 5. 31. Vainas polinizadas de manera natural en sistemas agroforestales de la Huasteca potosina, México

⁵² Entrevista realizada el 12 de abril del 2014, en el municipio de Matlapa, SLP, México. Clave de la entrevista T5/EGM/MLM/MATL/120414.

5.3.2.3 Etapa 3 (Inducción y protección)

✎ Consistió en proporcionar cuidados iniciales a las guías de *V. planifolia*, en los terrenos donde estas fueron encontradas. Principalmente estos terrenos son de tipo comunal, ejidal y propiedad privada.

Durante esta etapa, los agricultores comenzaron a transformar el lugar por medio de aclareos para manejar la cobertura vegetal de los árboles ([Figura 5.32](#)). Estos agricultores aprendieron a regular la sombra dentro de los acahuals y sistemas agroforestales, ya que notaron las diferentes necesidades de *V. planifolia* a lo largo de sus etapas fenológicas. Por ejemplo, durante el crecimiento de las guías y frutos, los agricultores procuraron que estas tuviesen sombra; en cambio, para que iniciase la floración, podaron algunos árboles. Anikumar ([2004](#)) expresó que la sombra requerida por la vainilla debe ser cercana al 50%.



Figura 5. 32. Modificación al ecosistema donde se encuentra *Vanilla planifolia* en la Huasteca potosina, México

En esta etapa, los agricultores ya no permitieron que las guías excedieran una altura mayor a los tres metros. Para ello comenzaron a darle pie a los bejucos (guías), es decir, bajaron las guías que tenían una altura mayor a los 2 metros y las dejaron en el piso o ras de piso, con el propósito de que estas enraizaran y comenzaran a crecer nuevamente en los árboles; mientras las guías que excedían los 3 metros de longitud fueron colgadas a otra rama o árbol para controlar su crecimiento ([Figura 5.33](#)). Por lo que tuvieron control sobre el crecimiento de las guías de *V. planifolia* y delimitaron la altura de crecimiento de estas. En este proceso se dio el inicio formal del manejo *in situ* de los bejucos de *V. planifolia*.



Figura 5. 33. Manejo *in situ* de *Vanilla planifolia*, dar pie a las guías encontradas en los terrenos de la Huasteca potosina, México

Por consiguiente, el manejo *in situ* de *V. planifolia* implicó que los agricultores conocieran el ciclo fenológico de esta especie ([Figura 5.34](#)). Este ciclo fue conocido a través de visitas frecuentes o periódicas por parte de los agricultores a sus terrenos.



Figura 5. 34. Proceso del ciclo biológico de *Vanilla planifolia* en la Huasteca potosina. a) Crecimiento de la guía, b) Brotes-flor, c) Desarrollo y crecimiento del fruto, d) Frutos o vainas maduras

En concreto, los agricultores aprendieron a conocer las fases del desarrollo de *V. planifolia* a través de las características observadas en estas, por ejemplo, se dieron cuenta de que las guías producían flores y fruto. Por lo que supieron las fechas y época específica donde se presentaban los brotes y las flores.

Después de esto notaron que las guías presentaban entre dos y cuatro ejotes (vainas o fruto), los cuales tardaban nueve meses en desarrollarse. Durante ese lapso de tiempo, observaron que las vainas aumentaban su tamaño y conforme éstas crecían presentaban una tonalidad color verde bandera hasta antes de abrirse. Luego adquirían un color verde amarillento y sus puntas se tornaban amarillas, en señal de maduración del ejote (vaina o fruto). Después, las vainas se abrían a partir de la punta (extremo distal del fruto), al mismo tiempo que su color cambiaba a un tono color café oscuro y éstas comenzaban a desprender un aroma agradable. Es así que los agricultores identificaron, los meses donde se puede efectuar la cosecha de las vainas (entre diciembre y enero). Todo este cúmulo de conocimientos lo aprendieron de manera gradual.

Posteriormente, los agricultores comenzaron a proteger las guías de *V. planifolia* a través de escarbar, deshierbar (chapoleo) y quitar las especies que interferían en su crecimiento. Caballero *et al.* (1998) mencionaron que las prácticas como la remoción de malezas son muy comunes para la protección de las plantas manejadas. De hecho, Casas *et al.* (2007) insistió en que la eliminación de los competidores y la protección a factores ambientales como heladas y radiación solar, son prácticas características de la domesticación de una especie.

Poco a poco los agricultores optaron por agregar hojarasca al pie de las guías y abonos derivados de lombricompostas; así como riegos de subsistencia durante etapas cruciales del desarrollo de *V. planifolia* tales como el crecimiento de las vainas y de las guías, a través de la colocación de botellas con agua (micro goteo) (Figura 5.35). Estos sistemas tradicionales de riego se implementaron en terrenos cercanos a manantiales o afluentes. De acuerdo con McKey *et al.* (2010) cualquier innovación está acompañada de una voluntad de comprender, reconocer y fomentar el conocimiento de los agricultores

locales sobre sus plantas y su interés como fuente de diversidad. Por lo que Morris y Bellon (2004) informaron que la integración de estos conocimientos es una poderosa herramienta para adaptar los sistemas agrícolas al ambiente y a los cambios sociales, con el propósito de aumentar los rendimientos y mantener el potencial adaptativo de las especies. Por otra parte, estos sistemas de riego por goteo ayudan a disminuir la incidencia de hongos fitopatógenos, aunque se desconocen los requerimientos hídricos de la vainilla como mencionó Kelso Bucio *et al.* (2012).

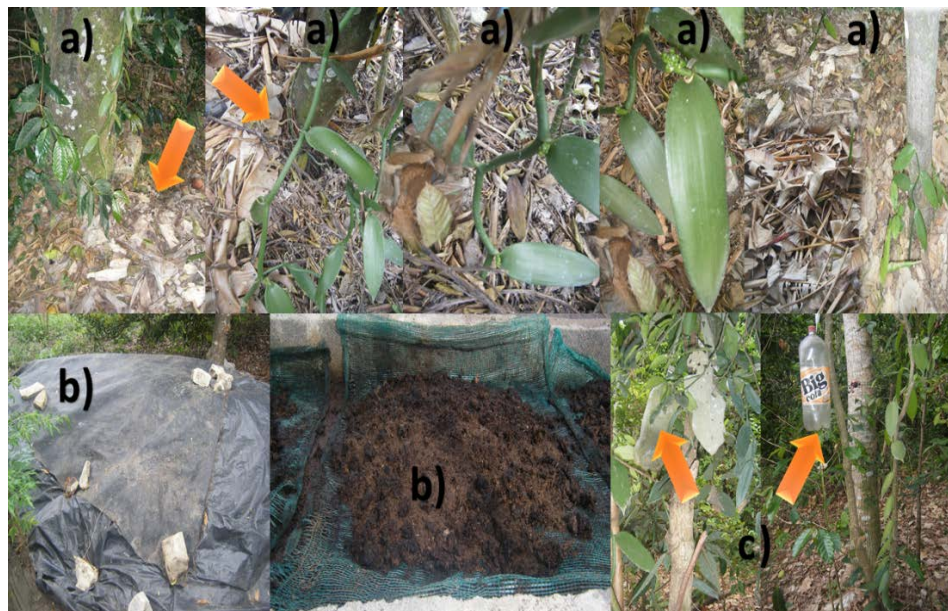


Figura 5. 35. Cuidados incipientes dirigidos al manejo *in situ* de *Vanilla planifolia* en la Huasteca potosina. a) Hojarasca alrededor de las raíces, b) Elaboración e integración y elaboración de abonos a las guías, c) Riegos de subsistencia con una botella de agua

Por lo tanto, el manejo que tuvo *V. planifolia* quedó sujeto a las condiciones climáticas de la región como la temporada de sequía, las lluvias intensas y algunas heladas que afectaron el crecimiento de las guías, la producción de flores y el desarrollo de las vainas.

De manera que en esta etapa, se dio inicio a los cuidados del manejo *in situ* de las plantas de *V. planifolia* en la Huasteca potosina (Figura 5.36). Según Avendaño-Gómez *et al.* (2015) el manejo de poblaciones silvestres es un fenómeno común observado en

Mesoamérica, el cual ha dado lugar a la diferenciación intraespecífica en diferentes especies.



Figura 5. 36 Cuidados incipientes en el manejo *in situ* de *Vanilla planifolia*, con presencia de polinización natural en los acahuales aledaños a la región Huasteca de San Luis Potosí, México

En esta etapa, los agricultores estuvieron interesados en conocer específicamente el período de floración y observaron minuciosamente las flores. Notaron que los brotes surgieron después de que cambió la temperatura de invierno a primavera. Luego, las flores se abrieron al presentarse calores muy incesantes en la región. Al respecto Ller *et al.* (2013) expresaron que el momento de la floración es un evento crítico en la historia de vida de una especie, ya que expone sus órganos reproductivos a condiciones bióticas y abióticas para mantener su aptitud. Pairo *et al.* (2012) determinaron que las temperaturas máximas en el período de floración inciden en las características que forman el color de la flor. Por su parte, Aguilera *et al.* (2014a) demostraron que las temperaturas bajas y altas durante los meses previos a la floración favorecen a la formación de las flores. También, resaltaron que la temperatura es un factor importante en varias fases fenológicas de las plantas como en la maduración de la inflorescencia. Sin embargo, Aguilera *et al.* (2014b) indicaron que si se presentan temperaturas altas en los meses de otoño e invierno esto produce un retraso en las yemas florales. No obstante, Valuiskikh y Teteryuk (2014) refirieron que el calor y la humedad influyen en el desarrollo

de los brotes, así como en la longitud de la inflorescencia, el número de flores y el ancho de las hojas.

Los agricultores percibieron que las primeras flores que aparecieron fueron las más grandes y correspondieron a las vainas de mayor tamaño. Por eso, en la polinización manual es muy importante ocupar las primeras flores. En los trabajos de Galen (1999) se ratificó que las flores más grandes expresan un mayor tamaño en su fruto, por lo cual requieren una mayor cantidad de agua durante la expansión de su brote y el mantenimiento de la planta, debido a que el agua funciona como un factor limitante para el desarrollo del fruto y el crecimiento de la planta.

Por eso, después de la floración fue importante el período de lluvia, ya que fue cuando amarró el fruto y empezó a desarrollarse el tamaño de las vainas. Aguilera *et al.* (2014a) mencionaron que el déficit de agua después de la floración repercute en el fruto, ya sea en el tamaño o en su calidad. Además, la maduración del fruto depende del régimen de lluvias de otoño, por lo que la ausencia de lluvias durante este período fenológico afecta la producción del fruto.

En la cosecha de las vainas, los agricultores cortaron toda la maceta (racimo) a partir de la base del raquis, ya que esto evitó que las vainas se echasen a perder. La venta de las vainas de *V. planifolia* se efectuó a través de intermediarios. Los intermediarios visitaron a las personas desde octubre para negociar y asegurar la venta de los frutos (Figura 5.37).



Figura 5. 37. Acopio de vainas verdes en las casas de los compradores de la región Huasteca potosina, México

Por último, en esta etapa se dio el diálogo de los agricultores con otras personas que tenían un mayor conocimiento sobre *V. planifolia* para que estos se organizarán y conocieran su manejo, debido a que esta especie representó una alternativa más para mejorar las necesidades de los pobladores en la Huasteca potosina. Osorio *et al.* (2014) afirmó que este cultivo ofrece nuevas oportunidades para aumentar los ingresos de los agricultores y reducir la presión de los bosques.

Por lo que los agricultores, empezaron a experimentar la manera de multiplicar sus guías y hacerlas crecer más rápido, ya que no sabían si *V. planifolia* presentaba planta macho y hembra como sucede en otras plantas. Sin embargo, Gamboa-Gaitán (2014) dijo que no es que las plantas de *V. planifolia* presenten diferentes sexos, sino más bien lo que sucede en esta especie, es que las poblaciones naturales están compuestas por una mezcla de individuos autoincompatibles que dificulta su propagación sexual, además de otros factores concomitantes a esta especie que son poco conocidos.

5.3.2.4 Etapa 4 (Trasplante de individuos y fomento de esquejes)

🌱 Se reconoció porque los agricultores trasladaron las guías de *V. planifolia* del monte a sus traspatios o parcelas agrícolas, con el objetivo de establecer un cultivo *in situ* cercano a sus casas (Figura 5.38). Los informantes manifestaron que sus abuelos mantenían estas guías en la sierra, debido a su olor, así que ellos decidieron llevárselas y plantarlas en un lugar más cercano a su casa para poder cuidarlas. Casas y Caballero (1995) explicaron que los trasplantes consisten en plantar individuos completos tomados de las poblaciones naturales, con el fin de utilizar eventualmente estas plantas.



Figura 5. 38. Diagrama de los puntos más destacados en la etapa 4 de manejo *in situ* de *Vanilla planifolia*, en la Huasteca potosina, México

Por eso, los agricultores decidieron multiplicar las guías trasplantadas a través de la división de los bejucos (formaron esquejes) para incrementar el número de plantas en sus pequeños cultivos. McKey *et al.* (2010) expusieron que los agricultores suelen observar las características de las plantas jóvenes para seleccionar que plantas van a multiplicar de manera clonal.

En particular esta etapa generó la creación de cultivos establecidos de *V. planifolia*, con plantas nativas de la región, ubicadas en pequeñas propiedades privadas y ejidales.

Dichas plantas fueron extraídas de su medio natural para proporcionarles un manejo *in situ* en huertas de naranjo, cafetales y malla sombras. González-Insuasti y Caballero (2007) insistieron que el manejo está en función de la proximidad de los recursos a los asentamientos humanos. De tal forma que Azofeifa-Bolaños *et al.* (2014) propusieron que el manejo *in situ* es una estrategia para preservar las especies del género *Vanilla*.

Para esto ciertos agricultores tuvieron que desmontar sus terrenos y sembrar algunos tutores, por lo que estas parcelas presentaron diversos arreglos en la composición y estructura de los tutores. En estos sitios, los agricultores solo conservaron los árboles y especies leñosas afines a las prácticas agrícolas (Figura 5.39). Casas y Caballero (1995) mencionaron que en el caso de las plantas perennes, el manejo y selección se hace cada vez más sistemático para poder manipular los bosques y selvas *in situ*, y paulatinamente se incrementan los conocimientos humanos sobre las plantas y los ambientes. Arango y Moreno (2011) afirmaron que es mejor introducir la vainilla en pequeños predios bajo sistemas agroforestales, debido a los requerimientos de sombra que requiere *V. planifolia*.



Figura 5. 39. Transformación paulatina de los sistemas agroforestales destinados al establecimiento de *Vanilla planifolia*, en la Huasteca potosina, México

Los agricultores se basaron en características similares al terreno donde se encontraron las guías de *V. planifolia* para seleccionar los lugares más idóneos y trasplantar las matas de esta especie (Figura 5.40). Dichas características fueron la pendiente del terreno (laderas), la ventilación de las corrientes de aire, la disponibilidad de agua o proximidad de los terrenos a afluentes de agua, el tipo de suelo (porosidad, color, materia orgánica, drenaje), la orientación del sol y las características de la vegetación como los árboles (tipo de corteza, tipo de arquitectura de los árboles o ramificación, tipo de hoja: caduca o perenne, tiempo de crecimiento, altura, cobertura de sus copas para asegurar un nivel adecuado de luz y sombra, retención de humedad y plagas).



Figura 5. 40. Características de los lugares donde trasplantaron las guías de *Vanilla planifolia*, originarias de espacios naturales en la Huasteca potosina, México

Por tal motivo, los agricultores aplicaron sus propios conocimientos y los aprendidos con sus padres y/o abuelos para sembrar y cuidar las guías de *V. planifolia*. Así que previo al establecimiento de las guías de *V. planifolia*, los agricultores prepararon el terreno a donde colocaron las plantas a través de tareas de limpieza (chapoleo), evitaron cortar los árboles que pudiesen servir como tutores y sembraron árboles de rápido crecimiento para ser usados como tutores. Los árboles fueron sembrados a una distancia de 1.5 y 2.5 metros en los traspatios, huertos o malla sombras (Figura 5.41). Con respecto a esto,

Barrera-Rodríguez *et al.* (2009) explicaron que la distancia resulta importante, dado el requerimiento de sombra de la vainilla. Por ejemplo, a continuación se describe brevemente un testimonio:

Las matas que tengo de vainilla están entre 2 y 2.5 metros. Están sembradas en cocuite. El pemuche le gusta más, pero lo malo que este árbol ayuna, cuando hace mucho sol se le caen las hojas y las guías quedan a pleno sol. Y en los cítricos como que está mejor, porque ventea más el aire⁵³.



Figura 5. 41. Labores previas al trasplante de individuos silvestres de *Vanilla planifolia*, en la Huasteca potosina, México

⁵³ Entrevista realizada el 16 de abril del 2014, en el municipio de Coxcatlán, SLP, México. Clave de la entrevista T11/ILP/MLM/COX/160414.

Los árboles que utilizaron como tutores fueron pichoco o pemuche (*Eritrina americana*), naranjo (*Citrus spp*); cocuite, cuacuete o flor de San José (*Gliricidia sepium*); acacapa, hierba de San Isidro, Zacacapa o guarda agua (*Eupatorium morifolium*); huevo de gato (*Thevetia spp*, *Thevetia ahouai* y *Cascabela gaumeri* o *Thevetia gaumeria*), cojón de gato (*Caesalpinia arista*), pioche (*Melia azedarach*). Por su parte los tutores como el quebracho (*Acacia spp.*), el lecherito (*Ficus spp*); el Aquiche, Akich o guácima (*Guazuma ulmifolia*), el Chalahuite (*Inga spp*) y la Chaca o Tzaca (*Bursera simaruba*) fueron tutores muy distintivos en sistemas agroforestales. Varios de estos árboles coincidieron con lo reportado en trabajos de Elorza Martínez *et al.* (2007), García (2013), Trinidad (2014) y Maceda (2015).

En particular, los agricultores que ocuparon el tutor Zacacapa o guarda agua (*Eupatorium morifolium*) en las mallas sombras, dijeron haberse sentido a gusto con los resultados de esta planta y lo recomendaron por ser muy adecuado para la producción de la vainilla. Las características de este tutor son las siguientes: tiene hojas grandes y perennes, por lo cual casi no ayuna y mantiene con sombra a la vainilla en épocas de intenso calor; si uno lo poda, el crecimiento de su retoño es muy rápido y a los 15 días está listo este tutor; su hoja es fresca, guarda humedad y proporciona una sombra adecuada a las guías; y no es sensible a la malla.

Sin embargo, Elorza Martínez *et al.* (2007) señalaron que los agricultores prefieren como tutores al pichoco (*Erythrina spp*) por la facilidad de enraizamiento y la rapidez con la que se ramifica para formar follaje. Además, los frutos que crecen en este tutor presentan un menor contenido de vainilla. Por su parte, los tutores de *Gliricidia* tienen un mayor contenido de materia orgánica y nitrógeno; mientras, los tutores de naranjo (*Citrus spp*) poseen un mayor contenido de fosforo, según estos autores.

Por otra parte, el acondicionamiento del cultivo de *V. planifolia* implicó la realización de terrazas (Figura 5.42). Estas fueron construidas con el propósito de: a) utilizar la pendiente de los terrenos para crear una ventilación adecuada y aprovechar la ligera brisa producida (humedad ambiental) al amanecer y al atardecer, b) delimitar el área

destinada para el cuidado de sus raíces, abonado y riegos de subsistencia, c) simular pendientes en algunas zonas, d) retener la tierra o suelo y e) drenar el agua.



Figura 5. 42. Construcción de terrazas en los diferentes sistemas de manejo *in situ* de *Vanilla planifolia*, en la Huasteca potosina, México

Como se mencionó anteriormente, esta etapa destacó por el establecimiento de cultivos a menor escala de plantas silvestres de *V. planifolia*. Estas plantas fueron trasplantadas

a espacios productivos ya existentes como las parcelas de cítricos (principalmente en naranja y mandarina), cafetales, traspatios y malla sombras ([Figura 5.43](#)).



Figura 5. 43. Espacios elegidos para el manejo *in situ* de individuos silvestres de *Vanilla planifolia* en la Huasteca potosina, México

En esta etapa, los agricultores conocieron con precisión las fechas de floración y cosecha de *V. planifolia*. Pero fueron más allá de eso e indagaron en la biología reproductiva de esta especie. Así que averiguaron la forma de polinizar las flores e incrementaron el número de frutos para su siguiente cosecha, a partir del intercambio de conocimientos

con otros productores que ya conocían el proceso de la polinización manual de esta orquídea silvestre. Estos agricultores practicaron varias veces este procedimiento hasta dominar la técnica a través del ensayo y error en las flores.

En el período de floración, las personas que ya sabían polinizar fecundaron entre 4 y 10 flores por maceta; mientras los que apenas incursionaban en este proceso tuvieron que polinizar todas las flores para asegurar un incremento en su cosecha ([Figura 5.44](#)). El número óptimo de flores está en función de los costes de acondicionamiento físico de la planta, tal como sugirió Ehrlén ([1991](#)) quien dijo que se pueden producir más flores, si existen los recursos necesarios para que se puedan desarrollar hasta la madurez. De hecho, este autor explicó que las plantas producen un excedente de flores para amortiguar la presión de la depredación contra los herbívoros, el daño precoz de las flores, la disponibilidad de los polinizadores y los cambios ante las condiciones climáticas adversas.



Figura 5. 44. Polinización manual de las flores por parte de los agricultores de la región Huasteca de San Luis Potosí, México

La polinización manual de *V. planifolia* se empezó a efectuar en muy pocas plantaciones por algunos agricultores que aprendieron esta técnica en el 2006. Así como mencionó uno de los entrevistados:

*Yo conocí la polinización por ahí del 2006-2008, pero antes no se polinizaba, era así nomás*⁵⁴.

Sin embargo, varias personas aún desconocían este proceso, por lo que en 2015 se brindó un curso de polinización manual de esta orquídea.

Dentro de esta etapa, algunos agricultores añadieron a sus traspatios colmenas de abejas nativas (extraídas de su hábitat natural) para que pudiesen contribuir con la polinización natural de *V. planifolia* (Figura 5.45). Nates-Parra (2005) recalcó que estas abejas desempeñan un papel muy importante en los sistemas de polinización neotropicales del mundo.



Figura 5. 45. Implementación de abejas nativas de la región Huasteca de San Luis Potosí para ayudar a fortalecer la polinización natural y artificial de esta especie

Posteriormente, los agricultores observaron que mientras mayor fue el número de flores polinizadas, menor fue el tamaño de las vainas (Figura 5.46). En esta fase, el crecimiento

⁵⁴ Entrevista realizada el 14 de abril del 2014, en el municipio de Axtla de Terrazas, SLP, México. Clave de la entrevista T8/LMI/MLM/AXT/140414.

de las vainas estuvo determinado por la disponibilidad y calidad de nutrimentos (materia orgánica, composta, abono), la estabilidad de las temperaturas y la cantidad de agua.

También, se observó que las guías sobrepolinizadas en las mallas sombras, llegaron a presentar aborto de frutos, durante los dos meses posteriores a la polinización, ante cualquier cambio ambiental como el aumento de temperatura y períodos inconstantes de lluvia o sequías prolongadas. Ehrlén (1991) explicó que el aborto se produce para utilizar eficientemente los recursos y dar una oportunidad a los demás frutos para aumentar el vigor en la descendencia.



Figura 5. 46. Vainas polinizadas manualmente en la Huasteca potosina, México

Sin embargo, lo que caracterizó a esta etapa fue el cúmulo de conocimientos que desarrollaron los agricultores para multiplicar las guías de *V. planifolia* (por esquejes) a través de esquejes, y así obtener una mayor cantidad de plantas que produjesen vainas. Casas y Caballero (1995) insinuaron que el fomento de las plantas manejadas está dirigido a incrementar la densidad de sus poblaciones y su disponibilidad, a partir de ramas, brotes, esquejes o propágulos en zonas que reúnan las condiciones ambientales favorables para su crecimiento.

Los agricultores tuvieron que experimentar cuál era el tamaño más adecuado de los esquejes y la parte que podían ocupar de la guía, por lo que desarrollaron cuidados minuciosos referentes al corte de los esquejes (desinfectaron sus herramientas para no contaminar la planta, dejaron secar los esquejes antes de plantarlos) y la siembra de estos (modo de plantar los esquejes). La temporada más adecuada para realizar los esquejes y sembrarlos fue al final de la época de mayor calor y al inicio de la temporada de lluvias, ya que durante este tiempo, los bejucos presentan un mayor crecimiento.

Varios de los agricultores aprendieron a realizar los esquejes a través de la curiosidad, así como de la transmisión de conocimientos entre agricultores y técnicos (Figura 5.47). Para ello, los agricultores seleccionaron las guías vigorosas que produjeron flores y que no estuviesen enfermas. García-Marín y Zizumbo (1993) destacaron que los esquejes son seleccionados con base en las características de los individuos en particular.



Figura 5. 47. División de guías nativas de *Vanilla planifolia*, albergadas en el centro de acopio de Matlapa, San Luis Potosí, México

A continuación se muestra un fragmento donde el agricultor mencionó la división de las guías:

La guía en su proceso va avanzando y se va aumentando más. Y ya cuando va midiendo más, le sacamos más planta para plantar más. Al inicio, yo le jalaba nada más para cortar así en pedazos y las sembraba para ver si de veras va a rendir. Ya luego aprendí como se hace. Ahora escojo las guías que ya florearón, cuando veo que la guía ya está retoñando, ya le corto. Las cortó con una tijera, luego lo desinfecto con cal y agua. Meto las guías por ahí de unos 15 o 20 cm, entonces, ya los vuelvo a sacar y los dejé que se sequen, pero no luego lo siembro. Ya para plantarlo hay que quitarle tres hojas y enterrarlo como de 40 cm o 3 nudos, así atravesados en la tierra. La planta hay que ponerla de norte hacia el sur, porque normalmente así ventea acá. Y las siembro cuando la luna está en creciente, porque así no tarda en desarrollarse, se desarrolla más rápido, enraíza pronto y luego, luego amaciza. Luego le pongo abono orgánico. Yo siembro dos plantas por tutor. Eso si yo no traigo plantas de otra parte, porque no prenden, se secan. Por lo mismo no compramos de otros lugares, sino que son de aquí mismo⁵⁵.

La decisión que tomaron los agricultores para reproducir las plantas silvestres de *V. planifolia* por medio de esquejes fue porque su disponibilidad es escasa y la germinación de estas plantas es muy baja. De hecho, la propagación clonal es la forma más fácil de multiplicar las plantas y asegurar su crecimiento inicial más rápido como aseguraron McKey *et al.* (2010), quienes dijeron que la propagación clonal se ha vuelto cada vez más importante en el tema de la biología evolutiva de la domesticación. Casas *et al.* (2007) afirmaron que este es un mecanismo que puede facilitar la domesticación de las plantas. Sin embargo, Soto Arenas (2009) mencionó que la propagación clonal de *V. planifolia* produjo serios problemas de erosión genética dentro de sus poblaciones. Por su parte, Linhart y Grant (1996) citaron que la propagación clonal asegura que pasen genotipos favorables a la siguiente generación de cultivos dentro de una pequeña escala espacial, bajo condiciones heterogéneas que puedan mejorar la viabilidad de estos. No obstante, la propagación clonal es controlada por los agricultores, quienes introducen los propágulos silvestres a los sistemas manejados, por lo que estos sistemas tienen propágulos de muy diversos orígenes (Casas *et al.*, 2014).

⁵⁵ Entrevista realizada el 13 de abril del 2014, en el municipio de Tamazunchale, SLP, México. Clave de la entrevista T7/GS/MLM/TAMZ/130414.

Algunas de las acciones emprendidas por los agricultores, consistieron en: la poda de los árboles, la elaboración de compostas (Figura 5.48), el manejo de plagas y enfermedades y el riego. Específicamente, Osorio *et al.* (2014) expusieron que el estado nutricional del cultivo de vainilla depende de la composición del sustrato y de la fertilización aplicada, puesto que es muy importante que tenga Calcio (Ca), Potasio (K), Nitrógeno (N) y Hierro (Fe). Estos nutrientes se correlacionan positivamente con variables biométricas que determinan la longitud, el área foliar y la biomasa en *V. planifolia*. Por ejemplo, Gentry (1988) dijo que el potasio es uno de los principales nutrientes en las zonas neotropicales y está vinculado con la riqueza de las especies en los trópicos. Por lo que Pairo *et al.* (2012) indicaron que las bajas concentraciones de Potasio en las plantas pueden ocasionar el crecimiento pequeño en flores y frutos.



Figura 5. 48. Agregación de materia orgánica y elaboración de composta al sistema tradicional de cultivo de *Vanilla planifolia*, en la Huasteca potosina, México

Finalmente en esta etapa, los agricultores empezaron a generar el encausamiento de las guías, tanto en los sistemas agroforestales como en los sistemas de naranjo y malla

sombra. En los sistemas agroforestales, los agricultores imitaron el comportamiento del crecimiento de los bejucos de *V. planifolia* y los extrapolaron a sus cultivos. Por eso, en la región Huasteca se mantuvieron los sistemas tradiciones de cultivo de *V. planifolia* (Figura 5.49).



Figura 5. 49. Manejo de acahuales destinados al café, en la Huasteca potosina, México

De manera que, en esta etapa aumentaron los cuidados dirigidos al manejo de *V. planifolia*, por lo que los agricultores destinaron un mayor tiempo para realizar la polinización, los esquejes, el encausamiento y la poda de árboles. Casas y Caballero (1995) opinaron que estas acciones se intensifican con el propósito de asegurar y ampliar la producción de cualquier especie.

5.3.2.5 Etapa 5 (Siembra y plantación)

👉 Se identificó porque las guías de *V. planifolia* introducidas a los cultivos procedieron de otro traspatio. En este sentido, los esquejes de *V. planifolia* fueron adquiridos de una plantación (material previamente cultivado) de la misma región o de otros estados como Veracruz y Oaxaca ([Figura 5.50](#)); aunque la mayor parte fueron comprados en la región con un costo de \$10.00 y \$20.00. McKey *et al.* ([2010](#)) subrayaron que el lento crecimiento de las plantas y la falta de latencia de las semillas inciden en la elección para adquirir plantas clonales.



Figura 5. 50. Esquejes comprados en el estado de Oaxaca y resguardados en el centro de acopio de Matlapa, San Luis Potosí, México

En esta etapa, los agricultores realizaron acciones encaminadas a un sistema de cultivo de *V. planifolia*. Los esquejes fueron sembrados en superficies de 400 y 2500 metros, en cultivos de naranja, malla sombras y algunos acahuales. Por lo que estos agricultores realizaron las siguientes acciones:

- 1) Selección del terreno.
- 2) Acciones encaminadas al establecimiento de los esquejes de *V. planifolia*.
 - Terrenos accesibles a fuentes de agua, cercanos a sus casas y propios.
 - Limpieza del terreno (chapoleo).

- Aclareo en algunas zonas
- Elaboración de terrazas para crear coberturas de suelo, simular pendientes y retener la tierra.
- Siembra de especies leñosas y arbóreas que sirvieron como tutores.
- Decisiones sobre la distancias para colocar los tutores y las guías.
- Construcción de sistemas de riego

3) Acciones de manejo *in situ*

- Elaboración de compostas para agregar a las plantas durante el crecimiento de *V. planifolia*.
- Dar pie y encausamiento de las guías.
- Polinización durante el período de floración.
- Riegos de ayuda en las épocas de sequía y después de la polinización para ayudar al crecimiento del fruto.
- Control de plagas y enfermedades a lo largo del ciclo del cultivo, mediante visitas constantes y revisiones a las guías.
- Poda y manejo en la arquitectura de los árboles tutores, y su renovación cuando fue necesario.
- División de guías seleccionadas para producir esquejes y cuidados para su siembra.

4) Cosecha de los frutos de *V. planifolia*

- Corte de los racimos durante diciembre y enero.
- El corte se realizó aproximadamente a los nueve meses, cuando los racimos presentaron una coloración amarilla en el extremo distal del fruto.
- El corte lo realizaron con guingaros, los cuales se desinfectaron con alcohol como medida de asepsia, aunque esto no fue uniforme en todos los cultivares.

5) Venta de los frutos

- Vendieron sus frutos directamente al centro de acopio o con personas específicas.

- En algunos casos, varios agricultores se organizaron para juntar su cosecha y venderla en conjunto para que los gastos de traslado fueran menores.

Específicamente, los esquejes sembrados de *V. planifolia* en sistemas de naranjo funcionaron como policultivos, y las guías sembradas en malla sombras tuvieron un manejo de monocultivo ([Figura 5.51](#)). Las guías en las malla sombras requirieron de un mayor cuidado y no proporcionaron a los agricultores otro producto como sucedió en las huertas de cítricos o sistemas agroforestales.



Figura 5. 51. Espacios destinados al cultivo de *Vanilla planifolia* en la Huasteca potosina, México

En algunos casos, el establecimiento de cultivos de *V. planifolia* involucró modificaciones drásticas en la vegetación de la Huasteca potosina como ocurrió en la construcción de las malla sombras ([Figura 5.52](#)). Particularmente, los agricultores cedieron sus terrenos para la instalación estas, al contar con un proyecto financiado por el estado. Esos terrenos son propiedades ejidales o propiedades privadas. Sus dimensiones fueron de 2500 m² o un cuarto de hectárea.



Figura 5. 52. Establecimiento de cultivos de *Vanilla planifolia*, con plantas procedentes de otros cultivos de la región Huasteca, México

Las malla sombras se construyeron con el objetivo de proteger las guías de *V. planifolia* frente a los cambios ambientales (variación termal, sequías e intensidad solar) ([Figura 5.53](#)), y así poder obtener una mayor producción de vainas en lo sucesivo. En la superficie de las malla sombras (un cuarto de hectárea) se llegaron a sembrar alrededor de 3000 plantas. Cabe señalar que este sistema de producción no es rentable ni eficiente económicamente, debido al bajo rendimiento y los altos costos de producción, así como sugirieron Barrera-Rodríguez *et al.* ([2011](#)).



Figura 5. 53. Muestra de la infraestructura destinada a la construcción de mallas sombras, en la Huasteca potosina, México

En la Huasteca potosina se pudieron observar varias mallas sombras donde se sembraron los esquejes procedentes de otras plantaciones de *V. planifolia* (Figura 5.54).



Figura 5. 54. Muestra de las mallas sombras localizadas en la Huasteca potosina, México

En esta etapa, se observó que los agricultores destinaron una mayor cantidad de tiempo para el manejo de *V. planifolia* en las mallas sombras y realizaron actividades más intensivas en este cultivo. Sin embargo, a las guías les costó mayor trabajo crecer y producir frutos comparado con los sistemas tradicionales.

Sobre todo en este sistema de monocultivo, los agricultores invirtieron mucho mayor tiempo y mano de obra en la polinización para asegurar la producción de los frutos. Dentro de esto, los agricultores tuvieron que agregar materia orgánica para nutrir a las plantas y fortalecer su sistema radicular; así como para mantener la humedad del suelo y evitar el aumento de la temperatura dentro de estas mallas sombras (Figura 5.55). Por lo tanto, Barrera-Rodríguez *et al.* (2011) manifestaron que las mallas sombras requieren de una adecuación de los recursos de la región y de condiciones agroecológicas para aumentar el rendimiento y disminuir los costos de producción.



Figura 5. 55. Labores para el manejo de *Vanilla planifolia* en mallas sombras de la Huasteca potosina, México

Por cierto durante esta etapa, los agricultores aprovecharon los desechos generados por los bovinos para el compostaje. Luego estos fueron agregados a las matas de *V. planifolia*, debido a que estos son la principal fuente de alimentación (nutrientes) para la vainilla ([Figura 5.56](#)). Osorio *et al.* ([2014](#)) recalcaron que el potasio (P) es uno de los nutrientes que pueden limitar el crecimiento de *V. planifolia* bajo condiciones experimentales.



Figura 5. 56. Almacenamiento de abono procedente de actividades pecuarias para ser agregadas a las matas de *Vanilla planifolia*, en la Huasteca potosina, México

El control de las plagas de *V. planifolia* se hizo de manera manual por parte de los agricultores, quienes visitaron continuamente sus parcelas y mallas sombras para erradicar los insectos que dañaron y depredaron alguna parte de las plantas de *V. planifolia* (tallos, hojas, brotes, inflorescencias o raíces). Los animales identificados por los agricultores fueron la chinche roja (*Tentecoris confusus*) (en períodos calurosos o incremento de temperatura), los caracoles y babosas (en exceso de humedad), el gusano peludo (*Prusia aurifera*) y otros gusanos, y en ocasiones las arañas (aumento de temperaturas y períodos de sequía) que atrajeron a otros insectos dañinos para las hojas y tallo (aunque estas, también sirven como control para otros insectos dañinos).

Por su parte, los agricultores afirmaron que la mayoría de estos animales tienen hábitos nocturnos, por lo que se encuentran a las 6 de la mañana o en la tarde, al ocultarse el sol. Durante el día estos insectos se escondieron debajo de las hojas, en el suelo o en algún otro espacio al salir el sol. Dichos animales fueron comunes en temporadas de intenso calor o de excesiva humedad. Aunque las plantas con menor cantidad de materia orgánica fueron las más susceptibles a ser atacadas. Inclusive, algunos organismos pudieron haber sido llevados a través de las compostas o abonos, no bien manejadas. Generalmente, estos animales se presentaron en los sistemas de malla sombra, en menor proporción en los sistemas de naranjo y muy poco observados en los sistemas agroforestales ([Figura 5.57](#)).



Figura 5. 57. Animales que dañan alguna parte de las plantas de *Vanilla planifolia*, en la Huasteca potosina, México.

A continuación se expresa un fragmento de los diálogos que se tuvieron con los agricultores que presentaron enfermedades en el cultivo de *V. planifolia*:

Actualmente nos estamos dando cuenta que hay que cuidar más la vainilla que antes. Lo que pasa es que la vainilla necesita más cuidado que otras plantas como el chile o el tomate. Por ejemplo, el tomatillo del campo de aquí, nada más con que tenga agua y abono crece, no es necesario tanto estarlo cuidando como la vainilla. Yo estoy yendo en la noche, porque tenemos plaga de gusano peludo, de otro gusanito, que también es peludo y chiquitito, y otro gusano que es peloncito como el medidor. Esos, se están comiendo los brotes de la raquis y ya nos dañaron mucho. Los vamos a matar en la noche o temprano. Los matamos manualmente, al igual que los caracoles del campo. Los caracoles están comiendo mucho la planta y el brote de la flor. Estas plagas aparecen cuando llueve mucho⁵⁶.

No obstante, los agricultores trataron de evitar enfermedades en el cultivo de *V. planifolia* a través de medidas de sanidad durante las podas de los tutores, la división de los esquejes y en la elaboración de las compostas. Las plantas enfermas de *V. planifolia* se asociaron a hongos y bacterias, los cuales afectaron las hojas, los tallos, los brotes y las vainas ([Figura 5.58](#)).

Principalmente, se identificó la pudrición de la raíz, el tallo y el raquis en época de lluvias, donde los cultivos tuvieron una excesiva sombra, mala ventilación, un suelo mal drenado y poca materia orgánica. Osorio *et al.* ([2014](#)) explicaron que el potasio (K) es un nutriente clave para reducir la incidencia de la pudrición del tallo generado por *Fusarium oxysporum*. Mientras la antracnosis presentada en tallos, hojas y frutos se dio en épocas de invierno, donde los cultivos tenían poca ventilación y demasiada sombra.

⁵⁶ Entrevista realizada el 10 de abril del 2014, en el municipio de Matlapa, SLP, México. Clave de la entrevista T2/GFB/MLM/MATL/100414.



Figura 5. 58. Enfermedades presentadas en los cultivos de *Vanilla planifolia* en la Huasteca potosina, México

Por lo que, los agricultores realizaron podas sanitarias en las guías enfermas o en su defecto eliminaron toda la planta, y dicho material fue incinerado. Además, fumigaron las plantas con fertilizantes orgánicos, elaborados por ellos mismos. No obstante, es posible

que algunas de las plantas que adquirieron de otras plantaciones ya hayan venido infectadas con virus, bacterias patógenas, hongos u otros parásitos; y que las plantas sanas hayan sido contaminadas por las herramientas que se utilizaron con propágulos infectados durante la multiplicación.

Las acciones específicas de manejo incluyeron la división de las guías. Para ello, los agricultores realizaron lo siguiente: a) seleccionaron las guías que ya florecieron para ser utilizadas como esquejes, b) cortaron las guías, c) aplicaron cal para cicatrizar y d) esperaron una semana a que se cicatrizaran los esquejes para ser sembrados. De tal manera que los esquejes tuvieron una longitud de 2 a 2.5 metros, debido a que los agricultores observaron que estos comienzan a producir flores a los dos años de edad. Después de esto, la punta de las guías se sumergió en una solución con cal para desinfectar y cicatrizar los tallos ([Figura 5.59](#)).



Figura 5. 59. Aplicación de cal a la punta de los tallos segmentados de *Vanilla planifolia* para cicatrizar y desinfectar

Como se señaló anteriormente, la reproducción de *V. planifolia* se efectuó a través de esquejes, debido al número reducido de plantas producidas sexualmente. Por lo que los agricultores dependieron de la propagación clonal para extender sus cultivos como

sugirieron McKey *et al.* (2010), quienes indicaron que el conocimiento local de los agricultores tradicionales sobre la biología reproductiva de estos cultivos es el componente más frágil en el mantenimiento de los cultivos propagados clonalmente. Sin embargo, esto puede llevar a la pérdida de algunos componentes de la diversidad y a la modificación de la estructura genética de las poblaciones, aunque los agricultores no propaguen todos los clones a la misma velocidad. Emperaire *et al.* (1998) propusieron que esto puede ser contrarrestado con el intercambio generalizado de los propágulos clonales en las redes sociales que se extienden en grandes regiones, como sucede con los agricultores de la Huasteca que han introducido plantas cultivadas de otras regiones. No obstante, esto no asegura un mayor rendimiento en las plantas sembradas (Casas y Caballero, 1995).

En el transcurso de esta etapa, los agricultores removieron las plantas que no produjeron flores y solo mantuvieron un crecimiento vegetativo, después de dos cosechas o incluso en la primera. Según Casas *et al.* (2007) en el proceso de domesticación, se comienzan a eliminar los fenotipos no deseables y cambiar la proporción de estos en las poblaciones manejadas.

No obstante, en esta etapa, el principal inconveniente en el cultivo de *V. planifolia* fue la ausencia de polinización natural, por lo que al igual que en la etapa 4, los agricultores polinizaron las flores manualmente. En estos cultivos, la floración se alcanzó entre el segundo y tercer año de crecimiento de las guías. Osorio *et al.* (2014) aseveraron que para que las plantas de *V. planifolia* comiencen la floración, las guías requieren de un cierto tamaño y una cantidad acumulada de recursos para soportar las altas demandas de nutrientes en las flores y el desarrollo del fruto. Sujatha y Bhat (2010) informaron que el cultivo necesita un estrés de humedad durante diciembre y febrero para la floración, y una alta humedad en marzo y mayo para el desarrollo adecuado de la vaina.

En lo concerniente a la cosecha de los frutos de *V. planifolia*, los agricultores cortaron los racimos a partir de la tercera semana de diciembre. Estos llegaron a cosechar desde 40 kg hasta 100 kg en los sistemas de naranjo; mientras en la malla sombra, la producción

fue variable y en definitiva menor, entre 4 y 60 kg (Figura 5.60). Osorio *et al.* (2014) atribuyeron la baja productividad a la poca experiencia de los agricultores en el cultivo de vainilla y el escaso conocimiento sobre su manejo agronómico, en particular orientado a sus necesidades nutricionales.



Figura 5. 60. Producción de frutos de *Vanilla planifolia* en malla sombras, ubicadas en la Huasteca potosina, México

Asimismo, los agricultores notaron que las plantas tuvieron una alternancia en la producción de vainas, es decir, un año produjeron una mayor cantidad y al siguiente año disminuyó; pero este criterio no fue general en todos los individuos de *V. planifolia*. Barrera-Rodríguez *et al.* (2009) corroboraron que la edad de la planta es importante, pues al cuarto año de la plantación (segundo año de cosecha) se obtiene un mayor rendimiento.

También, es importante mencionar que en esta etapa se apreció una actividad colectiva por parte de los agricultores de la Huasteca potosina, quienes compartieron tareas conjuntas para el manejo de *V. planifolia* en las mallas sombras (Figura 5.61). De acuerdo con Casas *et al.* (2014), los procesos organizativos de las comunidades son un factor relevante en el manejo de los recursos.



Figura 5. 61. Actividad colectiva generada en los grupos encargados de las malla sombras, ubicadas en la Huasteca potosina, México

En consecuencia, durante esta etapa fue muy importante la organización colectiva para vender a mejor precio su vainilla en verde e incursionar en el proceso del beneficiado de las vainas verdes. Fue importante contar con un mayor número de cultivos de vainilla en la Huasteca potosina.

Sin embargo, en la región apenas inicia el posicionamiento de la vainilla. Por lo que los factores socio-económicos son de gran importancia en la determinación de la extensión y distribución de la diversidad en muchos cultivos ([Ramanatha y Hodgkin, 2002](#)). Así como el número de personas que realicen estas prácticas y el tipo de prácticas dirigidas a las plantas ([González-Insuasti y Caballero, 2007](#)).

Por último, en esta etapa se observaron algunos experimentos para beneficiar los frutos de *V. planifolia*, transformarlos y venderlos a un mejor precio ([Figura 5.62](#)). No obstante, dicha actividad aún no está cimentada, ni existe como tal una identidad cultural de esta especie en la región potosina. Paralelo a esto, algunos actores sociales de la región iniciaron con este proceso del beneficiado ([Figura 5.63](#)).



Figura 5. 62. Incursión en el proceso del beneficiado de las vainas verdes y agregación de valor por parte de los agricultores de la Huasteca potosina, México



Figura 5. 63. Surgimiento de las personas dedicadas al proceso del beneficiado en la región de la Huasteca potosina, México

5.3.3 Asociación del manejo de *Vanilla planifolia* en la zona de estudio

5.3.3.1 Identificación de los municipios con manejo de *V. planifolia*

En el municipio de Aquismón se presentó la etapa 1 de manejo ([Tabla 5.5](#) y [Figura 5.64](#)), que destacó por la recolección de las vainas y el nulo manejo de las guías de V.

planifolia. Aquí las personas recolectaron los frutos de vainilla en las serranías de la selva alta perennifolia, durante diciembre y febrero para venderlos; aunque, también fue común la extracción de esquejes, los cuales se dispersaron a lo largo de la Huasteca potosina.

En el municipio de Huehuetlán se ubicó la etapa 2 de manejo ([Tabla 5.5](#) y [Figura 5.64](#)). En este municipio, las personas toleraron las guías de *V. planifolia* en sus terrenos. Incluso conocieron el comportamiento *in situ* de esta orquídea silvestre, al acudir de manera frecuente a sus fincas.

En el municipio de Xilitla se notó el desarrollo de la etapa 2 y 4 de manejo ([Tabla 5.5](#) y [Figura 5.64](#)). Dichas etapas representaron el grado de conocimientos adquiridos por los agricultores. En la etapa 2, las personas solo toleraron las plantas; mientras en la etapa 4, los agricultores decidieron tener más cerca las guías de *V. planifolia* para estar al pendiente de sus cuidados y tener una mayor cosecha de las vainas.

El municipio de Tamazunchale presentó la etapa 2, 3 y 4 de manejo ([Tabla 5.5](#) y [Figura 5.64](#)). Por lo que hubo un desarrollo de conocimientos en los agricultores que condujeron desde la tolerancia de las plantas de *V. planifolia* en sus terrenos hasta mantener las guías en sus huertas o traspatios. Es decir, en este municipio existen personas que conocieron a detalle las características ambientales donde crece de manera natural *V. planifolia*, hasta personas que iniciaron con el encausamiento de las guías y un manejo en la vegetación natural, y personas que realizaron la división de las guías y la polinización. En este municipio se pudo apreciar la evolución del manejo *in situ* que han tenido los agricultores de la región Huasteca. Asimismo, su vegetación ha tenido una fuerte remoción en sus especies primarias, lo cual ha afectado al desarrollo de *V. planifolia*.

El municipio de Matlapa destacó por mantener la etapa 2, 3 y 5 de manejo ([Tabla 5.5](#) y [Figura 5.64](#)). Este municipio fue muy particular por mantener una polarización del manejo *in situ* de *V. planifolia*, donde se observaron cuidados mínimos en los acahuales y terrenos kársticos cercanos a la sierra, así como cuidados intensivos en la planicie del

municipio bajo sistemas de naranjo y malla sombra. Esto fue producto de la asistencia técnica dirigida a los agricultores de este municipio e intervención de diversos actores que fomentaron el cultivo de *V. planifolia*. Dentro de este municipio, también estuvo inmersa la disponibilidad del capital social y económico por parte de los actores sociales, vinculados con el establecimiento de los cultivos de *V. planifolia* durante la etapa 5.

En los municipios de Axtla de Terrazas, Coxcatlán y Tampamolón Corona se dio solo la etapa 4 ([Tabla 5.5](#) y [Figura 5.64](#)). Esto quiere decir que los agricultores decidieron como tal establecer un cultivo de *V. planifolia*, y para ello ocuparon las plantas disponibles en sus terrenos cercanos al monte. Posteriormente, estos agricultores aprendieron a multiplicar las guías (división de plantas o esquejes) y a polinizar sus flores como parte de las actividades del manejo *in situ* de *V. planifolia*.

En el municipio de Tampacán sobresalió la etapa 5 ([Tabla 5.5](#) y [Figura 5.64](#)), que empleó plantas procedentes de otras plantaciones de *V. planifolia*. En este municipio, se pudieron localizar estas plantas en varias mallas sombras, con cuidados intensivos y una mayor mano de obra por parte de los agricultores.

Tabla 5. 5. Nivel de manejo en los municipios de la Huasteca potosina, México

Municipio\Nivel de manejo	Etapa 1	Etapa 2	Etapa 3	Etapa 4	Etapa 5
Aquismón					
Axtla de Terrazas					
Coxcatlán					
Huehuetlán					
Matlapa					
Tamazunchale					
Tampacán					
Tampamolón Corona					
Xilitla					



Figura 5. 64. Nivel de manejo identificado en los municipios de la Huasteca potosina, México.

5.3.3.2 Nivel de manejo asociado a las etnias de la región Huasteca

La región tenek destacó por presentar la etapa 1, 2 y 3 de manejo ([Figura 5.65](#)). Debido a que los habitantes de esta región no han alterado sustancialmente sus ecosistemas, ni tampoco han fomentado actividades agrícolas intensivas que hayan dado pie a una modificación drástica de sus hábitats. Otro aspecto fundamental fue la topografía y orografía que presentaron los terrenos donde los campesinos encontraron

las guías de vainilla, motivo por el cual, los habitantes de esta región no mostraron ni desarrollaron cuidados intensivos, dirigidos al manejo de *V. planifolia*.

Esta etnia se caracterizó por mantener las guías silvestres de *V. planifolia*, en acahuales y selvas fragmentadas muy alejadas de las poblaciones, por lo que las personas mantuvieron relaciones más estrechas con los ambientes donde encontraron estas plantas. Al mismo tiempo, esto reflejó la cosmovisión que guardan sus habitantes con referencia a sus prácticas de uso y aprovechamiento de las especies vegetales, con las que cuentan en las selvas y acahuales.

También, se pudo observar que las personas téenek fueron más herméticas al entablar relaciones con personas ajenas a su comunidad, como una consecuencia de la fuerte identidad que han mantenido hacia sus tradiciones y prácticas de manejo. Por eso en esta región, las personas sólo le proporcionaron los cuidados mínimos a las plantas de *V. planifolia*, es decir, los miembros de esta etnia se encargaron de facilitar el crecimiento de las guías, sin enfocarse en nivel de desarrollo productivo de esta especie.

En cambio, en la región nahua se localizó un manejo *in situ* más desarrollado que permitió establecer cultivos menores de *V. planifolia*. De forma que esta región albergó la etapa 2, 3, 4 y 5 del proceso de manejo *in situ* de *V. planifolia* ([Figura 5.65](#)). Esta región reflejó la evolución cultural de esta especie silvestre, desde haber sido tolerada hasta ocuparla en cultivos, debido al fomento que tuvo *V. planifolia* por parte de actores claves en la región, quienes promovieron a esta especie para generar mejores condiciones sociales.

Sin duda, otra característica que contribuyó al desarrollo del manejo *in situ* de *V. planifolia* fueron las actividades agrícolas intensivas de la zona, que obligaron a las personas a manipular y adecuar los ambientes para el crecimiento de *V. planifolia*.

El cambio de uso de suelo implicó que las guías de *V. planifolia* permanecieran en agroecosistemas dedicados a la agricultura o silvicultura, por lo que los agricultores al

identificar que estas plantas tenían un uso relacionado a su aroma, comenzaron a cuidar y darle un manejo a las guías de *V. planifolia*. No obstante, el cambio de uso de suelo provocó la reducción del hábitat de las poblaciones naturales y su disponibilidad en esta región. Sus poblaciones naturales quedaron acotadas a lugares montañosos y laderas poco accesibles, muy alejadas de las comunidades locales.

Las personas nahuas que han desarrollado una agricultura incipiente, mantuvieron las guías de *V. planifolia* en los sistemas agroforestales donde las encontraron (etapa 2 y 3); en cambio, las personas con una agricultura semi-intensiva decidieron extraer las plantas de sus terrenos del monte y establecerlos en sus cultivos; mientras las personas dedicadas a una agricultura intensiva, se dispusieron a establecer un cultivo con esquejes procedentes de otras plantaciones de *V. planifolia* enfocándose en su productividad agrícola. Es decir, el manejo de *V. planifolia* estuvo relacionado con el nivel de desarrollo agrícola de los miembros de la comunidad nahua y su cúmulo de conocimientos asociados a esta especie.

Aunado esto, al cambio de cosmovisión que han tenido los miembros de esta etnia en sus tradiciones y creencias. Algunos miembros de la comunidad nahua han abandonado ciertas prácticas tradicionales de manejo agrícola e implementado nuevos sistemas de manejo agrícola. Es por ello que la comunidad nahua entabló un mayor número de relaciones con personas ajenas a sus grupos sociales y, por ende, se ha diversificado el manejo *in situ* de *V. planifolia*.

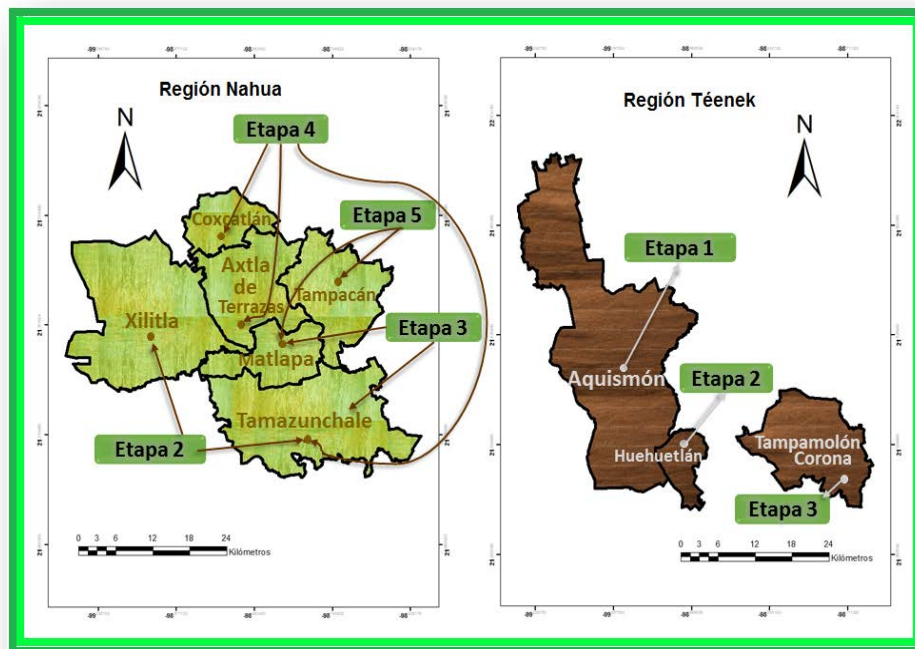


Figura 5. 65. Etapas de manejo en las etnias de la región Huasteca potosina, México

No obstante, es útil documentar este proceso a nivel país tal como sugirió Casas *et al.* (2014), quien habla de procesos de domesticación de territorios como unidades espaciales de significancia cultural. Ya que los niveles de manejo ubicados en la Huasteca potosina estuvieron en función de las necesidades de los agricultores, así como de su posición social dentro de la comunidad, por lo que en algunos municipios se pudieron observar diferentes etapas de manejo.

Asimismo, es importante considerar la heterogeneidad ambiental y socioeconómica de las dos regiones para responder a las necesidades de los agricultores y a las potencialidades agrícolas de la región como propuso Barrera-Rodríguez *et al.* (2009); ya que el manejo está en función de la importancia de una especie dentro de la cultura de un grupo y las características biológicas de la especie tales como el tiempo de cosecha, abundancia y distribución (González-Insuasti y Caballero, 2007).

5.3.3.3 Relación entre las etapas de manejo y los morfotipos identificados en la Huasteca potosina

En la etapa 1, se reportó que los recolectores entrevistados realizaron su cosecha en plantas identificadas con el morfotipo IV.

En la etapa 2, se concentró la mayor diversidad de formas de *V. planifolia* (morfotipos), ubicadas en ambientes frágiles como selvas fragmentadas (morfotipo I), acahuales (morfotipo II, IV, V) y diversos sistemas agroforestales (morfotipo III, IV y V). De acuerdo con Ramanatha y Hodgkin (2002) los factores geográficos reflejan diferencias sociales y políticas que pueden ser tan importantes como los factores ecológicos que determinan la distribución de la diversidad de los recursos genéticos. Hajjar *et al.* (2008) dijeron que el mantenimiento de un cultivo genéticamente heterogéneo hace no asegurar altos rendimientos, pero minimiza la varianza del rendimiento como sucede en esta etapa.

En la etapa 3, fueron notorios los cuidados de encausamiento (dar pie) a los morfotipos IV y V, localizados en sistemas agroforestales y acahuales.

En la etapa 4, se presentaron los morfotipos III, IV y V, que fueron llevados de un terreno del monte a un traspatio o huerta; el morfotipo III destacó por su escasa disponibilidad en toda la región, mientras los morfotipos IV y V mostraron una mayor disponibilidad. Según Cruz y Casas (2002) es común observar que las poblaciones silvestres y manejadas se solapan dentro de un mismo espacio, ya que los diferentes fenotipos pueden coexistir dentro de una misma región.

En la etapa 5, los agricultores expresaron una afinidad por comprar esquejes nativos, ubicados en las plantaciones de los agricultores de la etapa 4, quienes ya tenían a los menos 8 años de haber plantado especímenes de *V. planifolia* en sus terrenos; así como especímenes procedentes de otras zonas. Asimismo, en la etapa 5, se dio inicio a la selección de los esquejes a través de sus características productivas y de adaptabilidad, por lo que los agricultores seleccionaron los morfotipos IV y V como los más adecuados para establecerse en un cualquier cultivo bajo diversas condiciones ambientales.

Destacó la predilección por propagar los esquejes de los morfotipos IV y V. Salazar-Rojas *et al.* ([2012](#)) citaron que los agricultores son los actores que seleccionan el recurso genético de *V. planifolia*.

Cabe señalar que la etapa 3 y 5 presentaron los mismos morfotipos; empero, en la etapa 3, los morfotipos procedieron de plantas silvestres, ubicadas en el monte, donde solo recibieron cuidados incipientes durante su manejo *in situ*; y en la etapa 5, los morfotipos provinieron de un material nativo previamente cultivado en la Huasteca potosina. Por tal motivo, el manejo de *V. planifolia* no ha influido en su variación morfológica infraespecífica de los labelos, ya que hasta el momento, las plantas silvestres aún no se han diferenciado morfológicamente de las plantas cultivadas en la Huasteca potosina. Sin embargo, estas prácticas de manejo se encaminan a la domesticación *in situ* de esta especie durante los siguientes años, ya que su manejo ha sido reciente en la región Huasteca, así como informó Maceda ([2015](#)).

De hecho, se determinó que las prácticas de manejo dirigidas a la domesticación *in situ* de *V. planifolia* no produjeron la variación morfológica infraespecífica en los labelos encontrados en la Huasteca potosina. Debido a que no se distinguió ni se diferenció ningún morfotipo específico que se pudiese relacionar con las etapas de manejo reconocidas en la Huasteca potosina ([Figura 5.66](#)). Se podría presentar en la vainilla poliploidía natural, la cual ayudaría a explicar la variación fenotípica en la vainilla ([Gamboa-Gaitán, 2014](#)).

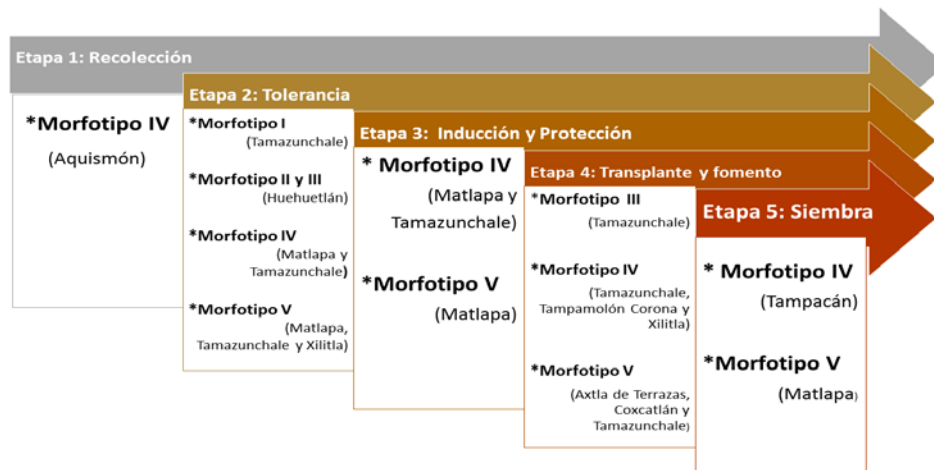


Figura 5. 66. Distribución de los morfotipos en las etapas de manejo *in situ* de *Vanilla planifolia*, en la Huasteca potosina, México.

Por otra parte, el morfotipo I (M1) y morfotipo II (M2) se identificó con la etapa 2, los cuales correspondieron a plantas silvestres, ubicadas en relictos de selvas tropicales de Tamazunchale y Huehuetlán.

El morfotipo III (M3) correspondió a las etapas 2 y 4, ubicadas en Huehuetlán y Tamazunchale, respectivamente; dentro de un hábitat fragmentado y un traspatio (especímenes desplazados de su lugar de origen a un cultivo).

El morfotipo IV (M4) se ubicó en todas las etapas (1, 2, 3, 4 y 5). Fue localizado tanto en hábitats naturales como en cultivos, o sea que, dicho morfotipo está vinculado con plantas silvestres y asilvestradas de *V. planifolia*, lo cual ratificó que la evolución del manejo *in situ* de esta especie no ha modificado su variación morfológica dentro de sus poblaciones.

El morfotipo V (M5) estuvo asociado a la etapa 2, 3, 4 y 5; situado en Matlapa, Tamazunchale, Axtla de Terrazas, Coxcatlán y Xilitla; donde nuevamente fue evidente que el manejo no contribuyó a la variación morfológica de *V. planifolia*; además de haberse caracterizado por vivir en hábitats fragmentados, sistemas agroforestales y cultivos establecidos de *V. planifolia* (Figura 5.67).

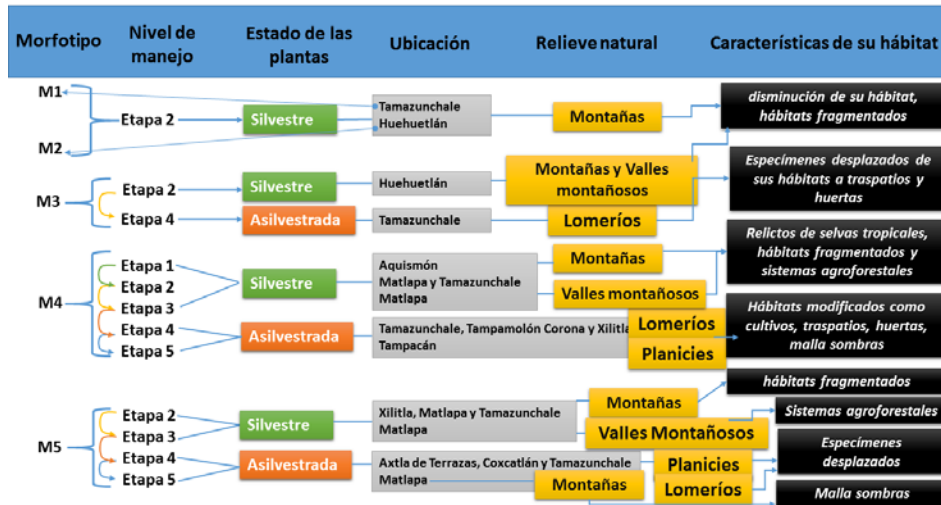


Figura 5. 67. Asociación de los morfotipos con las características en cada nivel de manejo de *Vanilla planifolia*, en la Huasteca potosina, México

Finalmente, en la [figura 5.68](#), se muestran las etapas de manejo y los morfotipos que se presentaron en los municipios estudiados de la región Huasteca.

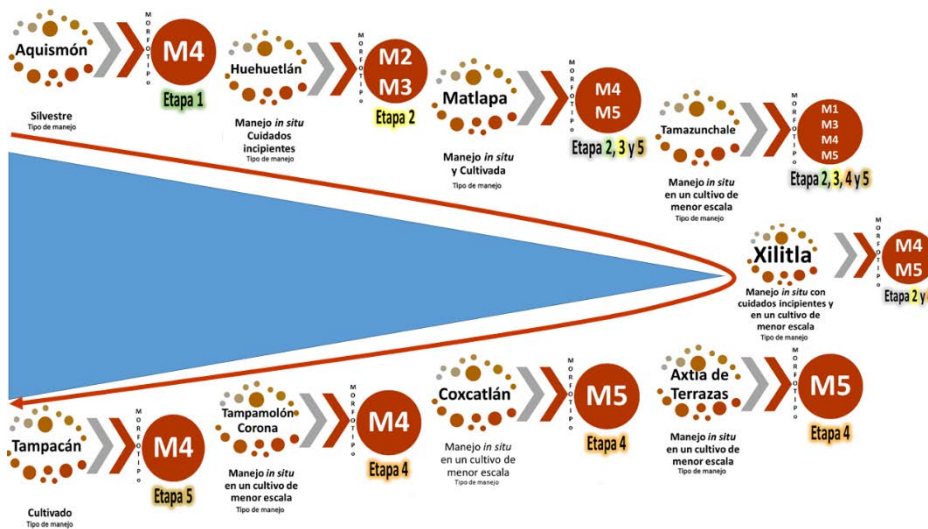


Figura 5. 68. Especificación de las etapas de manejo y los morfotipos identificados en los municipios estudiados de la Huasteca potosina, México

En el caso de Tamazunchale, este municipio fue el que presentó una mayor diversificación de etapas de manejo (2, 3, 4, 5) y morfotipos (M1 M3, M4, M5), lo cual sugirió que en este sitio existe una mayor diversificación de hábitats para *V. planifolia*.

De modo similar, Matlapa tuvo varias etapas de manejo (2, 3, 5) y diferentes morfotipos (M4, M5). Al igual, Xilitla mantuvo algunas etapas de manejo (2, 4) y morfotipos (M4, M5). A diferencia de Huehuetlán que sólo gozó de una etapa de manejo (2) y un menor número de morfotipos (M2, M3).

Por su parte, Axtla de Terrazas y Coxcatlán compartieron el mismo morfotipo (M5), con un manejo *in situ* enfocado al cultivo de los individuos silvestres de *V. planifolia*.

Asimismo, Tampacán y Tampamolón Corona tuvieron el mismo morfotipo (M4), aunque estos municipios se diferenciaron por la etapa de manejo en la que se ubicaron.

5.4 CONCLUSIÓN

Los agricultores de la Huasteca potosina apenas inician el manejo de *V. planifolia* de manera *in situ*. Existen cinco etapas de manejo relacionadas con distintas formas de estrategias de aprovechamiento que tienen las comunidades locales de la región Huasteca, en San Luis Potosí, México.

La etapa 1 de manejo en *V. planifolia* se caracteriza por la recolección de vainas y extracción de guías, en el municipio de Aquismón. La etapa 2 se reconoce porque la planta es tolerada sin recibir cuidados en el monte, selvas manejadas o agroecosistemas, pertenecientes a los municipios de Huehuetlán, Xilitla, Tamazunchale y Matlapa. La etapa 3 se diferencia porque la especie comienza a ser custodiada y cuidada en las selvas manejadas y sistemas agroforestales destinados a una agricultura tradicional, en sitios de Tamazunchale y Matlapa. La etapa 4 se identifica, porque las guías se trasplantan del monte a espacios productivos donde se le da un manejo *in situ* y se multiplican para extender su cultivo en algunas localidades de Xilitla, Tamazunchale, Matlapa, Axtla de Terrazas, Coxcatlán y Tampamolón Corona. La etapa 5 surge cuando se establece una plantación de *V. planifolia* con esquejes provenientes de un material previamente cultivado, al cual se le dedica un mayor tiempo para su manejo y requiere

necesariamente de polinización manual, cuidado de plagas y enfermedades, sistemas de riego y propagación vegetativa dentro de los cultivos de naranja y malla sombras, en los municipios de Matlapa y Tampacán.

Los municipios de Matlapa y Tamazunchale experimentan diversas etapas del proceso de manejo *in situ*, por lo que son un nicho potencial de estudio para entender la manipulación que tiene esta especie en su lugar de origen e investigar la direccionalidad que puedan tener diversas especies perennes durante este proceso.

El grado de manejo de *V. planifolia* se asocia primero a la orografía y fisonomía del terreno donde se encuentra, segundo a las condiciones sociales y aspectos ecológicos de la región cultural donde se ubica, tercero a las actividades agrícolas vinculadas con el uso del suelo del lugar donde se sitúa y, por último a la disposición del capital humano, social y económico de la región Huasteca, en el estado de San Luis Potosí, México.

Los criterios que los agricultores toman para iniciar la selección de los morfotipos corresponden a lo siguiente: a) la disponibilidad y abundancia que estos tienen, b) la adaptabilidad que muestran en diferentes ambientes y agroecosistemas, c) la capacidad productiva de estos y e) la resistencia que muestran ante las condiciones ambientales. Destaca la preferencia que tienen los campesinos para seleccionar y plantar los morfotipos IV y V, en la etapa 5 de manejo.

En las distintas etapas de manejo no se diferencian plantas silvestres de plantas cultivadas de *V. planifolia*. Se puede hablar de la existencia de especímenes silvestres y asilvestrados, con base en el manejo humano durante cada una de estas etapas, por lo que los agricultores se orientan a domesticar a esta especie de manera *in situ*.

V. planifolia es manejada por 80% hombres y 20% mujeres, dedicadas a actividades primarias con una edad promedio de 58 años. 87% son hablantes de náhuatl y 13% de téenek. En la región náhuatl existe un mayor número de comunidades rurales encargadas del manejo *in situ* de *V. planifolia* en diferentes agroecosistemas y

condiciones experimentales como las mallas sombras. Por su parte, la región téenek destaca por la escasa manipulación que le han dado las comunidades indígenas a esta especie.

La mayor parte de los vainilleros son personas adultas y existe poca participación de los jóvenes hacia este cultivo. Las pocas jóvenes y mujeres que participan en el manejo de *V. planifolia* muestran una mayor habilidad para realizar la polinización manual. Por lo que es importante que se incluyan a todos los miembros de la familia para realizar las diversas tareas del manejo *in situ* de *V. planifolia*.

La observación, la experimentación y el aprendizaje que tienen las personas involucradas con la vainilla acerca de sus requerimientos son elementos clave en el manejo *in situ* de esta especie. Es muy importante la estructuración del conocimiento sobre *V. planifolia* y su transmisión, ya que existe la necesidad de comprender cómo los agricultores toman decisiones sobre el uso del germoplasma de esta orquídea silvestre.

Notablemente, la región Huasteca es un corredor natural donde las plantas silvestres de *V. planifolia* se distribuyen de manera natural, junto con la dispersión humana que ejercen los agricultores a través de la propagación vegetativa de esta especie (esquejes), en las comunidades rurales e indígenas de la entidad potosina. Por ello es necesario proponer estrategias de aprovechamiento integral acerca de este valioso recurso genético para brindar protección tanto a su germoplasma como a las comunidades que la ocupan y hacer de la vainilla una planta emblemática en la vida cotidiana de las personas de la Huasteca potosina.

El manejo *in situ* de *V. planifolia* refleja la cosmovisión que albergan las comunidades involucradas con esta especie y representa la visión que tienen sus campesinos vinculados a esta orquídea. La forma de aprovechamiento de la vainilla demuestra la manera de ser de cada uno de los agricultores que ocupan esta especie. Su manera de ser se proyecta en los cuidados, la dedicación que le brindan a esta orquídea y el respeto

que le guardan a esta planta; lo cual se relaciona con el grado de intensidad de uso de *V. planifolia* durante las distintas etapas identificadas en este proceso.

Al fin y al cabo, el tipo de manejo que recibe *V. planifolia* está en función del relieve natural donde se le localiza, ya que hasta el momento, los agricultores solo así han podido controlar las condiciones ambientales necesarias para el desarrollo de esta especie en la región Huasteca, en el estado de San Luis Potosí, México.

5.5 LITERATURA CITADA

- Adéoti, K., Dansi, A., Ahoton, L., Kpèki, B., Ahohuendo, B. C., Ahanchédé, A., Vodouhè, R., Hounhouigan, J. D., Sanni, A. (2009). Selection of sites for the *in situ* conservation of four traditional leafy vegetables consumed in Benin. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*. 3(6): 1357-1374.
- Aguilera, F., Fornaciari, M., Ruiz-Valenzuela, L., Galán, C., Msallem, M., Dhiab, A. B., Díaz-de la Guardia, C., Trigo, M. M., Bonofiglio, T., Orlandi, F. (2014a). Phenological models to predict the main flowering phases of olive (*Olea europea* L.) along a latitudinal and longitudinal gradient across the Mediterranean region. *International Journal of Biometereology*. 59(5): 629-641.
- Aguilera, F., Ruiz, L., Fornaciari, M., Romano, B., Galán, C., Oteros, J., Dhiab, A. B., Msallem, M., Orlandi, F. (2014b). Heat accumulation period in the Mediterranean region: phenological response of the olive in different climate areas (Spain, Italy and Tunisia). *International Journal of Biometereology*. 58: 867-876.
- Anikumar, A. S. (2004). Vanilla cultivation: a profitable agri-based enterprise. *In*: Osorio, A. I., Osorio, V. NW., Díez, M. C., Moreno, F. H. (2014). Nutrients status and vegetative growth of *Vanilla planifolia* Jacks plants as affected by fertilization and organic substrate composition. *Acta agronómica*. 63(4): 326-334.
- Arango, D. A., Moreno, F. (2011). Desarrollo inicial de la vainilla (*Vanilla planifolia* Andrews, Orchidaceae) bajo diferentes usos de la tierra y condiciones climáticas en Colombia. Congreso Colombiano de Botánica, Cali, Colombia. 27 de Noviembre. *In*: http://www.cnf.org.pe/secretaria_conflat/memorias/DOCUMENTO%20MESAS/MESA%204/Diego%20Andres%20Arango.pdf
- Arellano, E., Casas, A. (2003). Morphological variation and domestication of *Escontria chiotilla* (Cactaceae) under silvicultural management in the Tehuacán Valley, Central Mexico. *Genetic Resources and Crop Evolution*. 50: 439-453.
- Avendaño-Gómez, A., Lira-Saade, R., Madrigal-Calle, B., García-Moya, E., Soto-Hernández, M., Romo de Vivar-Romo, A. (2015). Manejo y síndromes de domesticación del capulín (*Prunus serotina* Ehrh ssp. *capuli* (Cav.) Mc Vaugh) en comunidades del estado de Tlaxcala. *Agrociencia*. 49: 189-204.

- Azofeifa-Bolaños, J. B., Paniagua-Vásquez, A., García-García, J. A. (2014). Importancia y desafíos de la conservación de *Vanilla* spp. (Orchidaceae) en Costa Rica. *Agronomía Mesoamericana*. 25(1): 189-202.
- Baltazar, N. 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 de Chapingo, campus Puebla. 1-128 pp.
- Barrera-Rodríguez, A. I., Herrera-Cabrera, B. E., Jaramillo-Villanueva, JL., Escobedo-Garrido, J. 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.
- Barrera-Rodríguez, A. I., Jaramillo-Villanueva, J. L., Escobedo-Garrido, S., Herrera-Cabrera, B. E. (2011). Rentabilidad y competitividad de los sistemas de producción de vainilla (*Vanilla planifolia* J.) en la región del Totonacapan, México. *Agrociencia*. 45: 625-638.
- Bellon, M.R., Barrientos-Priego, A. F., Colunga-GarcíaMarín, P., Perales, H., Reyes, A. JA., Rosales, S. R., Zizumbo-Villareal, D. (2009). Diversidad y conservación de recursos genéticos en plantas cultivadas, *In: Capital natural de México*, vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio. Conabio, México, pp. 355-382.
- Blancas, J., Casas, A., Lira, R., Caballero, J. (2009). Traditional Management and Morphological Patterns of *Myrtillocactus schenckii* (Cactaceae) in the Tehuacán Valley, Central Mexico. *Economic Botany*. 63(4): 375-387.
- Blancas, J., Casas, A., Pérez-Salicrup, D., Caballero, J., Vega, E. (2013). Ecological and socio-cultural factors influencing plant management in Náhuatl communities of the Tehuacán Valley, Mexico. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*. 9: 39.
- Blanckaert, I., Paredes-Flores, M., Espinosa-García, F. J., Piñero, D., Lira, R. (2012). Ethnobotanical, morphological, phytochemical and molecular evidence for the incipient domestication of Epazote (*Chenopodium ambrosioides* L.: Chenopodiaceae) in a semi-arid región of Mexico. *Genetic Resources and Crop Evolution*. 59(4): 557-573.
- Caballero, J., Casas, A., Cortés, L., Mapes, C. (1998). Patrones en el conocimiento, uso y manejo de plantas en pueblos indígenas de México. *Estudios Atacameños*. 16: 181-195.
- Caballero, J., Cortés, A. (2001). Percepción, uso y manejo de los recursos vegetales en México. *In: Plantas, Cultura y Sociedad*. Eds. Rendón, A. B., Rebollar, D. S., Caballero, N. J., Martínez, A. MA. UAM y SEMARNAT. 79-100 pp.
- Caballero, J., Cortés, L., Martínez-Alfaro, M. A., Lira-Saade, R. (2004). Uso y manejo tradicional de la diversidad vegetal. *In: García-Mendoza, A. J., Ordoñez, M. J., Briones-Salas, M.* (Eds). Biodiversidad de Oaxaca. Instituto de Biología. UNAM-Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza. México-World Wildlife Fund, pp 541-564.
- Carrasco, T., Iturralde, D., Uquillas, J. (Coord.) (2003). Doce Experiencias de Desarrollo Indígena en América Latina. Proyecto Usila. Fondo para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas de América Latina y el Caribe. Ediciones ABYA-YALA. 250-258 pp. ISBN 9978-04-542-2.
- Casas, A., Caballero, J. (1995). Domesticación de plantas y origen de la agricultura en Mesoamérica. *Ciencias*. 40: 36-44.
- Casas, A., Caballero, J. (1996). Traditional management and morphological variation in *Leucanea esculenta* (Fabaceae: Mimosoideae) in the mixtec región of Guerrero, México. *Economic Botany*. 50(2): 167-181.

- Casas, A., Vazquez, M. C., Viveros, J. L., Caballero, J. (1996). Plant Management among the Nahua and the Mixtec in the Balsas River Basin, Mexico: An Ethnobotanical Approach to the Study of Plant Domestication. *Human Ecology*. 24(4): 455-478.
- Casas, A., Pickersgill, B., Caballero, J., Valiente-Banuet, A. (1997a). Ethnobotany and domestication in Xoconochtlí, *Stenocereus stellatus* (Cactaceae), in the Tehuacán Valley and La Mixteca Baja, México. *Economic Botany*. 51(3): 279-292.
- Casas, A., Caballero, J., Mapes, C., Zárate, S. (1997b). Manejo de la vegetación, domesticación de plantas y origen de la agricultura en Mesoamérica. *Boletín de la Sociedad Botánica de México (Botanical Sciences)*. 61: 31-47.
- Casas, A., Valiente-Banuet, A., Caballero, J. (1998). La domesticación de *Stenocereus stellatus* (Pfeiffer) Riccobono (Cactaceae). *Boletín de la Sociedad Botánica de México (Botanical Sciences)*. 62: 129-140.
- Casas, A., Caballero, J., Valiente-Banuet, A. (1999a). Use, management and domestication of columnar cacti in south-central Mexico: A historical perspective. *Journal of Ethnobiology*. 19(1): 71-95.
- Casas, A., Caballero, J., Valiente-Banuet, A., Soriano, J. A., Dávila P. (1999b). Morphological variation and the process of domestication of *Stenocereus stellatus* (Cactaceae) in Central Mexico. *American Journal of Botany*. 86(4): 522-533.
- Casas, A., Otero-Arnaiz, A., Pérez-Negrón, E., Valiente-Banuet, A. (2007). *In situ* Management and Domestication of Plants in Mesoamerica. *Annals of Botany*. 100(5): 1101-1115.
- Casas, A., Parra, F. (2007). Agrobiodiversidad, parientes silvestres y cultura. *LEISA Revista de Agroecología*. 23:5-8.
- Casas, A., Camou, A., Otero-Arnaiz, A., Rangel-Landa, S., Cruse-Sanders, J., Solís, L., Torres, I., Delgado, A., Moreno-Calles, A. I., Vallejo, M., Guillén, S., Blancas, J., Parra, F., Farfán-Heredia, B., Aguirre-Dugua, X., Arellanes, Y., Pérez-Negrón, E. (2014). Manejo tradicional de biodiversidad y ecosistemas en Mesoamérica: el Valle de Tehuacán. *Investigación Ambiental Ciencia y política urbana*. 6(2): 23-44.
- Cervantes-Zamora, Y., Cornejo-Olgín, S. L., Lucero-Márquez, R., Espinoza-Rodríguez, J. M., Miranda-Viquez, E., Pineda-Velázquez, A. (1990). Provincias Fisiográficas de México. Extraído de Clasificación de Regiones Naturales de México II, IV. 10.2. Atlas Nacional de México, Vol. II. Escala 1: 4000000. Instituto de Geografía, UNAM. México.
- Chacón-Sánchez, M. (2009). Darwin y la domesticación de plantas en las américas: el caso del maíz y el frijol. *Acta Biológica Colombiana*. 14S: 351-364.
- CONABIO. (2012). México como centro mundial de domesticación y origen de las plantas cultivadas. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. *In*: <http://www.biodiversidad.gob.mx/genes/centrosOrigen/mexicoCMundial.html>. Consultado el 31 de Octubre del 2015.
- CONEVAL. (2010a). Medición de la pobreza, 2010. Indicadores de pobreza por municipio. Estimaciones con base en el MCS-ENIGH 2010 y la muestra del Censo de Población y Vivienda, 2010. *In*: <http://web.coneval.gob.mx/Medicion/Paginas/Medicion/Anexo-estadístico-municipal-2010.aspx> Consultado el 20 de Octubre del 2015.
- CONEVAL. (2010b). Grado de Rezago Social por entidad federativa 2010. Estimaciones del CONEVAL con base en Censo de Población y Vivienda 2010. *In*: <http://www.coneval.gob.mx/cmsconeval/rw/pages/medicion/cifras/rezago%20social%202010.es.do>

- Cruz, M. & Casas, A. (2002). Morphological variation and reproductive biology of *Polaskia chende* (Cactaceae) under domestication in Central Mexico. *Journal of Arid Environments*. 51: 561-576.
- Ehrlén, J. (1991). Why do plants produce surplus flowers? A reserve-ovary model. *The American Naturalist*. 138(4): 918-933.
- Elorza Martínez, P., López Herrera, M., Hernández Fuentes, A. D., Olmedo Pérez, G., Domínguez Barradas, C., Maruri García, J. M. (2007). Efecto del tipo de tutor sobre el contenido de vainillina y clorofila en vainas de vainilla (*Vanilla planifolia* Andrews) en Tuxpan, Veracruz, México. *Revista UDO Agrícola*. 7(1): 228-236.
- Emperaire, L., Pinton, F., Second, G. (1998). Gestion dynamique de la diversité variétale du manioc en Amazonie du Nord-Ouest. *Nature, Sciences et Sociétés*. 6(2): 27-42.
- Galen, C. (1999). Why Do Flowers Vary? The functional ecology of variation in flower size and form within natural plant populations. *BioScience*. 49(8): 631-640.
- Gamboa-Gaitán, M. A. (2014). Vainillas colombianas y su microbiota. II. Diversidad, cultivo y microorganismos endófitos. *Universitas Scientiarum*. 19(3): 287-300. Doi: 10.11144/Javeriana.SC19-3.vcmd
- García, E.-Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). (1998). Climas, clasificación de Köppen, modificado por García. Escala 1:1000000. México.
- García-Marín, P. C., Zizumbo, V. D. (1993). Evolución bajo agricultura tradicional y desarrollo sustentable. *In: Cultura y Manejo Sustentable de los Recursos Naturales*. Leff, E., Carabias, J. (Coordinadores). CIIH-UNAM/Miguel Ángel Porrúa. 123-163 pp. ISBN: 968-842-351-3.
- García, N. J. (2013). Exploración etnobotánica y alternativas de conservación de la vainilla (*Vanilla planifolia* J.) en la Sierra Nororiental de Puebla, México. Tesis de Licenciatura en Desarrollo Sustentable. Universidad Intercultural del Estado de Puebla, Huehuetla, Puebla. 1-87 pp.
- Gentry, A. H. (1988). Changes in plant community diversity and floristic composition on environmental and geographical gradients. *Annals of the Missouri Botanical Garden*. 75(1): 1-34.
- Gepst, P. (2004). Crop domestication as long-term selection experiment. *Plant Breeding Reviews*. 24(2): 1-44.
- González-Insuasti, M. S., Caballero, J. (2007). Managing Plant Resources: How Intensive Can it be? *Human Ecology*. 35(3): 303-314.
- Guber, R. (2001). La etnografía, método, campo y reflexividad. Grupo editorial Norma. Bogotá. 75-100 pp. ISBN: 958-04-6154-6.
- Hamui-Sutton, A. (2013). Un acercamiento a los métodos mixtos de investigación en educación médica. *Investigación en Educación Médica*. 2(8): 211-126.
- Hajjar, R., Jarvis, D. I., Gemmill-Herren, B. (2008). The utility of crop genetic diversity in maintaining ecosystem services. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 123: 261-270.
- Heiser, C. B. (1988). Aspect of unconscious selection and the evolution of domesticated plants. *Euphytica*. 37: 77-81.
- INEGI. (2009). Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos.
- INEGI. (2010). Marco Geoestadístico Municipal, versión 4.2.

- INEGI. (2011). Censo de Población y Vivienda, 2010. México.
- Kelso Bucio, H. A., Khalidou-Mamadou, B., Sánchez Morales, S., Reyes López, D. (2012). Estudio experimental para la determinación de los coeficientes de cultivo de la vainilla (*Vanilla spp*). Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. 4: 659-663.
- Linhart, Y. B., Grant, M. C. (1996). Evolutionary significance of local Genetic differentiation in plants. Annual Review of Ecology and Systematics. 27: 237-277.
- Ller, A. M., Høye, T. T., Inouye, D. W., Schmidt, N. M. (2013). Nonlinear flowering responses to climate: are species approaching their limits of phenological change? Philosophical Transactions of the Royal Society B. 368: 20120498.
- Maceda, R. A. (2015). Distribución potencial, caracterización morfológica y conocimiento tradicional de *Vanilla planifolia* J. en la región de la huasteca hidalguense, México. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados de Chapingo, campus Puebla. 1-117 pp.
- Massieu, Y. C., Chapela, M. F. (2007). Capítulo IX: Valoración de la biodiversidad y el conocimiento tradicional: ¿un recurso público o privado? *In*: Concheiro, B. L., López, B. F. (Coord.). (2007). Biodiversidad y conocimiento tradicional en la sociedad rural, entre el bien común y la propiedad privada. CEDRSSA, México. 339-379 pp.
- McKey, D., Elias, M., Pujol, B., Duputié, A. (2010). The evolutionary ecology of clonally propagated domesticated plants. New Phytologist. 186(2): 318-332.
- Miller, A. J., Gross, B. L. (2011). From forest to field: Perennial fruit crop domestication. American Journal of Botany. 98(9): 1389-1414.
- Morris, M. L. & Bellon, M. R. (2004). Participatory plant breeding research: Opportunities and challenges for the international crop improvement system. Euphytica. 136: 21-35.
- Muñoz, G. A. (2012). Medicina tradicional en la Huasteca Potosina Glosario médico español tenek. Ed. Fundación Universitaria Andaluza Inca Garcilaso. 19-28 pp. *In*: <http://www.eumed.net/libros-gratis/2013/1284/index.htm>
- Nates-Parra, G. (2005). Abejas silvestres y polinización. Manejo integrado de Plagas y Agroecología (Costa Rica). 75: 7-20.
- Nattero, J., Malerba, R., Medel, R., Cocucci, A. (2011). Factors affecting pollinator movement and plant fitness in a specialized pollination system. Plant Systematics and Evolution. 296: 77-85.
- Okuda, B. M., Gómez-Restrepo, C. (2005). Métodos en investigación cualitativa: triangulación. Revista Colombiana de Psiquiatría. 34(1): 118-124.
- Olsen, K. M., Schaal, B. A. (2007). Insights on the Evolution of a vegetatively propagated crop species. Molecular Ecology. 16(14): 2838-2840.
- Osorio, A. I., Osorio, V. N.W., Díez, M. C., Moreno, F. H. (2014). Nutrients status and vegetative growth of *Vanilla planifolia* Jacks plants as affected by fertilization and organic substrate composition. Acta agronómica. 63(4): 326-334.
- Pairo, V., Oliva, G. E., Cocucci, A. A., Sérsic, A. N. (2012). Geographic patterns and environmental drivers of flower and leaf variation in an endemic legume of Southern Patagonia. Plant Ecology & Diversity. 5(1): 13-25.
- Parra, F., Blanca, J. J., Casas, A. (2012). Landscape management and domestication of *Stenocereus pruinosus* (Cactaceae) in the Tehuacán Valley: human guided selection and gene flow. Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine. 8: 32.

- Pedraz, M. A., Zarco, C. J., Ramasco, G. M., Palmar, S. AM. (2014a). Capítulo 8: El análisis en la investigación cualitativa. *In: Investigación cualitativa*. Elsevier. 97-104. [doi:10.1016/B978-84-9022-445-8.00008-1](https://doi.org/10.1016/B978-84-9022-445-8.00008-1)
- Pedraz, M. A., Zarco, C. J., Ramasco, G. M., Palmar, S. AM. (2014b). Capítulo 4: La observación participante. *In: Investigación cualitativa*. Elsevier. 45-57. [doi:10.1016/B978-84-9022-445-8.00004-4](https://doi.org/10.1016/B978-84-9022-445-8.00004-4)
- Pellissier, L., Vittoz, P., Internicola, A.I., Bienvenu, G. LD. (2010). Generalized food-deceptive orchid species flower earlier and occur at lower altitudes than rewarding ones. *Journal of Plant Ecology* 3(4): 243-250.
- Pickersgill, B. (2007). Domestication of Plants in the Americas: Insights from Mendelian and Molecular Genetics. *Annals of Botany*. 100: 925-940.
- Plan Rector del Sistema Producto Vainilla. Consultado el 10 de Noviembre del 2014. *In: <http://www.sistemaproductoslp.gob.mx/vainilla/index.php#>*
- Purugganan, M. D., Fuller, D. Q. (2011). Archaeological data reveal slow rates of evolution during plant domestication. *Evolution*. 65(1): 171-183.
- Ramanatha, R. V. & Hodgkin, T. (2002). Genetic diversity and conservation and utilization of plant Genetic Resources. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture* 68: 1-19.
- Ramírez, C., Rapidel, B. (1999). Principales factores agronómicos restrictivos en el cultivo de la vainilla y su alivio en la zona de Quepos, Costa Rica. Conferencia 66. XI. Congreso Nacional Agronómico. 309-313 pp.
- Raya-Pérez, J. C., Aguirre-Mancilla, C. L., Gil-Vega, K., Simpson, J. (2010). La domesticación de plantas en México: comparación de la forma cultivada y silvestre de *Brysonima crassifolia* (Malpighiaceae). *Polibotánica*. 30: 239-2356.
- Rodríguez-Arévalo, I., Casas, A., Lira, R., Campos, J. (2006). Uso, manejo y procesos de domesticación de *Pachycereus hollianus* (F.A.C. Weber) Buxb. (Cactaceae), en el valle de Tehuacán-Cuicatlán, México. *Interciencia*. 31(9): 677-685.
- Ruvalcaba, M. J. (2004). La agricultura de roza en la huasteca, ¿Suicidio o tesoro colectivo? *In: Ruvalcaba, M. J., Pérez, Z, JM., Herrera, O. (Coord.). La huasteca, un recorrido por su diversidad*. CIESAS, Colegio de San Luis Potosí, A. C., Colegio de Tamaulipas. 179 pp.
- Salazar-Rojas, V. M., Herrera-Cabrera, B. E., Delgado-Alvarado, A., Soto-Hernández, M., Castillo-González, F., Cobos-Peralta, M. (2012). Chemotypical variation in *Vanilla planifolia* Jack. (Orchidaceae) from the Puebla-Veracruz Totonacapan region. *Genetic Resources and Crop Evolution*. 59: 875-887.
- Sanda, S.L., Amasino, R. M. (1996). Ecotype-Specific Expression of a Flowering Mutant Phenotype in *Arabidopsis thaliana*. *Plant Physiology*. 111: 641-644.
- Sandring, S., Riihimäki, M-A., Savolainen, O. & Ågren, J. (2007). Selection on flowering time and floral display in an alpine and lowland population of *Arabidopsis lyrata*. *Journal of Evolutionary Biology*. 20(2): 558-567.
- Seoane, T., Martín, J. L. R., Martín-Sánchez, E., Lurueña-Segovia, S., Alonso Moreno, F. J. (2007). Capítulo 5: Selección de la muestra: técnicas de muestreo y tamaño muestral. *SEMERGEN-Medicina de Familia*. 33(7): 356-361.
- SPVSLP, Sistema Producto Vainilla de San Luis Potosí. (2008). Plan rector del sistema producto vainilla del estado de San Luis Potosí. Comité estatal del sistema producto vainilla de San Luis Potosí, A. C. Documento validado, el 30 de Julio de 2008.

- SPVSLP, Sistema Producto Vainilla de San Luis Potosí. (2009-2012). Plan rector para la competitividad del sistema producto vainilla del estado de San Luis Potosí. Comité estatal del sistema producto vainilla de San Luis Potosí, A. C. Última actualización: mayo 2012.
- SPVSLP, Sistema Producto Vainilla de San Luis Potosí. (2015). Plan rector del sistema producto vainilla del estado de San Luis Potosí: Estrategia para la competitividad. Comité estatal del sistema producto vainilla de San Luis Potosí, A. C. Publicado el 5 de Octubre del 2015.
- Soto Arenas, M. A. (2006). La vainilla: retos y perspectivas de su cultivo. *Biodiversitas* 66: 1-9.
- Soto Arenas, M. A. (2009). Recopilación y análisis de la información existente sobre las especies mexicanas del género *Vanilla*. Reporte intermedio, junio 2009. Herbario AMO, Instituto Chinoín, A. C.
- Sujatha, S., Bhat, R. (2010). Response of *Vanilla (Vanilla planifolia A.)* intercropped in arecanut to irrigation and nutrition in humid tropics of India. *Agricultural water management*. 97:988-994.
- Taylor, S. J. Bogdan, R. (1992). Introducción a los métodos cualitativos en investigación. La búsqueda de los significados. Ed Paidós, España. 100-132 pp.
- Toledo, V. M., Ordoñez, MJ. (2009). Zonas ecológicas de México. Extraído de los proyectos A006 y E021: Diagnóstico de los escenarios de la biodiversidad en México, fases 1 y 2. Escala 1: 1,000, 000. Centro de Ecología, UNAM. El proyecto fue financiado por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). México.
- Toledo, V. M. (2014). Civilización o barbarie: una mirada ecológico-política. Artículo de opinión en el diario nacional *La Jornada*. Publicado el martes 18 de marzo de 2014.
- Trinidad, G. K. L. (2014). Caracterización agroecológica de la vainilla (*Vanilla spp*) en la huasteca potosina. Tesis de Maestría en Ciencias Ambientales. Facultad de Ciencias Químicas, Ingeniería y Medicina. Universidad Autónoma de San Luis Potosí. 73-75 pp.
- Valuiskikh, O. E., Teteryuk, L. V. (2014). Phenotypic Variation of *Gymnadenia conopsea* (L.) R. Br. (Orchidaceae) in Marginal Populations on Limestones in the Northeast of European Russia. *Russian Journal of Ecology*. 45(1): 24-32.
- Vaughan, D. A., Balázs, E., Heslop-Harrison, J. S. (2007). From Crop Domestication to Super Domestication. *Annals of Botany*. 100: 893-901.
- Vodouhè, R., Dansi, A., Avohou, H. T., Kpèki, B., Azihou, F. (2011). Plant domestication and its contributions to *in situ* conservation of Genetic Resources in Benin. *International Journal of Biodiversity and Conservation*. 32(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. *The Scientific World Journal*. Volume 2012, Article ID 176939, 13 pp. doi:10.1100/2012/176939.
- Willems, J. H., Blinova, I. & Tromp, K. (2003). Intraspecific Variation in Orchid Populations in Two Different Climatic Areas in Europe: Murmansk Region and the Netherlands: 2. Population Fitness. *In: Blinova, I. (2012). Intra-and Interspecific Morphological Variation of Some European Terrestrial Orchids along a Latitudinal Gradient*. *Russian Journal of Ecology*. 43(2): 11-116.
- Zeder, M. A. (2006). Central Questions in the Domestication of Plants and Animals. *Evolutionary Anthropology*. 15: 105-117.
- Zeder, M. A., Emshwiller, E., Smith, B. D., Bradley, D. G. (2006). Documenting domestication: the intersection of genetics and archaeology. *Trends in Genetics*. 22(3): 139-155.
- <http://www.ceepacslp.org.mx/ceepac/uploads2/files/Los%20electos%202012%20Ayuntamientos%20parte%202.pdf>

CONCLUSIONES GENERALES Y REFLEXIÓN DEL TRABAJO

6.1 Conclusiones

La distribución actual de *Vanilla planifolia* se concentra en nueve municipios de la Huasteca potosina (Aquismón, Axtla de Terrazas, Coxcatlán, Huehuetlán, Matlapa, Tamazunchale, Tampacán, Tampamolón Corona y Xilitla), que están localizados en gran parte de la subprovincia del Carso Huasteco y muy pocas en la subprovincia de Llanuras y lomeríos. Su ubicación geográfica corresponde a zonas y valles montañosos, con pronunciadas pendientes y zonas rupícolas, donde abunda la selva perennifolia y diversos agroecosistemas. Por lo que, en su área de distribución coexisten cinco tipos de ambientes, que están determinados por el régimen hídrico del suelo, la altitud y el tipo de clima; empero, el régimen hídrico del suelo es el factor que más contribuye a la diferenciación de estos ambientes que habita vainilla.

El área de distribución potencial de *V. planifolia* se acota a 13 municipios de la región Huasteca de San Luis Potosí, México (Aquismón, Axtla de Terrazas, Coxcatlán, Huehuetlán, Matlapa, San Antonio, San Martín Chalchicuautla, Tamazunchale, Tampacán, Tampamolón Corona, Tancanhuitz de Santos, Tanlajás y Xilitla). Estos municipios comprenden una zona prioritaria de conservación para esta especie, ya que presentan las condiciones ambientales óptimas para su desarrollo. Los factores que limitan la distribución espacial de esta orquídea son la precipitación del mes más seco, el régimen de humedad del suelo y la precipitación del trimestre más seco.

Vanilla planifolia presenta variación morfológica infraespecífica a través de cinco morfotipos, en la región Huasteca potosina. Los caracteres que diferencian a estos morfotipos, se concentran en la parte proximal y distal de labelo, y los ángulos internos de la parte media del labelo. Estos morfotipos pueden tener formas redondas, globulares o alargadas en sus lóbulos.

Es posible que la variación morfológica de esta orquídea, se deba a la base genética que albergan los especímenes silvestres y cultivados de la Huasteca potosina. Por otro lado, los cinco morfotipos comparten varias características ambientales, por lo que no existe un patrón ambiental o geográfico que influya directamente en los rasgos morfológicos de esta especie. Los morfotipos I, II y III se encuentran restringidos a hábitats más específicos, mientras los morfotipos IV y V tienen la capacidad de distribuirse en diferentes entornos.

En la Huasteca potosina apenas se inicia el proceso de manejo *in situ* de *V. planifolia*. Existen cinco etapas de intensidad de manejo: 1) la recolección de vainas, 2) la tolerancia de guías en sus terrenos, 3) la inducción y protección de guías, 4) el transplante de individuos y fomento de esquejes y 5) la plantación y cuidados específicos. Su manejo está asociado a cuatro aspectos fundamentales: 1) el relieve natural donde se ubica, 2) el conocimiento biológico y saber campesino acerca de esta especie, 3) el capital social de cada agricultor y 4) las decisiones tomadas por los agricultores para fomentar su abundancia. Dicho proceso se encuentra bajo diferentes contextos, ligados al perfil de cada agricultor como sus necesidades, posición social, recursos disponibles, entre otros.

Se sabe que esta especie data desde el siglo XIX en la región, sin embargo, no había sido usada y aprovechada hasta hace una década. El uso y aprovechamiento de esta especie ha generado la formación de una sociedad vainillera en la región, que comienza a construir el capital simbólico de la vainilla en la Huasteca potosina. En el manejo son importantes las relaciones sociales que entablan los agricultores, con los diversos actores sociales y tomadores de decisiones, ya que puede detonar la diversificación y conservación de la variación morfológica de esta especie, a través de los cafetales y acahuales, que son los agroecosistemas más exitosos para el manejo de esta orquídea.

Finalmente, se determinó que la variación morfológica de *V. planifolia*, en su forma silvestre y cultivada no es producto del manejo de esta especie, ni de su ambiente.

6.2 Perspectivas desprendidas de esta investigación

La Huasteca potosina es una zona activa donde se distribuye de manera natural *V. planifolia*. Por lo que la región es un corredor biológico de esta orquídea, que se concentra en gran parte de la Sierra Madre Oriental. Esta zona es una región prioritaria para la conservación y el manejo de las poblaciones silvestres de esta orquídea, en el territorio mexicano. Aunque se desconoce si esta zona pueda ser un centro de diversidad genética, como se estipula en la ley de bioseguridad de organismos genéticamente modificados (Nueva Ley DOF 18-03-2005).

Las áreas de plantación o cultivo de *V. planifolia* pueden funcionar como un modelo de conservación para esta especie en diversos agroecosistemas, dado que está muy amenazada. Es importante la germinación de semillas e introducción de estos materiales a cultivos. Así como analizar las implicaciones de la propagación vegetativa y la autopolinización para dar un manejo y uso adecuado del germoplasma primario de *V. planifolia*. Otro aspecto puntual en su aprovechamiento es involucrar la participación de los jóvenes, mujeres y núcleos familiares para la toma de decisiones de esta especie.

Después de esto, ¿Cuáles son las regiones prioritarias para el manejo *V. planifolia* en México? Por lo que se sugiere realizar estudios de percepción remota que puedan evitar la reducción del germoplasma local de *V. planifolia*, dentro de esta entidad.

Es fundamental conocer la parte social vinculada al recurso genético de *V. planifolia* para generar una identidad y economía regional de la vainilla que fortalezca de manera directa a los vainilleros en la Huasteca potosina.

6.3 Prioridades de investigación en el futuro

El primer paso es identificar ¿Cuál es la variabilidad genética existente entre las poblaciones de *V. planifolia* en el estado de San Luis Potosí, México? Y subsecuentemente, ¿Cómo y cuál es el estado de arte de la conservación de *V. planifolia*

en el estado de San Luis Potosí? Para determinar la abundancia y el estado de las poblaciones de *V. planifolia*, en la Huasteca potosina. Esto con el objetivo de conocer su dinámica poblacional a través de matrices demográficas y metodologías asequibles a su dinámica poblacional, esto puede conducir a las siguientes preguntas ¿Cómo es la dinámica metapoblacional de *V. planifolia*? y ¿Cómo será su dinámica poblacional en un futuro?

El siguiente paso es saber ¿Cuál es efecto de la distribución sobre la dinámica de las poblaciones de *V. planifolia* en San Luis Potosí y en el territorio mexicano? ¿Cuál es el patrón de distribución espacial específico para las poblaciones de *V. planifolia* en la república mexicana? ¿Cuáles son los factores limitantes para la distribución espacial de las poblaciones de *V. planifolia* a nivel país? Y ¿Cuál es la capacidad de dispersión de esta especie?

Posteriormente, es importante realizar estudios de genética del paisaje para *V. planifolia* a nivel país, que expresen la influencia de los procesos ecológicos sobre la variación genética dentro de los Estados Unidos Mexicanos. Así como efectuar una exploración biogeográfica de *V. planifolia*, acerca de sus procesos históricos y datos ambientales actuales, en las regiones naturales y culturales donde se distribuye. De modo que se entienda, ¿Cómo cambiaron las condiciones ambientales de *V. planifolia* a través del tiempo? ¿Cómo ha sido la variación del clima donde se distribuye *V. planifolia* a través del tiempo? ¿Cómo será el clima en las áreas actuales de distribución de *V. planifolia*? Por otro lado se plantea investigar, ¿Cómo afecta el cambio climático la distribución de las poblaciones de *V. planifolia* en el estado de San Luis Potosí? ¿Cuál es el comportamiento de las poblaciones de *V. planifolia* ante el cambio climático? ¿Cuáles son los procesos fisiológicos de *V. planifolia* ante las variaciones de temperatura, sequías, el régimen de humedad y las lluvias atípicas o precipitación? ¿Cómo es la variación fisiológica de *V. planifolia*? ¿Es posible que en *V. planifolia* existan termotipos y qué su distribución potencial pueda ser definida por un patrón de termotipos? De tal manera que los cambios de temperatura y precipitación, cambien y restrinjan la distribución de *V. planifolia*, al minimizar el crecimiento de las poblaciones en la Planicie

Costera y Golfo de México, y concentrar su incremento hacia las cordilleras de la Sierra Madre Oriental.

Esto da pie a realizar un estudio fitoclimático en las áreas de distribución geográfica de *V. planifolia*, en la Huasteca potosina y a nivel país para así determinar si existe una relación con la dispersión de los morfotipos de la vainilla.

Al mismo tiempo indagar sobre ¿Cuántas plantas (individuos) se pueden extraer de las poblaciones naturales de *V. planifolia* en la región Huasteca sin que estas sean afectadas? Para que siga el crecimiento de esta especie en el sitio de donde se extraen las guías. Esto puede contribuir a un modelo de aprovechamiento sustentable de *V. planifolia* en la región potosina.

Es indispensable plantear a largo plazo un plan de manejo para esta especie y pensar en la gestión de un vivero forestal comunitario, donde se puedan germinar las semillas nativas de *V. planifolia* y certificar sus esquejes para ser introducidos en la Huasteca potosina o alguna otra región donde sea viable. Todo este proyecto se tiene que configurar a través de la intervención de los investigadores, los agricultores y técnicos comprometidos, para poder ser planteado a distintas dependencias gubernamentales.

También, se propone ahondar en el estudio de ¿Cuáles son los nutrientes más adecuados y la cantidad que necesitan las plantas de *V. planifolia* en los diferentes sistemas de manejo en la Huasteca potosina? y en investigaciones sobre el hongo *Fusarium*.

Para terminar es necesario que todas estas interrogantes sean abordadas desde un plano de la transdisciplinariedad y saber ¿Cuál es el futuro de la vainilla? Y ¿Cuáles son las herramientas metodológicas que puedan responder a esto?