

UNIVERSIDAD VERACRUZANA  
CENTRO DE INVESTIGACIONES TROPICALES



DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA Y MOLECULAR DE *Vanilla* sp.,  
(ORCHIDACEAE) DE LA REGIÓN COSTA SUR DEL ESTADO DE JALISCO.

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE  
MAESTRA EN ECOLOGÍA TROPICAL

PRESENTA

MARÍA IVONNE RODRÍGUEZ COVARRUBIAS

Comité tutorial:

Dr. José María Ramos Prado

Dr. Mauricio Luna Rodríguez

Dr. Braulio Edgar Herrera Cabrera

Dra. Rebeca Alicia Menchaca García

XALAPA, VERACRUZ

JULIO DE 2012

## DECLARACIÓN

Excepto cuando es explícitamente indicado en el texto, el trabajo de investigación titulado "Descripción morfológica y molecular de *Vanilla* sp., (Orchidaceae) de la región Costa Sur del Estado de Jalisco" cuyo resultados se encuentran contenido en esta tesis, fue efectuado por la Lic. en Biología María Ivonne Rodríguez Covarrubias como estudiante de Maestría en Ecología Tropical entre agosto del 2009 y julio del 2011. Con la beca CONACyT para estudios de posgrado Número 41756.

La investigación reportada en esta tesis no ha sido utilizada anteriormente para obtener otro grado académico, ni será utilizada para tales fines en el futuro.



Candidata: María Ivonne Rodríguez Covarrubias



Director: Dr. José Ma. Ramos Prado  
Universidad Veracruzana (CITRO).



Cotutor: Dr. Mauricio Luna-Rodríguez  
Universidad Veracruzana (LATEX).



Cotutor: Dr. Braulio Edgar Herrera Cabrera  
Colegio de Postgraduados (COLPOS).



Cotutora: Dra. Rebeca Alicia Menchaca García  
Universidad Veracruzana (CITRO).

©2012

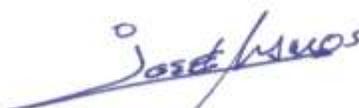
María Ivonne Rodríguez Covarrubias  
Derechos Reservados

## ACTA DE APROBACIÓN DE TESIS

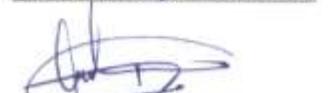
El presente documento: DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA Y MOLECULAR DE *Vanilla* sp., (ORCHIDACEAE) DE LA REGIÓN COSTA SUR DEL ESTADO DE JALISCO realizada por María Ivonne Rodríguez Covarrubias, ha sido aprobado y aceptado como requisito parcial para obtener el grado de Maestra en Ecología Tropical.

### COMITÉ TUTORIAL

Director:

  
José María Ramos Prado

Asesor:

  
Mauricio Luna Rodríguez

Asesor:

  
Braulio Edgar Herrera Cabrera

Asesora:

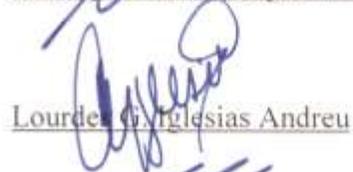
  
Rebeca Alicia Menchaca Garcia

### JURADO

Presidente:

  
Santiago Mario Vázquez Torres

Secretario:

  
Lourdes Iglesias Andreu

Vocal:

  
Angélica María Hernández Ramírez

## **DEDICATORIA**

Esta tesis se la dedico en especial al profesor Maestro emérito Roberto González Tamayo sus enseñanzas y su amistad.

También a mis padres, hermanas y hermano; por acompañarme siempre y su apoyo incondicional.

## **AGRADECIMIENTO**

A CONACyT por el apoyo de la beca para estudios de posgrado Número 41756. Así como al Centro de Investigaciones Tropicales por darme la oportunidad del Posgrado y al coordinador Odilón Sánchez Sánchez por su apoyo para que esto concluyera.

Al laboratorio de alta tecnología de Xalapa (LATEX), Doctor Mauricio Luna Rodríguez por darme la oportunidad de trabajar en el laboratorio, así como los reactivos. A mis compañeros que me apoyaron Marco Tulio Solórzano, Sergio Ventura Limón, Maricela Durán, Moisés Rojas Méndez y Gabriel Masegosa.

A Colegio de Postgraduados (COLPOS) de Puebla por el apoyo recibido durante mis estancias y el trato humano. En especial al Braulio Edgar Herrera Cabrera, Adriana Delgado, Víctor Salazar Rojas, Maximiliano, Alberto Gil Muños, Pedro Antonio López, por compartir sus conocimientos, su amistad y el apoyo.

A los investigadores de la Universidad Veracruzana Armando J. Martínez Chacón, Lourdes G. Iglesias Andreu, Pablo Octavio, Rebeca Alicia Menchaca García, Antonio Maruri García, José María Ramos Prado, Angélica María Hernández Ramírez, Santiago Mario Vázquez Torres y Luz María Villareal, por sus valiosas observaciones.

Al herbario del Instituto de Ecología (XAL) Sergio Avendaño, Carlos Durán Espinosa y Maricruz Peredo Nava. Así como al herbario de Instituto de Botánica de la Universidad de Guadalajara (IBUG) Raymundo Gonzales Delgadillo y al herbario ZEA del Instituto de Manantlán de Ecología y conservación de la Biodiversidad.

A mi novio Roldan González Basulto, mi hermano Pablo Esdras, a mis hermanas Yuridya Citlali y Yohana Prudencia, así como mis padres Pablo Rodríguez Covarrubias y Ma. Guadalupe Covarrubias Arciniega por estar para mí siempre y darme la fortaleza para terminar esto.

## RESUMEN

En México se reportan 10 especies del género *Vanilla*, de las cuales siete son aromáticas. El género se distribuye en la vertiente del Pacífico mexicano, desde Nayarit hasta Chiapas y en la vertiente del Golfo de México, desde Veracruz hasta Quintana Roo; así como en los estados de San Luis Potosí y Puebla. Para el estado de Jalisco se han reportado las especies *V. pompona* y *V. inodora*; sin embargo, colectas de una población silvestres aromática realizadas recientemente (año 2002, 2003 y 2006) en la Costa Sur de dicho estado no corresponden con las dos especies antes reportadas. Por ello, el objetivo de este trabajo fue determinar el grado de similitud morfológica y molecular de la población en estudio de vainilla aromática de la región Costa Sur del estado de Jalisco con respecto a *V. planifolia*, *V. odorata*, *V. tahitensis*, *V. insignis* y *V. pompona*. Se revisaron y consultaron ejemplares de los herbarios; IBUG, XAL, ZEA, AMES, MO, US y IREKANI, así como, estudios descriptivos de las especies en estudio, se utilizaron marcadores moleculares RAPDs para determinar el grado de similitud entre *Vanilla* sp., con ejemplares de Jalisco y Veracruz de *V. planifolia*, *V. insignis* y *V. pompona*. Mediante la revisión se encontró que *V. planifolia* y *V. pompona* son los que comparten similitudes morfológicas. Con ellos aproximó a *Vanilla* sp. al subgénero *Xanata* con especies de la sección *Xanata* como *V. pompona* y *V. planifolia*. Con los 9 iniciadores utilizados, se obtuvieron 102 bandas las cuales fueron analizadas con PAI,  $S_{ij}$ , PCoA, UPGMA y AFC. Los porcentajes de similaridad con índice de afinidad por pares (PAI) entre *Vanilla* sp. con *V. planifolia*, *V. insignis* y *V. pompona* va de 9.6 a 22.4 %, por lo que la similaridad parental no revelan la posibilidad de que sea un híbrido natural. El PCoA, UPGMA y AFC encontró que la población de *Vanilla* sp., de la Costa Sur del estado de Jalisco es una población diferente a *V. planifolia*, *V. insignis* y *V. pompona*.

## ÍNDICE

DECLARACIÓN .....	ii
ACTA DE APROBACIÓN DE TESIS.....	iii
DEDICATORIA .....	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
RESUMEN.....	vi
ÍNDICE .....	vii
LISTA DE FIGURAS .....	viii
LISTA DE TABLAS.....	x
INTRODUCCIÓN .....	xii
Preguntas de investigación.....	xiv
Objetivos .....	xiv
Hipótesis.....	xiv
CAPÍTULO 1: GENERALIDADES Y ASPECTOS HISTÓRICOS DEL GÉNERO <i>Vanilla</i> ... 1	
1.1 Clasificación y diversidad.....	1
1.2 Biología.....	5
1.3 Las especies en México.....	7
1.4 Enfoque de los estudios.....	8
1.5 Situación de los recursos genéticos.....	11
CAPÍTULO 2: CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA ZONA DE ESTUDIO .....	12
2.1 Historia.....	12
2.2 Mapas .....	14
2.3 Aspectos biogeográficos en el estado de Jalisco donde se encuentra el género <i>Vanilla</i> .....	15
2.3.1 Aspectos biogeográficos de la región Costa Sur del estado de Jalisco .....	16
2.3.2 Edafología .....	17
2.3.3 Clima.....	18
2.3.4 Uso de suelo y vegetación.....	20
CAPÍTULO 3: DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA DE <i>Vanilla</i> sp., DE LA COSTA SUR DEL ESTADO DE JALISCO.....	22
3.1 Metodología .....	23
3.1.1 Preservación y toma de datos.....	24
3.2 Resultados .....	25

3.2.1 Descripción de <i>Vanilla</i> sp. ....	25
3.2.2 Similitudes entre <i>Vanilla</i> sp. y <i>V. odorata</i> , <i>V. tahitensis</i> , <i>V. planifolia</i> , <i>V. pompona</i> y <i>V. insignis</i> .....	27
3.2.3 Floración <i>Vanilla</i> sp. ....	33
3.2.4 Hábitat <i>Vanilla</i> sp. ....	34
CAPÍTULO 4: CARACTERIZACIÓN MOLECULAR CON RAPDS DE <i>Vanilla</i> sp., DEL ESTADO DE JALISCO.....	38
4.1 Uso de RAPD en <i>Vanilla</i> .....	38
4.2 Metodología .....	39
4.2.1 Material vegetal y la extracción de ADN.....	39
4.2.2 RAPDs .....	40
4.2.3 Análisis de datos .....	41
4.3 Resultados .....	42
DISCUSIÓN .....	48
CONCLUSIÓN.....	50
LITERATURA CITADA.....	51
Anexo A: Lista de The Plant List del género <i>Vanilla</i> con 219 nombres de especies ordenados por estatus (2010).....	57
Anexo B: Temperaturas registradas de 2009 a 2011 en estación de Cuautitlán de García Barragán en estación Los pinos .....	60
Anexo C: Descripciones e ilustraciones de las especies afines a <i>Vanilla</i> sp.....	61
C.1 <i>Vanilla insignis</i> Ames, Soto-Arenas y Dressler 2010. ....	61
C.2 <i>Vanilla odorata</i> C.Presl, Soto-Arenas y Dressler 2010. ....	65
C.3 <i>Vanilla planifolia</i> G. Jacks. ex Andrews, Soto-Arenas y Dressler 2010.....	69
C.4 <i>Vanilla pompona</i> Schiede, Linnaea 4:573. 1829 (Actualización de Soto-Arenas y Dressler 2010) .....	74
Anexo D: Resultado de PCoA con RAPDs con las distancias de Jaccard entre las especies comparadas.....	83
Anexo E: Valores propios y porcentaje de inercia de las dimensiones.....	84

## LISTA DE FIGURAS

**Figura 1. Diversidad morfológica de especies del continente Americano: (a) *Vanilla cribbiana*, (b) *V. dressleri* Soto-Arenas, (c) *V. calyculata*, (d) *V. guianensis* Splitg., (e) *V. hartii*, (f) *V. phaeantha*, (g, h) *V. planifolia*, (i) *V. insignis*, (j) *V. phaeantha*, (k) *V. odorata*<sup>2</sup>, (l) *V. palmarum*<sup>2</sup> (Salzm. ex Lindl.) Lindl.,**

(m) <i>V. inodora</i> <sup>2</sup> , (n) <i>V. mexicana</i> . Fuentes: Soto-Arenas y Dressler 2010 p 347- 348, <sup>2</sup> Bory 2008, p 4 y <sup>3</sup> G. Chiron.....	2
Figura 2. Diversidad morfológica de especies del Europa, Asia y África: (a) <i>Vanilla africana</i> Lindl., (b) <i>V. albida</i> Blume, (c) <i>V. aphylla</i> Blume, (d) <i>V. imperialis</i> Kraenzl., (e) <i>V. humblotii</i> Rchb.f., (f) <i>V. madagascariensis</i> Rolfe, (g) <i>V. pilifera</i> <sup>2</sup> Holttum, (h) <i>V. perrieri</i> Schltr., (i) <i>V. bahiana</i> Hoehne, (j) <i>V. claviculata</i> Sw., (k) <i>V. barbellata</i> Rchb.f., (l) <i>V. polylepis</i> Summerh. Fuente: Bory 2008, p 4 y <sup>2</sup> Minoo et al. 2008, p 461.....	3
Figura 3. Relaciones filogenéticas entre algunas especies de <i>Vanilla</i> .....	4
Figura 4. Distribución de especies de <i>Vanilla</i> en México.....	8
Figura 5. Ilustración ideográfica de la vainilla (b) en el Códice de la Cruz-Badiano, 1552. Fuente: Bory 2008, p 15.....	9
Figura 6. Distribución de especies de <i>Vanilla</i> la zona cercanas .....	16
Figura 7. Provincias biogeográficas de la región Costa Sur del estado de Jalisco.....	17
Figura 8. Climas de la región Costa Sur del estado de Jalisco .....	18
Figura 9. Diagrama de temperatura media (°C) (1947-1983, 2009, 2010 y 2011) y precipitación total (1954, 1973, 2009, 2010 y 2011) de dos municipios de la Costa Sur de Jalisco. Uribe-Chávez 1992 y LNMYSR-INIFAP 2011.....	19
Figura 10. Precipitación anual de la Región Costa Sur del estado de Jalisco.....	20
Figura 11. Uso de suelo y vegetación de la región Costa Sur del estado de Jalisco .....	21
Figura 12. (a) Selección de flores en inflorescencia, (b) preservación en agua y (c) disección de flores de <i>Vanilla</i> sp. ....	25
Figura 13. (a y b) hoja de <i>Vanilla</i> sp., (c y d) hojas de <i>V. planifolia</i> , hojas de <i>Vanilla pompona</i> (e) de Villa Purificación, (f) de Pto. Vallarta, (g) de Mesa de Guadalupe. ....	31
Figura 14. <i>Vanilla</i> sp., (a) pubescencia ventral de columna, (b) labelo, (c) labelo de perfil y callos, (d) flor de perfil, (e) lóbulos laterales de columna, (f) labelo de frente, (g) flor de frente, (h) frutos secos naturalmente, (i) inflorescencia,(j) pétalos, sépalos y labelo extendidos y teñidos, (k y l) labelo extendido.....	35
Figura 15. <i>Vanilla</i> sp.: (a) tallo; (b) hoja nueva; (c) hojas maduras; (d) frutos en dehiscencia; (e) frutos beneficiados; (f) cortes de frutos conservados en agua destilada, etanol y glicerina (3:2:1); (g) corte de frutos frescos. ....	36
Figura 16. Especies con las que comparte hábitat <i>Vanilla</i> sp. ....	37
Figura 17. PCoA dimensional con la distancia de Jaccard de los resultados de RAPDs de las especies comparadas .....	45

Figura 18. Dendrograma de UPGMA con índice de Jaccard con bandas de RAPDs con las especies comparadas .....	46
Figura 19. De dos dimensiones de AFC con los resultados de RAPDs (está representado el 53.87 % de la variación) .....	47
Figura 20. Dibujo de la descripción original de <i>Vanilla insignis</i> Ames, Ames 1934, p. 103.....	63
Figura 21. Dibujo de ejemplar Mexicano de <i>Vanilla insignis</i> Ames, Soto-Arenas y Dressler 2010, p 317....	64
Figura 22. Distribución de <i>Vanilla insignis</i> en México .....	65
Figura 23. Primer dibujo con flor de <i>Vanilla odorata</i> Presl. De planta de Ecuador. Ames 1925, p 3. ....	67
Figura 24. Dibujo de <i>Vanilla odorata</i> Presl. de México. Soto-Arenas y Dressler 2010, p 323.....	68
Figura 25. Distribución de <i>V. odorata</i> en México .....	69
Figura 26. <i>Vanilla fragrans</i> (Salisb.) Ames – ( <i>V. planifolia</i> Andr.):.....	72
Figura 27. Distribución de <i>Vanilla planifolia</i> en México .....	74
Figura 28. Dibujo de <i>Vanilla pompona</i> Shieder .....	77
Figura 29. Distribución de <i>Vanilla pompona</i> en México .....	79
Figura 30. <i>Vainilla tahitensis</i> JW Moore: .....	81
Figura 31. Flor de frente de <i>V. tahitensis</i> . ikon.altervista.org 2011.....	82
Figura 32. Diversidad color del labelo de <i>Vanilla tahitensis</i> de Tahití: (a) cultivar Rea rea; (b) cultivar Haapape; (c) vista de flor de perfil, donde se observa el labelo revoluto. Odoux y Grisoni 2011, p 136. ....	82
Figura 33. La variación en tamaño, forma y color de frutos de vainilla de Tahití (etiqueta de 10 cm de largo): (a) Tahiti, (b) Haapape, (c) Rea rea, (d) Parahurahu, (e) Tahití, (f) Vainas maduras de Tahití en el cultivar Haapape. Odoux y Grisoni 2011, p 136. ....	82

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Descripción original del género <i>Vanilla</i> , realizada por Swartz .....	5
Tabla 2. Cuadro comparativo de especies con similitud.....	30
Tabla 3. Datos utilizados para el índice de similitud de Jaccard .....	32
Tabla 4 Porcentaje de similitud floral de <i>Vanilla</i> de la población de estudio comparada con; <i>V. odorata</i> , <i>V. tahitensis</i> , <i>V. planifolia</i> , <i>V. pompona</i> y <i>V. insignis</i> .....	32
Tabla 5. Relación y procedencia de ejemplares botánicos utilizados en el estudio. ....	40
Tabla 6. Secuencia de los iniciadores utilizados para la amplificación RAPDs .....	41
Tabla 7. Información de bandas generadas por los iniciadores utilizados para la amplificación RAPDs. ....	43
Tabla 8. Índice de afinidad por pares (PAI) con las bandas de RAPDs de especies aromáticas comparadas	43
Tabla 9. Índice de similitud de Jaccard ( $S_{ij}$ ) con las diferentes especies comparadas con las bandas de RAPDs .....	44



## INTRODUCCIÓN

En México, el género *Vanilla* presenta especies que fueron y aún son valoradas culturalmente por algunos grupos indígenas, por su uso en ceremonias religiosas, como medicina para la cura de enfermedades como la tuberculosis, etc. Actualmente, especies de este género, son muy apreciadas en la alimentación como saborizantes, en la industria farmacéutica o por sus aromas agradables, características que le han conferido gran importancia económica (Lubinsky *et al.* 2008; Rain y Lubinsky 2011).

La clasificación tradicional del género se ha basado en descripciones morfológicas (con material vegetativo y reproductivo), y la distribución geográfica, agrupando al género en dos secciones *Amphyllae* y *Folioseae* y tres subsecciones *Lamellosae*, *Papillosae* y *Membranacea* (Rolfe 1896; Portères 1954).

Por su parte, la actual clasificación del género considera además de los caracteres morfológicos y la distribución geográfica, caracteres moleculares. Agrupando así al género en dos subgéneros: a) el subgénero *Vanilla*, el cual contiene dos grupos, de los cuales uno (*V. mexicana*) está presente en México y b) el subgénero *Xanata*, formado por 18 grupos, de los cuales cuatro (*V. trigonocarpa*, *V. hostmanii*, *V. pompona* y *V. planifolia*) están presentes en México (Soto-Arenas y Cribb 2010).

Debido a que la mayoría de las descripciones de especies se han realizado con datos escasos y en ocasiones con material reproductivo ausente, el género presenta una importante dificultad en la identificación taxonómica. Para minimizar esta problemática, las herramientas moleculares han demostrado ser útiles para entender la filogenia del género (Soto-Arenas 2003; Bouetard *et al.* 2010; Pignal 2011; Bory *et al.* 2011; Cameron 2011).

En este trabajo se realiza la descripción morfológica y molecular de una población silvestre de *Vanilla* aromática, colectada en la costa sur del Estado de Jalisco, la cual no coincide morfológicamente con *V. inodora* Schiede y presenta diferencias morfológicas importantes con *V. pompona* Schiede. Es importante mencionar que estas dos especies son las únicas reportadas para el mencionado Estado, por lo que el objetivo de esta trabajo es determinar el grado de similitud morfológica y molecular entre la población colectada y las vainillas aromáticas de México (*V.*

*planifolia* Jacks. ex Andrews, *V. odorata* C. Presl, *V. tahitensis* J. W. Moore, *V. insignis* Ames y *V. pompona*.) con las que comparte características morfológicas (vegetativas y florales).

Entre los principales resultados encontrados, se pueden mencionar que la población de estudio (*Vanilla* sp.) presentó baja similitud morfológica y molecular con todas las especies comparadas (*V. insignis*, *V. odorata*, *V. planifolia*, y *V. pompona*). Además, los resultados de RAPDs muestran que *Vanilla* sp. es una población diferente a *V. insignis*, *V. planifolia* y *V. pompona*.

## Preguntas de investigación

- ✘ ¿Cuál es el grado de similitud morfológica y molecular de la especie de vainilla aromática de la población de estudio con las especies del género *Vanilla*?
- ✚ ¿Cuáles es el grado de similitud morfológicos de *Vanilla* sp. con el clado de las aromáticas del género?
- ✚ ¿Cuál es el grado de similitud molecular de *Vanilla* sp. con especies aromáticas: *V. pompona*, *V. planifolia* y *V. insignis*?

## Objetivos

### General

- Determinar el grado de similitud morfológica y molecular de vainilla aromática colectada en la Costa Sur del Jalisco con respecto al clado de las vainillas aromáticas.

### Particulares:

- Conocer los caracteres morfológicos de la población de estudio *Vanilla* sp.
- Determinar el grado de similitud morfológica entre *Vanilla* sp., y las especies aromáticas *V. planifolia*, *V. odorata*, *V. tahitensis*, *V. insignis* y *V. pompona*.
- Conocer la similitud molecular de *Vanilla* sp. con especies aromáticas: *V. planifolia*, *V. insignis* y *V. pompona*.

## Hipótesis

- La población de *Vanilla* sp., de la Costa Sur del estado de Jalisco presenta similitud en términos morfológicos y moleculares con especies aromáticas: *V. planifolia*, *V. insignis* y *V. pompona*.

# CAPÍTULO 1: GENERALIDADES Y ASPECTOS HISTÓRICOS DEL GÉNERO *Vanilla*

## 1.1 Clasificación y diversidad

La familia Orchidaceae comprende 20,000 especies de las cuales 7,000 se distribuyen en los trópicos (Dressler 1993; citado en Roubik, Hanson y Facio 2004). Dicha familia se considera la base del orden Asparagales (plantas monocotiledóneas), su aparición se estima de 76 a 119 millones de años, a partir de estudios moleculares de reloj biológico (Jassen y Bremer 2004; Ramírez *et al.* 2007; Cameron 2011).

Por otro lado, cerca de la base de esta familia se posiciona la subfamilia Vanilloideae, cuya aparición se estima en 62 millones de años, que contiene 200 especies en 15 géneros (Jassen y Bremer 2004; Ramírez *et al.* 2007; Cameron 2011). Se caracteriza por presentar una sola antera fértil, esta condición evolucionó de manera independiente a la familia, desarrollando un modelo floral único (Freudentein *et al.* 2002; citado en Cameron 2011).

Dicha subfamilia, se encuentra dividida en dos tribus Pogonieae y Vanillaeae, esta última incluye nueve géneros dentro de los que se encuentra *Vanilla*, el cual es el más diverso de la subfamilia por contener entre 103 y 110 especies (Portères 1954; Soto-Arenas y Cribb 2010; The Plant List 2010; Cameron 2011). A este género se le considera un modelo idóneo para conocer la aparición y evolución de los frutos aromático en las orquídeas (Bory *et al.* 2008a).

En términos biogeográficos, se ha sugerido que la dispersión pantropical de *Vanilla* ocurrió durante la separación transoceánica de Sur América con respecto a África (Gondwana) después del cretácico (25 millones de años), el cual abarcó al menos tres eventos de la migración, propiciando la separación del género en grupos (Bouetard *et al.* 2010).

La sistemática de la familia Orchidaceae es tan compleja que dentro del género *Vanilla* se reconocen diferentes cantidades en cuanto al número de especies: 110 especies (Portères 1954), 107 (Soto-Arenas y Cribb 2010; Soto-Arenas y Dressler 2010), 103 (The Plant List 2010) y 90 (Cameron y Chase 1999; citado en Bory *et al.* 2011). La distribución del género en América Tropical concentra 61 especies

nativas (Figura 1), en África 23 especies nativas, otras se encuentran en el sureste de Asia tropical y la India subcontinental (Figura 2). En las islas del Pacífico y en Australia, no se han reportado especies nativas de *Vanilla* (Cameron 2011).

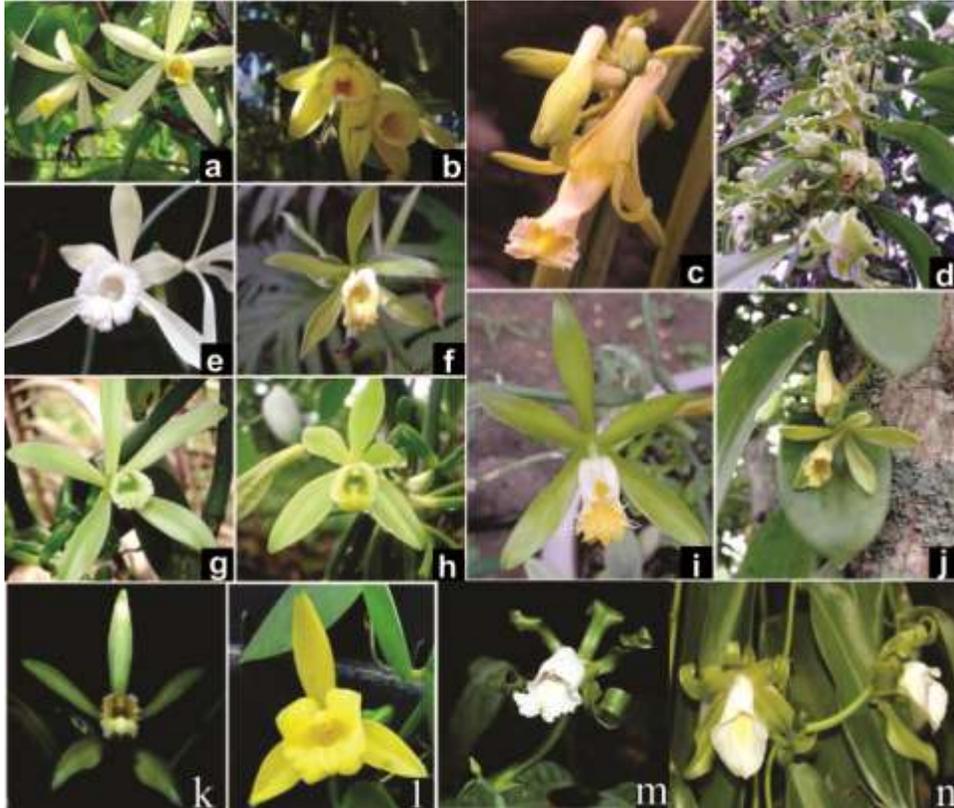


Figura 1. Diversidad morfológica de especies del continente Americano: (a) *Vanilla cribbiana*, (b) *V. dressleri* Soto-Arenas, (c) *V. calyculata*, (d) *V. guianensis* Splitg., (e) *V. hartii*, (f) *V. phaeantha*, (g, h) *V. planifolia*, (i) *V. insignis*, (j) *V. phaeantha*, (k) *V. odorata*<sup>2</sup>, (l) *V. palmarum*<sup>2</sup> (Salzm. ex Lindl.) Lindl., (m) *V. inodora*<sup>2</sup>, (n) *V. mexicana*. Fuentes: Soto-Arenas y Dressler 2010 p 347- 348, <sup>2</sup> Bory 2008, p 4 y <sup>3</sup>G. Chiron

Características como la predominancia de la propagación vegetativa, hibridación intraespecífica en áreas simpátricas y poliploidía del género *Vanilla*, ha ocasionado que se le considere un grupo taxonómico complejo “*Grupo Taxonómico Complejo*” (TCG por sus siglas en inglés). Dicha complejidad dificulta la clasificación y la selección de caracteres para la determinación de especies generando agrupaciones artificiales (Ennos *et al.* 2005; citado en Bory *et al.* 2011).

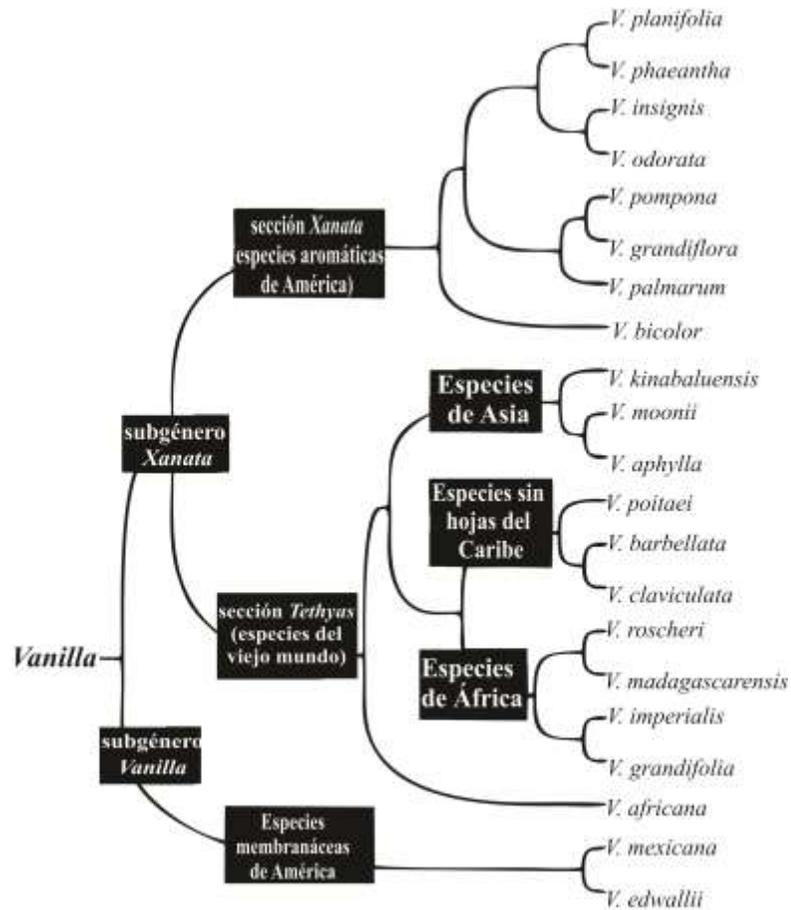


Figura 2. Diversidad morfológica de especies del Europa, Asia y África: (a) *Vanilla africana* Lindl., (b) *V. albida* Blume, (c) *V. aphylla* Blume, (d) *V. imperialis* Kraenzl., (e) *V. humblotii* Rchb.f., (f) *V. madagascariensis* Rolfe, (g) *V. pilifera*<sup>2</sup> Holttum, (h) *V. perrieri* Schltr., (i) *V. bahiana* Hoehne, (j) *V. claviculata* Sw., (k) *V. barbellata* Rchb.f., (l) *V. polylepis* Summerh.

Fuente: Bory 2008, p 4 y <sup>2</sup>Minoo *et al.* 2008, p 461.

La primera clasificación del género fue en las secciones *Amphyllae* y *Folioseae* (Rolfe 1896). La segunda revisión dividió la última sección en las subsecciones *Lamellosae*, *Papillosae* y *Membranacea* (Portères 1954). Estas secciones y subsecciones se consideran invalidas, ya que en los estudios moleculares las secciones son polifiléticas excepto la subsección *Membranacea* que es considerada parafiletica. Asimismo, estos estudios filogenéticos del género, mostraron la existencia de tres clados,

dos en América y uno en África, Asia y el Caribe. Los dos clados de América están compuestos uno por las especies aromáticas y otro las de hojas membranáceas (Figura 3) (Soto-Arenas 2003; Bouetard *et al.* 2010; Soto-Arenas y Cribb 2010; Cameron 2011).



Modificado de: Cameron, K. M. 2011. Vanilloid Orchids Systematics and Systematics and Evolution, pp. 1-13. En: E. Odoux y M. Grisoni, (ed.), Vanilla. Taylor and Francis Group. U.S.

Figura 3. Relaciones filogenéticas entre algunas especies de *Vanilla*.

En la última clasificación infragenética propone la subsección *Membranacea* como subgénero *Vanilla*; que se caracteriza por poseer tallos y hojas delgadas, raíces cortas y labelo no soldado a la columna. El segundo subgénero *Xanata* el cual se divide en dos secciones *Xanata* y *Tethya*; que se caracteriza por que sus plantas pueden tener hojas o estar ausentes, hojas coriáceas-carnosas, columna fusionada al labelo usualmente a más de la mitad (Figura 3) (Soto-Arenas y Cribb 2010).

Gran parte de la organización de este género responde a los mecanismos de reproducción uniparental, la hibridación en la misma área geográfica y poliploidía, con estos mecanismos se puede comprender

gran parte de la evolución de *Vanilla* (Crandall *et al.* 2000; Moritz *et al.* 2000; citados en Bory *et al.* 2011).

## 1.2 Biología

El género *Vanilla* debe su nombre al religioso y botánico francés C. Plumier, quien realizó la primera descripción botánica en 1703 basándose en tres especies del oeste de la India, sin embargo, no incluía a las especies mexicanas. Fue hasta 1799, que el botánico sueco Peter O. Swartz incluyó a las especies mexicanas; en la Tabla 1 se puede observar la descripción original en latín de Swartz (Rolfe 1896; Portères 1954).

Tabla 1. Descripción original del género *Vanilla*, realizada por Swartz.

VANILLA, Sw. *in Nov. Act. Soc. Sc. Upsal.*, vi. (1799) p. 66, t. 5. Sepala subæqualia, libera, patentia vel subpatentia. Petala sepalis subsimilia. Labelli unguis columnæ plus minusve adnatus, sæpissime tubum logum formans, limbus latus, integer vel trilobus, facie lævis, puberulus vel varie appendiculatus, medio sæpius cristatus, columna elongata, subincurva, apoda, ad latera stigmatis biauriculata. Anthera mergini clinandrio affixa, incumbens, conveza vel semiglobosa, operculata, loculis discretis, pollinia pulvereo-granulosa. Stigma transversum sub rostello situm; rostellum latum sabarticulatum. Capsula linearis vel oblonga, carnosa, tarde dehiscens; semina nigra, nítida.

Herbæ validæ, alte scandens, ramosæ, foliosæ vel aphillæ, ramis radices adventicias emittentibus. Folia coriaceæ vel carnosa, sessilia vel breviter petiolata. Racemi sæpissime axillares, subsessiles vel pedunculatis. Flores magni. Bracteæ ovatæ vel oblong sæpius parvæ.

La descripción actual del género agrupa especies herbáceas epífitas, hemiepífitas y en algunos casos también terrestres. Son plantas robustas de altura considerable. Presentan raíces en los entrenudos, de forma prolongada y cilíndrica, las cuales pueden estar libres o adheridas a la corteza del árbol; cuando están en el suelo son gruesas y pubescentes. Los tallos son gruesos y suculentos, de forma prolongada y cilíndrica o cuadrangular, algunas veces presentan un surco. Las hojas no articuladas, coriáceas o carnosas, raras veces reducidas a escamas o ausentes; sésiles o atenuadas en un pseudopécíolo. La inflorescencia axilar o terminal, rara vez subterminal, de flores efímeras, generalmente grandes y vistosas; sépalos y pétalos similares, labelo entero o trilobado; columna alargada, la antera ligada a los

bordes del clinandro, incúmbete, convexa, semiglobosa o algo cónica, polinios pulverulentos o granulados. Frutos alargados, carnosos, algunas veces aromáticos (Stevens *et al.* 2001; Soto-Arenas y Dressler 2003; Pridgeo *et al.* 2003).

Es un grupo termófilo con distribución pantropical, sin embargo está ausente en Australia. Se le puede encontrar tanto en los bosques subtropicales como en los ecuatoriales. Está presente en vegetación sabanoide, bosque lluvioso, bosque tropical caducifolio, bosque de galería y vegetación de duna costera (Pridgeo *et al.* 2003).

La reproducción sexual (clave en los procesos de evolución para la mayoría de las especies del género) requiere intervención externa, por el arreglo del rostelo que separa anteras y columna con una membrana (Soto-Arenas 2006; Bory *et al.* 2011).

En este sentido, es importante mencionar que los polinizadores han tenido un papel importante en su diversificación, cuya atracción o rechazo es determinada por las fragancias, resultado de la combinación y concentración química producida en el labelo. Entre sus polinizadores se encuentran insectos de los géneros *Eulaema*, *Euglossa* y *Eufriesea* (Roubik y Hanson 2004). De igual manera, son visitadas por *Melipona* y *Trigona*, algunas hormigas y colibrís (Lubinsky *et al.* 2006).

La especialización de polinizadores, el arreglo de las estructuras reproductivas y su fenología, son características consideradas un mecanismo pre-polinizador, además, representan una barrera para la hibridación (Dressler 1981; Gill 1989; citados en Bory *et al.* 2011). Por otro lado, se ha reportado hibridación interespecífica de manera natural (entre especies con distribución simpátricas) en Puerto Rico con *V. claviculata* y *V. barbellata* (Nielsen y Siegismund 1999; Nielsen 2000; Bory *et al.* 2011).

Sin embargo, se considera que la principal y más eficiente forma de reproducción natural dentro del género es la vegetativa, lo que sucede por el desprendimiento de fragmentos de plantas, que continúan su crecimiento. Este tipo de propagación es utilizado en cultivos, disminuyendo la variación entre individuos y ocasionando erosión genética. Pese a lo anterior, se han encontrado diferencias en fenotipos (de cultivos), situación que se puede explicar por a) el cúmulo de mutaciones somáticas, b) la germinación de semillas obtenidas por reproducción sexual o c) los diferentes niveles de poliploidía (Portères 1954; Bory *et al.* 2011; Roux-Cuvielier y Grisoni 2011).

Los eventos de poliploidía han provocado arreglos genómicos en las especies Africanas, por lo que se ha encontrado mayor tamaño en el genoma en comparación con las Americanas. Con respecto a esto, Bory *et al.* (2008, 2011) proponen que la variación en el tamaño del genoma es una característica del género, por tanto, es posible encontrar especies poliploides en diferentes niveles dentro de una misma especie.

### 1.3 Las especies en México

En el continente americano se distribuyen las especies del subgénero *Vanilla* con 15 especies; el subgénero *Xanata* sección *Xanata* con 35 especies y la sección *Tethya* con una especie (Soto-Arenas y Cribb 2010). En México concurren el subgénero *Vanilla* con el grupo *V. mexicana* Mill. representado por *V. inodora* Schiede y en el subgénero *Xanata* sección *Xanata* con cuatro grupos: 1) el grupo *V. trigonocarpa* representado por *V. hartii* Rolfe; 2) el grupo *V. hostmanii* representado por *V. cribbiana* Soto-Arenas; 3) el grupo *V. pompona* representado por *V. pompona* Schiede y *V. calyculata* Schltr.; 4) el grupo *V. planifolia* representado por *V. planifolia* Jacks. ex Andrews, *V. odorata* C. Presl, *V. insignis* Ames, *V. helleri* A.D.Hawkes y *Vanilla phaeantha* Rchb. (Soto-Arenas y Cribb 2010).

De estas *Vanilla inodora* no es aromática; *V. helleri* y *V. phaeantha* se desconoce si son aromáticas (Soto-Arenas y Dressler 2010); *V. planifolia*, *V. odorata*, *V. insignis* (Chase *et al.* 2003; Hagsater *et al.* 2005; Soto-Arenas y Dressler 2010), *V. calyculata*, *V. cribbiana*, *V. hartii* y *V. pompona* son aromáticas (Soto-Arenas 1999; Soto-Arenas y Dressler 2010);

La única de estas especies del género en México que está incluida en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 es *V. planifolia*, la cual está sujeta a protección especial y es considerada con distribución endémica. Muy pocas especies del género se encuentran en bancos de germoplasma y ninguna se contempla en programa de conservación *in situ* (Roux-Cuvielier y Grisoni 2011).

La distribución del género en nuestro país, abarca los estados de Nayarit, Jalisco, Colima, Michoacán, Guerrero, Oaxaca, Puebla, Veracruz, Chiapas, Tabasco, Campeche, Yucatán, y Quintana Roo (Figura 4) (Soto-Arenas y Dressler 2010; Salazar-Rojas *et al.* 2011).

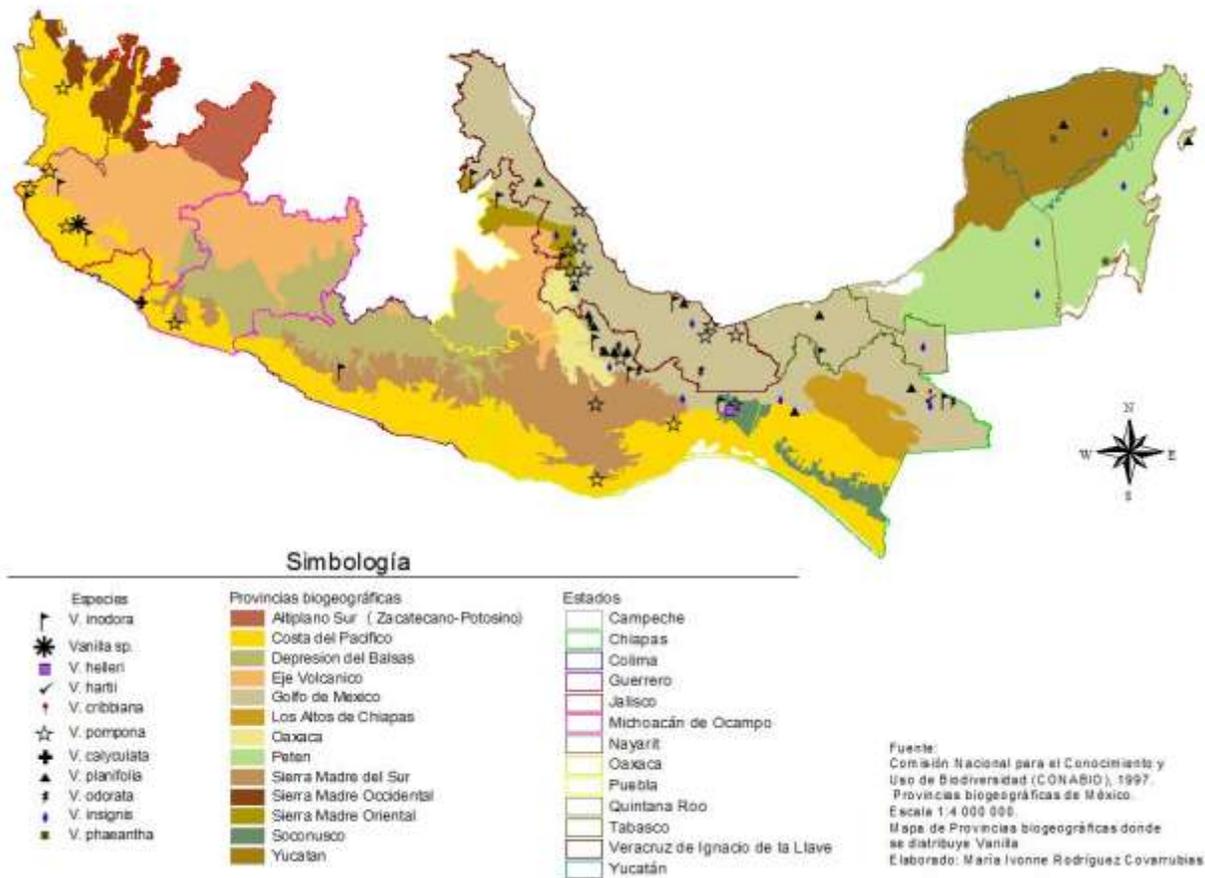


Figura 4. Distribución de especies de *Vanilla* en México

En el estado de Jalisco se han reportado dos especies: a) *V. pompona* en los municipios de San Sebastián, Talpa de Allende, Casimiro Castillo, Cabo Corrientes y Puerto Vallarta, y b) *V. inodora* en el municipio de Casimiro Castillo, Cabo Corrientes y Puerto Vallarta.

#### 1.4 Enfoque de los estudios

El primer documento en castellano que menciona la vainilla es el de B. Sahagún, “*Historia General de las Cosas de Nueva España*”, escrito en 1529 (Sahagún 1982). La primera orquídea ilustrada de Mesoamérica fue *V. planifolia*, la cual se conocía con el nombre náhuatl de *tilxochitl* (flor negra). Dicha ilustración se encuentra en el Códice de la Cruz-Badiano, escrito por Martín de la Cruz, en 1552 titulado “*Libellus de Medicinalibus Indorum Herbis*” (Figura 5) (Gómez 2008).



Figura 5. Ilustración ideográfica de la vainilla (b) en el Códice de la Cruz-Badiano, 1552. Fuente: Bory 2008, p 15

Por otro lado, el nombre científico de *Vanilla planifolia* se lo dio G. Jackson en 1808 luego de realizar la descripción en latín. Otras especies fueron descritas y publicadas en diferentes documentos; algunas se basaron en caracteres vegetativos inmaduros, en material estéril o con pocas flores (Soto-Arenas 1999; Soto-Arenas y Dressler 2010). Una de estas especies es *Vanilla odorata* (1930), la cual se describe sin sus flores, otro ejemplo es *Vanilla x tahitensis* J.W. Moore (1933), de la cual se describen sus estructuras florales incompletas en R. Portères (1954) y S. Lepers-Andrzejewki *et al.* (2011). Lo anterior ha dificultado el estudio del género.

El primer estudio del género *Vanilla* fue realizado por R. Alle Rolfe en 1896, en el cual describe 17 especies nuevas, de las cuales 29 son de América, 11 de Asia y 10 de África, llegando así a un total de 50 especies. El segundo estudio del género fue realizado por R. Portères en 1954, quien describe 110 especies, cuya distribución quedó de la siguiente manera: 52 especies para América, 31 para el sur-este de Asia y Nueva Guinea, 14 en África, 10 en Islas de Indias Oceánicas y 3 en Islas del Pacífico. El tercer estudio del género fue realizado por Miguel A. Soto-Arenas y Cribb en 2010, este autor plantea

una nueva clasificación, basada en sus resultados de análisis filogenéticos, además, reduce el número de especies a 106 y propone dos subgéneros *Vanilla* y *Xanata*.

Por otro lado, para conocer el origen de *Vanilla tahitensis* (propuesta como híbrido), se han realizado estudios moleculares aplicando RAPD (Besse *et al.* 2004) e ITS (Lubinsky *et al.* 2008), los resultados de estas técnicas moleculares sugieren su origen en Mesoamérica (zona Maya) y que descende de *V. planifolia* x *V. odorata*.

En 2008 P. Lubinsky *et al.* publica el “*Origen y dispersión de vainilla cultivada (Vanilla planifolia Jacks. ex Andrews [Orchidaceae])*”, en este artículo plantea que los esquejes cultivados alrededor de las zonas tropicales provienen del Totonacapan, también, menciona que los registros más antiguos de uso de vainilla pertenecen a los Mayas quienes poseen la mayor diversidad de plantas de esta especie.

En el año 2010 A. Bouetard *et al.* publican el artículo “*La evidencia de la dispersión transoceánica del género Vanilla basado en el análisis filogenético del ADN de plastidios*”, donde se invalida la clasificación molecular sub-genérica de Portères (1954), por lo que coinciden con Soto-Arenas (2010). En este mismo trabajo, los autores concluyen que al menos tres eventos de la migración transoceánica explican el patrón de distribución del género *Vanilla*, uno de África a Asia, de África a las Islas del Océano Indico y de África a las Islas del Caribe.

L. Knudson (1950) publica la “*Germinación de semillas de Vanilla*”, donde reporta por primera vez la producción de plántulas híbridas de vainilla *V. planifolia* x *V. pompona*, con el objetivo de obtener variación en las plantaciones para resistir la pudrición en raíz que afectaba los cultivos en Puerto Rico. En este mismo sentido, D. Mino *et al.* (2006) publicaron el trabajo “*Hibridación interespecífica en la vainilla y la caracterización molecular de los híbridos y progenies autofecundadas utilizando marcadores RAPD y AFLP*”.

Para conocer la “*Diversidad genética de la vainilla en sus áreas de dispersión secundaria*”, Duval *et al.* (2006) aplicaron la técnica molecular de AFLP, con lo que obtuvieron poca diversidad intra-específica. Por su parte, Verma *et al.* (2009) investigaron la diversidad genética entre nueve especies comparando resultados de RAPD y ISSR de individuos cultivados e híbridos de *Vanilla*, encontraron

que *V. andamica* es la especie más alejada del resto de las ocho especies, también reportan bajos niveles de variación entre *V. planifolia*–*V. tahitensis* y *V. albida*–*V. aphylla*.

Como se puede observar, la mayoría de las investigaciones sobre el género, están enfocadas a la especie *V. planifolia* por su valor comercial (Cameron 2011). La información generada, se refiere a varios ámbitos como, la producción en cultivos, descripción de componentes aromáticos, resistencia a enfermedades, historia, distribución, entre otros.

### 1.5 Situación de los recursos genéticos

La tendencia global del deterioro de la biodiversidad es resultado, entre otras causas, de la desaparición del hábitat; las investigaciones e informes de organismos internacionales y nacionales muestran recientemente que los recursos genéticos se encuentran en peligro, entre ellos el género *Vanilla* (Lubinsky 2003; Soto-Arenas 2006; Grisoni *et al.* 2007; Bory *et al.* 2008).

México representa el acervo genético primario de vainillas aromáticas, sin embargo, subsiste *in situ* un número muy limitado en estado silvestre, como resultado de la deforestación (Lubinsky 2003; Grisoni *et al.* 2007).

Comúnmente se cultivan alrededor del mundo tres especies aromáticas (*V. planifolia*, *V. tahitensis* y *V. pompona*), sin embargo, es en Mesoamérica donde se ha reportado la mayor diversidad cultivada y silvestre (Soto-Arenas 1999; Lubinsky 2007; Bory *et al.* 2008; Salazar-Rojas *et al.* 2011). Por lo que es necesario identificar las zonas que requieren estudios, a fin de resguardar lo mejor posible la diversidad (genética y de especies), así como determinar las fuentes de características deseables en las reservas genéticas primarias y secundarias, aclarar la taxonomía y filogenia del género (Grisoni *et al.* 2007).

## CAPÍTULO 2: CARACTERISTICAS GENERALES DE LA ZONA DE ESTUDIO

El estado de Jalisco se localiza en la zona tropical del hemisferio norte de México, donde se unen; Sierra Madre de Occidente con Sierra Madre del Sur y Sistema Neovolcánico (eje neovolcánico). Entre las latitudes 18°55'06" a 22°46'24" norte y las longitudes 101°20'54" a 105°41'20" oeste. En el que las llanuras extensas son escasas y dominan las montañas; derivando en una diversidad de climas y paisajes naturales (Barrera-Rodríguez y Zaragoza 1999).

La zona de estudio (donde fueron colectados los individuos de la población silvestre de *Vanilla*), corresponde a la región Costa Sur del mencionado estado, la región está formada por los municipios de Autlán de Navarro, Casimiro Castillo, Cihuatlán, Cuautitlán de García Barragán, La Huerta y Villa Purificación (<http://www.jalisco.gob.mx> 2011). Se ubica de las 20°3'0" a 19°8'0" de latitudes norte y las 105°13'0" a 104°0'0" de longitudes oeste. Se encuentran dos áreas naturales protegidas: a) la Reserva de la Biosfera Chamela-Cuixmala donde se han reportado 1200 especies de plantas, 422 especies de vertebrados, 1877 especies de artrópodos, 110 especies de peces, 71 especies de mamíferos, 65 especie de reptiles y 19 especies de anfibios (Castillo *et al.* 2009); b) la Reserva de la Biosfera Manantlán con 2774 especies de plantas vasculares de estas 30 endemismos locales, 336 especies de aves, 108 especies de mamíferos, 53 especies de reptiles y anfibios, y 16 especies de peces (Vásquez *et al.* 1995).

Es importante mencionar que esta región presenta la mayoría de asociaciones vegetales del estado: Bosque mesófilo de montaña, Bosque de *Abies* y/o *Cupressus*, Bosque de *Pinus* y *Quercus*, Bosque de *Pinus*, Vegetación xerófila de altura, Bosque tropical caducifolio, Bosque tropical espinoso, Bosque de galería, Bosque tropical subcaducifolio y Vegetación sabanoide (Vásquez *et al.* 1995).

### 2.1 Historia

Estudios arqueológicos indican la ocupación poblacional de la zona desde hace aproximadamente 3,000 años; los primeros grupos que ocuparon el área fueron los Otoncas, Tecuexes, Tepehuanes, Coanos y más tarde (durante el siglo VI) llegaron los Nahuas (Mountjoy 2008). Después de la llegada

de los españoles y durante el proceso de colonización, la población indígena se vio mermada considerablemente, muestra de esto es que en 1525 testimonios de frailes evangelizadores señalan la existencia de aproximadamente 200 000 indígenas; para el año 1661 se estimaba una población indígena de 527 habitantes. Los reportes poblacionales anteriores indican que en poco más de 100 años, la población indígena disminuyó en más del 99% (Regalado 2000; Rodríguez 1989).

Durante el siglo XVI algunos viajeros describen los paisajes de la zona de la siguiente manera: *paisajes pobres, calientes y difíciles de trabajar, así como “tierras de muchas aguas, así de lluvias como de ríos y fuentes”*. Fray Francisco Lorenzo en 1530, la describe como *“una naturaleza difícil de conquistar debido a la presencia de cerros, barrancas y pantanos”* (Castillo et al. 2009). Así mismo, en 1587, Antonio de Ciudad Real describe la población circundante de Autlán: *“parecen ahora en ruinas de casas y por muchos árboles frutales que hay en su contorno, entre los cuales ordinariamente tiene los indios sus pueblos, especial en tierra caliente”* (Ciudad-Real 1551-1617).

Los pocos registros históricos señalan que en los siglos posteriores, la costa de Jalisco permaneció olvidada y como un área “poco desarrollada” con baja densidad poblacional, infraestructura deficiente y escaso desarrollo económico, lo cual se explica por la existencia de pocos yacimientos mineros (Rodríguez 1989; Aldana 1990; Ortega 1995). Desde la colonia hasta principios del siglo XX, la economía se basó en haciendas agrícolas y ganaderas de gran extensión (Lara y Taboada 1996).

El aislamiento de la zona siguió hasta los primeros años del siglo XX, y fue hasta el periodo de 1943-1947 (durante el gobierno en Jalisco de Marcelino García Barragán) cuando surgió el Comité Pro Economía y Colonización de la Costa de Jalisco, el cual impulsaba la agricultura moderna en grandes extensiones, la explotación ganadera y de las riquezas boscosas, la construcción de obras de irrigación, y el desarrollo del sector industrial; asimismo, se contemplaba la explotación de los recursos naturales para el fomento turístico de esa “gran riqueza aún inexplorada”, como se enfatizó en el primer informe de gobierno de García Barragán en 1944 (Castillo 1991; Rodríguez 1991).

No obstante lo anterior, el mayor impulso al proceso de colonización de la zona, se dio con el gobernador Agustín Yáñez (1953-1959) a través del Programa de Colonización de la Costa de Jalisco; este programa tuvo como uno de sus principales propósitos, incorporar la región al desarrollo

económico de la entidad (Castillo 1991). El reparto (entre 1915 y 1940) a través de la Reforma Agraria fue una de las principales vías para el desarrollo de la costa (Aldana 1990).

El periodo (entre 1958 y 1976) que comprende tres sexenios (los de López Mateos, Díaz Ordaz y Echeverría) se repartió el 69% de la tierra que usufructúan los ejidatarios de la costa de Jalisco (Rodríguez, 1989); se amplió la frontera agrícola y se promovió el cultivo de pastizales y la introducción de variedades mejoradas de ganado (Ortega 1995). En este sentido, políticas como los Programas Nacional de Desmontes y de Ganaderización se reconocen como los causantes de la deforestación de los bosques tropicales en el país y por ende en la región (Castillo *et al.* 2005).

Por otro lado, en 1971 la UNAM creó la Estación de Biología Chamela, donde se llevaron a cabo inventarios sobre la riqueza biológica de la zona (Valenzuela 1994). En 1979 se intensificaron las exploraciones y colectas botánicas por científicos de la Universidad de Guadalajara y de la Universidad de Wisconsin, E.U. En 1985 se estableció el Laboratorio Natural las Joyas por la Universidad de Guadalajara, se creó el Área de Flora y su Herbario ZEA, destinada a implementar el proyecto de flora de la sierra de Manantlán (Vázquez *et al.* 1987).

En 1993 se decretó la Reserva de la Biosfera Chamela-Cuixmala (DOF 1994). En la actualidad, esta reserva se encuentra rodeada de ejidos y ranchos privados, así como de avecindados que no poseen tierras para la producción y trabajan en la industria turística, comercio, en ranchos privados o realizan pesca de forma artesanal (INEGI 2005).

## 2.2 Mapas

Se elaboraron mapas con el programa ArcView 3.2 usando información cartográfica de INEGI 2005 y CONABIO, para ubicar la zona de estudio y sus características geográficas. Se complementó la información con publicaciones de la zona.

### 2.3 Aspectos biogeográficos en el estado de Jalisco donde se encuentra el género *Vanilla*

En el estado de Jalisco se han reportado dos especies: a) *V. pompona* en los municipios de San Sebastián, Talpa de Allende, Cabo Corrientes, Puerto Vallarta, Casimiro Castillo y Villa Purificación, y b) *V. inodora* en el municipio de Cabo Corrientes, Puerto Vallarta y Casimiro Castillo. Las colectas más (2002 a 2010) recientes son de la región Costa Sur en la población de estudio y *V. pompona*, por otro lado se colectó 1988 material estéril que posiblemente corresponde a *V. inodora* es la única, en la actualidad ya no existe la especie en el sitio (Com. Personal Ramón Guzmán 2008). De la misma manera que no se ha encontrado *V. pompona* y *V. inodora* en el estado desde 1989 (Com. Personal 2009), y la colecta más reciente es desde 1998 (Soto).

La provincia biogeográfica donde convergen *V. pompona*, *V. inodora* y *Vanilla* de la población de estudio es la Costa del Pacífico. Esta provincia termina en las regiones biogeográficas Sierra Madre Occidental, Eje Volcánico y Sierra Madre del Sur (Figura 6). De la provincia Costa del Pacífico se divide en la subprovincia de Sierra de la Costa de Jalisco y Colima que se puede diferenciar por que carece de alineamientos estructurales de es a oeste. Esta subprovincia se encuentra rodeada por las dos subprovincias del eje Neovolcánico; la de Sierra de Jalisco y la del Volcan de Colima.

## SIMBOLOGÍA

### Especies

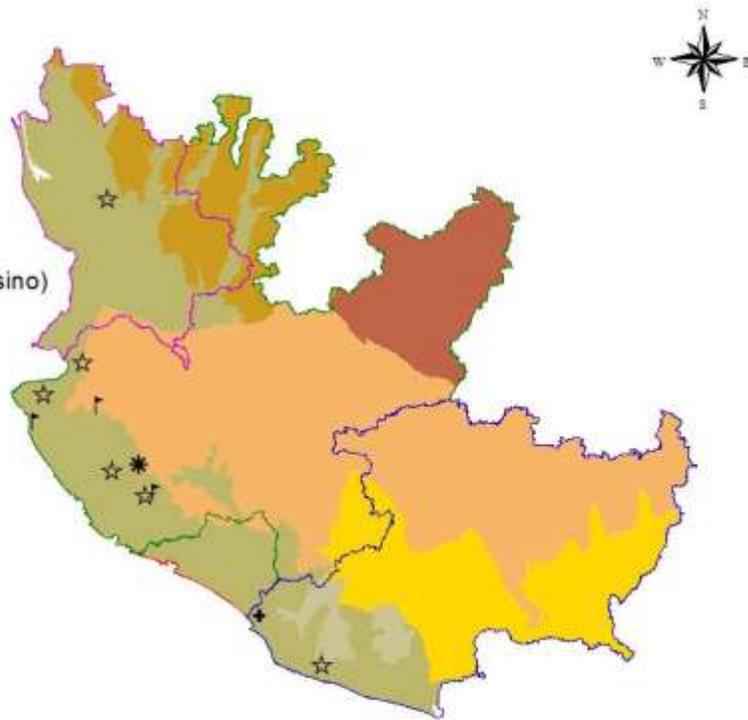
- \* *Vanilla sp.*
- † *V. inodora*
- ☆ *V. pompona*
- + *V. calyculata*

### Provincias biogeográficas

- Altiplano Sur (Zacatecano-Potosino)
- Costa del Pacífico
- Depresión del Balsas
- Eje Volcánico
- Sierra Madre del Sur
- Sierra Madre Occidental

### Estados

- Colima
- Jalisco
- Michoacán de Ocampo
- Nayarit



Fuente:  
Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de Biodiversidad (CONABIO), 1997.  
Provincias biogeográficas de México. Escala 1:4 000 000.  
Mapa de Provincias biogeográficas donde se distribuye Vanilla  
Elaborado: María Ivonne Rodríguez Covarrubias

Figura 6. Distribución de especies de *Vanilla* la zona cercanas

### 2.3.1 Aspectos biogeográficos de la región Costa Sur del estado de Jalisco

En esta región se encuentra la unión de dos reinos el holártico y el neotropical, razón por la que existen especies boreales en las montañas haciendo ecotonía con especies tropicales, estas últimas llegan a las partes bajas (Vásquez *et al.* 1995). Así mismo, convergen las provincias biogeográficas de la Costa del Pacífico y Eje Volcánico (Figura 7) (CONABIO 1997).

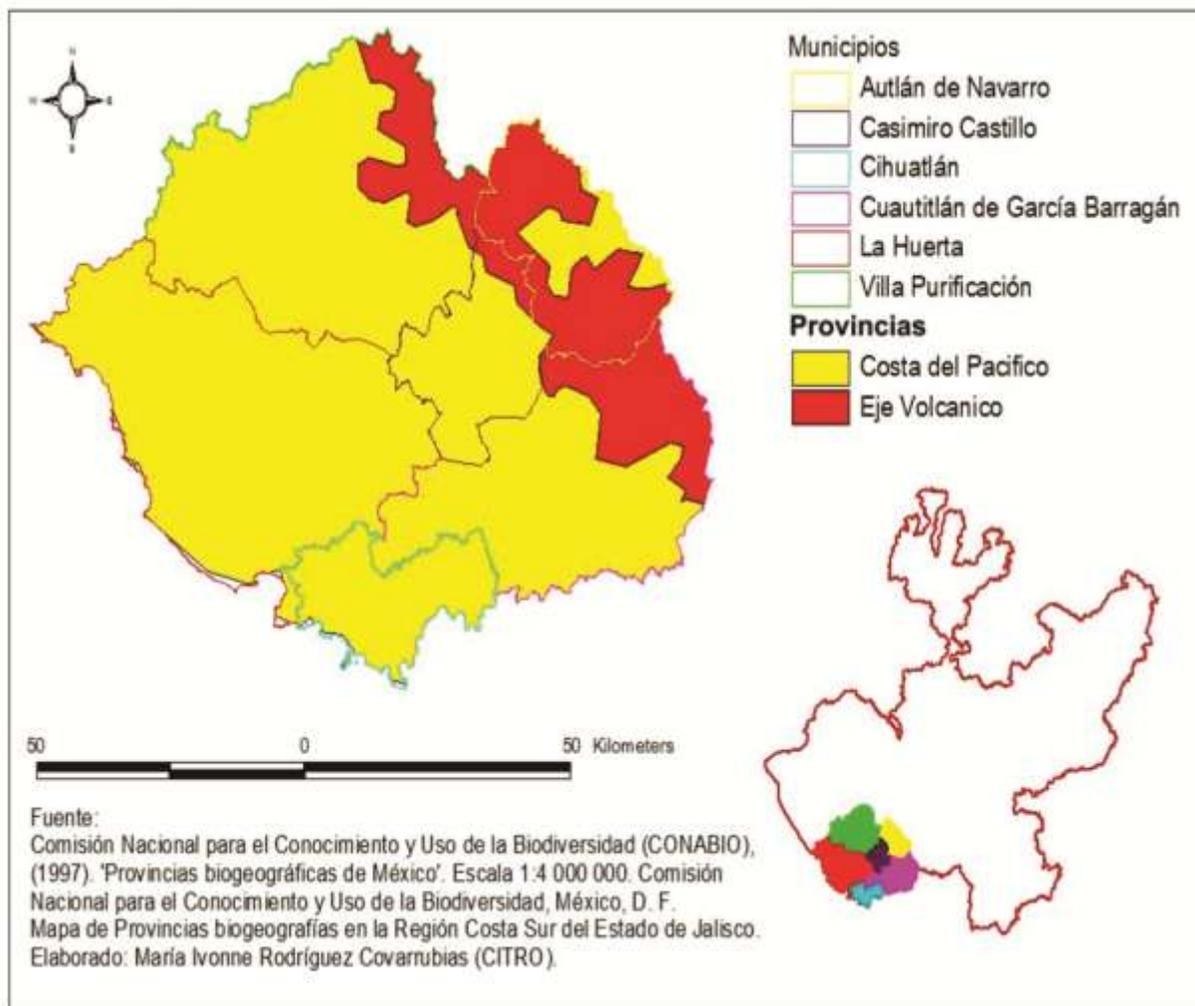


Figura 7. Provincias biogeográficas de la región Costa Sur del estado de Jalisco.

De acuerdo a la división florística propuesta por Rzedowski y Trujillo (1990), la zona de estudio se encuentra en la provincia florística de la Costa del Pacífico y Serranías Meridionales. Su topografía accidentada tiene un rango latitudinal de 0 a 2801 msnm (INEGI 2005).

### 2.3.2 Edafología

El sitio de estudio está compuesto principalmente por regosoles, leptosoles y feozem (INEGI 2011). Otros autores reportan regosol, acrisola, andosol, cambizo, castañozem, luviosol, y fluvisol. A su vez el tipo de rocas son; rocas ígneas: intrusiva ácidas, extrusiva ácidas e intrusivas intermedias; rocas

sedimentarias: lutita/areniscas/caliza, arenisca/conglomerado, lutita/arenisca, caliza (Vazquez *et al.* 1995).

### 2.3.3 Clima

El clima es cálido subhúmedo, semicálido subhúmedo, semiseco muy cálido y templado subhúmedo (Figura 8) (INEGI 2005) con temperatura media anual de 25 °C, con una temperatura mínima extrema de 4.5 °C y una temperatura máxima extrema de 43 °C. Con una humedad relativa anual de 68.6 % y una evaporación media de 1718 mm en el año (Uribe-Chávez 1992).

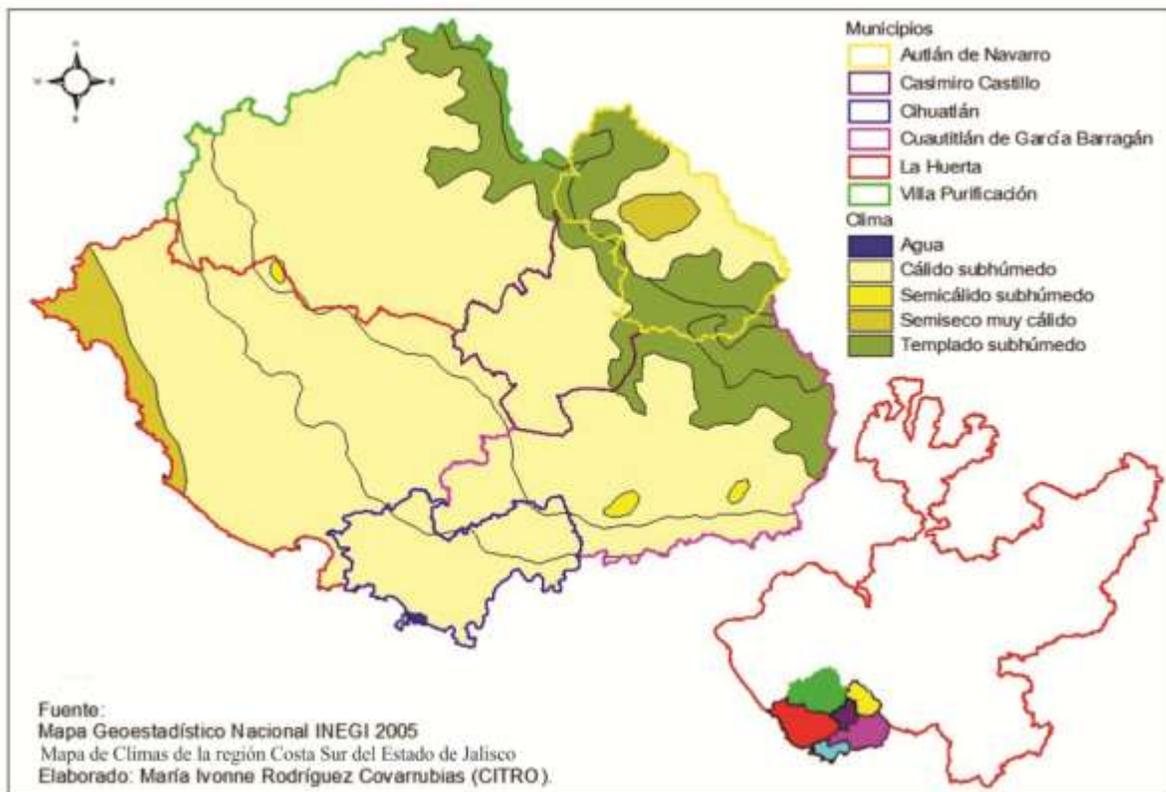


Figura 8. Climas de la región Costa Sur del estado de Jalisco

En el climograma se puede observar que los meses secos son de noviembre a mayo, con precipitaciones ocasionales en febrero. Los meses de lluvias son desde junio a octubre (Uribe-Chávez 1992; LNMySR-INIFAP 2011) (Anexo B). El mes con mayor precipitación es agosto, por lo que

pertenece a las zonas climáticas tropical con época estival de lluvias (Figura 9) (Walter 1970; citado en Hernández-Fernández 2001).

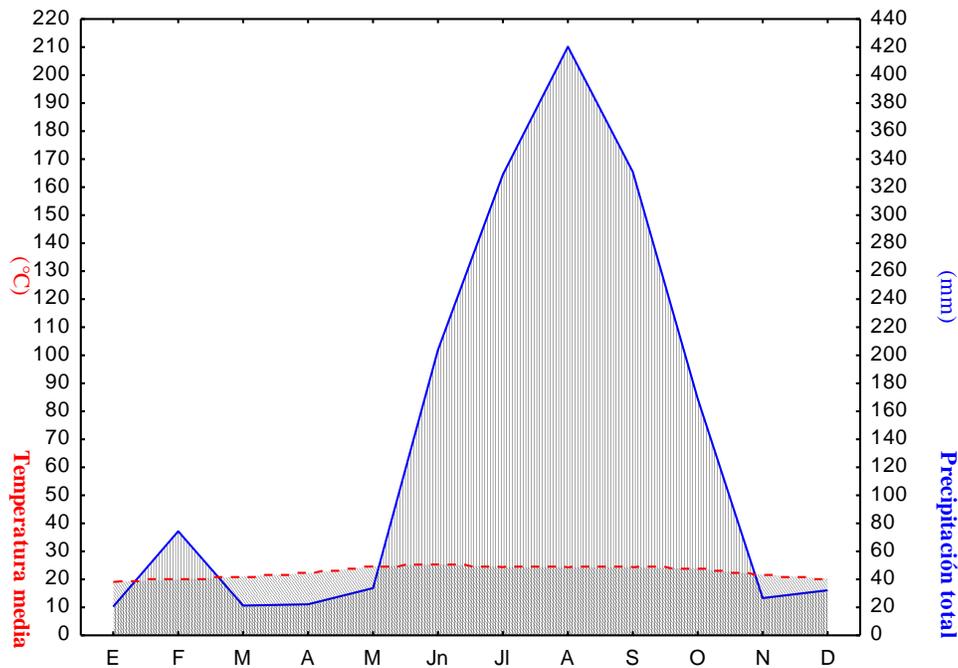


Figura 9. Diagrama de temperatura media (°C) (1947-1983, 2009, 2010 y 2011) y precipitación total (1954, 1973, 2009, 2010 y 2011) de dos municipios de la Costa Sur de Jalisco. Uribe-Chávez 1992 y LNMYSR-INIFAP 2011.

La precipitación anual para la zona es de 600 a 2000 mm (CONABIO 1998), sin embargo, la precipitación media anual en años lluviosos, puede alcanzar los 2549 mm (Uribe Chávez 1992) y en años secos 453 mm (García-Oliva *et al.* 2006) (Figura 8 y Figura 9). Los “ciclones tropicales” son los responsables de las fluctuaciones en la precipitación entre cada año (García-Oliva *et al.* 1991; en García-Oliva *et al.* 2006).

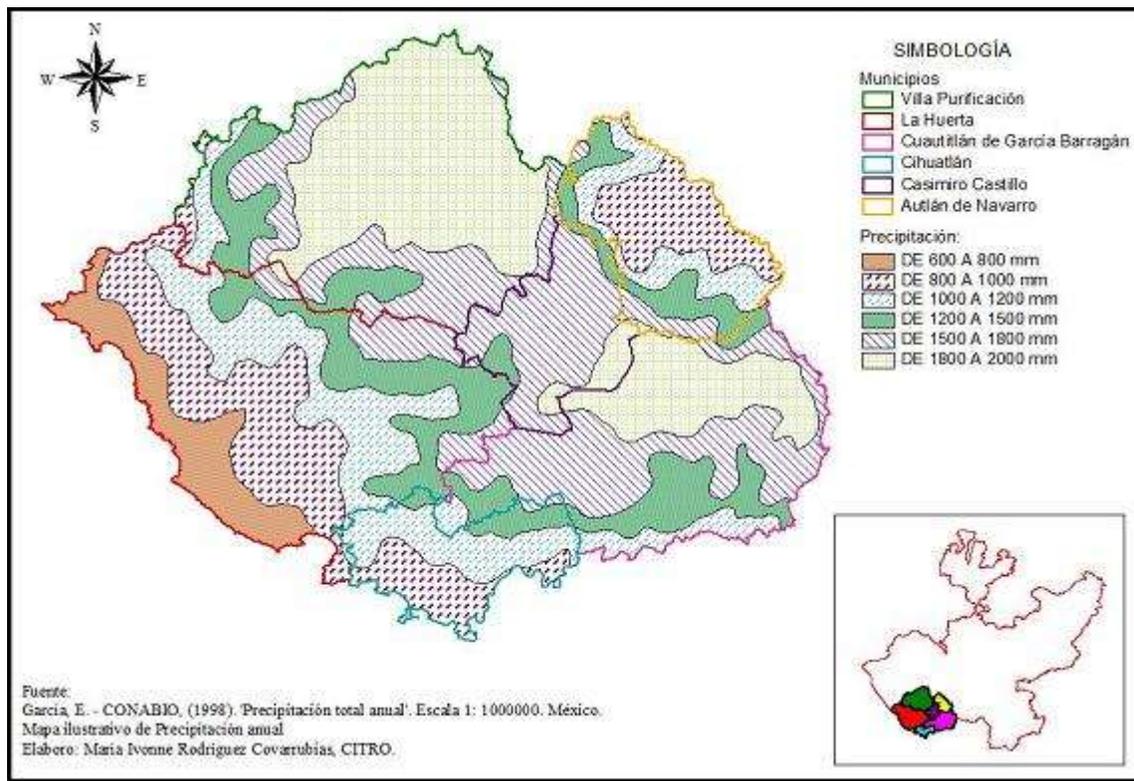


Figura 10. Precipitación anual de la Región Costa Sur del estado de Jalisco.

#### 2.3.4 Uso de suelo y vegetación

La vegetación en la región, corresponde a: Bosque de encino con 297863 ha, Bosque de pino con 266922 ha, Bosque mesófilo de montaña con 93633 ha, Manglar con 5362 ha, Palmar con 164 ha, Popal y tular con 65 ha, Sabana con 694 ha, Selva baja caducifolia y subcaducifolia con 3379161 ha, Selva mediana subcaducifolia y caducifolia con 82677 ha, Vegetación de galería con 2357 ha, Vegetación de suelos arenosos con 40 ha, Vegetación halófila y gipsófila con 173 ha. En cuanto al uso del suelo, existen 350152 ha de manejo agrícola pecuario y forestal (Figura 11) (CONABIO 2005).

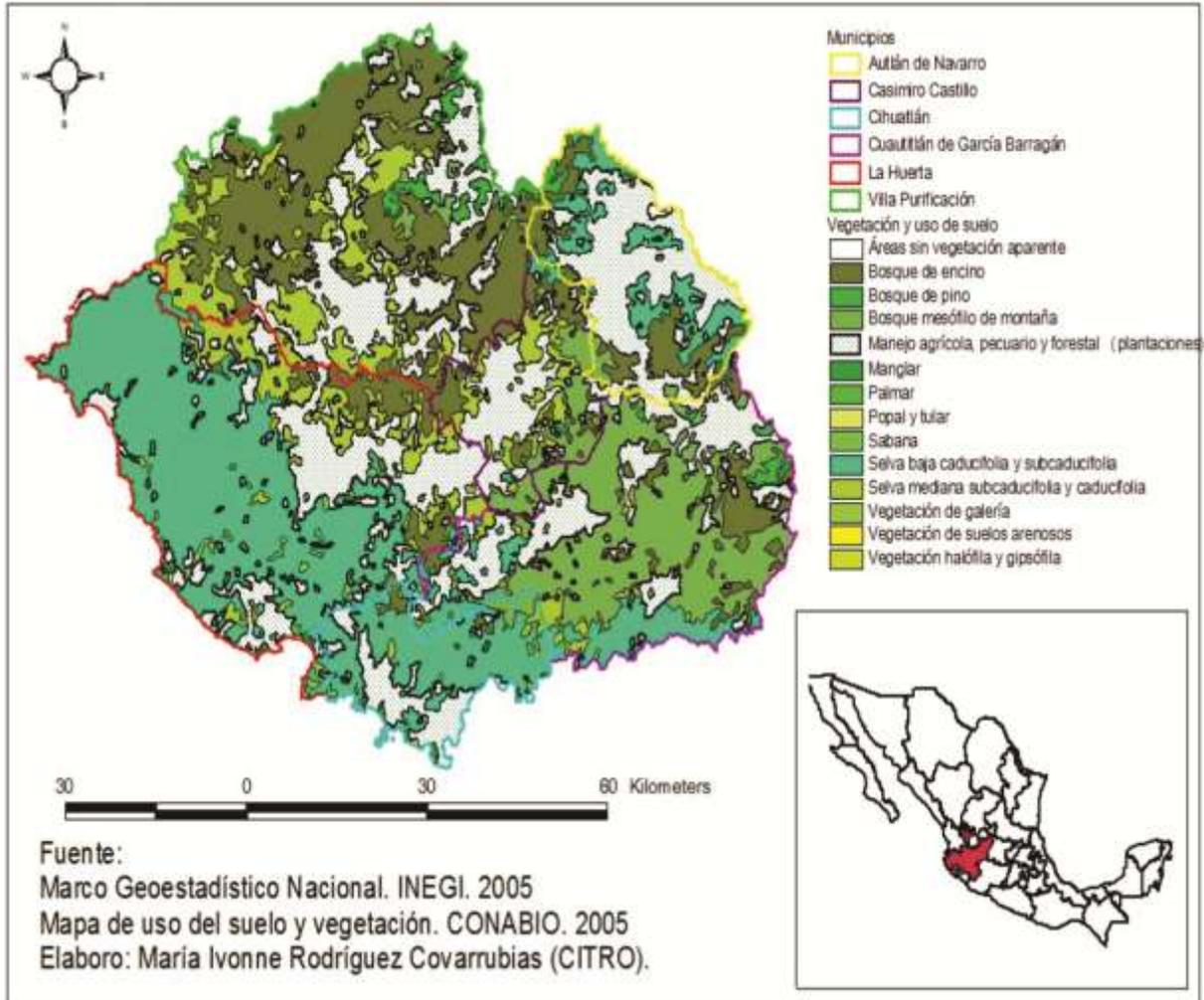


Figura 11. Uso de suelo y vegetación de la región Costa Sur del estado de Jalisco

De acuerdo al censo agrícola, ganadero y forestal del INEGI (2007) el territorio cuenta con 196 128 hectáreas de tierras agrícolas, representando aproximadamente el 12 % del total del estado. En cuanto a la ganadería, se reportan 144 681 cabezas de ganado, lo que equivale al 7 % del total estatal. Respecto a reforestación la región cuenta con 212 hectáreas, lo que representa casi el 2% del estado.

### **CAPÍTULO 3: DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA DE *Vanilla* sp., DE LA COSTA SUR DEL ESTADO DE JALISCO**

La clasificación del género *Vanilla* se basa en las diferencias en caracteres morfológicos (Portères 1954; Bory *et al.* 2011), los cuales son afectadas por el ambiente, entre los de mayor variación intra-específica son el tallo y hojas (Soto-Arenas y Cribb 2010; Soto-Arenas y Dressler 2010; Bory *et al.* 2011). Determinar la identidad taxonómica en las colecciones representa un problema por que raramente contienen frutos o flores, cuando las incluyen se encuentran conservados en malas condiciones o representadas por un solo ejemplar; por lo que el material morfológico es insuficiente para resolver la taxonomía y dificultan el estudio del mismo (Bory *et al.* 2011; Pignal 2011). Por ello, los objetivos de este capítulo conocer los caracteres morfológicos y conocer las especies con las que comparte similitud para determinar el grado de similitud morfológica.

La población silvestre de *Vanilla* de la Costa Sur del estado de Jalisco ha sido monitoreada desde 2002, obteniéndose la siguiente información de los ejemplares en herbario; Villa Purificación, 30-XII-2002, *M. I. Rodríguez s.n.* (IBUG); Villa Purificación, 10-VI-2003, *M. I. Rodríguez et al. s.n.* (IBUG); en fruto; Villa Purificación, 630 m s.n.m., 6-III-2006, *M. I. Rodríguez et L. Hernández s.n.* (IBUG); Villa Purificación 21-II-2009, *D. Moreno et M. I. Rodríguez s. n.* (CITRO); Villa Purificación 5-II-2011, *M. I. Rodríguez s.n.* (XAL).

Esta población silvestre se encuentra entre los 600 y 670 msnm en suelo rocoso con pendiente de 30%. La superficie donde está distribuida en escasos manchones de arboles donde nace manantiales a lo largo de 50 metros, son 8 individuos en diferentes arboles, sin embargo, solo cuatro presentaron material reproductivo. Esto debido a los daños sufridos por incendios forestales y el desmonte para la ganadería extensiva (observados en el sitio desde el 2002 a 2011).

Por lo que, se realizaron colectas de 2009 a 2010 durante este tiempo se colecto 50 flores, 20 frutos y se midió 6 entrenudos y 6 hojas madura el todas las plantas de la población de estudio. Con los datos se realizo una descripción morfológica básica basada Flora Novogaliciana (González Tamayo 1985).

La descripción de la población de estudio sirvió para la búsqueda de las especies con las que comparte similitudes. Para encontrar estas similitudes se considerando principalmente los datos florales, que son

mayor peso para la familia Orchidaceae (Cameron 1996; Rodríguez-Covarrubias y González-Tamayo 2004; Hagsater *et al.* 2005), así como, los caracteres propuestos para el género *Vanilla* como la distancia del tubo que forma la columna el labelo y ornamentación de labelo (Rolfe 1896).

En la clasificación propuesta por Rolfe (1896) la población de estudio se encontraría en la sección foliosae con las especies Americanas *V. planifolia* y *V. pompona* con las siguientes características: hojas presentes, lamina del labelo con cresta en el centro; con el labelo unido a la columna formando un tubo más largo que ancho; con nervios de labelo lisos o verrugosos; con pétalos y sépalos de mayores a 4.4 cm de largos; y frutos escasamente triquetros o triquetros.

Para clasificación propuesta por Portères (1954) las especies aromáticas con los siguientes caracteres: sépalos y pétalos no más de 4 a 7 cm largos. Labelo más cortó que sépalos y pétalos; labelo crenado-margen con el borde anterior redondeado, trilobulado. Ovarios y frutos aromáticos sin cálculo. Columna pubescente en 2/3 de su longitud desde la base. Cápsula aromáticos subcilíndricos o poco trígono, curvas, de 10 a 32 cm. Con *V. planifolia* y *V. tahitensis* por frutos alargados claveliformes. Mientras que con *V. odorata* por hojas largas y estrechas, más o menos oblicua o estrechas al final, inflorescencias cortas, con brácteas de más 5 mm de largas; labelo más o menos crenado en la parte frontal margen, trilobado; frutos de 15 cm largo o más.

De acuerdo a la nueva clasificación del género *Vanilla* propuesta por Soto-Arenas y Cribb (2010), los análisis morfológicos, ubican a la población de estudio en el subgénero *Xanata* ya que comparten las siguientes características morfológicas: hojas coriáceas-carnosa; inflorescencia elongada y diferentes a la planta; labelo con callo penicilado; labelo unido a más de la mitad de la columna a lo largo; columna con pubescencia ventral, anteras ventrales paralelas, con lóbulos estigma emergentes. En este sentido, las características morfológicas que comparten la población de estudio con los grupos: a) *V. pompona* son: flores fragantes, labelo con un cojín axial ligeramente grueso que va desde el callo penicilado hasta el ápice y fruto grueso; b) *V. planifolia* es el color de las flores verdosas y labelo cóncavo; la parte apical del labelo conectado con el callo penicilado.

### 3.1 Metodología

El estudio se llevo a cabo en la región Costa Sur ubicada en el Bosque de *Quercus* y bosque de galería (Rzedowski 2005). La población de estudio de *Vanilla* sp., se encuentran 8 plantas en diferentes árboles (tutores), de las cuales solo cuatro presentaron material reproductivo (en los años 2009, 2010 y 2011) con los que se obtuvo 50 flores y 20 frutos.

Existe material vegetativo en cultivo en el Orquidario de la Universitario CITRO con número de registro SEMARNAT-UMA-IN-viv-01129-VER/11 y el de la Universidad de Guadalajara (IBUG), así como ejemplares de herbario. Se deposito el siguiente ejemplar: Villa Purificación 5-II-2011, *M. I. Rodríguez* s.n. en XAL.

### 3.1.1 Preservación y toma de datos

La colecta de las flores se llevó a cabo bajo las recomendaciones de González-Tamayo (Com. Personal 2009) en el siguiente orden: a) selección de flores; deben estar abiertas y sin daño, tomando desde la base de ovario; b) disección: de cada parte floral seleccionando de la base del pedúnculo de parte superior de la inflorescencia; c) que consiste en sumergir el material colectado en solución con agua destilada, etanol y glicerina (3:2:1) para la preservación de acuerdo a Menchaca (Com. Personal 2010); en un frasco de 250 ml; d) etiqueta: los datos se escribieron dos etiquetas con lápiz sobre papel de algodón, de las cuales una se coloca dentro del frasco y otra se adhiere fuera del recipiente; e) el almacenaje: la muestras se resguardaron los frascos en una caja de cartón y dentro de refrigeración, esto para evitar los cambios bruscos de temperatura.

Para la descripción, la flor se disectó, se tiño (0.8% de azul de metileno y 99.2% de etanol al 95%) y se extendió en un cristal (Figura 12). Para la elaboración de la descripción morfológica, para ello se midió cada parte floral (solución de preservación), así como los frutos y material vegetativo frescos. Esto siguiendo las recomendaciones de González-Tamayo (Com. Personal 2009).



Figura 12. (a) Selección de flores en inflorescencia, (b) preservación en agua y (c) disección de flores de *Vanilla* sp.

Se consultaron ejemplares del género *Vanilla* de los herbarios IBUG, XAL, ZEA, AMES, MO, US y IREKANI. Así como, se revisaron los trabajos de *Vanilla* de Rolfe (1896), Portères (1954), Soto-Arenas y Cribb (2010), Soto-Arenas y Dressler (2010) y Lepers-Andrzejewki *et al.* (2011).

Como resultado de este estudio se elaboró un cuadro con información de características morfológicas cualitativas y cuantitativas (Tabla 2) con las especies con las que se encontró similitudes. Esta información se transformó a la misma escala de matriz binaria (Gordon 1990; Chavez-Esponda *et al.* 2010), para determinar el grado de similitud con índice de similitud de Jaccard (Gower 1971; Chavez-Esponda *et al.* 2010). Los caracteres utilizados fueron florales enfatizando en medida de sépalos, pétalos y ornamentación del labelo (Rodríguez-Covarrubias y González-Tamayo 2004) (Tabla 3 y Tabla 4).

## 3.2 Resultados

### 3.2.1 Descripción de *Vanilla* sp.

Las mediciones vegetativas de ocho individuos y las partes reproductivas de cuatro de ellos permitieron hacer una descripción general de la población de estudio, la cual se detalla a continuación:

**Planta** trepadora ramificante, de alrededor de 30 m de largo. **Raíces** terrestres más largas y más crasas, ramificadas; raíces aéreas, una de cada nudo, corta, blanca. **Tallo** cilíndrico, liso, delgado, de 6 a 9 mm de diámetro, de color verde, distancia entre los nudos de 6 a 11.5 cm. **Hojas** péndulas o extendidas, contraídas cerca de la base en una uña canaliculada, arqueada; lámina colgante, redondeada, oblongolanceolada, acuminada, de 11 a 24.8 cm de largo 2.7 a 4.5 cm de ancho, con los bordes

afilados, decurvados, casi plana, de color verde oscuro. **Inflorescencia** en racimo compacto, corto, con 5 a 39 flores; pedúnculo más corto que el raquis, cilíndrico, de 4.5 a 5 mm de diámetro, protegido por tres a cuatro brácteas marchitas, las dos primeras imbricadas, la tercera semejante a las brácteas florales. **Bráctea floral** coriácea, rígida, oblicuos, triangularovada, acuminada, de 7.5 a 12 mm de largo, 5 a 8 mm de ancho, multinervia, los nervios confluentes. **Ovario** arqueado, torcido, subsésil, linear, trígono, de 2.5 a 8 cm de largo, 2 a 6 mm de ancho. **Flores** extendidas, abiertas de una en una, efímeras, con olor indescrutable y poco agradable; sépalos y pétalos abajo erectos, adpresos al labelo, subextendidos (Figura 33). **Sépalo dorsal** canaliculado, espatulado, subobtusorredondeado, de 4.6 a 5.4 cm de largo, 9.5 a 10.5 mm de ancho. **Sépalos laterales** canaliculados, oblicuos, espatulados, subagudos, de 5.2 a 5.4 cm de largo, 11 a 13 mm de ancho. **Pétalos** canaliculados abajo y adpreso al labelo, la parte terminal arqueada, oblicuos, semejantes a los sépalos laterales, redondeados, de 4.6 a 5.3 cm de largo, 9 a 10.5 mm de ancho, con 10 nervado, carinados. **Labelo** con el margen de la mitad basal fusionado a lo largo de la columna 27-30 mm, erecto, cimbiforme, con el ápice extendido, de 4.5 a 4.7 cm de largo 2.1 a 2.4 cm de ancho, cuneado, obovado, trilobado, ca. 19 a 20 nervada, los nervios engrosados en venas; uña fusionada en los bordes a la columna, canaliculada, forma un tubo, linear, de 1.3 a 1.8 cm de largo, 2 a 4 mm de ancho; **lóbulos laterales** redondeados a obtusos, de 2 a 2.6 cm de largo, 3.5 a 6.5 mm de ancho, eroso en el ápice; senos inconspicuos; **lóbulos medio** oblato, rectangular, emarginado, el seno amplio somero, de 5 mm de largo, 13 mm de ancho, serrado; callo a 3.1 cm de la base muestra 3 láminas que asemejan una lamela transversal, erecta, trapeziforme, crestada, de 4 a 5 mm de largo, 4 a 5 mm de ancho, continua hacia el ápice del labelo con tres quillas gruesas que pronto se van fusionando en un cojín, claviformes. **Columna** erecta, canaliculada, sinuosa en vista lateral, linearoblarga, sólo dilatada en el ápice, de 3 a 3.7 cm de largo 2.5 a 3 mm de ancho arriba del estigma, blanca con tinte verdoso, la mayor parte de la cara ventral pubescente, sobre todo abajo del estigma, los tricomas crespos, al ascender cada vez mayores; clinandrio canaliculado; lóbulos laterales situados a cada lado del rostelo, antrorsos, oblicuos, subcuadrados, subtruncadorredondeados, ca. de 2.5 mm de largo, 1.5 mm de ancho; lóbulo medio continuo y fusionado con el dorso de la antera; rostelo descendente, subcuadrado, apenas emarginado; estigma oculto por el rostelo, trapeziforme, ca. de 2 mm de largo 2.5 mm de ancho. **Antera** crasa, oblongopandurada, emarginada en la base, el ápice truncado, con un apículo corto, redondeado, inconspicuas, de 6 mm de largo, 3.5 mm de ancho, blanca amarillenta, lóculos conduplicados, oblongos, cárneos. **Polinario** en dos masas oblongorreniformes, de color amarillo pálido, pastosos, de 1 mm de largo, 0.6 mm de ancho. **Fruto** silicuiforme, subtriquetro, subsésil, colgante, bien arqueado en la base, oblicuo, aplanado, linearfusiforme, de 18.5 cm a 23 de

largo, 1.6 a 1.8 cm de ancho, del mismo color que las hojas, con dos costillas longitudinales inconspicuas, cada vez menos elevadas a medida que se acercan al ápice, aromático; la dehiscencia es de septiembre a enero. **Semillas** obovoides, *ca.* de 0.3 mm de largo, de color café oscuro (Figura 14 y Figura 15).

### 3.2.2 Similitudes entre *Vanilla* sp. y *V. odorata*, *V. tahitensis*, *V. planifolia*, *V. pompona* y *V. insignis*

Las similitudes *Vanilla* sp. y *V. odorata* son; entrenudos; hojas acuminadas; Sépalo dorsal oblicuos, ápice subagudos, con longitud similar; pétalos carinados, con longitud similar; labelo con un callo penicilado. Pero difiere *Vanilla* sp. de *V. odorata* por tallos más gruesos; hojas redondeadas en la base, de 11 a 24.8 cm de largo, 2.7 a 4.5 cm de ancho; ovario trígono, de 2.5 a 8 cm de largo, 2 a 6 mm de ancho; bráctea floral triangularovada, acuminada, de 7.5 a 12 mm de largo, 5 a 8 mm de ancho; flores de mayor tamaño; sépalo dorsal de 4.6 a 5.4 cm de largo; labelo de 4.5 a 4.7 cm de largo, 2.1 a 2.4 cm de ancho; uña de 1.3 a 1.8 cm de largo; lámina obovada, amarilla clara, muestra callo a 31 mm de la base, 3 láminas que asemejan una lamela transversal, trapeziforme, crestada, de 4-5 x 4-5 mm, erecta, con nervios engrosados en venas; lóbulos laterales redondeados a obtusos, de 2 a 2.6 cm de largo, 3.5 a 6.5 mm de ancho, eroso en el ápice, sin verrugas; lóbulo medio oblato, rectangular, emarginado, el seno amplio somero, de 5 mm de largo, 13 mm de ancho, serrado, sin verrugas; callo a 3.1 cm de la base muestra 3 láminas que asemejan una lamela transversal, erecta, trapeziforme, crestada, de 4 a 5 mm de largo, 4 a 5 mm de ancho, continua hacia el ápice del labelo con tres quillas gruesas que pronto se van fusionando en un cojín, claviformes; columna de 2.5 a 3 mm de ancho arriba del estigma, blanca con tinte verdoso; fruto subtriquetro, de mayor tamaño, con dos costillas longitudinales inconspicuas cada vez menos elevadas a medida que se acercan al ápice (Tabla 2).

Las similitudes que comparte *Vanilla* sp. y *V. tahitensis* son; grosor tallos; hojas con longitud y ancho; sépalos espatulados, que pueden llegar a tener el mismo el ancho; pétalos la longitud y el ancho puede alcanzar el mismo tamaño; longitud de la columna similar; y la longitud del fruto. Pero difiere *Vanilla* sp. de *V. tahitensis* por; entrenudos más cortos; hojas redondeadas en la base, oblongolanceoladas, acuminada; ovario trígono que llega ser de menor tamaño; bráctea floral triangularovada, acuminada, de 7.5 a 12 mm de largo, 5 a 8 mm de ancho; flores de menor tamaño; sépalo dorsal subobtusorredondeado, de 4.6 a 5.4 cm de largo; Sépalos laterales canaliculados, de 5.2 a 5.4 cm de

largo; Pétalos canaliculados, espatulados, redondeados de 4.6 a 5.3 cm de largo, con 10 nervado, carinados; labelo de menor tamaño de 4.5 a 4.7 cm de largo, 2.1 a 2.4 cm de ancho, cuneado, obovado, trilobado, ca. 19 a 20 nervada, los nervios engrosados en venas; uña de 1.3 a 1.8 cm de largo; lámina amarilla clara, con callo compuesto por 3 láminas que asemejan una lamela transversal, trapeziforme, crestada, de 4-5 x 4-5 mm, erecta, con nervios engrosados en venas; lóbulos laterales redondeados a obtusos, de 2 a 2.6 cm de largo, 3.5 a 6.5 mm de ancho, eroso en el ápice; senos inconspicuos; lóbulo medio oblato, rectangular, emarginado, el seno amplio somero, 13 mm de ancho, carente de 5-7 hileras de papilas verrugosas; callo a 3.1 cm de la base muestra 3 láminas que asemejan una lamela transversal, erecta, trapeziforme, crestada, de 4 a 5 mm de largo, 4 a 5 mm de ancho, continua hacia el ápice del labelo con tres quillas gruesas que pronto se van fusionando en un cojín, claviformes; columna blanca con tinte verdoso; fruto subtriquetro, de mayor grosor, con dos costillas longitudinales inconspicuas cada vez menos elevadas a medida que se acercan al ápice (Tabla 2).

Las similitudes que comparte *Vanilla* sp. y *V. planifolia* son; entrenudos; hojas acuminadas con longitud y ancho; ovario de longitud y ancho; el ancho del los sépalos y pétalos; el ancho del labelo, la distancia donde surge el callo penicilado y el ancho; en que poseen un labelo trilobados, ovados; con una longitud similar en el lóbulo medio; el ancho de la columna similar; y la longitud del fruto. Pero difiere *Vanilla* sp. de *V. planifolia* por tallos más delgados; hojas redondeadas en la base, oblongolanceoladas; ovario trígono, que llega ser de mayor tamaño; bráctea floral triangularovada, acuminada, de 7.5 a 12 mm de largo, 5 a 8 mm de ancho; flores de menor tamaño; sépalo dorsal espatulado, subobtusorredondeado, de 4.6 a 5.4 cm de largo; sépalos laterales canaliculados, espatulados, de 5.2 a 5.4 cm de largo; pétalos canaliculados, espatulados, de 4.6 a 5.3 cm de largo, con 10 nervado, carinados; labelo de 4.5 a 4.7 cm de largo; uña de 1.3 a 1.8 cm de largo; lámina amarilla clara, con callo compuesto por 3 láminas que asemejan una lamela transversal, trapeziforme, crestada, de 4-5 x 4-5 mm, erecta, con nervios engrosados en venas; lóbulos laterales redondeados a obtusos, de 2 a 2.6 cm de largo, 3.5 a 6.5 mm de ancho, eroso en el ápice; senos inconspicuos; lóbulo medio oblato, rectangular, emarginado, el seno amplio somero, 13 mm de ancho, serrado; callo a 3.1 cm de la base muestra 3 láminas que asemejan una lamela transversal, erecta, trapeziforme, crestada, de 4 a 5 mm de largo, 4 a 5 mm de ancho, continua hacia el ápice del labelo con tres quillas gruesas que pronto se van fusionando en un cojín, claviformes; columna de 3 a 3.7 cm de largo, blanca con tinte verdoso; fruto subtriquetro, de mayor grosor, con dos costillas longitudinales inconspicuas, cada vez menos elevadas a medida que se acercan al ápice (Tabla 2).

Las características en las que *Vanilla* sp. y *V. pompona* son similares son; longitud de entrenudos; longitud del margen de columna fusionado a él labelo; la lámina del labelo trilobada, obovada, con un callo penicilado, trapeziforme y el ancho; y la longitud del lóbulo medio de labelo. *Vanilla* sp. difiere de *V. pompona* por tallos más delgados; hojas redondeadas en la base, oblongolanceoladas, acuminadas, de 11 a 24.8 cm de largo, 2.7 a 4,5 cm de ancho; ovario trígono, de 2.5 a 8 cm de largo; bráctea floral triangularovada, acuminada, de 7.5 a 12 mm de largo, 5 a 8 mm de ancho; flores de menor tamaño; sépalo dorsal de 4.6 a 5.4 cm de largo; labelo de 4.5 a 4.7 cm de largo, 2.1 a 2.4 cm de ancho, uña de 1.3 a 1.8 cm de largo; lámina obovada, amarilla clara, con callo a 31 mm de la base, compuesto por 3 láminas que asemejan una lamela transversal, crestada, de 4-5 mm longitud, erecta, con nervios engrosados en venas; columna de 3 a 3.7 cm de largo, 2.5 a 3 mm de ancho arriba del estigma, blanca con tinte verdoso; fruto subtriquetro, más grueso y largo, con dos costillas longitudinales inconspicuas cada vez menos elevadas a medida que se acercan al ápice (Tabla 2).

Las características en las que *Vanilla* sp. y *V. insignis* son similares son; grosor de entrenudos; la longitud de sus hojas y el ápice acuminados; el ancho de sépalo lateral y pétalos; la lámina del labelo trilobada, obovada, con un callo penicilado con la longitud y el ancho pueden llegar a ser similares pero no la forma; frutos aromáticos que pueden tener el mismo grosor. *Vanilla* sp. difiere de *V. insignis* por entrenudos más cortos y lisos; hojas redondeadas en la base, oblongolanceolada, de 11 a 24.8 cm de largo, 2.7 a 4.5 cm de ancho; ovario trígono; bráctea floral triangularovada, acuminada, de 7.5 a 12 mm de largo, 5 a 8 mm de ancho; flores de menor tamaño; sépalo dorsal de 4.6 a 5.4 cm de largo; sépalos laterales canaliculados, oblicuos, espatulados, subagudos, de 5.2 a 5.4 cm de largo; pétalos redondeados, de 4.6 a 5.3 cm de largo, con 10 nervado, carinados; labelo de 4.5 a 4.7 cm de largo, 2.1 a 2.4 cm de ancho, uña de 1.3 a 1.8 cm de largo; lámina obovada, amarilla clara, con callo a 31 mm de la base, compuesto por 3 láminas que asemejan una lamela transversal, crestada, de 4-5 mm longitud, erecta, con nervios engrosados en venas, con tres quillas gruesas que pronto se van fusionando en un cojín, claviformes; columna blanca con tinte verdoso; fruto subtriquetro, más largo, con dos costillas longitudinales inconspicuas cada vez menos elevadas a medida que se acercan al ápice (Tabla 2).

Tabla 2. Cuadro comparativo de especies con similitud

Carácter	<i>Vanilla sp.</i> ,	<i>Vanilla odorata</i>	<i>Vanilla x tahitensis</i>	<i>Vanilla planifolia</i>	<i>Vanilla pompona</i>	<i>Vanilla insignis</i>
Tallo	5-9 mm de grosor, entrenudos de 6-11.5 cm	4-6 mm de grosor, entrenudos de 7- 10.5 cm	4-9 mm de grosor, entrenudos de (5) 13-19 cm	6.5-13 mm de grosor, entrenudos 8-11 cm	10-24 mm de grosor, entrenudos de 11-14.5 cm	6-9 mm de grosor, entrenudos de 10-17 cm, con un surco visible a lo largo del entrenudo, superficie rugosa-papilosas
Hojas	oblongolanceoladas, acuminadas, 11-24.8 x 2.7-4.5 cm (Figura 13)	lanceoladas a ensiformes, acuminadas, 8-13 x 1.5-2.7 cm	ovales-lanceoladas, agudas, 16-30 x 2-5 cm	elípticas, oblongas, acuminadas a subacuminadas, 9.5-23 x 3.5-7.6 cm (Figura 13)	oblongolanceoladas, subagudas, 22-29 x 6.7- 13.7 cm (figura 25)	oblonga elíptica, acuminadas, 4.2-19.5 x 1.5-3.4 cm.
Sépalo dorsal	espatulado, subobtusorredondeado, 4.6-5.4 x 0.95-1.05 cm	angostamente lanceolado, 4.7-5.2 x 0.83- 1.1 cm	estrechamente, agudos, oblanceolado, 5.5-7.7 x 0.9-1.6 cm	angosto elípticos a oblanceolados, ápice subagudo, 5.5-6 x 1-1.2 cm	largamente oblanceolado a espatulado, ápice obtuso, 6-7.4 x 1.1-1.65 cm	largamente oblanceolado, ápice agudo, 6.9-7.65 x 1.05-1.4 cm
Sépalos laterales	5.2-5.4 x 1.2-1.3 cm	4.45-5 x 0.95-1.3cm	5.5-7.7 x 0.9-1.6 cm	5.4-6 x 1.2-1.35 cm	5.6-7.5 x 1.3-1.6 cm	6.4-7.4 x 1.25-1.35 cm
Pétalos	4.6-5.3 x 0.9-1.05 cm	4.6-5 x 0.7-1 cm	5-7.4 x 0.7-1.3 cm	5.5-5.85 x 1-1.1 cm	5.9-7.5 x 1.1-1.7 cm	6.8-7.4 x 0.9-1 cm
Labelo	margen de la mitad basal fusionado a lo largo de la columna ca. 27-30 mm, 4.5-4.7 x 2.1-2.4 cm	margen de la mitad basal fusionado a lo largo de la columna ca. 23-29 mm, 4.2-4.5 x 1.9-2.2 cm	margen de la mitad basal fusionado a lo largo de la columna 26mm, 4.6-5.5 cm de longitud	fusionado a la columna a lo largo del margen de la mitad basal ca. 31-35 mm, 4.9-5.5 x 2.4 cm	margen de la mitad basal fusionado a lo largo de la columna 30-40 mm, 6.35-7.85 x 2.6-3.2 cm	márgenes de la mitad basal fusionado a lo largo de la columna 37-44 mm, 6.5-7.3 x 3-3.5 cm
Callo penicilado	31 mm de la base, 3 láminas que asemejan una lamela transversal, trapeziforme, crestada, 4-5 x 4-5 mm	29 mm de la base, 3-4.5 x 3 mm; compuesto ca. 9 imbricados, flabelado-premorso, retrorsos, escamas laciniada	5 laminillas foliáceas, flabeliformes y fimbriado	30-37 mm desde la base, de ca. 8 imbricados, fimbriados-premorso, retrorsos, escamas laceradas, 5.8-6 x 4-4.5 mm.	32-46 mm de la base del labelo, compuesto ca. 10-14 imbricado, retrorso, trapezoidal, escamas laciniada, 5.5-7 x 5-5.5 mm.	34 mm de la base, ca. 13 imbricados, retrorsos, fimbriados, premorso a escamas densamente lacerado-laciniada, 4 x 5 mm
Callo continua hacia el ápice del labelo	con tres quillas gruesas que pronto se van fusionando en un cojín, claviformes	con tres quillas inconspicuas, casi formando un cojinete apical, carnosos, con 3-4 verrugas cónicas, las papilas prominentes	con una quilla longitudinal, dentadas-agudas,	con dos filas visibles de papilas, 2-4 filas discreta, papilas apical verde brillante	con tres quillas gruesas que pronto se van fusionando en un cojín, claviformes, redondeados	con 7 filas de tubérculos, agrandado cerca de la base del lóbulo medio de forma conspicua
Lámina del labelo	cuneado, obovado, trilobado, ca.19- 20 nervios ramificadas en el tercio distal engrosados en venas	escasamente trilobada, ca. 20 nervado, las venas ramificadas en el tercio distal, ligeramente engrosadas	ampliamente truncado-emarginado, 14 quillas, (Anexo C)	trilobada, obovada-fimbriada, ca. 36 nervado, venas ramificadas en el tercio distal, ligeramente craso	oscuramente trilobada flabelada, ca. 40 nervado, ápice profundamente emarginado-bilobado	trilobado, obovado-fimbriados, ca. 30 nervado, las venas engrosada de forma gradual, cerca de la base con quillas plana, desaparecen cerca del tercio basal de la lámina ovado-suborbiculares a oblongos, obtusos, 11-15 x 12.5-14 mm
Lóbulo medio	rectangular, emarginado, seno amplio, somero, 5 x 13 mm,	subcuadrada-semiorbiculares, escasamente emarginado, 7-9 x 7-11 mm,	encorvado, obtuso o subagudo, 5-7 hileras de papilas verrugosas muy salientes	subcuadrada-transversalmente oblongo, profundamente emarginado a bilobulado, 5 x 9 mm	inconspicuo, revoluto, profundamente bilobado, ca. de 6-10 x 13-22 mm	
Columna	3-3.7 x 0.25-0.3 cm	3.3-3.82 x 0.2 cm	3.5 cm de longitud	3.9-4.2 x 0.25 cm	4.5-5.3 x 0.45-0.55 cm,	4.9-5.2 x 0.4 cm
Fruto aromático	18.5-23 cm de largo, 16-18 mm de ancho, silicuiforme, subtriquetro, con 2 costillas inconspicuas.	17-17.5 cm de largo, 8-10 mm de ancho, angostamente cilíndricos, ligeramente comprimidos.	12-20 cm de longitud, 10-14 mm de anchos, triquetro, lisa, aplastado.	10-30 cm de largo, 10.7 mm de ancho, cilíndrico, a menudo con 2-3 conspicuos sulcado	7.3-15 cm de largo, ca. 14 mm de ancho, triquetro, grueso (Anexo C)	7-14 cm largo, 7-17.5 mm ancho, redondo



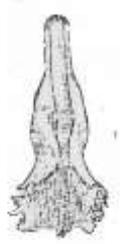
Figura 13. (a y b) hoja de *Vanilla* sp., (c y d) hojas de *V. planifolia*, hojas de *Vanilla pompona* (e) de Villa Purificación, (f) de Pto. Vallarta, (g) de Mesa de Guadalupe.

Para determinar especies en la familia Orchidaceae, los datos florales son los que se consideran de mayor peso (Cameron 1996; Rodríguez-Covarrubias y González-Tamayo 2004; Hagsater *et al.* 2005). La clasificación del género *Vanilla* se basa en el labelo, en la distancia del tubo que forma con la columna y si este es carente de callo (cresta), así como sugiere que es necesario datos florales y de fruto (Rolfe 1896). Por otro lado, las estructuras vegetativas en el género *Vanilla*, aunque expresan mucha variación dentro de las especies son útiles para dicha determinación (Verman *et al.* 2009; Bory *et al.* 2011), ya que por medio de estas se puede diferenciar los subgéneros.

En este sentido, los datos morfológicos entre la población de estudio y las demás especies con afinidad, incluyó las siguientes estructuras florales pero con énfasis en el labelo (Rodríguez-Covarrubias y González-Tamayo 2004). Las similitudes florales encontradas entre *Vanilla* sp. y las especies comparadas, con  $S_{ij}$  van de 0.7 a 0.29, dentro de este rango, *V. odorata* presento el porcentaje más alto (ambas  $S_{ij}$  0.29), sin embargo, estos resultados indican baja similitud de acuerdo a los criterios establecidos (Tabla 3 y Tabla 4).

Tabla 3. Datos utilizados para el índice de similitud de Jaccard

Caracteres		V.sp.	V.odo	V.tah	V.pla	V.pom	V.ins
sépalo dorsal	longitud	4.6-5.4	4.7-5.2	5.5-7.7	5.5-6	6-7.4	6.9-7.65
sépalos laterales	longitud	5.2-5.4	4.45-5	5.5-7.7	5.4-6	5.6-7.5	6.4-7.4
	longitud	4.6-5.3	4.6-5	5-7.4	5.5-5.85	5.9-7.5	6.8-7.4
pétalos	ancho	0.95-1.05	0.7-1	0.7-1.3	1-1.1	1.1-1.7	0.9-1
	nervios	19-20	20	14	36	40	30
	fusionado a lo largo de la columna	2.7-3	2.3-2.9	2.6	3.1-3.5	3-.4.	3.7-4.4
	longitud	4.5-4.7	4.2-4.5	4.6-5.5	4.9-5.5	6.35-7.85	6.5-7.3
	ancho	2.1-2.4	1.9-2.2	?	2.4	2.6-3.2	3-3.5
	callo	3.1	2.9	?	3-3.7	3.2-4.6	3.4
	longitud	2-2.6	2.5	>2.7	2.7	3-3.9	3.3
lóbulo lateral	ancho	0.35-0.65	0.8-0.9	1.1	1.1	1-1.5	1.0
	longitud	0.5	0.7-0.9	>0.5	0.5	0.6-1	1.1-1.5
lóbulo medio	ancho	1.3	0.7-1.1	0.9	0.9	1.3-2.2	1.25-1.4
	forma	trilobado	escasamente trilobado	trilobado	trilobado	escasamente trilobado	trilobado
	Callo continua hacia el ápice	3 quillas	3 quillas	1 quilla	2 filas de papilas	3 quillas	7 filas de tubérculos
etiqueta	ornamentación	ausencia	papilas	5-7 hileras de papilas verrugosas	papilas	ausencia	cilios



V. odo= *V. odorata*, V. tah = *V. tahitensis*, V. pla= *V. planifolia*, V. pom = *V. pompona*, V. ins= *V. insignis*.

Nota: Los dibujos son tomados de: *V. odorata* por Soto-Arenas y Dressler 2010, p 323; *V. tahitensis* por Porter 1954, p 240; *V. planifolia* Portères 1954, p 251; *V. pompona* Gonzalez Tamayo 1985, p 352; *V. insignis*, Soto-Arenas y Dressler 2010, p 317.

Tabla 4 Porcentaje de similitud floral de *Vanilla* de la población de estudio comparada con; *V. odorata*, *V. tahitensis*, *V. planifolia*, *V. pompona* y *V. insignis*

Jaccard	V.sp.	V.odo	V.tah	V.pla	V.pom	V.ins
V.sp.	1.00					
V.odo	0.29	1.00				
V.tah	0.11	0.23	1.00			
V.pla	0.11	0.06	0.48	1.00		
V.pom	0.07	0.10	0.25	0.27	1.00	
V.ins	0.11	0.03	0.25	0.27	0.42	1.00

V. odo= *V. odorata*, V. tah = *V. tahitensis*, V. pla= *V. planifolia*, V. pom = *V. pompona*, V. ins= *V. insignis*.

Nota: para determinar la similitudes entre los caracteres de la población de estudio y las cinco especies comparadas, las estructuras que presentaran porcentajes 0.5 a 1, se consideraron similares.

### 3.2.3 Floración *Vanilla* sp.

La floración de *Vanilla* sp. es a partir de mediados de enero hasta finales de marzo, en algunas ocasiones hasta los primeros días de abril.

Durante esta etapa, la humedad relativa en enero es de 65%; en febrero de 63 %; en marzo de 61%; y en abril de 61%. La evaporación aproximada en enero es de 107 mm; en febrero de 126 mm; en marzo de 180 mm y en abril de 201 mm. Con precipitación de hasta 10 mm en el mes de febrero. La precipitación promedio anual es de 1790.8 mm y es durante los meses de junio a octubre. Esto puede variar, ya que en años secos puede ser de 730 mm y en años lluviosos de 2555 mm (Uribe-Chávez 1992).

La temperatura media mensual durante la floración de *Vanilla* sp. en enero es de 22.3°C; en febrero de 22.8°C; en marzo de 23.8°C y en abril de 25.4°C. La temperatura media anual es 25°C (Uribe-Chávez 1992). La temperatura media del 2009, 2010 y 2011 de los meses de floración: en enero de 17°C; en febrero de 18°C; en marzo de 19.9°C y en abril de 20°C. Las temperatura mínima mensual más baja se reporta en enero -1°C, no obstante en enero de 2011 reportan temperaturas de 5 días de -0.9 a -1°C. A su vez se disminuyó la cantidad de flores por inflorescencia entre 5 a 8 flores de 39 flores de años anteriores donde la temperatura mínima de un día al año fue de 2 a 6 °C (LNMySR-INIFAP 2011).

Lepers-Andrzejewki *et al.* (2011) mencionan a la temperatura como factor determinante para la floración de *V. tahitensis*, por que induce la floración con temperaturas de 18-19°C, esta orquídea puede florecer dos veces al año. A su vez Ranadiver (2005; citado en Hernández y Lubinky 2011) reporta para *V. planifolia* que la temperatura menor de 20°C disminuye la floración y restringe el crecimiento de las plantas (Anandaraj *et al.* 2005; Hernández 2007; citados en Hernández y Lubinky 2011).

### 3.2.4 Hábitat *Vanilla* sp.

La población de *Vanilla* sp., aromática se encuentra entre los 600 y 670 msnm. El uso del suelo donde se encuentra, corresponde a la ganadería extensiva, por lo que existen pastizales introducidos entre el bosque. Se encuentra en Bosque de *Quercus* (Rzedowski 2005; Bosque de encino, CONABIO 2005) con *Quercus* aff. *obtusata* Bonpl., *Q. rugosa* Neé y *Q. crassifolia* Humb. y Bonpl., género abundantes de esta zona, las cuales se mezclan con elementos de bosque tropical subcaducifolio (Rzedowski 2005) y bosque de galería o vegetación de galerías (Rzedowski 2005; CONABIO 2005) en los cuales destacan las especies: *Inga vera* subsp., *eriocarpa* (Benth.) Leon (sino. *Inga eriocarpa* Benth.), *Calophyllum brasiliense* Cambess, *Ardisia compressa* Kunth, *Ardisia revoluta* Kunth, *Cecropia obtusifolia* Bertol, estas especies arbóreas y arbustivas sirven de tutor para *Vanilla* sp. (Figura 16). Así mismo, comparten hábitat con la población de estudio otras especies como: *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. ex Mart, *Phinsea multiflora* C.V. Morton, *Trisacum* sp., *Philodendron scandens* K. Koch y Sello, *Bletia* sp., *Spondias purpurea* L., *Ficus* sp., *Miconia* sp., *Begonia* aff. *gracilis* H.B. K. A.

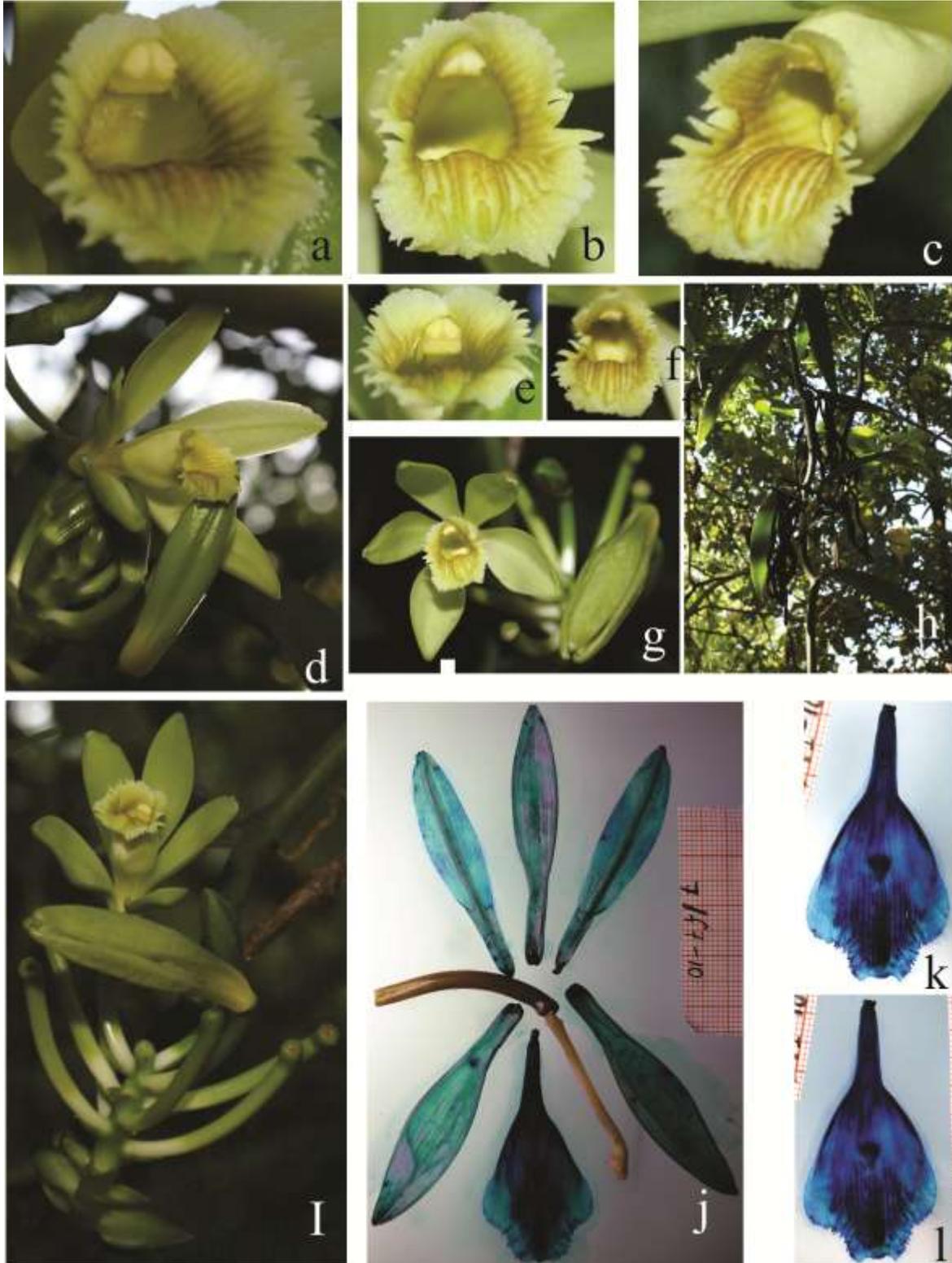


Figura 14. *Vanilla* sp., (a) pubescencia ventral de columna, (b) labelo, (c) labelo de perfil y callos, (d) flor de perfil, (e) lóbulos laterales de columna, (f) labelo de frente, (g) flor de frente, (h) frutos secos naturalmente, (I) inflorescencia, (j) pétalos, sépalos y labelo extendidos y teñidos, (k y l) labelo extendido

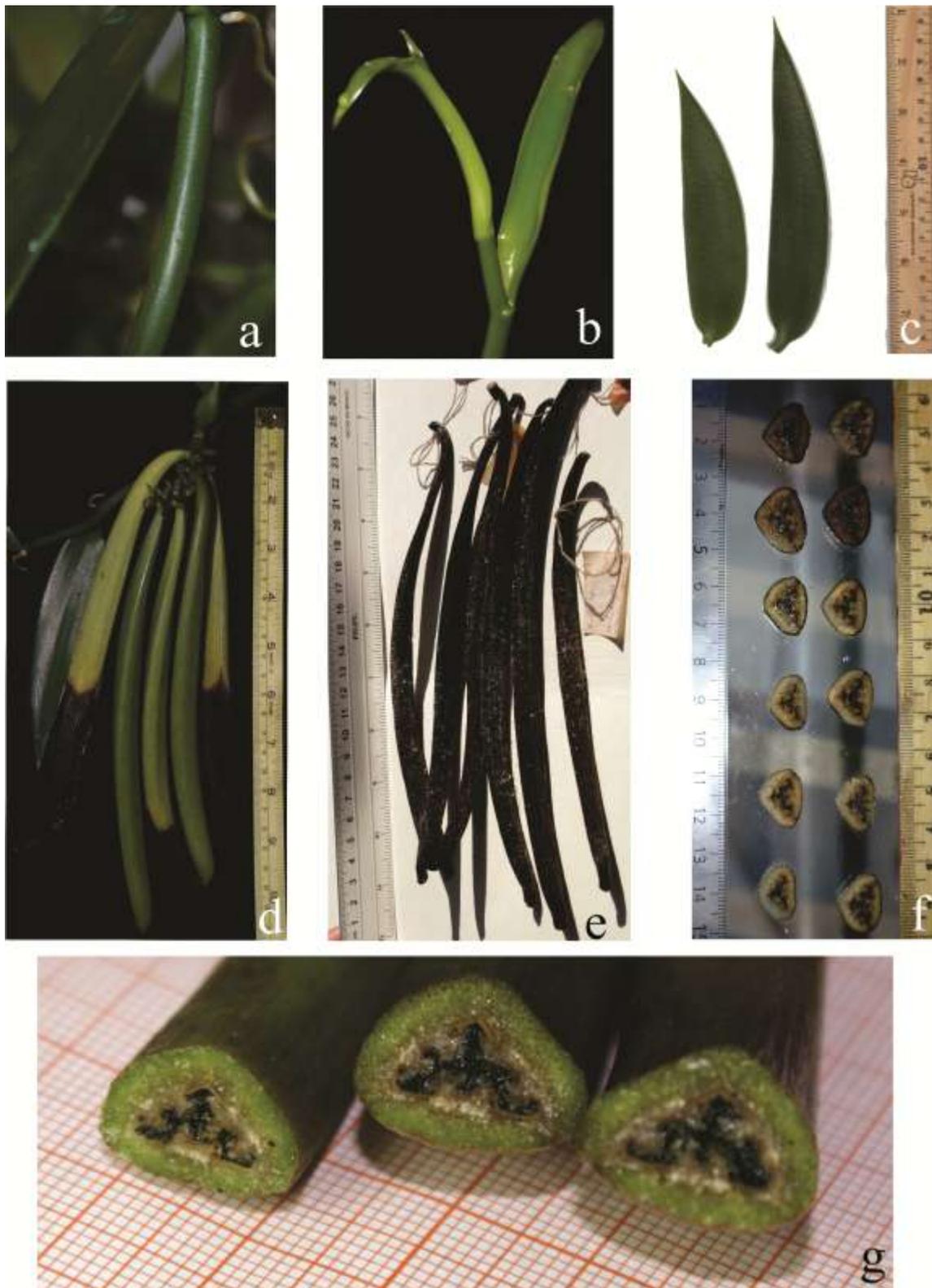


Figura 15. *Vanilla* sp.: (a) tallo; (b) hoja nueva; (c) hojas maduras; (d) frutos en dehiscencia; (e) frutos beneficiados; (f) cortes de frutos conservados en agua destilada, etanol y glicerina (3:2:1); (g) corte de frutos frescos.



*Vanilla sp.* sobre *Inga vera* subsp. *eriocarpa*



*Vanilla sp.* y *Acrocomia aculeata* sobre *Calophyllum brasiliense*



*Vanilla sp.* sobre roca en manantial



*Spondias purpurea* en bosque de *Quercus* adyacente a la población de *Vanilla sp.*



*Bletia sp.*



*Vanilla sp.* sobre *Cecropia obtusifolia*

Figura 16. Especies con las que comparte hábitat *Vanilla sp.*

## CAPÍTULO 4: CARACTERIZACIÓN MOLECULAR CON RAPDS DE *Vanilla* sp., DEL ESTADO DE JALISCO

Los RAPD se utilizan para distinguir genotipos, principalmente a nivel de poblaciones. Para el género *Vanilla*, se han empleado para evaluar los niveles de diversidad genética, similitudes entre especies, determinar el origen de los híbridos y caracterizar de éstos, con lo que se puede inferir sobre la filogenia. Por otro lado, las poblaciones silvestres de vainilla reportadas para el estado de Jalisco corresponden a *V. pompona* (González-Tamayo 1985) y *V. inodora* (Soto-Arenas 2010), sin embargo, existen depositados en el herbario del Instituto de Botánica de la Universidad de Guadalajara (IBUG), ejemplares de individuos aromáticas procedentes de Villa Purificación, Jalisco, que no corresponden en la mayoría de sus características morfológicas con las anteriores, lo que motivó la realización del presente trabajo de investigación, ya que esto puede representar un nuevo registro para el estado de Jalisco o para México. Por ello se compararon los perfiles de amplificaciones RAPDs de ocho individuos de *Vanilla* sp., contra perfiles de ejemplares de *V. planifolia*, *V. pompona* y *V. insignis*. Para determinar el grado de similitud molecular de la vainilla aromática de la población de estudio con respecto a las vainillas aromáticas mencionadas. Con los 9 iniciadores utilizados, se obtuvieron 102 bandas las cuales fueron PCoA, UPGMA y AFC. Los resultados de RAPDs con *Vanilla* sp. la ubican cerca en el subgénero *Xanata* relacionada con *V. pompona* y *V. planifolia* de la sección *Xanata*. Los porcentajes de similaridad con índice de afinidad por pares entre *Vanilla* sp. con *V. planifolia*, *V. insignis* y *V. pompona* va de 9.6 a 22.4 %, por lo que la similaridad parental no revelan la posibilidad de que sea un híbrido natural, por lo es conveniente para poder conocer la variabilidad genética de las accesiones la búsqueda de otros sitios en esta región, con el fin de realizar estudios futuros que permitan aprender de la genética de poblaciones de *Vanilla* sp.

### 4.1 Uso de RAPD en *Vanilla*

México representa el acervo genético primario de vainillas aromáticas, sin embargo, subsiste *in situ* un número muy limitado de vainillas silvestre, como resultado de la deforestación y extracción masiva para las colecciones (Lubinsky 2003; Soto-Arenas 2006; Grisoni *et al.* 2007). Por lo que Grisoni *et al.* (2007) indican que se requiere identificar las zonas donde están establecidas las poblaciones silvestres, identificar cuáles y cuántas especies existen e implementar estrategias de estudio y conservación. Posteriormente, detectar las fuentes de características deseables en las reservas genéticas primarias y secundarias, aclarar la taxonomía, filogenia del género y definir criterios adecuados para la creación de colecciones básicas

que combinen el tamaño limitado de la infraestructura y la diversidad, lo que también está en gran medida, acorde a lo indicado por Cibrian (1999), Soto-Arenas (1996) y Bory *et al.* (2008).

El uso de métodos moleculares puede complementar los estudios morfológicos para la investigación taxonómica (Mino *et al.* 2008) y facilitar la comprensión de las relaciones filogenéticas entre especies, a fin de actualizar el sistema de clasificación (Chase *et al.* 2003). Los RAPDs (Random Amplified Polymorphic DNA) se han empleado para determinar las relaciones existentes entre especies (Mino *et al.* 2011). El empleo de esta técnica en el género *Vanilla* se ha realizado con los siguientes fines: determinación de los niveles de diversidad genética en cultivos de *V. planifolia* (Shlüter *et al.* 2007) y las interrelaciones de *V. planifolia*, con especies como *V. tahitensis*, *V. andamanica* Rolfe, *V. pilifera* Holtt., y *V. aphylla* (Mino *et al.* 2008), comprobación de los niveles de variación intraespecífica y similitud entre especies cultivadas y silvestres utilizando *Vanilla planifolia*, *V. aphylla*, *V. tahitensis*, *V. andamanica*, *V. albida*, *V. wightii* Lindl. ex Wight, *V. parishii* Rchb. F., *V. walkeriae* Wight y un híbrido *Vanilla planifolia* x *V. wightii*, para inferir sobre la filogenia de éstas (Verma *et al.* 2009) comprobar la legitimidad del híbrido *V. tahitensis* y su relación con *V. planifolia* y *V. pompona* (Besse *et al.* 2004); evaluar el espectro de variación y la caracterización molecular resultado de la hibridación intraespecífica entre *V. planifolia* (hembra) y *V. aphylla* (macho) (Mino *et al.* 2006).

## 4.2 Metodología

### 4.2.1 Material vegetal y la extracción de ADN

Se colectó material foliar de toda la población de vainilla en estudio, la cual esta conformada por ocho individuo distribuidos en diferentes tutores. La colecta se llevó a cabo en febrero del 2009. Adicionalmente se utilizó el muestreo de conveniencia para la selección de ejemplares con similitudes morfológicas con la población estudió, por lo que las especies de vainillas aromáticas seleccionadas fueron: *V. planifolia*, *V. insignis* y *V. pompona* (Tabla 5).

Tabla 5. Relación y procedencia de ejemplares botánicos utilizados en el estudio.

Especie	Código	Colector	Localidad
<i>V. insignis</i>	Ving	Rebeca A. Menchaca	Tlaltelela, Veracruz
<i>V. planifolia</i>	Vpl1 y Vpl3	Oscar Mora Domínguez	Alto Lucero, Veracruz (Anexo C)
<i>V. planifolia</i>	Vpl2	Rebeca A. Menchaca	Papantla, Veracruz
<i>V. pompona</i>	Vpo1 - Vpo3	Oscar Mora Domínguez	Alto Lucero, Veracruz
<i>V. pompona</i>	Vpo4	M. Ivonne Rodríguez C.	Villa Purificación, Jalisco
<i>V. pompona</i>	Vpo5	Roberto González T.	Puerto Vallarta, Jalisco (Anexo C)
<i>V. pompona</i>	Vpo6	Rebeca A. Menchaca	Papantla, Veracruz
<i>Vanilla</i> sp.	Vsp1 - Vsp8	M. Ivonne Rodríguez C.	Villa Purificación, Jalisco (Anexo C)

Vpo: *V. pompona*. Vpl: *V. planifolia*. Ving: *V. insignis*. Vsp: *Vanilla* sp.

La extracción del ADN se llevó a cabo de acuerdo a los procedimientos del método de CTAB de Doyle y Doyle (Stewart y Via 1993). Para ello, se utilizaron dos muestras de tejido foliar fresco de vainilla de cada individuo (50 mg) (Tabla 5), el cual fue macerado en mortero estéril congelado. El homogeneizado se diluyó en 600 µL de solución de extracción (2% CTAB, 1.42 M NaCl 20 mM EDTA, 10 mM Tris HCl pH8 2 % PVP 40 y 5mM Ácido ascórbico). Esta solución fue trasvasada a tubos estériles de 2.0 ml y puestos en baño maría durante 30 min a 60 °C (Una serie de tubos no fueron incubados a 60 °C). Una vez concluida la incubación se adicionaron 500 µl de solución fría de cloroformo-alcohol isoamílico (24:1 v/v) y se mezcló por inversión hasta la homogeneización de la muestra. La solución fue centrifugada a 2,000xg 22°C durante 7 min. A continuación, 400 µl del sobrenadante fueron transferidos a tubos estériles y se adicionaron 700 µl de isopropanol frío mezclando por inversión hasta la homogeneización. Se incubaron a temperatura ambiente durante 5 min, para colocarse después en la centrifuga a 14,000xg durante 20 min a temperatura ambiente. Al terminar se desechó el sobrante y los tubos se colocaron invertidos sobre toallas de papel hasta observar que la pastilla estuviera seca. El ADN se resuspendió en 50 µl de agua inyectable y se almacenó a -18 °C. No se adicionaron DIECA y B-mecaptoetanol a la solución de extracción original propuesta por los autores.

#### 4.2.2 RAPDs

Para la amplificación del ADN se siguió el protocolo propuesto por Luna-Rodríguez *et al.* (2005) y los decámetros 02, 03, 04, 05, 06, 07, 08, 09, 11, 13, 14, 18 y 20 de Kit “K” de Operon Technology Inc. (Tabla 6). La reacción de amplificación se realizó en un volumen final de 25 µl, constituida por los siguientes componentes: 50 ng de ADN genómico, 25 pM del iniciador, 200 µM de dNTP's, 1 X de Tampón taq, 2 mM de MgCl<sub>2</sub> y 1.5 U de Taq DNA polimerasa. La amplificación se efectuó en un termociclador Eppendorf Mastercycler predeterminado para llevar a cabo el siguiente programa: 94 °C/2 min de desnaturalización inicial; 45 ciclos de 94 °C/1 min, 40 °C/1 min, 72 °C/2 min; y una extensión final a 72 °C/5 min.

Tabla 6. Secuencia de los iniciadores utilizados para la amplificación RAPDs

Iniciador (Operon Technology Inc.)	Secuencia 5´ a 3´
OPK-02	GTCTCCGCAA
OPK-03	CCAGCTTAGG
OPK-05	TCTGCGAGG
OPK-06	CACCTTCCC
OPK-07	AGCGAGCAAG
OPK-08	GAAACACTGGG
OPK-09	CCCTACCGAC
OPK-11	AATGCCCCAG
OPK-13	GGT TGTACCC
OPK-14	CCCGCTACAC
OPK-18	CCTAGTCGAG
OPK-20	GTGTCGCGAG

La separación electroforética de los amplificadores se llevó a cabo en geles de agarosa al 2% en TBE 0.5 X, aplicando 100 volts. Los geles fueron teñidos en 100 mL de solución TBE 0.5 X adicionado con 2 µL de bromuro de etidio (10 mg/mL) durante 20 min, y visualizados con luz UV en un equipo transiluminador CONSORT.

#### 4.2.3 Análisis de datos

Los fragmentos amplificados se registraron en una matriz binaria de correspondiente a la ausencia o presencia de cada banda (0 y 1). No se incluyeron las bandas monomórficas, por estar presentes en todos los individuos de estudio.

Para comparar la similitud y diferencias entre las especies se utilizó el índice de afinidad por pares (PAI), (Mino *et al.* 2006; 2008), con el cual indica el porcentaje de similitud (%) entre dos genotipos:

$$PAI = \frac{\text{Número de bandas similares} \times 100}{\text{Número total de bandas}}$$

Se realizó un análisis de conglomerado a través de variables binarias, con el objetivo distinguir el grado de similitud entre individuos, para lo cual, se utilizó el método jerárquico empleando como índice de similitud el Jaccard (Schlüter y Harris 2006; Schlüter *et al.* 2007; Verma *et al.* 2009):

$$S_{ij} = \frac{n_{11}}{n_{11} + n_{01} + n_{10}}$$

$S_{ij}$  = índice de similitud Jaccard

$n_{11}$  = número de fragmentos presentes en ambos

$n_{01}$  y  $n_{10}$  = número de fragmentos presentes en un individuo y ausente en otro

Con  $S_{ij}$  se elaboro el dendrograma utilizando el método de agrupamiento por pares no ponderados con media aritmética (UPGMA en inglés; Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean), con un valor de 1,000 bootstrap (Dig *et al.* 2007; Rebeiro *et al.* 2010) procesándolos en el software FAMD 1.25 (2010) (Schlüter y Harris 2006; Schlüter *et al.* 2007) y Fig Tree 1.3.1 (Rambaut 2006-2009).

Para agrupa los datos binarios reduciendo las dimensiones entre los individuos y representarlos de manera gráfica se realizo el Análisis de Coordenadas Principales (ACooP o PCoA) (Schlüter *et al.* 2007; Olmos y Di Renzo 2010) con las distancias de Jaccard ( $d_{ij} = 1 - S_{ij}$ ) esto se elaboro en el software FAMD 1.25 (Schlüter y Harris 2006; Schlüter *et al.* 2007).

También se realizó un Análisis Factorial de Correspondencia (AFC) que permite examinar la estructura categórica de los individuos de una manera visual mediante el análisis de las bandas resultantes con los diferentes iniciadores entre las especies (Besse *et al.* 2004), esto se obtuvo con el software STATISTICA 8 (StatSoft Inc. 2007).

#### 4.3 Resultados

A partir de los 12 iniciadores empleados, se obtuvo amplificación de 102 bandas de nueve cebadores con polimorfismo 83 a 100%. Los iniciadores que no generaron productos de amplificación fueron OPK-13, OPK-18 y OPK-20 (Tabla 7).

Tabla 7. Información de bandas generadas por los iniciadores utilizados para la amplificación RAPDs.

Iniciador	Bandas totales de amplificación	Bandas polimórficas	% Polimorfismo	Bandas únicas por especie			
				Vpo	Vpl	Ving	Vsp
OPK-02	6	5	83.3	1	1	0	1
OPK-03	14	14	100	0	0	1	0
OPK-05	5	5	100	0	0	0	0
OPK-06	14	14	100	0	0	2	2
OPK-07	15	15	100	1	0	1	5
OPK-08	13	13	100	0	0	7	0
OPK-09	12	12	100	0	0	2	2
OPK-11	9	9	100	1	1	2	0
OPK-14	15	15	100	1	3	1	1
Total	103	102	583.3	4	5	16	11

Vpo: *V. pompona*. Vpl: *V. planifolia*. Ving: *V. insignis*. Vsp: *Vanilla* sp.

Con el índice de afinidad por pares (PAI) entre los individuos de la población *Vanilla* sp., (1 al 8) es de 84 a 100 % es donde existe similitud. El PAI entre los individuos de *Vanilla* sp. y *V. pompona* fue de 9.6 a 22.4% por lo que no son similares. Tampoco se encontró similitud entre los individuos de *Vanilla* sp. y *V. planifolia* donde el PAI es de 13.6 a 21.8 %. Así como entre los individuos de *Vanilla* sp. y *V. insignis* el PAI es de 13.6 a 16.9 % no se encontró similitud (Tabla 6).

Tabla 8. Índice de afinidad por pares (PAI) con las bandas de RAPDs de especies aromáticas comparadas

	Vpo1	Vpo2	Vpo3	Vpo4	Vpo5	Vpo6	Vpl1	Vpl2	Vpl3	Ving	Vsp1	Vsp2	Vsp3	Vsp4	Vsp5	Vsp6	Vsp7
Vpo1																	
Vpo2	81.3																
Vpo3	87.9	87.5															
Vpo4	53.8	56.8	55														
Vpo5	69.2	60	70	83.3													
Vpo6	73	72.2	78.4	60	70.7												
Vpl1	13.8	18.5	19.3	20	20	20.7											
Vpl2	8.5	11.4	10.4	13.3	14	14.6	39										
Vpl3	16.7	21.4	20	14.8	18.8	17.5	58.3	32.6									
Ving	19.3	20	18.6	23.6	21.3	20	19.4	9.3	18.2								
Vsp1	11.5	14.3	13.2	20.8	18.5	14.8	18.5	16.7	15.3	15.8							
Vsp2	9.6	12.2	11.3	18.8	16.7	13	16.7	14.3	13.6	14	90						
Vsp3	13.2	16	14.8	22.4	20	18.5	20	18.6	14.8	15.3	93	90					
Vsp4	13	15.7	14.5	22	19.6	20.4	21.8	20.9	14.5	15	90	87.1	96.8				
Vsp5	13	15.7	14.5	19.6	17.5	20.4	21.8	20.9	14.5	16.9	84	87.1	90.6	93.8			
Vsp6	11.3	14	13	18	16.1	18.9	20.4	19	15	13.6	84	86.7	90.3	93.5	93.5		
Vsp7	13	15.7	14.5	19.6	17.5	20.4	21.8	20.9	14.5	16.9	84	87.1	90.6	93.8	100	93.5	
Vsp8	13	15.7	14.5	19.6	17.5	20.4	21.8	20.9	14.5	16.9	84	87.1	90.6	93.8	100	93.5	100

Vpo1-6: *V. pompona*. Vpl 1-3: *V. planifolia*. Ving: *V. insignis*. Vsp 1-8: *Vanilla* sp.

Por su parte el índice de similitud de Jaccard ( $S_{ij}$ ) entre los individuos de la población *Vanilla* sp., (1 al 8) es de 0.84 a 1 es donde existe similitud. El  $S_{ij}$  no se encontró similitud entre los individuos de *Vanilla* sp. con: *V. planifolia* (0.14 a 0.22), *V. insignis* (0.14 a 0.17) y *V. pompona* (0.10 a 0.22). Por lo que el  $S_{ij}$  reporto información semejante a el PAI (Tabla 7).

Tabla 9. Índice de similitud de Jaccard ( $S_{ij}$ ) con las diferentes especies comparadas con las bandas de RAPDs

	Vpo1	Vpo2	Vpo3	Vpo4	Vpo5	Vpo6	Vpl1	Vpl2	Vpl3	Ving	Vsp1	Vsp2	Vsp3	Vsp4	Vsp5	Vsp6	Vsp7	Vsp8	
Vpo1	1.00																		
Vpo2	0.81	1.00																	
Vpo3	0.88	0.88	1.00																
Vpo4	0.54	0.57	0.55	1.00															
Vpo5	0.69	0.60	0.70	0.83	1.00														
Vpo6	0.73	0.72	0.78	0.60	0.71	1.00													
Vpl1	0.14	0.19	0.19	0.20	0.20	0.21	1.00												
Vpl2	0.09	0.11	0.10	0.13	0.14	0.15	0.39	1.00											
Vpl3	0.17	0.21	0.20	0.15	0.19	0.17	0.58	0.33	1.00										
Ving	0.19	0.20	0.19	0.24	0.21	0.20	0.19	0.09	0.18	1.00									
Vsp1	0.12	0.14	0.13	0.21	0.19	0.15	0.19	0.17	0.15	0.16	1.00								
Vsp2	0.10	0.12	0.11	0.19	0.17	0.13	0.17	0.14	0.14	0.14	0.90	1.00							
Vsp3	0.13	0.16	0.15	0.22	0.20	0.19	0.20	0.19	0.15	0.15	0.93	0.90	1.00						
Vsp4	0.13	0.16	0.15	0.22	0.20	0.20	0.22	0.21	0.15	0.15	0.90	0.87	0.97	1.00					
Vsp5	0.13	0.16	0.15	0.20	0.18	0.20	0.22	0.21	0.15	0.17	0.84	0.87	0.91	0.94	1.00				
Vsp6	0.11	0.14	0.13	0.18	0.16	0.19	0.20	0.19	0.15	0.14	0.84	0.87	0.90	0.94	0.94	1.00			
Vsp7	0.13	0.16	0.15	0.20	0.18	0.20	0.22	0.21	0.15	0.17	0.84	0.87	0.91	0.94	1.00	0.94	1.00		
Vsp8	0.13	0.16	0.15	0.20	0.18	0.20	0.22	0.21	0.15	0.17	0.84	0.87	0.91	0.94	1.00	0.94	1.00	1.00	

Vpo1-6: *V. pompona*. Vpl 1-3: *V. planifolia*. Ving: *V. insignis*. Vsp 1-8: *Vanilla* sp.

El Análisis de Coordenadas Principales (PCoA) genero la agrupación con las distancias de Jaccard ( $d_{ij}$ ), indica que con los primeros dos PCoA se explica el 75.99 % de la agrupación. Aportando el PCoA 1 el 53.46 % y el PCoA 2 el 22.53 % (Figura 17 y Anexo D). Con los cuales se forman cuatro grupos el de *Vanilla* sp., *V. pompona*, *V. planifolia* y *V. insignis*. Los cuadro grupos formados ubican demanera separada los ejemplares de *Vanilla* sp., *V. pompona*, *V. planifolia* y *V. insignis*.

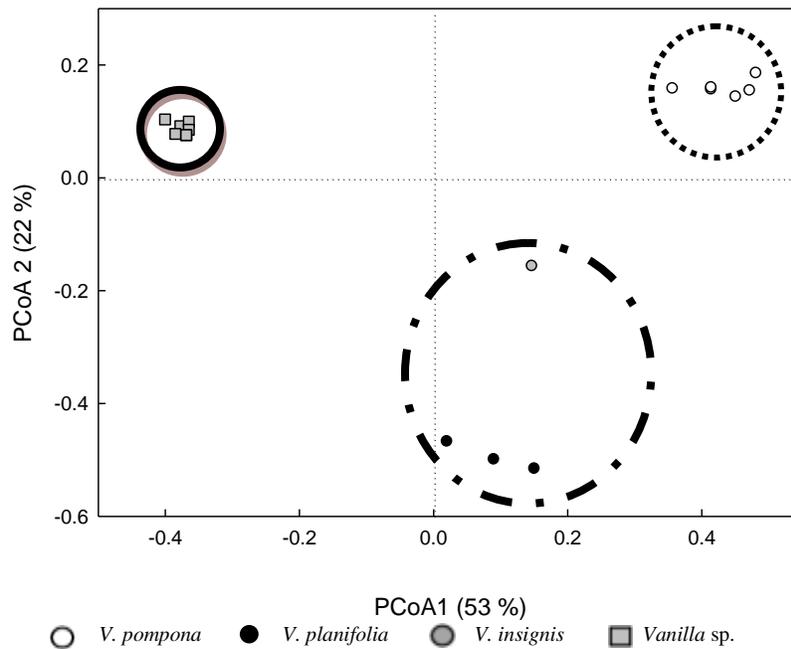


Figura 17. PCoA dimensional con la distancia de Jaccard de los resultados de RAPDs de las especies comparadas

El análisis UPGMA con  $S_{ij}$  forma cuatro grupos y ubica a *V. pompona*, *V. sp.*, *V. insignis* y *V. planifolia* en clados independientes (Figura 18). Formando cuatro grupos con 94 % de confiabilidad: *V. pompona*, *V. sp.*, *V. insignis* y *V. planifolia*. El grupo de *V. pompona* en el cual se puede separar por localidad en dos grupos con 47 % de confiabilidad los del estado de Veracruz y los de Jalisco. En el grupo *V. insignis* que se encuentra más cercano a *V. planifolia* con 94 % de confiabilidad. Los RAPDs muestran que la variación genética dentro de la población de *Vanilla* sp. es baja ( $S_{ij}$  0.84-1; PAI 84-100%), y que forma un grupo compacto (cinco individuos) en el UPGMA 30 % de confiabilidad.

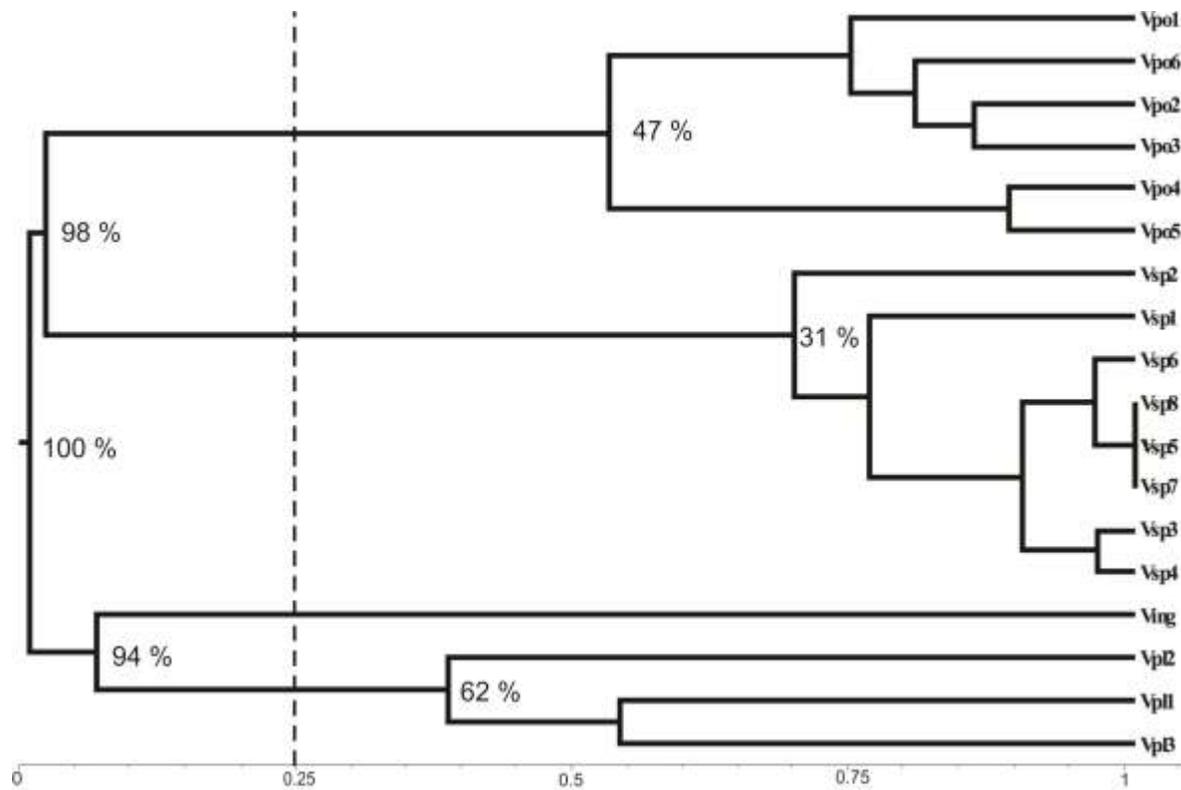


Figura 18. Dendrograma de UPGMA con índice de Jaccard con bandas de RAPDs con las especies comparadas

En el Análisis Factorial de Correspondencia (AFC) con los dos primeros ejes son significativos ya que se explica el 53.87% de inercia. Con el eje 1 el 29.2 % de inercia y con  $\chi^2$  de 0.61. En el eje 2 con 24.67 % de inercia y con  $\chi^2$  0.51. La  $\chi^2$  total es de 2.10 (Anexo E). En donde se puede observar tres grupo; a) *V. pompona*, b) *Vanilla* sp. y c) *V. planifolia* y *V. insignis* (Figura 19).

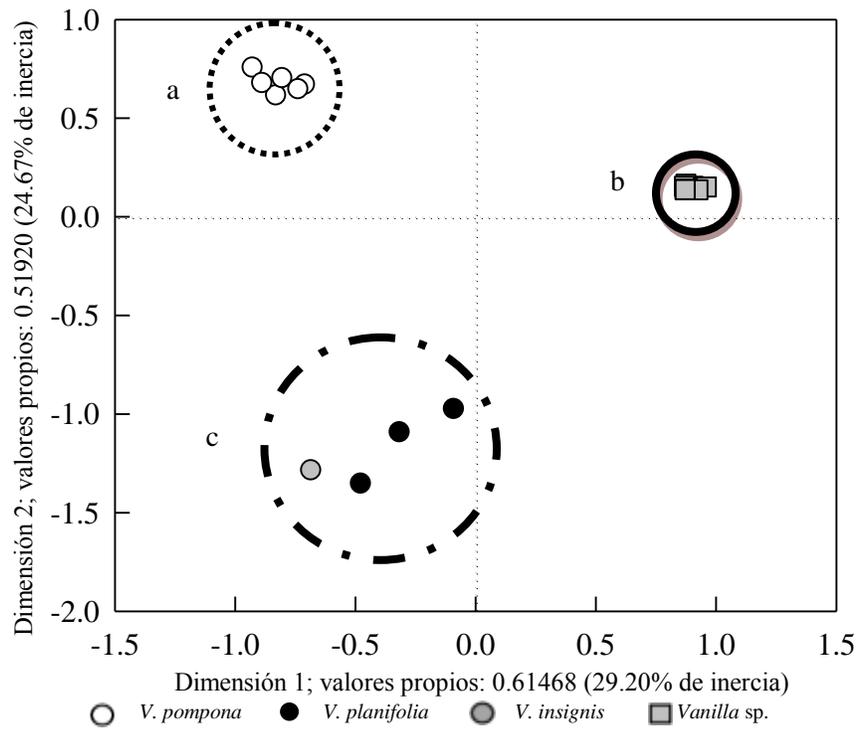


Figura 19. De dos dimensiones de AFC con los resultados de RAPDs (está representado el 53.87 % de la variación)

## DISCUSIÓN

Los caracteres florales considerados para comparar a la población de estudio con las cinco especies de *Vanilla*, son los siguientes: longitud de los sépalos y anchura de los pétalos; contorno general y longitud del labelo, ornamentación del lóbulo medio del labelo, forma y dimensiones de los lóbulos laterales desde los senos entre lóbulos. Estos caracteres coinciden con los utilizados por Rodríguez-Covarrubias y González-Tamayo (2004) en un género de la misma familia. De esos caracteres, los que no presentan similitud entre *Vanilla* sp. con *V. planifolia*, *V. insignis*, *V. odorata*, *V. pompona* y *V. tahitensis* son: la longitud de sépalo dorsal, en la ornamentación del labelo, lóbulo medio del labelo, forma y dimensiones de los lóbulos laterales.

En este trabajo, todas las estructuras vegetativas estudiadas de *Vanilla* sp, presentan similitud con *V. pompona*, *V. tahitensis*, *V. insignis*, *V. odorata* y *V. planifolia*. Lo cual coincide con lo encontrado por Verman *et al.* (2009), Soto-Arenas y Cribb 2010; Soto-Arenas y Dressler 2010 y Bory *et al.* (2011) en cuanto a que éstas presentan mucha variación dentro de las especies, lo que permite similitudes entre las especies.

Los resultados obtenidos con los RAPDs y los estudios de caracteres morfológicos, presentaron disimilitud parental entre *Vanilla* sp., *V. insignis*, *V. planifolia* y *V. pompona*, lo cual coincide con Mino *et al.* (2008), quién dice que los análisis con RAPDs son consistentes con los resultados de análisis morfológicos en el género *Vanilla*.

Lo anterior se ve reflejado en: A) el PAI (9.6-22.4%) entre *Vanilla* sp. y *V. pompona*, así como algunas características morfológicas similares (0.07) como, la longitud de entrenudos; la longitud del margen de la columna fusionado a él labelo; la lámina del labelo trilobado, obovada; longitud del callo penicilado trapeziforme; y la longitud del lóbulo medio de labelo; B) el grado de similitud encontrada con RAPDs entre *Vanilla* sp. y *V. planifolia* ( $S_{ij}$  0.14  $\pm$  0.22; PAI 13.6  $\pm$  21.8%) donde también se pueden observar algunas características morfológicas similares ( $S_{ij}$  0.11) como, longitud y ancho de los tallos; longitud y ancho de las hojas; longitud y ancho del ovario; ancho del sépalo dorsal; longitud y ancho de los sépalos laterales; ancho del pétalo; ancho del labelo, distancia y ancho del callo penicilado; presencia de un labelo trilobado, ovado, longitud en el lóbulo medio; ancho de la columna; y longitud del fruto; C) la disimilitud encontrada entre *Vanilla* sp. y *Vanilla insignis* ( $S_{ij}$  0.14  $\pm$  0.17; PAI 13.6  $\pm$  16.9) a través de los análisis

con RAPDs, fue mayor que con las otras especies comparadas, a su vez, también se observan caracteres morfológicos con baja similitud ( $S_{ij}$  0.11) : la longitud y ancho de tallo; forma, longitud y ancho de la hoja; ancho del sépalo dorsal; ancho del sépalos laterales; ancho del pétalo; longitud y ancho del callo penicilado; labelo trilobado, obovado, el ancho del lóbulo medio; y el ancho del fruto.

La variación interespecífica encontrada, fue suficiente para separar especies, lo cual se ve reflejado en los resultados de PCoA, pues los dos primeros ejes explican el 75.99% de la agrupación. En el dendrograma UPGMA se observa que con 94% de las permutaciones, las especies se separan en cuatro grupos: a) *V. pompona*, b) *V. planifolia*, c) *V. insignis* y d) *Vanilla* sp. Esto coincide con los trabajos de Besse *et al.* (2004), Verma *et al.* (2009) y Mino *et al.* (2011), en cuanto a que los análisis con RAPDs muestran suficiente variación a nivel de las especies para separarlas en grupos. En contraste, el AFC explica el 53.87% de inercia con los dos primeros factores, separando las especies en tres grupos: a) *V. pompona*, b) *Vanilla* sp, y c) *V. planifolia*, *V. insignis*.

De acuerdo a los análisis de RAPDs, las especies *V. planifolia* y *V. insignis* se encuentran cercanas, esto coincide con los resultados obtenidos por Soto-Arenas y Dressler (2010). Por otra parte, las características morfológicas que comparte *Vanilla* sp. con el grupo *V. planifolia* es el color de las flores verdosas y labelo cóncavo.

Se encontró baja similitud genética ( $S_{ij}$   $0.10 \pm 0.22$ ; PAI  $9.6 \pm 22.4$  %) y morfológica entre *Vanilla* sp. y *V. pompona*. En este sentido, las características morfológicas que comparten estos grupos son: flores fragantes, un cojín axial ligeramente grueso que va desde el callo penicilado hasta el ápice y fruto grueso.

No se encontró similitud parental entre *Vanilla* sp. y las especies comparadas (*V. planifolia*, *V. insignis* y *V. pompona*), ya que el PAI fue menor a 22.4 %, esto coincide con la planteado por Mino *et al.* (2006), quien menciona que para inferir similitudes parentales entre híbridos y sus progenitores, el PAI debe ser superior al 50%. En este sentido la fisiografía de la zona de estudio tiene barreras físicas que apoyan lo anterior. Por lo que no se puede plantear un híbrido con las especies que se encuentran distribuidas en la provincia de la Costa del Pacífico, ya que *V. pompona* necesita un polinizador y *V. inodora* se reproduce principalmente por autofecundación. Otro factor que dificulta la existencia de híbrido es que la

germinación de semillas requiere de escarificación en el tracto digestivo de murciélago, esto complican la germinación de manera natural, estos coinciden con Soto-Arena y Dressler (2010).

## CONCLUSIÓN

De acuerdo a la nueva clasificación del género *Vanilla* propuesta por Soto-Arenas y Cribb (2010), los análisis morfológicos, ubican a la población de estudio (*Vanilla* sp.) en el subgénero *Xanata* ya que comparten las siguientes características morfológicas: hojas coriáceas-carnosa; inflorescencia elongada y diferentes a la planta; labelo con callo penicilado; labelo unido a más de la mitad de la columna a lo largo; columna con pubescencia ventral, anteras ventrales paralelas, con lóbulos estigma emergentes.

La población de estudio (*Vanilla* sp.) presentó baja similitud morfológica y molecular con todas las especies comparadas (*V. odorata*, *V. tahitensis*, *V. planifolia*, *V. pompona* y *V. insignis*), lo que permite rechazar la hipótesis planteada.

Así mismo, la mencionada baja similitud, no revela que la población de estudio sea un híbrido natural, por lo que es recomendable utilizar otras técnicas moleculares con todas las especies aromáticas que permitan afirmar o descartar esta posibilidad.

Los RAPDs muestran baja variación intraespecífica en la población de estudio, por lo que es conveniente conocer la variabilidad genética de las accesiones, así como la búsqueda de otros sitios en esta región. Esto con el fin de realizar estudios futuros que permitan aprender de la genética de poblaciones de *Vanilla* sp.

Por otro lado, sería oportuno el estudio de *Vanilla* sp. con el objetivo de saber si presenta alguna de las características para la conservación del género. Así como, utilizar otras herramientas moleculares complementarias y estudios de citogenética que permitan hacer inferencias acerca del origen y evolución de esta población.

## LITERATURA CITADA

- Abraham, D. J., A. S. Mehanna, F. C. Wireko, J. Whitney, R. P. Thomas, and E. P. Orriger. 1961. Vanillin, a Potential Agent for the Treatment of sickle cell anemia. *Blood*. 77, 6: 1334-1341.
- Acuña, R. 1988. Relaciones Geográficas del siglo XVI: Nueva Galicia. Relación de la Villa Purificación. Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Antropología 65: 205-235.
- Aldana, R. M. 1990. La cuestión agraria en la costa de Jalisco. *Estudios Jalisco* 2: 43-60.
- Ames, O. 1934. An addition to the genus *Vanilla*. *Botanical Mususeum Leaflets* 2, 8: 101-103.
- Arriaga, L., V. Aguilar y J. Alcocer. 2002. 'Aguas Continentales y diversidad biológica de México'. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). Escala 1: 4000 000. México.
- Atienzar, F., A. Evenden, A. Jha, D. Savva, y M. Depledge. 2000. Optimized RAPD analysis generates high quality genomic DNA profiles at high annealing temperature. *Bio Techniques* 28:52-4.
- Barrera-Rodríguez, R. O. y V. F. Zaragoza. 1999. Las estructuras del Relieve del estado de Jalisco. de *VinCi* 2:4-27
- Bessa, P., D. D. Silva, S. Bory, M. Grisoni, F. Le Bellec, y M.-F. Duval. 2004. RAPD genetic diversity in cultivated vanilla: *Vanilla planifolia*, and relationships with *V. tahitensis* and *V. pompona*. *Plant science* 167: 379-385.
- Bory, S. 2007. Diversité de *Vanilla planifolia* dans l'océan Indien et de ses espèces apparentées: Aspects génétiques, cytogénétiques et épigénétiques. Tesis de Doctorado. Universidad de Reunion, Francia.
- Bory, S., D. D. Silva, A.-M. Risterucci, M. Grisoni, P. Besse y M.-F. Duval. 2008b. Development of microsatellite markers in cultivated *Vanilla*: polymorphism and transferability to other *Vanilla* species. *Scientia Horticulturae* 115: 420-425.
- Bory, S., M. Grisoni, M.-F. Duval y Besse P. 2008c. Biodiversity and preservation of vanilla: present state of knowledge. *Genetic Resources and Crop Evolution* 55: 551-571
- Bory, S., O. Catrice, S. C. Brown, I. J. Leitch, R. Gigant, F. Chiroleu, M. Grisoni, M.-F. Duval y P. Besse 2008a. Natural polyploidy in *Vanilla planifolia* (Orchidaceae). *Genome* 51: 816-826.
- Bory, S., P. Lubinsky, A.-M. Risterucci, J.-L. Noyer, M. Grisoni, M.-F. Duval y Besse P. 2008d. Patterns of introduction and diversification of *Vanilla planifolia* (Orchidaceae) in Reunion Island (Indian Ocean). *American Journal of Botany* 95, 7: 805-815.
- Bory, S., S. Brown, M. F. Duval y P. Besse. 2011. Evolutionary processes and diversification in the genus *Vanilla*. pp. 15-30. En: E. Odoux y M. Grisoni, (ed.), *Vanilla*. Taylor and Francis Group. U.S.
- Bouetard, A., P. Lefeuvre, R. Gigant, S. Bory, M. Pignal, P. Besse y M. Grisoni. 2010. Evidence of transoceanic dispersion of the genus *Vanilla* based on plastid DNA phylogenetic analysis. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 55: 621-630.
- Brock, P., M. Madigan y J. Martinko. 2000. *Biología de Microorganismos*. Prentice Hall. Hispanoamericana, SA. Madrid.
- Bruman, H. 1948. *The Culture History of Mexican Vanilla*. Duke University press.
- Butler, J. M. 2009. DNA Extraction from Forensic Samples Using Chelex. *Cold Spring Harbor protocols*. 6: doi:10.1101/pdb.prot5229
- Cameron, K. 2003. Vanilloideae. pp. 281-334. En: A. M. Pridgeo, P. J. Cridd, M. W. Chase y F. N. Rasmussen (ed.). *Genera Orchidoideae Vol. 3 (Parte 2) Vanilloideae*. Oxford.
- Cameron, K. C., M. W. Chase, W. M. Whitten, P. J. Kores, D. C. Jarrell, V. A. Albert, T. Yulawa, H. G. Hills y D. H. Goldman. 1999. A phylogenetic analysis of the Orchidaceae evidence from RBCL nucleotide sequences. *American Journal of botany* 86, 2: 208-224.
- Cameron, K. M. 1996. Phylogenetic relationships of the Vanilloid Orchids: an integration of molecular, morphological, and anatomical data. PhD. Thesis, Department of Botany, University of North Carolina.
- Cameron, K. M. 2011. Vanilloid Orchids Systematics and Systematics and Evolution. pp. 1-13. En: E. Odoux y M. Grisoni, (ed.), *Vanilla*. Taylor and Francis Group. U.S.

- Cameron, K. M. y W. C. Dickison. 1998. Foliar architecture of vanilloid orchids: insights into the evolution of reticulate leaf venation in monocotyledons. *Botanical Journal of the Linnean Society* 128: 45-70.
- Castillo, A., C. Godínez, N. Schroeder, C. Galicia, A. Pujadas-Botey y L. Martínez-Hernández. 2009. El bosque tropical seco en riesgo: Conflictos entre uso agropecuario, desarrollo turístico y provisión de servicios ecosistémicos en la Costa de Jalisco, México. 34, 12: 844-850
- Castillo, A., M. A. Magaña, A. Pujadas, L. Martínez y C. Godínez. 2005. Understanding rural people interaction with ecosystems: a case study in a tropical dry forest of Mexico. *Ecosystems* 8: 630-643.
- Castillo, C. C. M. 1991. El proyecto de colonización de la costa de Jalisco. Primera etapa, 1944-1947. *Estudios Soc.*, 11: 86-115.
- Castillo-Martínez, R. y E. M. Engleman. 1993. Caracterización de dos tipos de *Vanilla planifolia*. *Acta Botánica Mexicana*. 25:49-59
- Centro Internacional de la Papa (CIP). 1998. Protocolos de Laboratorio de Biología Molecular. Tipificación Genéticas. Manual de Capacitación. Perú
- Challenger, A. 1998. Utilización y conservación de los ecosistema terrestres de México. Pasado, Presente y futuro. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, UNAM, Sierra Padre, SC. México. 281-288.
- Chase M., J. Freudenstin, K. Cameron, y R. Barrett. 2003. DNA data and Orchidaceae systematic: a new phylogenetic classification. Pp. 69-89. En: Dixon, K., S. Kell, R. Barrett y P. Cribb (eds.), *Orchid conservation. Natural History*.
- Chavez-Esponda, D., I. Miranda-Cabrera, M. Varela Nualles, L. Fernández. 2010. Utilización del análisis de cluter con variables mixtas en la selección de genotipos de maíz (*Zea mays*). *Revista investigación operacional*. 30, 3: 209-216
- Choy-Ley, J. 2000. Vainilla (*Vanilla planifolia*) La orquídea más conocida del mundo por su sabor y aroma. *Orchids Autralian*.
- Cibrián, J. A. 1999. Variación genética de *Vanilla planifolia* en México. Tesis. Facultad de ciencias, UNAM, Mxico, D.F.
- Ciudad Real, A. (1551-1617 tercera edicion) 1993. De cómo el padre comisario general fue al convento de Autlade la provincia de Martinmonge y villa de la Purificación. En: A. Ciudad Real, *Tratado curioso y docto de las grandezas de la Nueva España*. Universidad Nacional Autonoma de México. México. 131-132
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). 1997. 'Provincias biogeográficas de México'. Escala 1:4 000 000. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, D. F.
- DOF. 1994. Decreto por el que se declara área natural protegida con carácter de reserva de la biosfera la región conocida como Chamela-Cuixmala, ubicada en el municipio de La Huerta, Jal. *Diario Oficial de la Federación. Gaceta Ecol*. 6: 56-64.
- Ellsworth, D. L., K. D. Rittenhouse y R. L. Honeycutt. 1993. Artificial variation in randomly amplified polymorphic DNA banding patterns. *Biotechniques* 14:214-7.
- Falcón, L. I. y A. Vera. 2007. Capitulo 16 Extracción de ácidos nucleídos. En: *Ecología Molecular. SEMARNAT y CONABIO*. México.
- FDA, U S Food and Drug Administration Consultado en: <http://www.fda.gov/Food/FoodIngredientsPackaging/GenerallyRecognizedasSafeGRAS/default.htm>. Consultado en la red mundial 06/10/2011
- Flamm, R. K., D. J. Hinrichs y M. F. Thomashow. 1984. Introduction of pAMβ1 into *Listeria monocytogenes* by conjugation and homology between native *L. monocytogenes* plasmids. *Infect Imuunology*. 44: 157-161
- Flores-Villela, O. y P. Gerez. 1994. Biodiversidad y conservación en México: vertebrados, vegetación y uso del suelo. CONABIO, Universidad Nacional de México. México. 169-166.

- Food Ingredients and Colors. International Food Information Council (IFIC) and U.S. Food and Drug Administration. [www.fda.gov/downloads/Food/FoodIngredientsPackaging/ucm094249.pdf](http://www.fda.gov/downloads/Food/FoodIngredientsPackaging/ucm094249.pdf). Consultado en la red mundial 06/10/2011
- Food Ingredients and Colors. International Food Information Council (IFIC) and U.S. Food and Drug Administration. November 2004; revised April 2010. Available at: [www.fda.gov/downloads/Food/FoodIngredientsPackaging/ucm094249.pdf](http://www.fda.gov/downloads/Food/FoodIngredientsPackaging/ucm094249.pdf). Consultado en la red mundial 06/10/2011
- Fraga, J., J. Rodríguez, O. Fuentes, A. Fernandez-Calienes y M. Castex. 2005. Optimización de la técnica de ADN polimórfico amplificado al azar (RAPD) para su utilización en la caracterización genética de triatomíneos cubanos. *Rev. Inst. Med. Trop. S. Paulo.* 47:5. 295-300
- Freudenstein, J. V. y F. N. Rasmussen. 1999. What does morphology tell us about orchid relationships? - A cladistic analysis. *American Journal of botany* 86, 2: 225-248.
- Freudenstein, J. V., E. M. Harris y F. N. Rasmussen. 2002. The evolution of anther morphology in Orchids: incumbent anthers, superposed pollinia, and the vandoid complex. *American Journal of botany.* 89, 11:1747-1755.
- García, E. y CONABIO. 1998. 'Precipitación total anual'. Escala 1: 1000000. México.
- García-Oliva, F., J. M. Maass, V. J. Jaramillo, A. Martínez Yrizar, L. A. Pérez-Jiménez y J. Sarukhán. 2006. El enfoque ecosistémico y su aplicación en problemas de manejo y restauración ecológica; el caso de la Selva baja caducifolia en Chamel, Jalisco. pp. 111-126. En: K. Oyama y A. Castillo, (eds.), *Manejo, Conservación y Restauración de Recursos Naturales en México: perspectivas desde la investigación científica.* UNAM, Siglo XXI. México.
- Gerasimov, A. V., N. V. Gornova y N. V. Rudometova. 2003. Determination of Vanillin and Ethylvanillin in Vanilla Flavorings by Planar (Thin-Layer) Chromatography. *Journal of Analytical Chemistry* 58, 7: 677-684.
- Gómez P., L. D. 2008. *Vanilla planifolia*, the first mesoamerican orchid illustrated, and notes on the la Cruz-Badiano Codex. *Lankesteriana* 8,1:81-88
- Gonzalez-Tamayo, R. 1985. En: McVaugh, R. (Ed.), *Flora Novogaliciana. Orchidaceae* 16:351-353
- Gordon, A. D. 1990. *Cluster classification.* Wiley New York.
- Gower, J. 1967. A comparison of some methods of cluster analysis. *Biom. J.* 23: 623-637
- Gower, J. 1971. A general coefficient of similarity and some of its properties. *Biometrics* 27: 857-872
- Grisoni, M., M. Moles, P. Besse, S. Bory, M. F. Duval y R. Khane. 2007. Towards and international plant collection to maintain and characterize the endangered genetic resources of vanilla. *Acta Hort.* 760: 83-91.
- Gustafson, D. L., H. R. Franz, A. M. Ueno, C. L. Smith, D. J. Doolittle y C. A. Waldren. 2000. Vanillin (3-methoxy-4-hydroxybenzaldehyde) inhibits mutation induced by hydrogen peroxide N-methyl-N-nitosaguanidine and mitomycin C but not 137 Cs  $\gamma$ -radiation at D59 locus I human-hamster hybrid AL cell. *Mutagenesis* 15(3): 207-213.
- Guzman, C. C. 2004. 20 Vanilla. En: K. V. Peter, (ed.), *Handbook of herbs and spices. Hardback* 2: 322-353.
- Hagsater, E., M. A. Soto-Arenas, G. A. Salazar Chávez, R. Jiménez Machorro, M. A. López Rosas y R. I. Dressler. 2005. *Las orquídeas de México.* Instituto Chinoín, México.
- Hernández, H. J., y P. Lubinky. 2011. Cultivation Systems. pp. 75-96. En: E. Odoux y M. Grisoni, (ed.), *Vanilla.* Taylor and Francis Group. U.S.
- Hernández-Fernández, M. 2001. Análisis paleoecológico y paleoclimático de las sucesiones de mamíferos del plio-pleistoceno Ibérico. Tesis de Doctor, Madrid.
- <http://ikon.altervista.org/search/pics2.php?search=Vanilla%20tahitensis>. Consultado en la red mundial 14/06/2011
- <http://www.parkswatch.org>. Consultado en la red mundial 06/10/2011
- INEGI, Estados Unidos Mexicanos y Censo Agropecuario. 2007. VIII Censo Agrícola, Ganadero y Forestal. Aguascalientes, Ags. 2009.

- INEGI. 2005. Censo de población y vivienda. Resultados definitivos. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. México.
- Karp, A., O. Seberg y M. Buiatti. 1996. Molecular Techniques in the Assessment of Botanical Diversity. *Annals of Botany* 78: 143-149.
- Korthou, H. y R. Verpoorte. 2007. *Vanilla*. pp. 2003-217. En: R. G. Berger (ed.), *Flavours and fragrance; Chemistry Bioprocessing and sustainability*. Alemania.
- Lara, G. y M. Taboada. 1996. *Historias de mis Abuelos*. Desarrollo Educativo y Cultural Costa Alegre. México.
- Lepers-Andrzejewski, S., C. Brunschwig, F. X. Collard y M. Dron. 2011. Morphological, Chemical, Sensory, and Genetic Specificities of Tahitian *Vanilla*. pp. 205-228. En: E. Odoux y M. Grisoni, (ed.), *Vanilla*. Taylor and Francis Group. U.S.
- LNMySR-INIFAP <http://clima.inifap.gob.mx/redclima/default.aspx>. Consultado en la red mundial. 20/07/2011
- Lubinsky, P. 2007. Historical and Evolutionary Origins of Cultivated *Vanilla*. PhD. Thesis, Botany and plant Sciences, University of California Riverside, CA.
- Lubinsky, P., K. M. Cameron, M. C. Molina, M. Wolng, S. Lepers-Andrzejewski, A. Gómez-Pompa, y S. K. Seung-Chul. 2008. Neotropical roots of a Polynesian spice: the hybrid origin of Tahitian vanilla, *Vanilla tahitensis* (Orchidaceae). *Amer. J. Botany* 95, 8: 1040-1047.
- Lubinsky, P., S. Bory, J. Hernández Hernández, S. K. Chul y A. Gómez Pompa. 2008. Origins and dispersal of cultivated vanilla (*Vanilla planifolia* Jacks) (Orchidaceae). *Economic Botany* 62 (2): 127-138
- Luna-Rodríguez, M., J. López-Upton y I. Iglesias-Andreu. 2005. Variabilidad morfológica y molecular (RAPD) en una plantación de *Pinus patula* en Veracruz, México. *Agrociencia* 39, 2: 231-235
- Lynch, M. y B. G. Milligan. 1994. Analysis of population genetic structure with RAPD markers. *Mol. Ecol.* 3: 91-99.
- Minoo, D., K. N. Babu y M. Grisoni. 2011. Biotechnological applications in *Vanilla*. pp. 51-73. En: E. Odoux y M. Grisoni, (ed.), *Vanilla*. Taylor and Francis Group. U.S
- Minoo, D., K. Nirmal Babu, P. N. Ravindran y K. V. Peter. 2006. Interspecific hybridization in vanilla and molecular characterization of hybrids and selfed progenies using RAPD and AFLP markers. *Scientia Horticulturae* 108: 414-422
- Minoo, D., V. N. Jayakumar, S. S. Veena, J. Vimala, A. Basha, K. V. Saji, K. Nirmal Babu y K. V. Peter. 2008. Genetic variations and interrelationships in *Vanilla planifolia* and few related species as expressed by RAPD polymorphism. *Genet Resour Crop Evol.* 55:459-470.
- Morrone, J. J. 2005. Hacia una síntesis biogeográfica de México. *Rev. Mex. Biodiv.* 76, 2: 207-252.
- Mountjoy, J.B. 2008. Arqueología de la zona costera de Jalisco y del municipio de Villa Purificación. Pp. 21-39. En: P.A. Regalado, (ed.), *Histórica de Villa Purificación. Testimonios del 475 Aniversario de su Fundación*. Ayuntamiento Constitucional de Villa Purificación, Jalisco, México.
- Mourtzinos, I., S. Konteles, N. Kalogeropoulos y V. T. Karathanos. 2009. Thermal oxidation of vanillin affects its antioxidant and antimicrobial properties. *Food Chemistry* 114:791-797.
- Nodarse, J. F., J. Rodríguez, O. Fuentes, M. Castex y A. Fernández-Calienes. 2004. Comparación entre 5 métodos para la extracción de ADN de triatomíneos: su utilización en la técnica de ADN polimórfico amplificado al azar. *Rev Cubana Med Trop.* 56, 3: 208-213.
- Olmos, S. y M. Di Renzo. 2010. Parte VI Métodos de análisis de la variabilidad pp. 187-197. En: Echenique, V., C. Rubinstein, y L. Mroginski. (ed.), *Biología y Mejoramiento Vegetal*. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Buenos Aires (Argentina) y Consejo Argentino para la Información y el Desarrollo de la Biología, Buenos Aires (Argentina). Argentina.
- Ortega, A. T. 1995. El desarrollo socioeconómico de Jalisco. *Perspectivas de recursos naturales*. Rev. Univ. Guadalajara abril 41-48.
- Pignal, M. 2011. *Vanilla in Herbaria*. Pp. 43-59. En: E. Odoux y M. Grisoni, (ed.), *Vanilla*. Taylor and Francis Group. U. S.

- Portères, R. 1954. Le genere *Vanilla* Et ses especés. pp. 94-290. En: G. Bouriquet (ed.), *Le vanillier et la vanille dans le monde*. Paul Lechevalier, Paris.
- Rambaut, A. 2006-2009. Tree Figure Drawing Tool. Fig Tree version 1.3.1. <http://tree.bio.ed.ac.uk/> Institute of Evolutionary Biology, University of Edinburgh.
- Regalado, P. A. 2000. La Fundación de Villa Purificación. Ayuntamiento Constitucional de Villa Purificación. México.
- Reyes L. D., B. Rodríguez Morales, H. A. Kelso Bucio, M. Huera Lara y A. Ibáñez Martínez. 2008. Beneficiado tradicional de Vainilla. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. México.
- Rodríguez, B. M. 1989. Población y poblamiento de la costa de Jalisco. *Estudios Soc.* 6: 5-22.
- Rodríguez, B. M. 1991. La integración de la costa de Jalisco. *Estudios Soc.* 11: 116-124.
- Rodríguez-Covarrubias, M. I. y R. González-Tamayo. Una especie nueva de *Hexalectris* (Orchidaceae) del occidente de México. *Ibugana* 12,1:17-21.
- Rolfe, R. A. 1896. A Revision of the Genus *Vanilla*. *Journal of the Linnean Society of London, Botany* 32: 439-478
- Roubik, D. W., P. H. Hanson y T. Facio. 2004. Abejas de orquídeas de la América tropical. *Biología y guía de campo*. Santo Domingo de Heredia: INBio.
- Roux-Covelier, M. y M. Grisoni. 2011. Conservation and movement of *Vanilla* Gemplasm. pp. 31-40. En: E. Odoux y M. Grisoni, *Vanilla*. Taylor and Francis Group. U.S.
- Rzedowski, J. 2006. Vegetación de México. 1ra. Edición digital, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México. pp. 20-108.
- Rzedowski, J. y T. Reyna-Trujillo. 1990. 'Divisiones florísticas'. Escala 1:8000000. En: Tópicos fitogeográficos (provincias, matorral xerófilo y cactáceo. IV.8.3. Atlas Nacional de México. Vol. II. Instituto de Geografía, UNAM. México.
- Sahagún, B. 1982. Historia general de las cosas de Nueva España. 5ta. edicion. Porrúa, México.
- Salazar-Rojas, V. M., B. E. Herrera-Cabrera, A. Delgado-Alvarado, M. Soto-Hernández, F. Castillo-González y M. Cobos-Peralta. 2011. Chemotypical variation in *Vanilla planifolia* Jack. (Orchidaceae) from the Puebla-Veracruz Totonacapan región. *Genet Resour Crop Evol* 58: <http://dx.doi.org/10.1007/s10722-011-9729-y>
- Salazar-Rojas, V. M., B.E. Herrera-Cabrera, M. A. Soto-Arenas, y F. Castillo-González. 2009. Morphological variation in *Laelia anceps* subsp., *Dawsonii* f. *chilapensis* Soto-Arena Orchidaceae in traditional home gardens of Chilapa, Guerrero, México. *Genet Resour Crop Evol.* 57: 4. 543-552
- Schlüter, P. M. y S. A. Harris. 2006. Analysis of multilocus fingerprinting data sets containing missing data, *Mol. Ecol.* 6: 569-572.
- Shlüter, P. M., M. A. Soto-Arenas y S. A. Harris. 2007. Genetic Variation In *Vanilla planifolia* (Orchidaceae). *Economic Botany* 61: 228-336
- Soto-Arenas, M. A. (1999.). Filogeografía y recursos genéticos de las vainillas de México. Recuperado el 30 de Noviembre de 2009, de <http://www.conabio.gob.mx/institucion/proyectos/resultados/InfJ101.pdf>
- Soto-Arenas, M. A. 2006. La vainilla: retos y perspectivas de su cultivo. *CONABIO. Biodiversitas.* 66:1-9
- Soto-Arenas, M. A. y P. Cribb 2010. A new infrageneric classification and synopsis of the genus *Vanilla* Plum. ex Mill. (Orchidaceae: Vanillinae). *Lankesteriana* 9, 3: 355-398.
- Soto-Arenas, M. A. y R. L. Dressler. 2010. A Mexican and Central American species *Vanilla* Plum. ex Miller with a characterization of their ITS region of the nuclear ribosomal DNA. *Lankesteriana* 9, 3:258-354.
- Soto-Arenas, M. A., y R. L. Dressler. 2003. *Vanilla*. pp. 583-587. En: B. E. Hammel, M. H. Grayum, C. Herrera, y N. Zamora, (eds.), *Manual de Plantas de Costa Rica, Volumen III - Monocotiledóneas (Orchidaceae-Zingiberaceae)*. Missouri Botanical Garden Press.
- StatSoft, Inc. 2004. STATISTICA (data analysis software system), version 7. [www.statsoft.com](http://www.statsoft.com).
- Stern, W. L. y W. S. Judd. 1999. Comparative vegetative anatomy and systematics of *Vanilla* (Orchidaceae). *Botanical Journal of the Linnean Society* 131: 353-382.
- Stern, W. L., y W. S. Judd. 2000. Comparative anatomy and systematics of the orchid tribe Vanilleae excluding *Vanilla*. *Botanical Journal of the Linnean Society* 134: 179-202.

- Stevens, W. D., C. U. Ulloa, A. Pool, y O. M. Montel. 2001. Flora de Nicaragua – Orchidaceae Missouri Botanical Garden Press 85, 2: 1854-1856
- Stewart, C.N. 1997. Rapid DNA extraction from plants. pp. 25-28. En: M. R. Micheli y R. Bova (eds.) Fingerprinting Methods Based on Arbitrarily Primed PCR, Springer Verlag, Heidelberg.
- Stewart, C.N. y L. E. Via 1993. A rapid CTAB DNA isolation technique useful for RAPD fingerprinting and other PCR applications. BioTechniques 14:748-751
- The Plant List. 2010. Version 1. Published on the Internet; <http://www.theplantlist.org/>. Consultado en la red mundial 21/10/2011
- Toledo, V. M. y M. J. Ordóñez. 2009. 'Zonas ecológicas de México'. Extraído de los proyectos A006 y E021: 'Diagnostico 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.
- Uribe-Chávez, A. 1992. Caracterización Agroecológica para la producción de Maíz y sorgo en los Valles altos del rio Purificación. Tesis de Ingeniero Agrónomo. Chapingo, México.
- Vázquez, G. J. A., G. R. Cuevas, T. S. Cochrane, H. H. Iltis, M. F. J.Santana y H. L. Guzmán. 1995. Flora de Manantlán. CONABIO, Universidad de Wisconsin-Madison, Universidad de Guadalajara y Botanical research Intituto of Texas (BRIT), U.S.A.
- Verma, P. C., D. Chakrabarty, S. N. Jena, D. K. Mishra, Singh P. K., S.V. Sawant y R. Tuli. 2009. The extent of genetic diversity among Vanilla species: Comparative results for RAPD and ISSR. Industrial Crops and Products 29: 581-589.
- Wanga, H. Z., S. G. Feng, J.J. Lu, N. N. Shi y J. J. Liu. 2009. Phylogenetic study and molecular identification of 31 Dendrobium species using inter-simple sequence repeat (ISSR) markers. Scientia Horticulturae 122, 3: 440-447.
- Zárate-Segura, P. B., C. A. Jiménez-Sierra, J. A. Badillo-Corona y C. Garibay-Orijel. 2009. Manual del laboratorio de biotecnología molecular. IPNI. Consultado en: <http://www.biblioteca.upibi.ipn.mx/Archivos/Material%20Didactico/Manual%20del%20Laboratorio%20de%20Biotecnologia%20Molecular.pdf>. 08/10/2011
- Zhivotovsky, L. A. 1999. Estimating population structure in diploids with multilocus dominant DNA markers. Mol. Ecol. 8: 903-913.
- Zhou, X., Q. Li, J. Zhao y D. Tang. 2007. Comparison of Rapid DNA extraction Methods applied to PCR identification of medicine mushroom *Ganoderma* spp. Preparative biochemistry & Biotechnology 37, 4: 369-380.

Anexo A: Lista de The Plant List del género *Vanilla* con 219 nombres de especies ordenados por estatus (2010)

Nombre	Estatus	Fuente	Nombre	Estatus	Fuente
<i>Vanilla abundiflora</i> J.J.Sm.	aceptado	WCSP	<i>Vanilla angustifolia</i> Willd.	sinónimo	WCSP
<i>Vanilla acuminata</i> Rolfe	aceptado	WCSP	<i>Vanilla anomala</i> Ames & L.O.Williams	sinónimo	WCSP
<i>Vanilla africana</i> Lindl.	aceptado	WCSP	<i>Vanilla aphylla</i> Wight	sinónimo	TRO
<i>Vanilla albida</i> Blume	aceptado	WCSP	<i>Vanilla aphylla</i> Eggers	sinónimo	TRO
<i>Vanilla andamanica</i> Rolfe	aceptado	WCSP	<i>Vanilla argentina</i> Hicken	sinónimo	WCSP
<i>Vanilla angustipetala</i> Schltr.	aceptado	WCSP	<i>Vanilla aromatica</i> Willd. [Illegitimate]	sinónimo	WCSP
<i>Vanilla annamica</i> Gagnep.	aceptado	WCSP	<i>Vanilla aromatica</i> Sw.	sinónimo	WCSP
<i>Vanilla aphylla</i> Blume	aceptado	WCSP	<i>Vanilla articulata</i> Northr.	sinónimo	WCSP
<i>Vanilla appendiculata</i> Rolfe	aceptado	WCSP	<i>Vanilla axillaris</i> Mill.	sinónimo	WCSP
<i>Vanilla bahiana</i> Hoehne	aceptado	WCSP	<i>Vanilla bakeri</i> Schltr.	sinónimo	WCSP
<i>Vanilla barbellata</i> Rchb.f.	aceptado	WCSP	<i>Vanilla bampsiana</i> Geerinck	sinónimo	WCSP
<i>Vanilla bertonensis</i> Bertoni	aceptado	WCSP	<i>Vanilla barrereana</i> Veyret & Szlach.	sinónimo	WCSP
<i>Vanilla bicolor</i> Lindl.	aceptado	WCSP	<i>Vanilla beauchenei</i> A.Chev. [Invalid]	sinónimo	WCSP
<i>Vanilla borneensis</i> Rolfe	aceptado	WCSP	<i>Vanilla carinata</i> Rolfe	sinónimo	WCSP
<i>Vanilla bradei</i> Schltr. ex Mansf.	aceptado	WCSP	<i>Vanilla chamissonis</i> var. <i>brevifolia</i> Cogn.	sinónimo	WCSP
<i>Vanilla calopogon</i> Rchb.f.	aceptado	WCSP	<i>Vanilla correllii</i> Saulea & R.M.Adams	sinónimo	WCSP
<i>Vanilla calyculata</i> Schltr.	aceptado	WCSP	<i>Vanilla cristatocallosa</i> Hoehne	sinónimo	WCSP
<i>Vanilla chalottii</i> Finet	aceptado	WCSP	<i>Vanilla denticulata</i> Pabst	sinónimo	WCSP
<i>Vanilla chamissonis</i> Klotzsch	aceptado	WCSP	<i>Vanilla dietschiana</i> Edwall	sinónimo	WCSP
<i>Vanilla claviculata</i> Sw.	aceptado	WCSP	<i>Vanilla domestica</i> (L.) Druce	sinónimo	WCSP
<i>Vanilla columbiana</i> Rolfe	aceptado	WCSP	<i>Vanilla duckei</i> Huber	sinónimo	WCSP
<i>Vanilla costaricensis</i> Soto-Arenas	aceptado	TRO	<i>Vanilla eggersii</i> Rolfe	sinónimo	WCSP
<i>Vanilla coursii</i> H.Perrier	aceptado	WCSP	<i>Vanilla ensifolia</i> Rolfe	sinónimo	WCSP
<i>Vanilla crenulata</i> Rolfe	aceptado	WCSP	<i>Vanilla epidendrum</i> Mirb.	sinónimo	WCSP
<i>Vanilla cribbiana</i> Soto-Arenas	aceptado	TRO	<i>Vanilla fasciola</i> (G.Forst.) Spreng.	sinónimo	WCSP
<i>Vanilla cristagalli</i> Hoehne	aceptado	WCSP	<i>Vanilla fragrans</i> Ames [Illegitimate]	sinónimo	WCSP
<i>Vanilla cucullata</i> Kraenzl. ex J.Braun & K.Schum.	aceptado	WCSP	<i>Vanilla grandifolia</i> var. <i>lujae</i> (De Wild.) Geerinck	sinónimo	WCSP
<i>Vanilla decaryana</i> H.Perrier	aceptado	WCSP	<i>Vanilla gratiosa</i> Griseb.	sinónimo	WCSP
<i>Vanilla diabolica</i> P.O.Byrne	aceptado	WCSP	<i>Vanilla griffithii</i> var. <i>formosana</i> T.Itô	sinónimo	WCSP
<i>Vanilla dilloniana</i> Correll	aceptado	WCSP	<i>Vanilla griffithii</i> var. <i>ronoensis</i> (Hayata) S.S.Ying	sinónimo	WCSP
<i>Vanilla dubia</i> Hoehne	aceptado	WCSP	<i>Vanilla</i> × <i>hirsuta</i> M.A.Clem. & D.L.Jones	sinónimo	WCSP
<i>Vanilla dungsii</i> Pabst	aceptado	WCSP	<i>Vanilla imperialis</i> var. <i>congolensis</i> De Wild.	sinónimo	WCSP
<i>Vanilla edwallii</i> Hoehne	aceptado	WCSP	<i>Vanilla latisegmenta</i> Ames & C.Schweinf.	sinónimo	WCSP
<i>Vanilla fimbriata</i> Rolfe	aceptado	WCSP	<i>Vanilla laurentiana</i> De Wild.	sinónimo	WCSP
<i>Vanilla francoisii</i> H.Perrier	aceptado	WCSP	<i>Vanilla laurentiana</i> var. <i>gilletii</i> De Wild.	sinónimo	WCSP
<i>Vanilla gardneri</i> Rolfe	aceptado	WCSP	<i>Vanilla leprieurii</i> Portères	sinónimo	WCSP
<i>Vanilla giulianettii</i> F.M.Bailey	aceptado	WCSP	<i>Vanilla lindmaniana</i> Kraenzl.	sinónimo	WCSP
<i>Vanilla grandiflora</i> Lindl.	aceptado	WCSP	<i>Vanilla lujae</i> De Wild.	sinónimo	WCSP

<i>Vanilla grandifolia</i> Lindl.	aceptado	WCSP	<i>Vanilla lutea</i> C.Wright ex Griseb.	sinónimo	WCSP
<i>Vanilla griffithii</i> Rchb.f.	aceptado	WCSP	<i>Vanilla lutescens</i> Moq. ex Dupuis	sinónimo	WCSP
<i>Vanilla guianensis</i> Splitg.	aceptado	WCSP	<i>Vanilla majaijensis</i> Blanco	sinónimo	WCSP
<i>Vanilla hallei</i> Szlach. & Olszewski	aceptado	WCSP	<i>Vanilla marowynensis</i> Pulle	sinónimo	WCSP
<i>Vanilla hamata</i> Klotzsch	aceptado	WCSP	<i>Vanilla ovalifolia</i> Rolfe	sinónimo	WCSP
<i>Vanilla hartii</i> Rolfe	aceptado	WCSP	<i>Vanilla palmarum</i> var. <i>grandifolia</i> Cogn.	sinónimo	WCSP
<i>Vanilla havilandii</i> Rolfe	aceptado	WCSP	<i>Vanilla parishii</i> Rchb.f.	sinónimo	WCSP
<i>Vanilla helleri</i> A.D.Hawkes	aceptado	WCSP	<i>Vanilla pauciflora</i> Dressler	sinónimo	WCSP
<i>Vanilla heterolopha</i> Summerh.	aceptado	WCSP	<i>Vanilla perexilis</i> Bertoni	sinónimo	WCSP
<i>Vanilla hostmannii</i> Rolfe	aceptado	WCSP	<i>Vanilla perexills</i> Bertoni	sinónimo	TRO
<i>Vanilla humblotii</i> Rchb.f.	aceptado	WCSP	<i>Vanilla pfaviana</i> Rchb.f.	sinónimo	WCSP
<i>Vanilla imperialis</i> Kraenzl.	aceptado	WCSP	<i>Vanilla philippinensis</i> Rolfe	sinónimo	WCSP
<i>Vanilla inodora</i> Schiede	aceptado	WCSP	<i>Vanilla pierrei</i> Gagnep.	sinónimo	WCSP
<i>Vanilla insignis</i> Ames	aceptado	WCSP	<i>Vanilla pilifera</i> Holttum	sinónimo	WCSP
<i>Vanilla kaniensis</i> Schltr.	aceptado	WCSP	<i>Vanilla planifolia</i> var. <i>gigantea</i> Hoehne	sinónimo	WCSP
<i>Vanilla kempteriana</i> Schltr.	aceptado	WCSP	<i>Vanilla planifolia</i> var. <i>macrantha</i> Griseb.	sinónimo	WCSP
<i>Vanilla kinabaluensis</i> Carr	aceptado	WCSP	<i>Vanilla pleei</i> Portères	sinónimo	WCSP
<i>Vanilla madagascariensis</i> Rolfe	aceptado	WCSP	<i>Vanilla pompona</i> subsp., <i>grandiflora</i> (Lindl.) Soto-Arenas	sinónimo	TRO
<i>Vanilla methonica</i> Rchb.f. & Warsz.	aceptado	WCSP	<i>Vanilla pompona</i> subsp., <i>pittieri</i> (Schltr.) Dressler	sinónimo	TRO
<i>Vanilla mexicana</i> Mill.	aceptado	WCSP	<i>Vanilla ponapensis</i> Kaneh. & Yamam.	sinónimo	WCSP
<i>Vanilla montana</i> Ridl.	aceptado	WCSP	<i>Vanilla porteresiana</i> Szlach. & Veyret	sinónimo	WCSP
<i>Vanilla moonii</i> Thwaites	aceptado	WCSP	<i>Vanilla preussii</i> Kraenzl.	sinónimo	WCSP
<i>Vanilla nigerica</i> Rendle	aceptado	WCSP	<i>Vanilla pterosperma</i> Wall. ex Lindl.	sinónimo	WCSP
<i>Vanilla ochryae</i> Szlach. & Olszewski	aceptado	WCSP	<i>Vanilla pterosperma</i> Wall.	sinónimo	TRO
<i>Vanilla odorata</i> C.Presl	aceptado	WCSP	<i>Vanilla purusara</i> Barb.Rodr. ex Hoehne	sinónimo	WCSP
<i>Vanilla organensis</i> Rolfe	aceptado	WCSP	<i>Vanilla ramosa</i> J.J.Sm. [Illegitimate]	sinónimo	WCSP
<i>Vanilla oroana</i> Dodson	aceptado	WCSP	<i>Vanilla rojasiana</i> Hoehne	sinónimo	WCSP
<i>Vanilla ovalis</i> Blanco	aceptado	WCSP	<i>Vanilla ronoensis</i> Hayata	sinónimo	WCSP
<i>Vanilla ovata</i> Rolfe	aceptado	WCSP	<i>Vanilla rubiginosa</i> Griff.	sinónimo	WCSP
<i>Vanilla palembanica</i> Teijsm. & Binn.	aceptado	WCSP	<i>Vanilla rubra</i> (Lam.) Urb.	sinónimo	WCSP
<i>Vanilla palmarum</i> (Salzm. ex Lindl.) Lindl.	aceptado	WCSP	<i>Vanilla sativa</i> Schiede	sinónimo	WCSP
<i>Vanilla parvifolia</i> Barb.Rodr.	aceptado	WCSP	<i>Vanilla schliebenii</i> Mansf. ex Schlieb. [Invalid]	sinónimo	WCSP
<i>Vanilla penicillata</i> Garay & Dunst.	aceptado	WCSP	<i>Vanilla shenzhenica</i> Z.J.Liu & S.C.Chen	sinónimo	WCSP
<i>Vanilla perrieri</i> Schltr.	aceptado	WCSP	<i>Vanilla surinamensis</i> Rchb.f. [Illegitimate]	sinónimo	WCSP
<i>Vanilla phaeantha</i> Rchb.f.	aceptado	WCSP	<i>Vanilla sylvestris</i> Schiede	sinónimo	WCSP
<i>Vanilla phalaenopsis</i> Rchb.f. ex Van Houtte	aceptado	WCSP	<i>Vanilla tahitensis</i> var. <i>haapape</i> Portères	sinónimo	TRO
<i>Vanilla pittieri</i> Schltr.	aceptado	WCSP	<i>Vanilla tahitensis</i> var. <i>potiti</i> Portères	sinónimo	TRO
<i>Vanilla planifolia</i> Jacks. ex Andrews	aceptado	WCSP	<i>Vanilla taiwaniana</i> S.S.Ying	sinónimo	WCSP
<i>Vanilla platyphylla</i> Schltr.	aceptado	WCSP	<i>Vanilla</i> × <i>tiarei</i> Costantin & Bois [Invalid]	sinónimo	WCSP
<i>Vanilla poitaei</i> Rchb.f.	aceptado	WCSP	<i>Vanilla tisserantii</i> Portères	sinónimo	WCSP
<i>Vanilla polylepis</i> Summerh.	aceptado	WCSP	<i>Vanilla tolypephora</i> Ridl.	sinónimo	WCSP

<i>Vanilla pompona</i> Schiede	aceptado	WCSP	<i>Vanilla uncinata</i> Huber ex Hoehne	sinónimo	WCSP
<i>Vanilla ramificans</i> J.J.Sm.	aceptado	WCSP	<i>Vanilla vanilla</i> (L.) Huth [Invalid]	sinónimo	WCSP
<i>Vanilla ramosa</i> Rolfe	aceptado	WCSP	<i>Vanilla vanilla</i> (L.) Britton	sinónimo	TRO
<i>Vanilla ribeiroi</i> Hoehne	aceptado	WCSP	<i>Vanilla verrucosa</i> Hauman	sinónimo	WCSP
<i>Vanilla roscheri</i> Rchb.f.	aceptado	WCSP	<i>Vanilla viridiflora</i> Blume	sinónimo	WCSP
<i>Vanilla ruiziana</i> Klotzsch	aceptado	WCSP	<i>Vanilla weberbaueriana</i> Kraenzl.	sinónimo	WCSP
<i>Vanilla sanjappae</i> Rasingam, R.P.Pandey, J.J.Wood & S.K.Srivast.	aceptado	WCSP	<i>Vanilla wightiana</i> Lindl.	sinónimo	TRO
<i>Vanilla savannarum</i> Britton	aceptado	WCSP	<i>Vanilla wrightii</i> Rchb.f.	sinónimo	WCSP
<i>Vanilla schwackeana</i> Hoehne	aceptado	WCSP	<i>Vanilla acutifolia</i> Lodd. ex Baxter	sin resolver	TRO
<i>Vanilla seranica</i> J.J.Sm.	aceptado	WCSP	<i>Vanilla dominiana</i> hort. ex Gentil	sin resolver	TRO
<i>Vanilla seretii</i> De Wild.	aceptado	WCSP	<i>Vanilla dressleri</i> Soto-Arenas	sin resolver	TRO
<i>Vanilla siamensis</i> Rolfe ex Downie	aceptado	WCSP	<i>Vanilla ellipticum</i> Williams & Summerhayes	sin resolver	TRO
<i>Vanilla somae</i> Hayata	aceptado	WCSP	<i>Vanilla espondae</i> Soto-Arenas	sin resolver	TRO
<i>Vanilla sprucei</i> Rolfe	aceptado	WCSP	<i>Vanilla laxiflorum</i> Barb. Rodr.	sin resolver	TRO
<i>Vanilla sumatrana</i> J.J.Sm.	aceptado	WCSP	<i>Vanilla lucidum</i> Cogn.	sin resolver	TRO
<i>Vanilla tahitensis</i> J.W. Moore	aceptado	TRO	<i>Vanilla martinezii</i> Soto-Arenas	sin resolver	TRO
<i>Vanilla trigonocarpa</i> Hoehne	aceptado	WCSP	<i>Vanilla matogrossense</i> Hoehne	sin resolver	TRO
<i>Vanilla utteridgei</i> J.J.Wood	aceptado	WCSP	<i>Vanilla mexique</i> Costantin & Bois	sin resolver	TRO
<i>Vanilla vellozii</i> Rolfe	aceptado	WCSP	<i>Vanilla microcarpa</i> H.Karst. [Unplaced]	sin resolver	WCSP
<i>Vanilla walkeriae</i> Wight	aceptado	WCSP	<i>Vanilla montagnacii</i> Portères	sin resolver	TRO
<i>Vanilla wariensis</i> Schltr.	aceptado	WCSP	<i>Vanilla parviflorum</i> Lindl.	sin resolver	TRO
<i>Vanilla wightii</i> Lindl. ex Wight	aceptado	WCSP	<i>Vanilla platinilla</i> hort. ex Gentil	sin resolver	TRO
<i>Vanilla yersiniana</i> Guillaumin & Sigaldi	aceptado	WCSP	<i>Vanilla portellanum</i> Barb. Rodr.	sin resolver	TRO
<i>Vanilla zanzibarica</i> Rolfe	aceptado	WCSP	<i>Vanilla praestans</i> Hoehne	sin resolver	TRO
<i>Vanilla claviculata</i> Lindl.	Mal aplicado	WCSP	<i>Vanilla sarapiquensis</i> Soto-Arenas	sin resolver	TRO
<i>Vanilla acuta</i> Rolfe	sinónimo	WCSP	<i>Vanilla schliehenii</i> Mansf. ex Schlieb.	sin resolver	TRO
<i>Vanilla africana</i> subsp., <i>cucullata</i> (Kraenzl. ex J.Braun & K.Schum.) Szlach. & Olszewski	sinónimo	WCSP	<i>Vanilla speciosa</i> Boxall ex Náves	sin resolver	TRO
<i>Vanilla africana</i> var. <i>gilletii</i> (De Wild.) Portères	sinónimo	WCSP	<i>Vanilla subrepens</i> Hoehne	sin resolver	TRO
<i>Vanilla africana</i> var. <i>laurentiana</i> (De Wild.) Portères	sinónimo	WCSP	<i>Vanilla tahiti</i> Costantin & Bois	sin resolver	TRO
<i>Vanilla africana</i> subsp., <i>ramosa</i> (Rolfe) Szlach. & Olszewski	sinónimo	WCSP	<i>Vanilla williamsii</i> Hook. f.	sin resolver	TRO
<i>Vanilla anaromatica</i> Griseb.	sinónimo	WCSP			

Anexo B: Temperaturas registradas de 2009 a 2011 en estación de Cuautitlán de García Barragán en estación Los pinos

Abreviaciones				
Prec.: Precipitación total (mm)	T. Max.: Temperatura máxima (°C)			HR: Humedad relativa (%)
	T. Min.: Temperatura mínima (°C)			ET: Evapotranspiración de referencia (mm)
	T. Med.: Temperatura media (°C)			EP: Evaporación potencial mm

		enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto	septiembre	octubre	noviembre	diciembre	TOTALES
2009	Prec.	ND	ND	0	0	2	114.4	166.4	307.4	234	173.8	1.4	57.2	1056.6+
2009	T. Max	ND	ND	29.94	33.77	34.07	32.37	31.78	31.52	31.56	30.43	32.28	28.91	31.66*
2009	T. Min	ND	ND	13	9.21	14.51	18.6	19.6	19.01	19.96	19.5	13.66	11.51	15.86*
2009	T. Med	ND	ND	20.96	21.18	23.88	24.65	24.34	23.53	23.95	23.68	21.12	18.49	22.58*
2009	HR	ND	ND	63.73	60.21	60.37	70.84	83	86.67	87.7	87.19	80.47	83.5	76.37*
2009	ET	ND	ND	22.6	185.7	178.2	135.9	73.9	113.2	104	98.8	110.6	82.6	1105.5+
2009	EP	ND	ND	12.68	136.49	129.71	97.96	79.28	72.19	65.25	62.96	78.38	68.33	803.23+
2010	Prec.	4.6	207.4	0.8	0	0	42.6	243.8	333.8	398.2	76.6	1.4	0.6	1309.8+
2010	T. Max	29.7	26.81	31.3	32.71	33.8	32.43	29.53	29.62	29.21	30.75	30.17	28.55	30.38*
2010	T. Min	9.52	11.52	10.1	9.31	12.53	18.02	20.17	20.57	20.43	17.2	12.6	13.17	14.6*
2010	T. Med	17.82	18.05	19.64	20.23	22.72	24.38	23.58	23.87	23.45	22.73	19.79	19.34	21.3*
2010	HR	79.01	82.75	74.02	68.71	65.36	74.73	86.37	88.66	90.09	84.85	80.76	86.15	80.12*
2010	ET	90.6	62.1	133.9	163.2	168.2	127.5	83.1	93.6	80.9	118.9	99.9	15.5	1237.4+
2010	EP	78.39	50.12	97.48	115.09	123.02	89.69	58.55	60.41	53.82	74.3	74.7	12.06	887.63+
2011	Prec.	1.4	0.4	0.2	0	0	132.2	272.8	407+					
2011	T. Max	30.46	30.76	31.9	33.31	33.83	32.26	28.95	31.64*					
2011	T. Min	6.72	9.13	9.57	10.81	16.4	19.17	20.33	13.16*					
2011	T. Med	17.11	18.87	19.96	21.8	24.8	24.97	23.26	21.54*					
2011	HR	71.3	70.77	65.9	63.49	65.09	71.79	87.92	70.89*					
2011	ET	109.8	115.2	154.2	167	163.3	122	48.6	880.1+					
2011	EP	92.51	91.64	117.01	121.55	116.71	90.08	34.09	663.59+					

## Anexo C: Descripciones e ilustraciones de las especies afines a *Vanilla* sp.

Con el fin de comparar las características morfológicas de *Vanilla* sp. con respecto a las especies de *Vanilla* más similares se revisaron los estudios de Rolfe (1896), Portères (1954), Soto-Arenas y Dressler (2010), y Soto-Arenas y Cribb (2010). Se describen a continuación las especies más similares e incluye *V. x tahitensis* (*V. odorata* x *V. planifolia*). Estos datos morfológicos son del estudio de Soto-Arenas y Dressler (2010), Portères (1954) y Lepers-Andrzejewki *et al.* (2011). Las especies siguientes se utilizaron para elaborar la comparación en el capítulo cuatro.

### C.1 *Vanilla insignis* Ames, Soto-Arenas y Dressler 2010.

Hemiepífitas, ramificadas, trepadoras, foliosas, por lo general muy vigorosas, hasta de 30 m de altura, puede tener un centenar de metros de largo. **Tallos** flexuosos, subcilíndricos, con un surco visible completo a lo largo del los entrenudos, superficie bastante rugosas-papilosas, oscuro a verde oliva, ca. 6-9 mm de grosor; entrenudos, 10-17 cm de largo. **Raíces** terrestre pubescentes, marrón-blanquecino, ca. 2-3 mm de grosor; raíces libre aéreas, teretes, de color verdoso gris, ca. 1 mm de grosor; raíces aéreas fijadoras semicilíndrica, aplanado en la cara en contacto con la superficie, ca. 3-4 mm de ancho. **Hojas** subpeciouladas, pecíolos canaliculados, hasta de 11 mm de largo, 4 mm de ancho; láminas oblongos-elípticos, el ápice abruptamente acuminadas, redondeadas en la base, coriáceas-carnosas, bastante rígidas, desde 4.2-19.5 x 1.5-3.4 cm. **Inflorescencia** en racimos de 6-12 (21) flores, en forma candelabroiforme, 4.4-11 cm de largo; péndulo carnosa, subcilíndrica, levemente comprimidos, 15-25 mm de largo, 6.5-8 mm de grosor; raquis 28-90 mm de largo, progresivamente delgado hacia el ápice. **Brácteas** sésiles, pequeñas, anchamente ovadas, obtusas, cóncavas, carnosas, progresivamente más pequeños hacia el ápice, con menos frecuencia de 9 x 6 mm, raramente de 10 x 10 mm. **Flores** sucesivas, 1-3 abiertas a la vez, efímeras (de 8:00 a 14:00 horas, comenzando a cerrar al mediodía), muy vistosas, segmentos completamente extendido, tépalos pálidos de color verde manzana, brillantes, labelo de color crema-blanco con apéndices en el lóbulo medio de naranja a amarillo opaco, extremo de ápice verde, callos penicilado crema, columna blanca, ca. 11- 12.4 cm ancho, 9-11 cm alto; fragancia débil, picante. **Ovarios** subteretes, muy ligeramente comprimidos dorsiventralmente, lisos, arqueados 2-sulcados, los surcos casi en línea recta, 45-54 (48.75±3.27) mm de largo, 4.5 a 5.5 (5±0.41) mm de grosor. **Sépalo dorsal** largamente oblanceolado, ápice agudo, distal redondeado, ligeramente engrosada, subcaliptrado, base de atenuado-subunguiculada, uña ca. 22 x 11 mm, basalmente canaliculado, cóncava en la parte media, bastante encorvada en el ápice, ca. 12-13 nervado; 69-76.5 (73.16-2.56) x 10.5-14 mm (11.6±1.24). **Sépalos laterales** oblicuamente oblanceolados, el margen inferior más arqueados, ápice subagudos, engrosados, apiculados, subcaliptrados, lisos, la superficie abaxial minuciosamente verrugosos, especialmente el apículo diminuto, la base atenuados-subunguiculados, basalmente canaliculados; ligeramente cóncavo hacia el ápice, márgenes ligeramente involuto, ca. 11-14 nervados, 64-74 (69.67±3.19) x 12.5-13.5 (12.92±0.35) mm. **Pétalos** oblicuamente lineal a oblanceolados, algo arqueados, ápice obtuso, redondeado distalmente, oblicuos, subcaliptrados, de bases atenuada; cóncava, con una muy

conspicua, axial, elevada, la carina plana en la superficie abaxial, terminando en un subtriquetro, libre, proceso adpreso, ca. 2 mm de largo; ca. 12-14 nervado, 68-74 ( $70.9 \pm 2.11$ ) x 9-10 ( $9.76 \pm 0.39$ ) mm. **Labelo** con los márgenes de la mitad basal fusionado a lo largo de la columna (37-44 mm), tubular, ligeramente cóncava, bastante inflados cerca de la base de la lámina; el ápice conspicuamente recurvado-deflexo; en la superficie abaxial con ranuras axialmente, el surco profundo; extendido hacia fuera 65-73 ( $69.33 \pm 2.49$ ) x 30-35 ( $32.6 \pm 1.62$ ) mm; unguiculado largo, uña pubescente en la mitad distal de la superficie adaxial, los tricomas densos, más o menos en filas; ca. 26 x 7 mm; lámina aproximadamente obovado-fimbriados en los márgenes, trilobado, de ca. 30 nervado, las venas ramificadas por encima de la mitad, engrosado de forma gradual, obscuramente, cerca de la base con quillas plana, la desaparecen de cerca del tercio basal de la lámina; lóbulos laterales subelíptico, oblicuos ca. 33 x 10 mm, los márgenes largamente laciniada-fimbriado, especialmente cerca de la unión con el lóbulo medio; los cilios de hasta 7 mm de largo; lóbulo medio ovado-suborbiculares a oblongos, obtusos, el margen ondulado-crenulado a lacerado-dentado hacia los lóbulos laterales, 11-15 ( $13 \pm 1.41$ ) x 12.5-14 ( $13.37 \pm 0.65$ ) mm; **callo penicilado** a ca. 34 mm desde la base, de 4 x 5 mm, compuesto por ca. 13 imbricados, retrorsos, fimbriados, premoroso a escamas densamente laceran-laciniada, a veces unidos entre sí a lo largo de los márgenes laterales, procesos adpreso casi sin escamas en la superficie, continua hacia el ápice del labelo con 7 filas de tubérculos, agrandado cerca de la base del lóbulo medio de forma conspicua, retrorsos, subtriangular, grueso, complanado, a veces cónico, apéndices obtusos, que cubren casi por completo la superficie del lóbulo medio, distribuidos en aproximadamente 10 filas, los apéndices centrales más grandes, de hasta 4 mm de largo, 1 mm de ancho; ápice extremo engrosado, con forma de campana. **Columna** muy elongada y esbelta, semicilíndrica-triquetra, 49-52 ( $50.37 \pm 1.08$ ) mm de largo, 4 mm de ancho; superficie ventral plana, con escasos tricomas diminutos por debajo de la estigma; ápice dilatado, con flabelado vertical, alas algo trilobulado, ca. 1.5 x 2.3 mm; clinandrio galeado, ovalados, convexas, 2 x 2 mm. **Estigma** trilobado, los lóbulos emergentes, lóbulo medio (rostelo) transversalmente oblongo, lámina convexa, axialmente acanalado, ca. 3 x 4 mm, que cubren y en paralelo a los lóbulos laterales, estos cuadrado, redondo, convexo, ligeramente divergentes entre sí, ca. 1.5 x 1.5 mm. **Anteras** versátiles, en forma de silla, axial canaliculados, 3 mm de ancho, 1.8 mm de grosor, que se adjunta al margen clinandrio por un filamento grueso, aproximadamente filamento semiterete. **Polen** en mónadas, que no forman un polinario claro sino que mal definidos, masas pegajosas. **Fruto** corto, grueso, subclaviforme-semifusiforme, redondo, hinchada hacia el ápice, de verde se vuelve amarillo cuando está maduro, dehiscentes a lo largo de una sola línea, fragante (menos que *V. planifolia*), como una mezcla de vainilla común con coco, ca. 14.7 cm de largo, 0.7-1.75 cm de grosor (Figura 21 y Figura 22).



Figura 20. Dibujo de la descripción original de *Vanilla insignis* Ames, Ames 1934, p. 103.

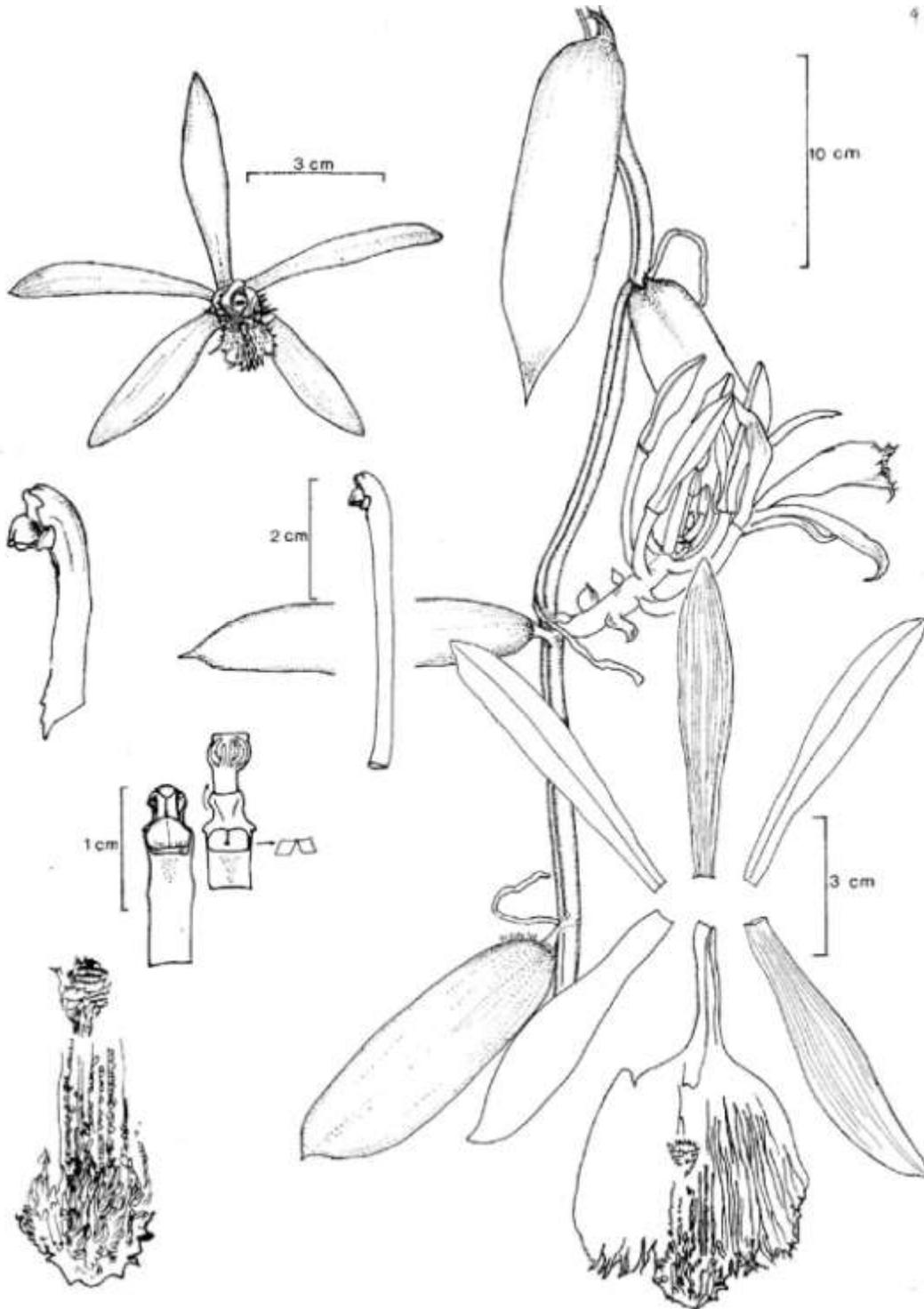


Figura 21. Dibujo de ejemplar Mexicano de *Vanilla insignis* Ames, Soto-Arenas y Dressler 2010, p 317.

**Distribución:**

En México se localiza en los estados de Campeche, Chiapas, Tabasco, Veracruz, Oaxaca, Yucatán y Quintana Roo (Figura 22) (Soto-Arenas y Dressler 2010).

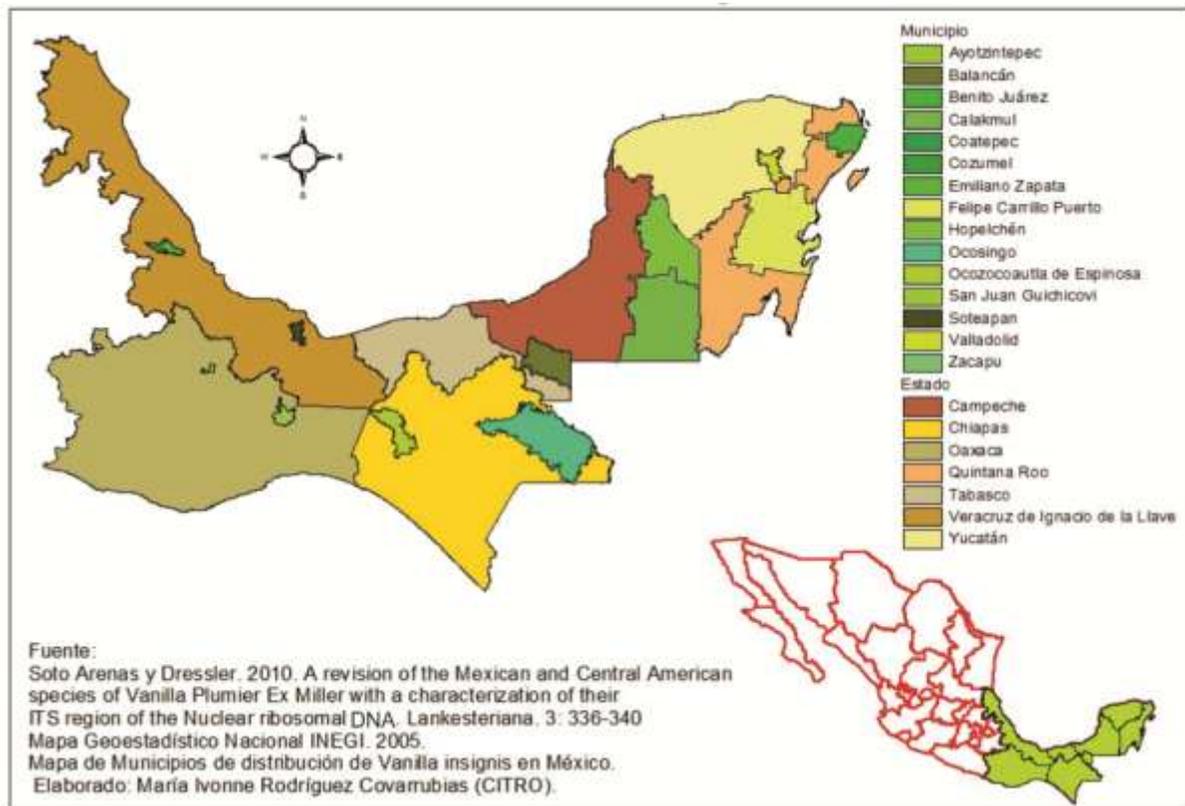


Figura 22. Distribución de *Vanilla insignis* en México

#### Ecología:

Su distribución es entre los 900 msnm, con precipitación anual de 1000 a 4000 mm, crece en suelos inundables y con poco drenaje. En bosques subcaducifolios, bosques tropicales caducifolios y sabanas.

El período de floración es de marzo a abril; durante esta temporada se ha observado que los polinizadores son machos de *Eulaema polychroma* Mocsáry y macho o hembras de *Euglossa* (Soto-Arenas 1999; Soto-Arenas y Dressler 2010).

#### C.2 *Vanilla odorata* C.Presl, Soto-Arenas y Dressler 2010.

Hemiepífitas, monopidiales, poco vigorosas, hasta de 6 m de largo. **Tallos** flexuosos, teretes, lisos, verde oscuro, con manchas blanquecinas, 4-6 mm de grosor; entrenudos 7-10.5 cm de largo. **Raíces** terrestres conspicuamente pubescentes; aéreas libres, teretes, verde a verde-café claro, de 1 mm de grosor; raíces fijadoras fuertemente aplanadas. **Hojas** subsésiles, lámina lanceoladas a ensiformes, muy angostas, variablemente oblicuas, acuminadas a largamente acuminadas en el ápice, haz y envés verde oscuro, 8-13

X 1.5-2.7 cm, ca. 1.8 mm de grosor en fresco. **Inflorescencia** un racimo axilar con 6-12 flores, raquis de 30 mm de largo, 6 mm de grosor. **Brácteas** subsésiles, cóncavas, membranosas, progresivamente más pequeñas, ca. 8 x 5 mm. **Flores** sucesivas, de 1-2 abiertas a la vez, con segmentos de extendido, efímera (07:00-16:00 horas), vistosas, tépalos verde blanquecina, translúcida, labelo blanco-verdoso, garganta rayada con líneas de color amarillo pálido, callo blanco, columna blanca; ca. 8 cm de altura, 7 cm de ancho; débil fragancia, verde, fresca. **Ovario** terete, liso, ca. 3.5 cm de largo, 3 mm de diámetro. **Sépalos dorsal** lineal-oblancoado, ápice agudo, redondeado, subcaliptrados, cóncava, base de atenuar-subunguiculate, 9-nervado, 4.7-5.4 x 0.8-0.83 cm. **Sépalos laterales** angostamente elípticos a oblanceolados, oblicuos, ápice subagudos, redondeados, subcaliptrados, base de atenuar-subunguiculados, cóncavos, ca. 12-nervado, desde 44.5-52 x 9.5 mm. **Pétalos** oblicuamente lineales a oblanceolados, algo arqueados, ápice obtusos, redondeados, a veces emarginados, oblicuos, carnosos, ligeramente caliptrados, bases larga atenuados; cóncavos, muy conspicuos, axiales, elevados, planos, carinados en la superficie abaxial, terminando en un proceso cilíndricos, libres, adpresos, ca. 1 mm de largo; ca. 11 nervado, 46-53 x 7 mm. **Labelo** tubular, cimbiforme, con el margen de la mitad basal fusionando a lo largo de la columna (ca. 23-29 mm), ápice abruptamente deflexo; axialmente acanalado en la superficie abaxial, canal bien definido y profundo; extendido es 42-49 x 19-26 mm; largamente unguiculado, la base y el ápice de la uña en la superficie del interior densamente papilosa, papilas digitiformes, unicelulares, 13-14 x 2.7-3 mm; lámina escasamente trilobada, márgenes distales largamente obovado-fimbriados, ca. 20 de nervado, las venas ramificadas en el tercio distal, ligeramente engrosadas; **lóbulos laterales** angostos y oblicuamente obovados, márgenes largamente lacerado-fimbriado (cilios 1-3.5 mm de largo), ca. 25 x 8-9 mm, **lóbulos medio** aproximadamente subcuadrada-semiorbiculares, margen crispados-ondulado, laciniada, escasamente emarginado, 7-9 x 7-11 mm; **callo penicilado** a 29 mm de la base, 3-4.5 x 3 mm; compuesto ca. 9 imbricados, flabelado-premorso, retrorsos, escamas laciniada, a veces unidos cada uno a otros a lo largo de los márgenes laterales, algunos adpreso en las superficies; el callo continua hacia el ápice del labelo con 3 quillas inconspicuas, progresivamente engrosadas, menos definida y más confluyente hacia el ápice, casi formando un cojinete apical, carnosos, ca. 14-15 x 2 mm, con 3-4 verrugas cónicas, las papilas prominentes, retrorsos y muchas verrugas pequeños, alargadas, otras verrugas se observan en las venas de los lóbulos laterales. **Columna** muy alargado y delgada, semicilíndrica, de 33- 38.3 mm de largo, 2 mm de ancho; superficie ventral planada y papiloso, las papilas digitiformes, septadas, más grande hacia el ápice, ausente en el tercio basal; ápice dilatado, con paredes verticales, inconspicuamente trilobuladas, ca. 2 mm de largo, 3 mm de ancho; clinandrio prominentes, transversalmente oblongos, cóncava, ca. 2 x 3 mm. **Estigma** trilobada, los lóbulos emergentes; rostelo flabeliforme, algo convexa en la lámina, ca. 2 x 3 mm, que cubren y es paralelo a los lóbulos laterales, cuadrado, ligeramente divergentes entre sí, ca. 1 x 1 mm. **Anteras** versátiles, fuertemente fija al margen del clinandrio por una lámina, filamento amplio; de forma

general urceolado, con 2 lóbulos superiores pequeños, ovoides, divergentes; 3 x 2.5 mm. **Frutos** angostamente cilíndrico, levemente comprimido, atenuadas en el ápice, verde oscuro, 17–17.5 cm de largo, 8.10 mm de grueso, muy fragante, similar aroma a *V. planifolia* (Figura 23 y Figura 24).

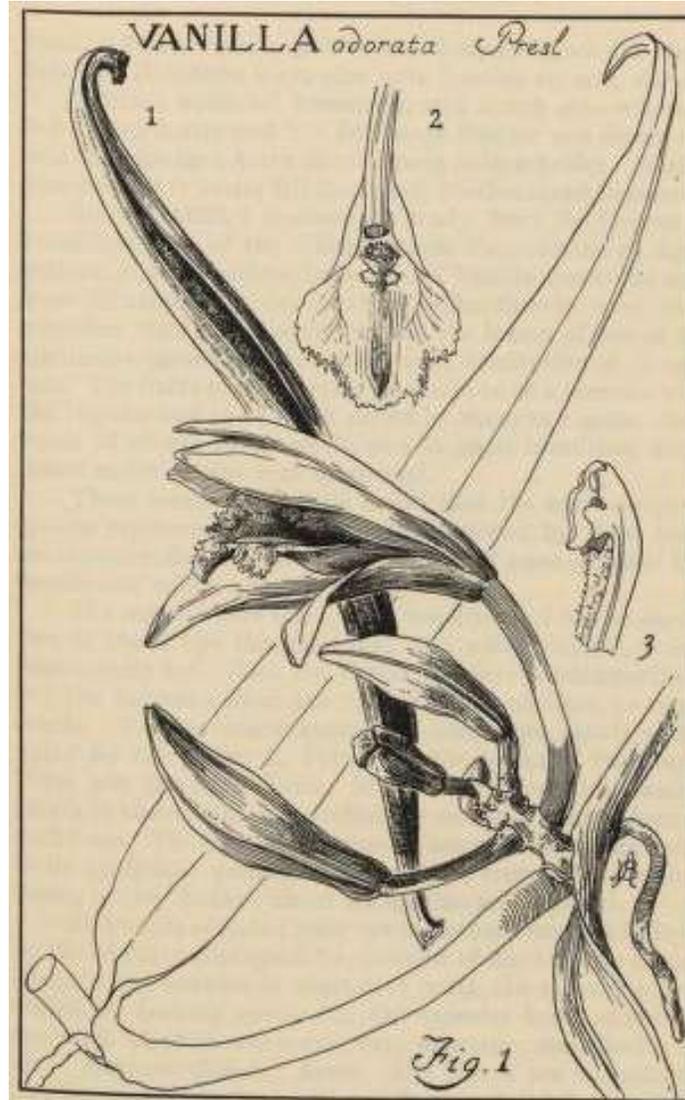


Figura 23. Primer dibujo con flor de *Vanilla odorata* Presl. De planta de Ecuador. Ames 1925, p 3.

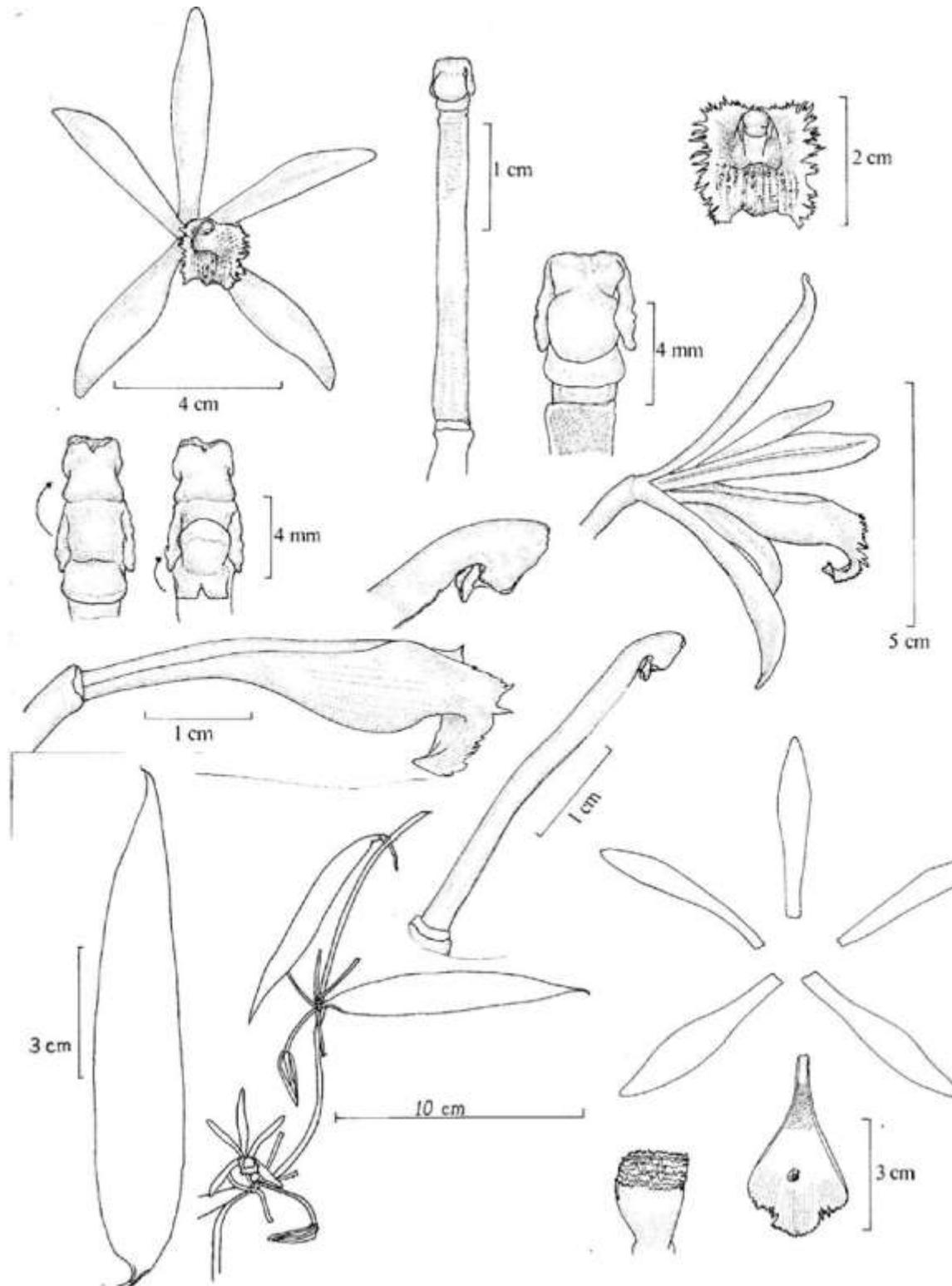


Figura 24. Dibujo de *Vanilla odorata* Presl. de México. Soto-Arenas y Dressler 2010, p 323.

Distribución:

En México, en los estados de Chiapas, Oaxaca, Tabasco y Veracruz (Figura 25).

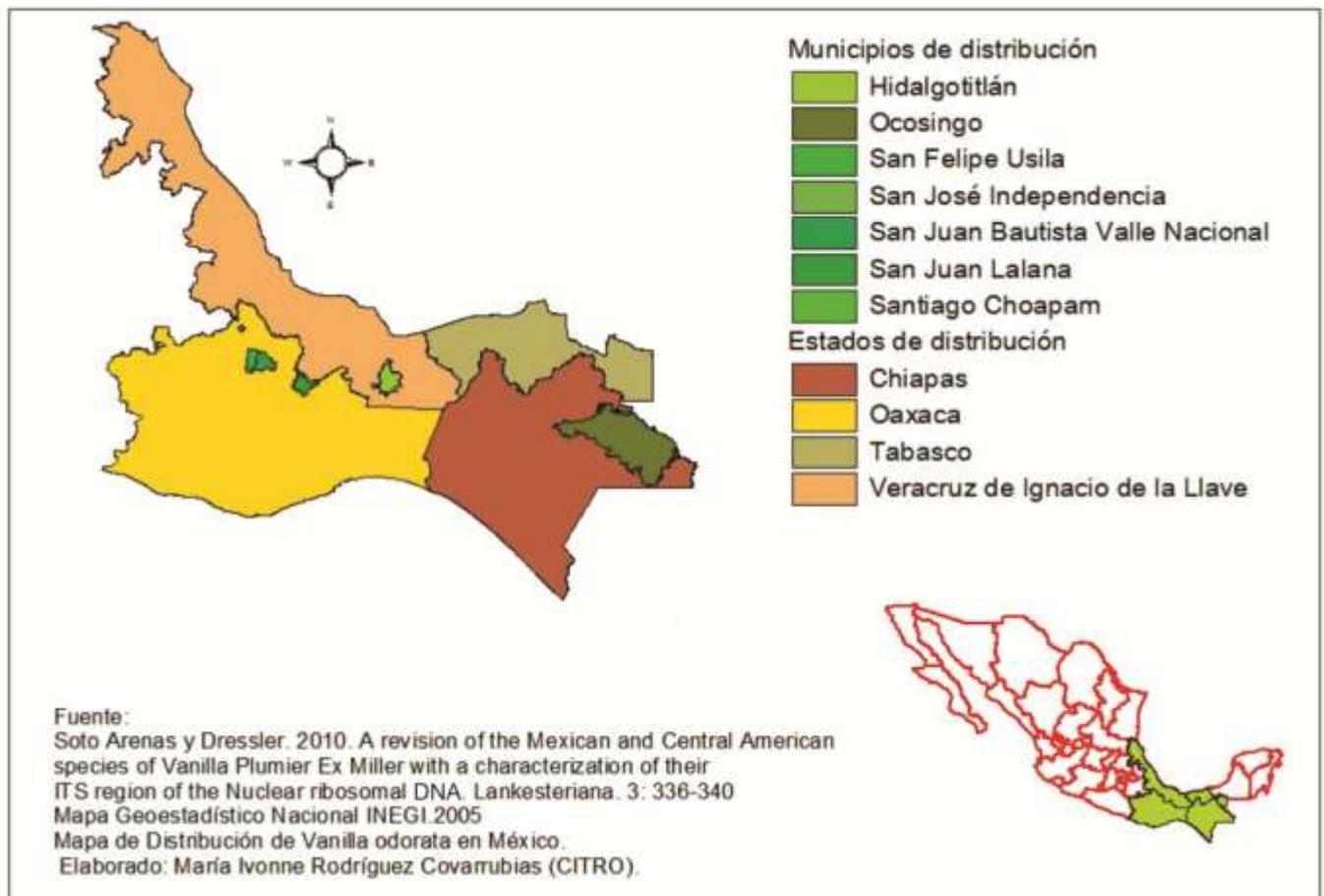


Figura 25. Distribución de *V. odorata* en México

#### Ecología:

Se distribuye desde el nivel del mar hasta los 650 msnm, en relictos de vegetación perennifolia, bosques de niebla y bosques tropicales. La floración es principalmente de abril a mayo y ocasionalmente algunas flores de agosto y noviembre. Permanecen abiertas hasta las 2:30 pm (Soto-Arenas y Dressler 2010). Los polinizadores son macho o hembras del género *Euglossa* (Soto-Arenas 1999).

#### C.3 *Vanilla planifolia* G. Jacks. ex Andrews, Soto-Arenas y Dressler 2010.

Hemiepífitas o rupícolas, muy ramificadas, foliosas, hasta de 10 m de altura. **Tallos** flexuosos, teretes, lisos, color verde oscuro, con puntos blanquecinos, algunas veces los nuevos tallos cubiertos de una cera blanquecina (plantas de Oaxaca), (6.5) 11-12 (13) mm de grosor; entrenudos 8-11 cm de largo. **Raíces** terrestres pubescentes, 1.4-1.6 mm de grosor; raíces aéreas libres, teretes, 2.5-3.0 mm de grosor; raíces

fijadoras, aéreas semiteretes, planas sobre la superficie en contacto con el sustrato, 3 mm de ancho. **Hojas** subsésiles, láminas elípticas, oblongas, angostamente oblongas, por lo general con márgenes paralelos, abruptamente acuminadas a subacuminadas, algo oblicuos (variable), la superficie superior profunda de color verde pálido, más pálido en la superficie inferior, 9.5-23 x 3.5-7.6 cm, ca. 1.3-2.4 mm de grosor en fresco. **Inflorescencia** 7-18 (-70) racimos de flores, hasta 26.5 cm de largo. **Flores** sucesivas, 1-2 abiertas a la vez, los segmentos varían en lo extendido, con mayor frecuencia los tépalos ca. 40 ° con respecto a la columna; efímeras, vistosas, tépalos de color verde pálido a verde blanquecino, labelo crema-amarillo pálido a amarillo con la garganta ocre y papilas, ca. 62 a 64 mm de alto, 39 mm de ancho, fragancia tenue, algunas veces a canela, herbales, o similar *Hymenocallis*. **Ovario** arqueado en la base, la parte superior recto, terete, liso, blanco basalmente, el resto verde, con nectarios extraflorales, 57 mm de largo, 4 mm de grosor. **Sépalo dorsal** angostamente elíptico a oblanceolado, ápice subagudo, redondeado, subcaliptrado, base atenuado-subunguiculado, ligeramente cóncavo, basalmente canaliculado, ca. 9-nervado, 55-60 x 10-12 mm. **Sépalos laterales** oblicuos a estrechamente elípticos, oblanceolados, ápice subagudos, subcaliptrados, base atenuados-subunguiculados, casi planos, ligeramente canaliculados basalmente, los márgenes ligeramente involutos, ca. 10 nervados, 54-60 x 12-13.5 mm. **Pétalos** oblicuamente oblanceolados, un poco arqueados, ápice ligeramente reflexos, obtusos-redondeados, oblicuos, con muescas, ligeramente crasos, base atenuadas; cóncavas, canaliculados en la base; con una muy conspicuas, axial elevadas, carinas aplanadas en la superficie abaxial, terminando en cilindro, libre, ascendente, proceso libre, ca. 2 mm de largo, ca. 13 nervado, 55-58.5 x 10-11 mm. **Labelo** fusionado a la columna a lo largo del margen de la mitad basal (ca. 31-35 mm), tubular, en forma de trompeta, muy cóncavo a cimbiforme, ligeramente sigmoideo, ápice abruptamente acampanado, deflexo-recurvado; apertura subtriangular, 18 mm de ancho, axialmente con ranuras en la superficie abaxial, surco bien definido y profundo; extiende desde 49-55 x 24 mm; unguiculado prolongadamente, uña pubescentes, tricomas cortos, amarillo a ocre, 15 x 4 mm; lámina obovada-fimbriada, contorno trilobada, ca. 36-nervada, venas ramificadas en el tercio distal, ligeramente craso; **lóbulos laterales** oblicuamente triangular-fimbriados, márgenes extensamente ondulados, dentados hacia el lóbulo medio; dentados de menos de 0.6 mm de largo, ca. 27 x 10.5 mm; **lóbulo medio** aproximadamente subcuadrado-transversalmente oblongo, emarginado a profundamente bilobulado, margen ondulado-crenado, 5 x 9 mm; **callo penicilado** a 30-37 mm desde la base, 5.8-6 x 4-4.5 mm, compuesto de ca. 8 imbricados, fimbriados-premorso, retrorsos, escamas laceradas, amarillo pálido, el distal mayor, algunas veces unidos cada uno a otros a lo largo de los márgenes laterales, continua hacia el ápice del labelo con dos filas visibles de papilas, 2-4 filas discreta, papilas apical verde brillante. **Columna** muy alargada y delgada, triquetra-semicilíndrica, 39-42 mm de largo, 2.5 mm de ancho; vertical, flabeladas a obscuramente lobo-eroso, aguda a redondeadas, alas membranosas, 2 mm de largo, 4 mm de ancho. **Estigma** trilobado, lóbulos emergentes; **lóbulo medio** a

trapezoidal, lámina convexa; ca. 3 x 2 mm, que cubren y es paralelo a los lóbulos laterales, longitudinalmente oblongo, ligeramente divergentes entre sí, ca. 1 x 1 mm. **Anteras** versátiles, fijado al borde del clinandrio por una lámina, filamento amplio; cuerpo ovado-cordiformes, 3 x 3 mm. **Frutos** recto a fuertemente arqueada, cilíndrico-subclavado, engrosado hacia el ápice, a menudo 2-3 sulcado visible de especímenes silvestres; lisos en cultivadas y en muchos especímenes silvestres; 10-30 cm de largo, 7-10 mm de grosor (Figura 26).

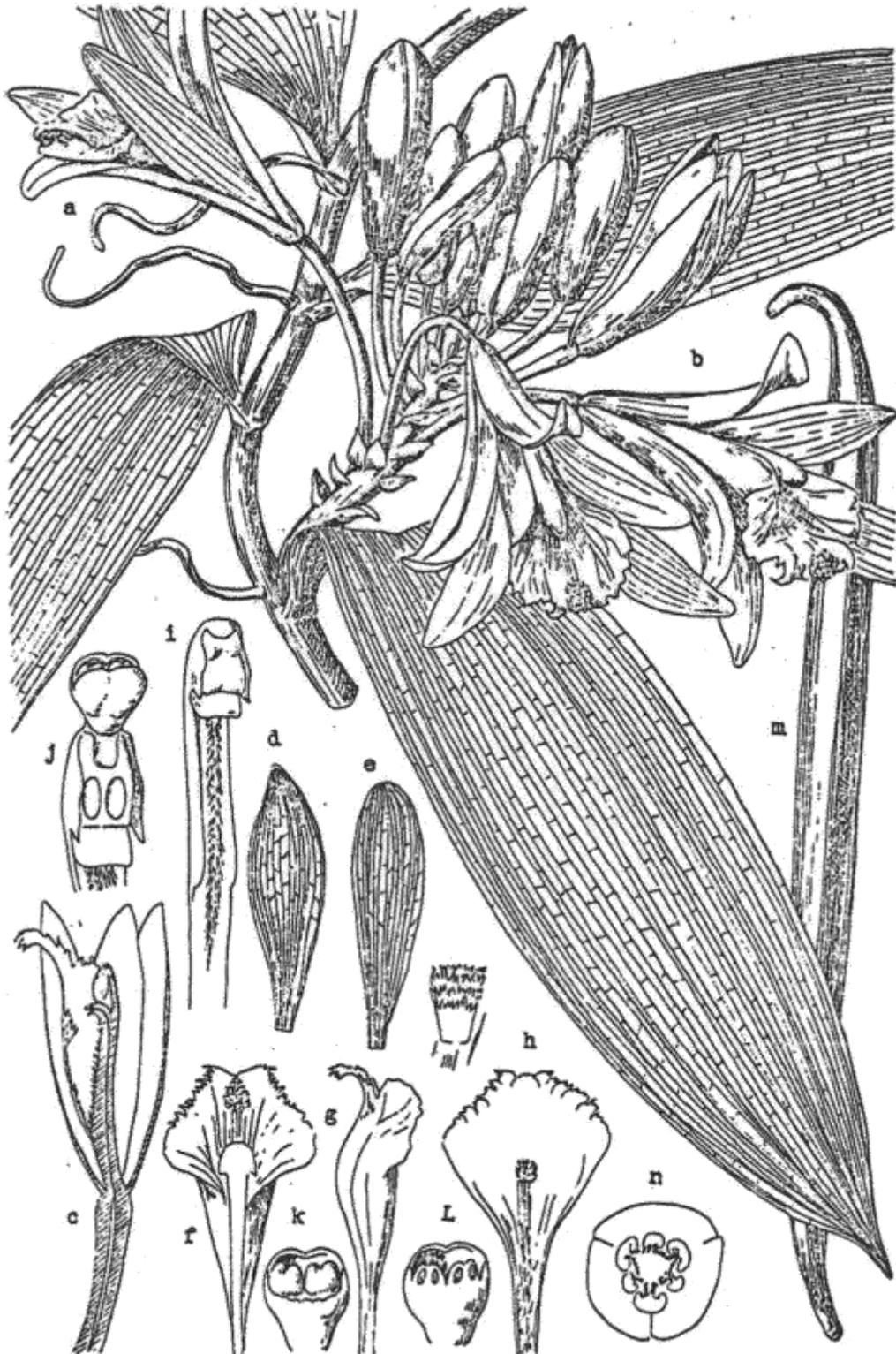


Figura 26. *Vanilla fragrans* (Salisb.) Ames – (*V. planifolia* Andr.):  
 (a) planta con inflorescencias (x 0.8), (b) flor (x 0.8); (c) sección longitudinal de la flor (x 0.7), (d) sépalo (x 0.7), (e) Pétalo (x 0.7), (f) labelo normal, visto desde la parte superior (x 0.7), (g) vista lateral del labelo (x 0.7), (h) labelo extendido, sin ginostemo (x 0.7), (i) columna (x 1.8), (j) columna con anteras elevada, (x 3.0), (k) mostrando las anteras (x 3.0), (l) antera (x 3), (m) fruto (x 1), (n) sección transversal del fruto (x 2). Portères en 1954, p 251.



*Vanilla planifolia* G. Jacks del estado de Veracruz; (a) tallo, (b) renuevo; (c) floración; (d y e) hojas de frente; (f y g) flores de (Vpl1 y Vpl2).

Distribución:

En México, en los estados de Chiapas, Tabasco, Oaxaca, Quintana Roo, Yucatán y Veracruz (Figura 27).

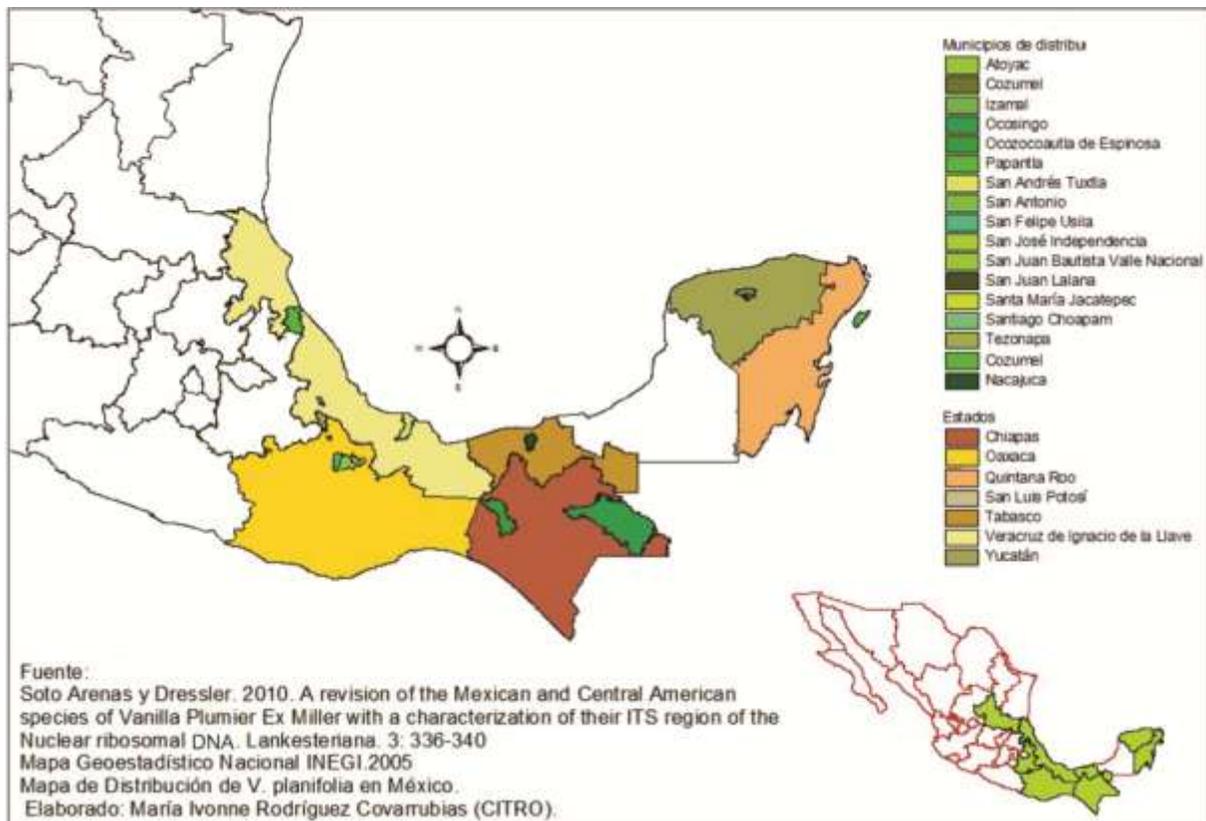


Figura 27. Distribución de *Vanilla planifolia* en México

Ecología:

Se distribuye entre 150 a 900 msnm en bosque tropical subcaducifolio y bosque tropical perennifolio. La floración es de marzo a abril pero puede variar dependiendo el año y puede florecer de febrero a mayo, debido a las bajas temperaturas de invierno y las condiciones de sol intenso durante la primavera (Soto-Arenas y Dressler 2010). Los polinizadores reportados son de sexo indistinto de *Euglossa viridisima*, machos de *Euglossa tridentata* y *Eulaemma meriana* (Soto-Arenas 1999; Roubik y Hanson 2004)

C.4 *Vanilla pompona* Schiede, *Linnaea* 4:573. 1829 (Actualización de Soto-Arenas y Dressler 2010)

Hemiepífitas, trepadoras, poco ramificadas, foliosas, hasta de 16 m de altura. Tallos terete, liso, verde tenue pálido salpicado de color blanquecino, 10-24 mm de grosor; entrenudos 11-14.5 cm de largo. **Raíces**

aéreas libres gruesas; raíces terrestres pilosas, 4 mm de grosor; raíces fijadores notoriamente aplanada en la superficie inferior, blanco-verdoso. **Hojas** subsésiles; lámina de varias formas, ovadas, ampliamente elípticas, oblongas-falcadas, base ampliamente redondeadas a subcordadas, ápice agudas a subapiculadas, coriáceas, muy carnosas, quebradizas, verde pálidas, 22-29 x 8-13.7 cm, 3 mm de grosor. **Inflorescencia** en racimo de 7-20 flores, hasta de 20 cm de largo. Brácteas ampliamente ovadas, obtusas, redondeadas, cóncavas a cimbiformes, ápices algunas veces conduplicadas, ca. 8 x 10 mm. **Flores** sucesivas, 1-2 abiertas a la vez, efímeras, tubulares o con segmentos extendidos, 58-83 ( $69.67 \pm 9.96$ ) mm de largo; 7.5-10 cm de diámetro, amarillo pálido, labelo naranja amarilla, muy vistosas; fragancia muy fuerte, picante, como menta. **Ovario** arqueada, oval-subtrígono en sección transversal, dorsoventralmente aplanado, arqueada, algo espiralado, muy ligeramente acanalados en una cara, liso, verde, 37-45 ( $42.29 \pm 2.71$ ) mm de largo, 5-7 ( $5.85 \pm 0.78$ ) mm de ancho, 3-4 ( $3.29 \pm 0.36$ ) mm de grueso. **Sépalo dorsal** largamente oblanceolado a espatulado, ápice obtuso, redondeado subcaliptrados y diminutas verrugas en el ápice de la superficie externa; largamente unguiculado, largamente atenuado, canaliculados, uña de ca. 17-30 mm de largo, 8 mm de ancho en la parte más ancha, lámina cóncava a algo conduplicadas, 11-16.5 ( $14.06 \pm 1.73$ ) mm de ancho, ca. 14 nervado, liso, gruesa y carnosa, longitud total de 52-75 ( $66.37 \pm 6.42$ ) mm. **Sépalos laterales** largamente oblanceolados, obtusos, ápice oblicuos, redondeados, subcaliptrados y diminutas verrugosa en el ápice de la superficie externa; largamente unguiculados, largamente atenuados, fuertemente canaliculados, uña de ca. 28 mm de largo, 9 mm de ancho en la parte más ancha, lámina cóncava, 13-16 ( $14.87 \pm 1.13$ ) mm de ancho, ca. 13 nervado, lisos, gruesas y carnosas, 56-75 ( $68.8 \pm 6.79$ ) mm longitud total. **Pétalos** oblanceolados-oblongos, arqueados, ligeramente sigmoideos y oblicuos, margen superior más rectos, ápice truncados-redondeados, atenuados en la base, basa ligeramente canaliculados, lámina plana a ligeramente cóncava, con un elevado, axial, carina plana apoyados en la superficie inferior, termina en un triangular, agudo, proceso plano, 2 mm de largo; canaliculado conspicuamente en el vértice de la superficie exterior, ca. 14 nervado, 59-75 ( $67.83 \pm 5.58$ ) x 11-17 ( $14.25 \pm 2.15$ ) mm. **Labelo** con el margen de la mitad basal fusionado a lo largo de la columna 30-40 mm (35, 40, 30, 37, 39) tubular, cimbiforme, más profundo cerca de la mitad, axialmente acanalado en la superficie más baja; extendido hacia fuera 60-80 ( $71 \pm 8.52$ ) x 29-40 ( $35.8 \pm 4.26$ ) mm; unguiculado, uña canaliculado, con hileras de tricomas, 22-30 ( $24.2 \pm 2.92$ ) x ca. 5 mm en el ápice, 3 mm en la base; lámina flabelada a muy oscuramente trilobada, margen ondulado, ca. 40 nervado, ápice profundamente emarginado-bilobado; lóbulos laterales largamente triangulares-ovadas, oblicuos, redondeados, 30-39 ( $35.2 \pm 3.48$ ) x 10-15 ( $12.6 \pm 2.06$ ) mm; lóbulo medio inconspicuo, márgenes bastante reflexo, revoluto, profundamente bilobulado, ca. 6-10 ( $8 \pm 2$ ) mm x 13-22 ( $17 \pm 3.4$ ) mm; callo penicilado a 32-46 mm de la base del labelo, compuesto ca. 10-14 imbricado, retrorsos, aproximadamente trapezoidal, escamas laciniadas, escamas regularmente unidas cada uno a otros a lo largo de las márgenes laterales, ca. 5.5-7 x

5-5.5 mm, continua con tres quillas gruesas que pronto se van fusionando en un cojín, claviformes, redondeados, callos rugoso que termina en el ápice, 18-23 ( $20.6 \pm 1.85$ ) x 3.5-4.5 mm. **Columna** alargada, conspicuamente sigmoidea, 43-59 ( $53 \pm 5.54$ ) mm de largo, 3.2 mm de ancho, superficie ventral lanuginosa en la mitad apical, por debajo del estigma; ápice dilatado, 4.5-6.5 mm de ancho; alas verticales triangular-fimbriados, margen inferior agudo, uncinado, ca. 2 x 4.5 mm. **Estigma** trilobado, lóbulos emergentes, rostelo convexo, ca. 3 x 4.5 mm; lóbulos laterales divergentes entre sí. **Fruto** variable, usualmente arqueados, triángulo, grueso, verde, negruzco cuando madura y fuertemente aromático, 7.3-15 cm de largo, ca. 14 mm de grosor (Figura 28).

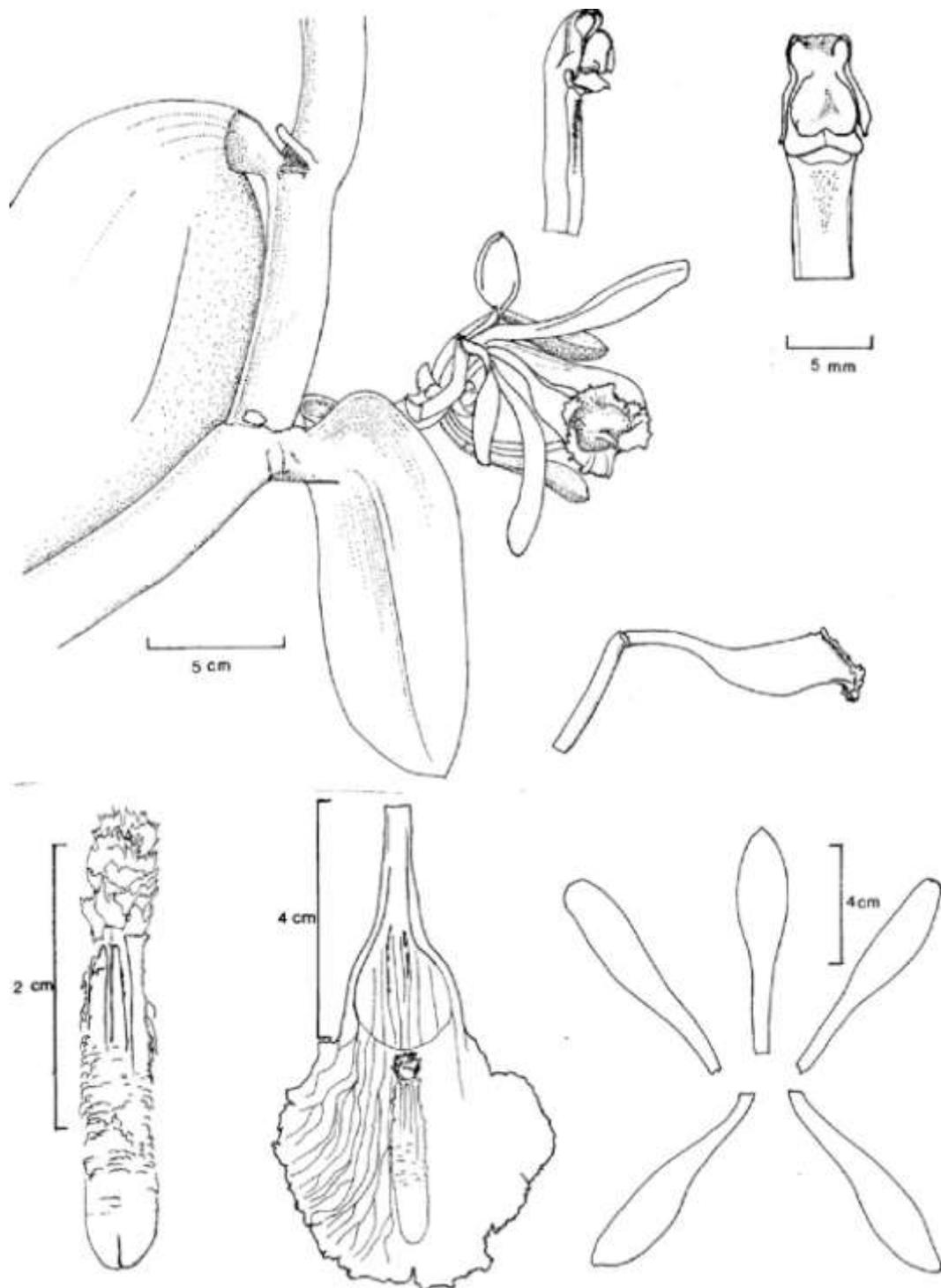
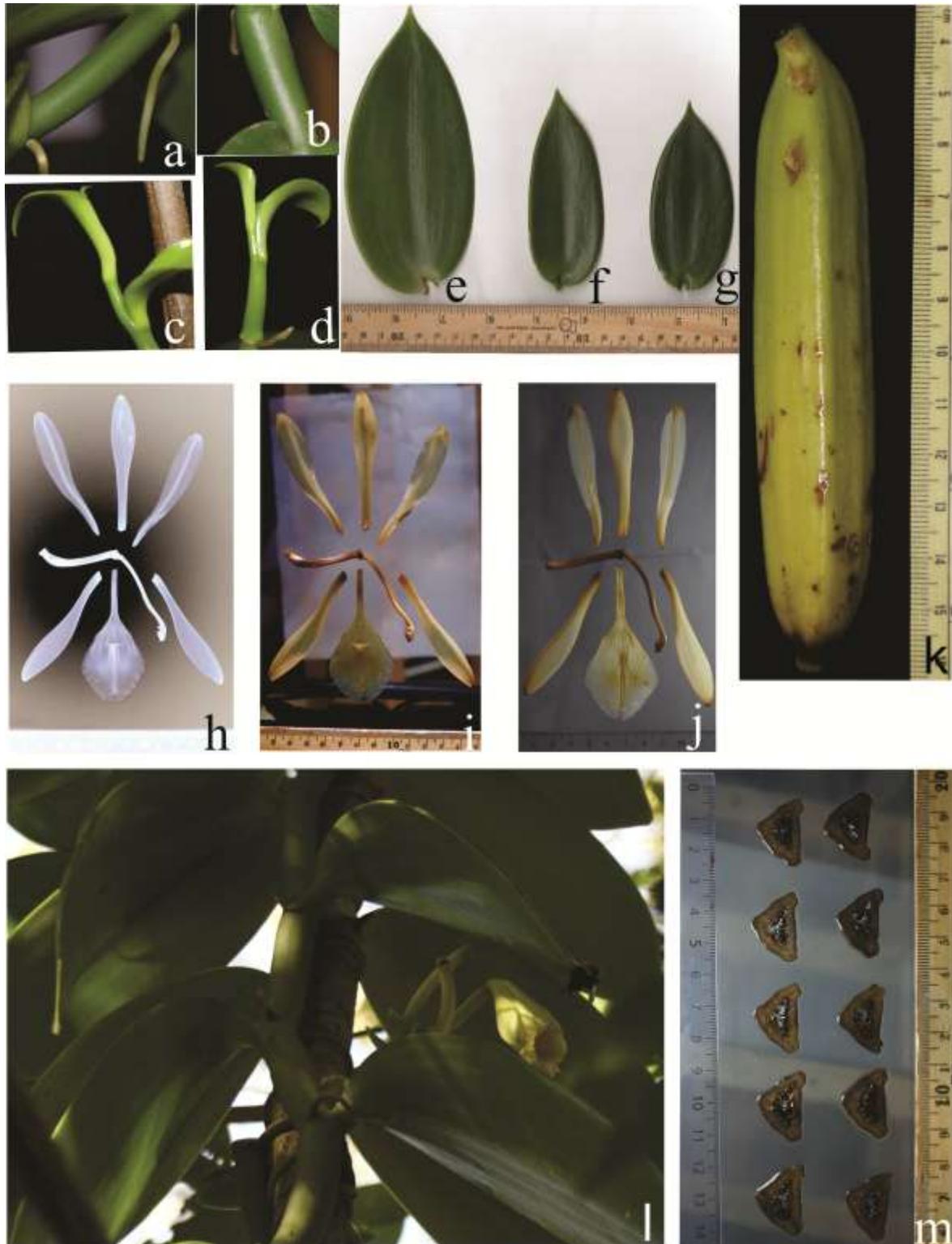


Figura 28. Dibujo de *Vanilla pompona* Shieder



*Vanilla pompona* Schiede; (a) tallo, (c) renuevo, (e) hoja, (h, i, j) flor extendida de planta de Veracruz (Vpo1-Vpo3);(b) tallo, (d) renuevo, (f) hoja, (k) fruto, (l) flor, (m) corte de fruto de planta de Villa Purificación Jalisco (Vpo4); (g) hoja de Pto. Vallarta Jalisco (Vpo5).

Distribución:

En México, en los estados de Veracruz, Oaxaca, Guerrero, Michoacán, Colima, Jalisco y Nayarit (Figura 29).

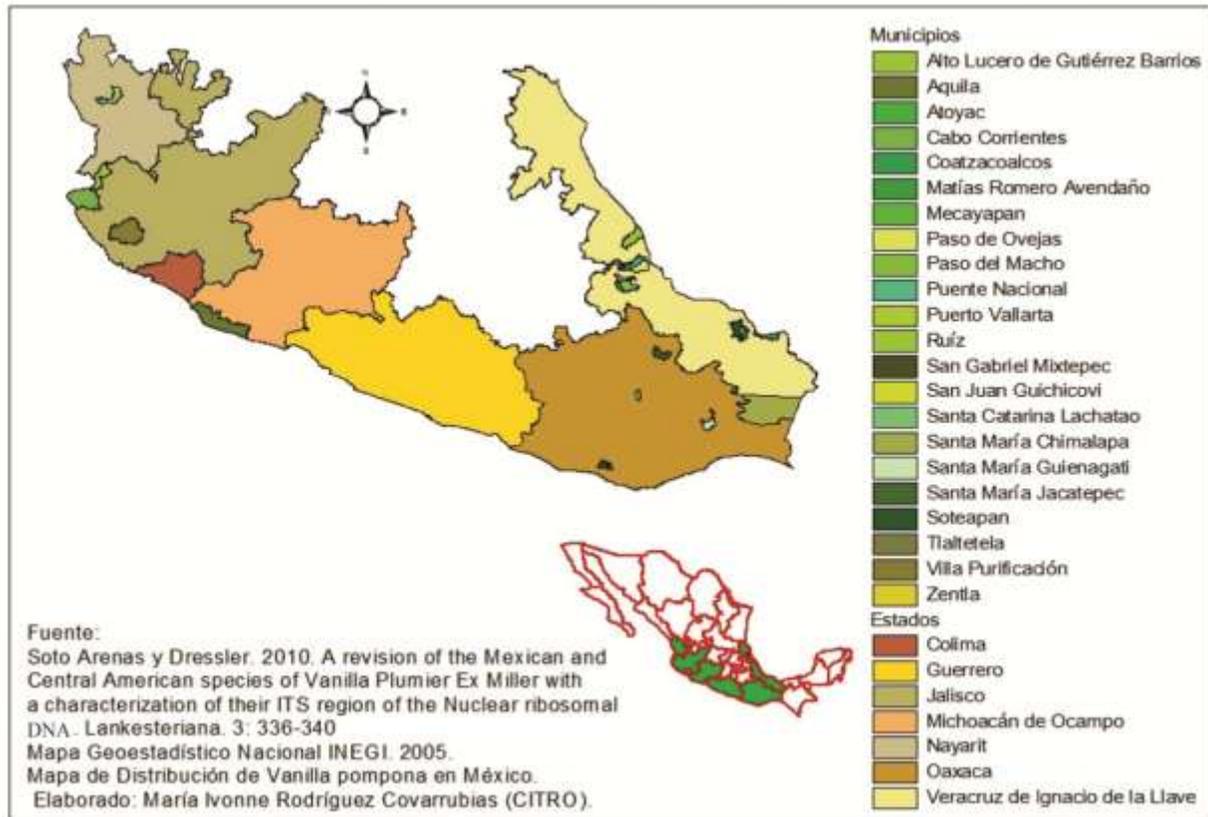


Figura 29. Distribución de *Vanilla pompona* en México

Ecología:

Se ha localizado desde el nivel del mar hasta los 1200 m en diferentes tipos de vegetación tropicales como bosques tropicales caducifolios, bosques tropical subcaducifolio, bosque tropical perennifolio, bosque de galería, sabana, bosque de pino y encino. La floración es de abril a principios de junio (Soto-Arenas y Dressler 2010). Los polinizadores reportados son machos *Euglossa*, *Eulaemma cingulata*, *E. meriana* y *E. nigrita* (Roubik y Hanson 2004).

C.5 *Vanilla x tahitensis* (J.-W. Moore). R. Portères. Bull. Soc. Bot. France, 98(1951), p. 120. (126)

Liana vigorosos, **tallo** de 4-9 mm de diámetro, entrenudos 5 cm de longitud promedio, algunas veces muy largos hasta 10-12 cm. **Hojas** angostamente ovales-lanceoladas, progresivamente muy agudas, 6-8 veces más largas que anchas, de un verde oscuro, poco grosor, no o muy poca en canaliculado hacia la base, 12-30 x 2.5-4 cm, aproximadamente 20 nervaduras longitudinales; peciolo 10 mm de longitud, bien canaliculado superior. **Racimo** paucifloro, menos verduscos tenue y más amarillentos que en *V. fragrans* (*V. planifolia*), en labelo de un color amarillo descolorido; flores más cónico y más finas, en lóbulos más alargados. **Ovario** de aproximadamente 10 mm. **Sépalos** oblanceolados-estrechos, largamente estrechos en la base, atenuados-agudos en la ápice, 6 cm de longitud, 8-9 mm de ancho, no carinados dorsalmente. **Pétalos** largos, más elípticos y un poco más anchos, subagudos, en costa mediana más gruesa en la espalda. **Labelo** de 4 a 5 cm de longitud, a veces 5.5 cm, enrollada como un pabellón poco estrechado a la altura de la cabeza del ginostemo, soldado por sus bordes sobre 3/4 de la longitud de la columna, longitudinalmente carinado aproximadamente con 14 carinas, lóbulo laterales con márgenes muy laciniada hacia adelante, los lóbulos son más alargadas y de lo largo de *V. planifolia*; **labelo** ampliamente truncado-emarginado en la parte delantera, la cual no tubulada-laciniada; **lóbulo medio** obtuso o subagudo con prolongada cresta, alargado y fuertemente recurvado-enrollado, con 5-7 hileras de papilas verrugosas muy salientes; callo de 5 laminillas foliáceas, flabeliformes y fimbriado, hacia la base del labelo. **Columna** pubescente en la cara anterior, aproximadamente de 35 mm de longitud, relativamente más corta que en *V. fragrans*. **Cápsula** lisa, un poco comprimida, ligeramente triquetra, angostamente da en la parte superior, la derecha, curvado de la base poco pronunciado, 12-20 cm de longitud, 10-14 mm de anchura; ocasionalmente con dehiscencia; después de fermentación y secado de la vaina se vuelve aplastada como *V. fragrans*, pero con olor de Vainillón (*V. pompona*), no se escarcha durante la conservación y su corteza es dura. **Semillas** brillantes, negras, reticuladas sobre la superficie, 400 x 330 u (Figura 30).

*V. tahitensis* J.-W. Moore. Lepers-Andrzejewski *et al.* 2011.

**Tallos** con un diámetro de 8 mm y entrenudos 13 (19) cm de longitud; **hojas** son también más delgada, angosta oval, lanceoladas, poco a poco llegar a ser muy puntiagudo, 3-7 veces más largo que su ancho, de color verde oscuro, no muy grueso, pueden estar muy poco acanaladas hacia la base, 16-25 cm de longitud, 2-5 cm de ancho; peciolo de 15 mm de longitud en promedio, canaliculado superior. **Sépalos** angostamente oblanceolados, base puntiaguda, atenuados-agudos en la parte superior, 5.5-7.7 cm de longitud, 0.9-1.6 cm de anchos y no carinados en la espalda. **Pétalos** elípticos, subagudo 5-7.4 cm de longitud, 7-13 mm de anchos. **Labelo** de 4.6-4.9 mm de longitud, en forma de embudo, muestran

pequeñas líneas punteadas de color naranja en interior del haz, margen revuelto, fimbriado-crenulado (Figura 31 y Figura 32). **Frutos** aromáticos generalmente indehiscentes (Figura 33).



Figura 30. *Vanilla tahitensis* JW Moore:

- (a) Planta con hojas y flores (x1), (b) flores (x1.25), (c) labelo visto por la cara superior (x2), (d) callo con láminas en la base del disco, (e) extremidad del labelo papiloso-verrucoso, (f) vaina (x 1). Porter 1956. p 240



Figura 31. Flor de frente de *V. tahitensis*. [ikon.altervista.org](http://kon.altervista.org) 2011.



Figura 32. Diversidad color del labelo de *Vanilla tahitensis* de Tahití: (a) cultivar Rea rea; (b) cultivar Haapape; (c) vista de flor de perfil, donde se observa el labelo revoluto. Odoux y Grisoni 2011, p 136.

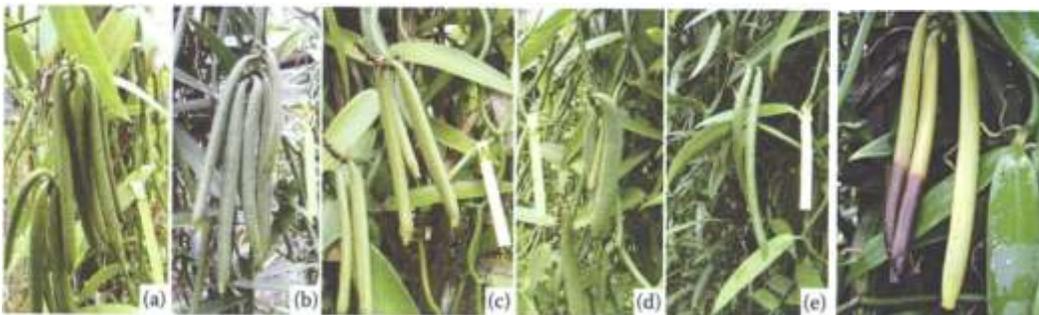


Figura 33. La variación en tamaño, forma y color de frutos de vainilla de Tahití (etiqueta de 10 cm de largo): (a) Tahiti, (b) Haapape, (c) Rea rea, (d) Parahurahu, (e) Tahití, (f) Vainas maduras de Tahití en el cultivar Haapape. Odoux y Grisoni 2011, p 136.

#### Distribución:

Su distribución es en cultivo en la Polinesia Francesa.

Ecología:

La floración es en días soleados y con la temperatura de 18-19°C, por lo que se puede presentar dos veces al año de julio-septiembre y ocasionalmente de diciembre-enero. Cada inflorescencia puede tener de 1- 2 flores abiertas, estas permanecen abiertas desde que amanece hasta el atardecer. Requiere de la polinización manual para la obtención de los frutos y maduran nueve meses después de su polinización, su coloración cambia de verde a amarillo a café y la dehiscencia ocurre ocasionalmente. Las semillas germinan con la presencia de *Rhizoctina* (micorriza) (Lepers-Andrzejewki *et al.* 2011).

Anexo D: Resultado de PCoA con RAPDs con las distancias de Jaccard entre las especies comparadas

Ejes	1	2	3
Vpo1	0.481463997	0.185026183	0.033847267
Vpo2	0.45105106	0.143196205	0.047870895
Vpo3	0.472004264	0.154065547	0.06436487
Vpo4	0.357106908	0.157732309	-0.019262631
Vpo5	0.414424749	0.15601859	0.031952795
Vpo6	0.41453888	0.159339154	0.070278575
Vpl1	0.090606186	-0.499732445	0.052675759
Vpl2	0.020526026	-0.468133703	0.197468377
Vpl3	0.150789512	-0.516394375	0.033126812
Ving	0.147281582	-0.156989623	-0.593839961
Vsp1	-0.377676005	0.091491798	-0.011605247
Vsp2	-0.400557973	0.103519908	-0.011778355
Vsp3	-0.365068775	0.099694774	0.016065315
Vsp4	-0.365068599	0.085184826	0.031972052
Vsp5	-0.368799984	0.075915832	0.007823526
Vsp6	-0.385001035	0.077969637	0.033634716
Vsp7	-0.368787429	0.075965312	0.007921129
Vsp8	-0.368797981	0.075944369	0.007952625
%	53.460306048	22.535183608	9.549556665

Anexo E: Valores propios y porcentaje de inercia de las dimensiones

---

	Singular Values	Eigenvalues	Poer. Inertia	Cumulative percent	Chi square
1	0.78	0.61	29.20	29.20	0.61
2	0.72	0.52	24.67	53.87	0.52
3	0.70	0.48	22.96	76.83	0.48
4	0.38	0.15	6.92	83.75	0.15
5	0.35	0.12	5.91	89.66	0.12
6	0.32	0.10	4.95	94.60	0.10
7	0.19	0.04	1.80	96.40	0.04
8	0.17	0.03	1.39	97.80	0.03
9	0.13	0.02	0.76	98.56	0.02
10	0.11	0.01	0.54	99.09	0.01
11	0.08	0.01	0.30	99.39	0.01
12	0.07	0.00	0.23	99.62	0.00
13	0.07	0.00	0.22	99.84	0.00

---

Total Inertia=2.1048 Chi<sup>2</sup>=2.1048 df=1717 p=0.00001