



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS PUEBLA

POSTGRADO EN ESTRATEGIAS PARA EL DESARROLLO AGRÍCOLA REGIONAL

**ESTRATEGIA DE USO Y CONSERVACIÓN
DEL GERMOPLASMA DE *Vanilla planifolia*
Jack. EN LA REGIÓN TOTONACAPAN
PUEBLA-VERACRUZ**

VICTOR MANUEL SALAZAR ROJAS

T E S I S
PRESENTADA COMO REQUISITO
PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE:

DOCTOR EN CIENCIAS

Puebla, Puebla

2011



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

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

CAMPUS PUEBLA

CAMPUE- 43-2-03

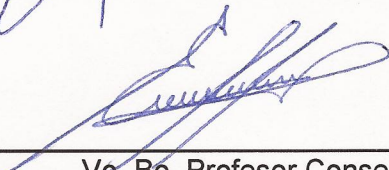
CARTA DE CONSENTIMIENTO DE USO DE LOS DERECHOS DE AUTOR Y DE LAS REGALÍAS COMERCIALES DE PRODUCTOS DE INVESTIGACIÓN

En adición al beneficio ético, moral y académico que he obtenido durante mis estudios en el Colegio de Postgraduados, el que suscribe **Victor Manuel Salazar Rojas** alumno de esta Institución, estoy de acuerdo en ser partícipe de las regalías económicas y/o académicas, de procedencia nacional e internacional, que se deriven del trabajo de investigación que realicé en esta Institución, bajo la dirección del Profesor **Dr. Braulio Edgar Herrera Cabrera** por lo que otorgo los derechos de autor de mi tesis **Estrategia de uso y conservación del germoplasma de vainilla de la región Totonacapan Puebla-Veracruz** y de los productos de dicha investigación al Colegio de Postgraduados. Las patentes y secretos industriales que se puedan derivar serán registrados a nombre del Colegio de Postgraduados y las regalías económicas que se deriven serán distribuidas entre la Institución, el Consejero o Director de Tesis y el que suscribe, de acuerdo a las negociaciones entre las tres partes, por ello me comprometo a no realizar ninguna acción que dañe el proceso de explotación comercial de dichos productos a favor de esta Institución.

Puebla, Puebla 30 de septiembre de 2011.



Victor Manuel Salazar Rojas



Ve. Bó. Profesor Consejero
Dr. Braulio Edgar Herrera Cabrera

La presente tesis, titulada: **Estrategia de uso y conservación del germoplasma de *Vanilla planifolia* Jack. en la región Totonacapan Puebla-Veracruz**; realizada por el alumno: **Victor Manuel Salazar Rojas**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:


DOCTOR EN CIENCIAS

ESTRATEGIAS PARA EL DESARROLLO AGRÍCOLA REGIONAL

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO: 

DR. BRAULIO EDGAR HERRERA CABRERA

ASESOR: 

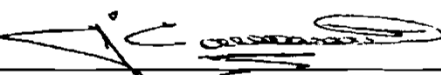
DRA. ADRIANA DELGADO ALVARADO

ASESOR: 

DR. R. MARCOS SOTO HERNÁNDEZ

ASESOR: 

DR. FERNANDO CASTILLO GONZÁLEZ

ASESOR: 

DRA. JUANA CERVANTES VARGAS

Puebla, Puebla, México, 30 de septiembre de 2011

ESTRATEGIA DE USO Y CONSERVACIÓN DEL GERMOPLASMA DE *Vanilla planifolia* Jack. EN LA REGIÓN TOTONACAPAN PUEBLA-VERACRUZ

Victor Manuel Salazar Rojas, Dr.

Colegio de Postgraduados, 2011

La planificación estratégica para el uso y conservación de *Vanilla planifolia* Jack. en México requiere del análisis integral y detallado de los aspectos que determinan y afectan su variación genética. Por tal razón, se planteó conocer la variación en el contenido de los compuestos fitoquímicos que definen la calidad aromática del germoplasma vainilla mediante HPLC, identificar variación genética a nivel infra-específico a través de 14 loci microsatélites y estudiar los criterios de valoración que determinan la actitud de los usuarios de vainilla entorno al uso y conservación del germoplasma en la región Totonacapan México, mediante el método de análisis multiatributo AHP (Analytic Hierarchy Process). Los resultados mostraron la existencia de seis grupos fitoquímicos (quimiotipos) para el germoplasma de *V. planifolia*, cada uno con características aromáticas particulares. Los cuales fueron confirmados como grupos genéticos (genotipos) mediante el análisis de microsatélites. Se observó que el proceso de valoración económica y cultural de los usuarios, ha construido la variación aromática del germoplasma de vainilla y ha permitido su conservación a nivel regional. De esta forma los datos indican que en el posible centro de origen de vainilla, existe un proceso de domesticación que ha generado variación genética y fitoquímica, fundamental para el diseño de un programa de mejoramiento genético que permita optimizar los beneficios del cultivo a sus usuarios y contribuir con la conservación de la diversidad genética del pool genético primario de *Vanilla planifolia*.

Palabras clave: aroma, domesticación, planeación estratégica, variación genética, variación quimiotípica, valoración social.

USE-CONSERVATION STRATEGY FOR *Vanilla planifolia* Jack. GERMPLASM FROM THE PUEBLA-VERACRUZ TOTONACAPAN REGION

Victor Manuel Salazar Rojas, Dr.

Colegio de Postgraduados, 2011

The strategic planning for the use and conservation of *Vanilla planifolia* Jack. in Mexico requires comprehensive and detailed analysis of its genetic variation and the issues that determine and affect such variation. For this reason it is proposed, to study the variation in the contents of phytochemicals that define the vanilla aroma quality by HPLC (High Performance Liquid Chromatography), to identify genetic variation at infraspecific level among 14 microsatellite loci, and to study assessment criteria which determine the attitude of stakeholders around the use and conservation of vanilla germplasm in the Totonacapan region, Mexico, through multiattribute analysis method, AHP (Analytic Hierarchy Process). The results showed the existence of six phytochemical groups (chemotypes) within *V. planifolia* germplasm, each with specific aromatic characteristics. The 14 loci analyzed were polymorphic for vanilla chemotypes with variable sizes, and genetic clustering of accesions corresponded with the phytochemical grouping (chemotypes). It was noted that the process of economic and cultural valuation of users, has built the aromatic variation in vanilla germplasm, and conservation has allowed at the regional level. Thus the data indicate that in the possible center of origin of vanilla, exists a domestication process that have originated genetic and phytochemical variation, fundamental to the design of a breeding program for optimizing the benefits of vanilla production for their users and contribute to the conservation of the primary gene pool of *Vanilla planifolia*.

Key words: aroma, chemotypical variation, domestication, genetic variation, social valuation, strategic planning

Esta investigación fue financiada por:



Colegio de Postgraduados - (Fideicomiso No. 167304).



Fundación PRODUCE Puebla - (Addendum No.1-2009)



Sistema Nacional de Recursos Fitogenéticos - (SINAREFI; Clave:BEIVAI-10-5)



Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología del Estado de Puebla - (CONCYTEP; Becas Tesis 2011)



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

A quienes expreso mi agradecimiento





AGRADECIMIENTOS

A LOS AGRICULTORES DE LA REGIÓN TOTONACAPAN

CONACYT

COLEGIO DE POSTGRUADOS

A MI GRAN AMIGO Y CONSEJERO EL DR. BRAULIO EDGAR HERRERA CABRERA

A LOS MIEMBROS DE MI CONSEJO PARTICULAR:

DRA. ADRIANA DELGADO ALVARADO

DR. MARCOS SOTO HERNÁNDEZ

DR. FERNANDO CASTILLO GONZÁLEZ

DRA. JUANA CERVANTES VARGAS

TAMBIÉN AGRADEZCO EL APOYO DE:

DR. JORGE EDUARDO CAMPOS CONTRERAS

AL DR. MARIO COBOS PERALTA

MC. ALEJANDRO MONSALVO REYES

AL SERVICIO DE SECUENCIACIÓN Y ANÁLISIS DE FRAGMENTOS DE LA UNAM FES-
IZTACALA

AL SISTEMA-PRODUCTO NACIONAL VAINILLA

A MIS TODOS MIS COMPAÑEROS Y AMIGO



Esta Tesis está dedicada a la memoria del
Dr. Miguel Ángel Soto Arenas,
Pilar de la orquideología mexicana y del conocimiento mundial sobre vainilla
(1963-2009)

	Página
INTRODUCCIÓN GENERAL	1
Justificación	2
Planteamiento del problema	3
Hipótesis	4
Objetivos	4
Literatura citada	5
CAPÍTULO 1	6
Variación quimiotípica en germoplasma de <i>Vanilla planifolia</i> Jack. (Orchidaceae) de la región totonacapan Puebla-Veracruz	7
1.1 Introducción	7
1.2 Materiales y métodos	9
1.3 Resultados y discusión	11
1.4 Conclusiones	18
1.5 Literatura citada	18
CAPÍTULO 2	40
Valoración del germoplasma cultivado de <i>Vanilla planifolia</i> Jack. (Orchidaceae) entre los usuarios de la región Totonacapan	40
3.1 Introducción	41
3.2 Materiales y métodos	44
3.3 Resultados y discusión	59
3.4 Conclusiones	80

CAPÍTULO 3	84
Planeación estratégica para la conservación del germoplasma de vainilla de la región Totonacapan Puebla-Veracruz	84
4.1 Introducción	85
4.2 Materiales y métodos	88
4.3 Resultados	92
4.4 Discusión	119
4.5 Conclusiones	120
CONCLUSIONES GENERALES	126
5.1 Literatura citada	133

INTRODUCCIÓN GENERAL

I. Introducción

Vanilla planifolia es uno de los recursos genéticos más importantes del trópico mexicano. Su cultivo representa un factor importante en el desarrollo económico, social, cultural y biológico de gran parte de las comunidades indígenas y rurales que habitan la región del Totonacapan. Sin embargo, al igual que otros recursos genéticos de México, *Vanilla planifolia* presenta una problemática compleja, derivada principalmente de dos factores relacionados con uso y conservación: la sobreexplotación y subutilización del recurso (Lubinsky, 2003; Soto, 2006). Es decir, la mayor parte de las poblaciones silvestres han sido genéticamente erosionadas y en algunos casos eliminadas por colectas excesivas para establecer plantaciones, a tal grado que la especie se encuentra sujeta a protección especial por el gobierno mexicano, con el fin de evitar su extinción (Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2001; Soto, 2006). Y por otra parte, su cultivo no se ha desarrollado de manera adecuada, ya que actualmente México produce cerca de 1% de la producción mundial (Soto, 2006).

México por ser considerado como posible centro de origen de vainilla (Soto, 2006), posee ventajas comparativas que no han sido aprovechadas oportunamente, como es el uso de la diversidad genética que aún alberga. Por esta razón, se plantea la necesidad de desarrollar propuestas, que integren conocimiento detallado sobre características genéticas, fitoquímicas, económicas y socioculturales del germoplasma de vainilla cultivado en la región Totonacapan.

Conocimiento que permita la articulación entre uso, manejo y conservación; con el fin de potenciar aquellas características que optimicen el aprovechamiento y la conservación del germoplasma de vainilla, uno de los legados bioculturales más importantes de México.

El enfoque de conservación, aplicado tanto en recursos genéticos como en biodiversidad, permite abordar la problemática sobre mantenimiento, sobrevivencia y reproducción de la diversidad genética de especies, a través de modelos de conservación *in situ* y *ex situ*, principalmente (Iriundo-Alegría, 2001). Sin embargo dentro de dichos modelos de conservación queda fuera de análisis el factor social y con ello la información sobre las formas e intensidad, de uso y valoración, que inciden directamente sobre la conservación de los recursos. Dicho lo anterior, el objetivo del presente estudio es diseñar una estrategia de uso y conservación que articule las características que definen los sistemas de uso y valoración, con un modelo teórico de conservación compatible con las características del germoplasma de vainilla cultivado en la región Totonacapan.

II. Justificación

De manera general se ha planteado que el uso y conservación de recursos genéticos vegetales, requiere inicialmente, de la caracterización y clasificación de su diversidad genética a través del registro de datos morfológicos, fitoquímicos, moleculares y socioeconómicos que permitan identificar claramente cada germoplasma (Tapia, 2007). Por otra parte, se ha resaltado el importante papel que desempeñan los sistemas y formas de valoración, que existen entre los distintos usuarios de un recurso genético, particularmente en la configuración de la dinámica de uso y conservación del germoplasma (Salazar-Rojas *et al.* 2007).

De esta manera, dada la importancia comercial de la producción de vainilla a nivel nacional e internacional, el impacto socioeconómico regional de su cultivo, la diversidad genética de vainilla que existe en la región Totonacapan, así como su latente riesgo de extinción; la caracterización del germoplasma de vainilla resulta esencial para el diseño de estrategias que permitan fortalecer la producción, competitividad y conservación de *Vanilla planifolia* en la región Totonacapan.



III. Planteamiento del Problema

Se reconoce que México es posible centro de origen de *Vanilla planifolia*, particularmente, el germoplasma de la región Totonacapan es uno de los más importantes a nivel biológico y comercial. Sin embargo, la información disponible entorno a las características fitoquímicas y genéticas, que definen la calidad de dicho germoplasma es mínima. Por esta razón se han distinguido dos factores relacionados con una problemática de uso y conservación de la vainilla de la región Totonacapan. El primer factor vinculado con la conservación, conjunta dos elementos. La falta de conocimiento sobre la variación genética del germoplasma de vainilla de la Región Totonacapan (Soto, 2006; Mino *et al.*, 2006). Así como una alta vulnerabilidad de extinción en las poblaciones de vainilla cultivadas tanto en la región, como a nivel mundial, debido principalmente a factores como erosión genética relacionada con el carácter clonal de sus plantaciones, sobrecolecta de especímenes silvestres y destrucción de hábitat, por fenómenos humanos y meteorológicos (Lubinski, 2003).

El segundo factor esta asociado a problemas de uso relacionados con la subutilización del germoplasma de vainilla (Soto, 2006). Es decir, a pesar de ser centro de origen, actualmente México contribuye con menos de 1% de la producción mundial de vainilla, lo cuál se ha asociado a un problema de heterogeneidad en la calidad de la producción. Es decir, se mezclan vainillas de alta con baja calidad aromática, lo cual tiene un impacto directo negativo sobre el precio, sobre los usuarios del sistema y en particular sobre la conservación del germoplasma de vainilla.

En este sentido se plantea que, el desconocimiento del estado de la diversidad de un material biológico impide realizar tanto, acciones de conservación, como potenciar las características de calidad que mejoren beneficios a los usuarios de un recurso genético. Por tal razón, el presente estudio plantea caracterizar fitoquímica, genética y socioculturalmente, el germoplasma de vainilla de la región Totonacapan, con el fin de generar una estrategia que permita optimizar los beneficios del cultivo y contribuir a la conservación de la diversidad genética de vainilla en la Región Totonacapan.



IV. Hipótesis

General

Existen diferencias genéticas y fitoquímicas que determinan la calidad, formas de valoración y dinámica de uso y conservación, dentro del germoplasma de vainilla cultivado en la región del Totonacapan Puebla-Veracruz.

Particulares

1. Existe variación quimiotípica infraespecífica dentro del germoplasma de vainilla cultivado en la región Totonacapan.
2. Las características fitoquímicas que define la calidad aromática del germoplasma de vainilla están determinadas por la variación genética que existe en la región Totonacapan.
3. Las características genéticas y fitoquímicas del germoplasma de vainilla, determinan diferencias de uso y valoración dentro de los distintos usuarios del germoplasma cultivado en la región Totonacapan.

V. Objetivos

General

Diseñar una estrategia de uso y conservación para el germoplasma de vainilla cultivado en la región Totonacapan, que integre las características fitoquímicas que definen su calidad comercial, la variación genética del germoplasma y los sistemas de uso y valoración de sus usuarios.

Particulares

1. Conocer la variación en contenido de los compuestos fitoquímicos que definen la calidad aromática del germoplasma de *Vanilla planifolia* Jack. cultivado en la región Totonacapan.
2. Identificar variación genética dentro del germoplasma de *Vanilla planifolia* Jack. cultivado en la región Totonacapan.



3. Identificar los criterios de valoración que determinan la actitud de los usuarios entorno al uso y conservación del germoplasma de vainilla de la región Totonacapan.
4. Integrar una propuesta de estrategia de uso y conservación para el germoplasma de *Vanilla planifolia* cultivado en la región Totonacapan.

VI. Literatura citada

- Iriondo-Alegría JM. 2001. Conservación de germoplasma de especies raras y amenazadas. *Investigación Agraria, Producción y Protección Vegetales* 16 (1): 5-12
- Lubinsky, P., 2003. Conservation of wild vanilla. In: *Proceedings of Vanilla. First International Congress*, Princeton, NJ 08540, New Jersey, USA, November 11–12.
- Minoo D, Jayakumar VN, Veena SS, Vimala J, Basha A, Saji KV, Nirmal BK, Peter KV. 2007. Genetic variations and interrelationships in *Vanilla planifolia* and few related species as expressed by RAPD polymorphism. *Genetic Resources and Crop Evolution* 55 (3): 459-470. DOI: 10.1007/s10722-007-9252-3
- NORMA Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2001. Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. <http://www.ine.gob.mx/ueajei/norma59a.html>
- Salazar-Rojas V. M., Herrera-Cabrera E., Flores-Palacios A. y Ocampo-Fletes I. 2007. Traditional use and conservation of the “calaverita” *Laelia anceps* subsp. *dawsonii* f. *chilapensis* Soto-Arenas at Chilapa Guerrero México *Lankesteriana* 7(1-2): 368-370.
- Soto-Arenas M. A. 2006. La vainilla. *Biodiversitas* Núm. 66. Boletín bimestral de la Comisión Nacional para el uso y conocimiento de la biodiversidad. CONABIO, México. 1-9 pp.
- Tapia Campos E. 2007. Caracterización de germoplasma de cítricos mediante marcadores morfológicos y moleculares. Tesis Doctoral. Colegio de Postgraduados. Texcoco, Edo. De México.



CAPITULO 1

Variación quimiotípica en germoplasma de *Vanilla planifolia* Jack. (Orchidaceae) de la región totonacapan Puebla-Veracruz

Capítulo publicado como artículo de investigación en la revista: Genetic Resources and Crop Evolution: DOI 10.1007/s10722-011-9729-y



Chemotypical variation in *Vanilla planifolia* Jack. (Orchidaceae) from the Puebla-Veracruz Totonacapan region

Víctor Manuel Salazar-Rojas · B. Edgar Herrera-Cabrera ·
Adriana Delgado-Alvarado · Marcos Soto-Hernández ·
Fernando Castillo-González · Mario Cobos-Peralta

Received: 25 November 2010 / Accepted: 27 June 2011
© Springer Science+Business Media B.V. 2011

Abstract One of the threats in the diversity loss of the primary gene pool of *Vanilla planifolia* is the lack of information on existing level of polymorphism in cultivated germplasm, and the different expressions of this polymorphism. For this reason, it is proposed to study the chemical polymorphism of the four phytochemicals that define the vanilla aroma quality in fruits (vanillin, vanillic acid, *p*-hydroxybenzaldehyde, *p*-hydroxybenzoic acid) by HPLC analysis (High Performance Liquid Chromatography) of 25 collections of unknown genotype, grown in the region

Totonacapan Puebla-Veracruz, Mexico. The results identified a selection process, domestication in fruit aroma of vanilla, during which increased the participation of vanillin and reduced the presence of three minor compounds (vanillic acid, *p*-hydroxybenzaldehyde and *p*-hydroxybenzoic acid) in the global aroma. We distinguished a total of six chemotypes of *V. planifolia* in the Totonacapan region, some chemotypes with wild aromatic characteristics (low participation of vanillin) related to the material less cultivated in the region and domesticated chemotypes with high participation of vanillin, for the most cultivated material. The results show that the diversification of the chemotypes of *V. planifolia* is not related to environmental variation. The data indicate that in the possible center of origin of vanilla, there is phytochemical polymorphism, which indirectly suggests the existence of genetic polymorphism, essential for the design of a breeding program for optimizing the use and conservation of diversity of the primary gene pool of *Vanilla planifolia*.

V. M. Salazar-Rojas (✉) · B. E. Herrera-Cabrera ·
A. Delgado-Alvarado
Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas, Campus
Puebla, Programa de Estrategias para el Desarrollo
Agrícola Regional. Km. 125.5 Carr. Fed. Méx.-Pue. Col.
La Libertad, 72130 Puebla, Pue, Mexico
e-mail: adnbic@gmail.com

M. Soto-Hernández
Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas, Campus
Montecillos, Programa de Botánica. Km. 36.5 Carr. Fed.
Méx.-Tex. Montecillo, Edo, de Mexico, Mexico

F. Castillo-González
Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas, Campus
Montecillos, Programa de Genética. Km. 36.5 Carr. Fed.
Méx.-Tex. Montecillo, Edo, de Mexico, Mexico

M. Cobos-Peralta
Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas, Campus
Montecillos, Programa de Ganadería. Km. 36.5 Carr. Fed.
Méx.-Tex. Montecillo, Edo, de Mexico, Mexico

Keywords Chemotypical variation · Clone
diversity · Primary gene pool · Vanilla aroma ·
Vanilla Planifolia

Introduction

Vanilla planifolia G. Jack. (Orchidaceae) is one of the most important aromatic plants used in the food

industry. It is an orchid native to the tropical forest of eastern Mexico (Soto 2003; Gonzalez-Armao 2009, and as a genetic resource, it is one of the most important agro-biological legacies of the Mesoamerican cultures of the region (Lubinsky et al. 2008; Bory et al. 2007; Hágsater et al. 2005). Commercial production of vanilla in Mexico has been linked to the Totonaca people, who have maintained the germplasm in traditional systems of cultivation and production for at least 250 years (Hágsater et al. 2005; Bory et al. 2007). Outside of its center of origin, *V. planifolia* germplasm from the Totonacapan region, especially the “mansa”-type clone, served as the basis for establishing commercial plantations of the material denominated “Mexican” or “bourbon” vanilla, which today supplies 95% of the international demand (Ecott 2004; Bory et al. 2007; Lubinsky et al. 2008).

The aroma and flavor that characterize the vanilla beans are the result of a complex mixture of volatile compounds produced only in mature pods subjected to a curing process that lasts 3–6 months (Soto 2003; Sinha et al. 2008). During this period the aromatic constituents present in the fruits in their non-volatile conjugated forms hydrolyze through the action of the enzyme β -glucosidase and becomes volatile (Soto 2003; Ranadive 1992; Voisne et al. 1995). In *V. planifolia*, around 200 volatile compounds have been identified, including acids, ethers, alcohols, heterocyclics, esters, and phenolic and carbonylic compounds (Klimes and Lamparsky 1976; Sinha et al. 2008). Of these volatile compounds four phenols are recognized as indicators of commercial quality because of their high concentrations and important role in the aroma: (1) vanillin (4-hydroxy-3-methoxybenzaldehyde) in concentrations of 1,000–20,000 ppm, (2) *p*-hydroxybenzaldehyde (2,000 ppm), (3) vanillic acid (4-hydroxy-3-methoxybenzoic acid) (2,000 ppm) and (4) *p*-hydroxybenzoic acid (200 ppm) (Ranadive 1992; Wescott et al. 1994; Sostaric et al. 2000; Betazzi et al. 2006; Pérez-Silva et al. 2006; Sharma et al. 2006).

Commercially, two types of aromatic quality of *Vanilla planifolia* are sensorially recognized. The Mexican vanilla, produced mainly in the Totonacapan region of Mexico and bourbon vanilla, produced in the Reunión-Madagascar-Comoras triangle, although it has been shown that there are no genetically significant differences between the two germplasm sources. The variation in organoleptic

quality could be due to the method of pod curing (Lubinsky et al. 2008; Bory et al. 2007). This has led to the idea of establishing, for commercial purposes, a single aroma of *V. planifolia* in Mexico with a characteristic pattern of concentrations of its four major aromatic compounds.

In a comparative study on the concentrations of vanillin, vanillic acid, *p*-hydroxybenzaldehyde and *p*-hydroxybenzoic acid in accessions of *V. planifolia* from different growing regions, which included material from Mexico, Ranadive (1992) observed that in controlled conditions of fruit maturity and curing process, certain accessions had variations in the concentration of vanillin and vanillic acid, while in the concentrations of *p*-hydroxybenzaldehyde and *p*-hydroxybenzoic acid the variation was not significant. He proposed that the geographic origin, fruit maturity and method of curing affected the concentration of vanillin and particularly that of vanillic acid, but not the contents of *p*-hydroxybenzaldehyde or *p*-hydroxybenzoic acid. The latter two could be determined by factors intrinsic to the species, such as polymorphic type genetic variations (chemical polymorphism; Gross et al. 2009). In aromatic and medicinal plants, it has been detected that within the same species or population, there are subpopulations with variations in the typical composition and concentration of the major secondary metabolites that determine their phytochemical quality (Lebot and Levesque 1996; Ruiz et al. 2007; Medina-Holgin et al. 2008). These subpopulations have been recognized as chemical polymorphisms, or chemotypes, which are defined as local phytochemical adaptations that are genetically controlled and related to the species' interaction with its habitat, although modifications in its morphology or physiology may be negligible (Gross et al. 2009).

In asexual or clonal crop plant populations, the chemotypes are more likely preserved and heritability is high over time due to vegetative reproduction is the fastest and most effective way for the domestication of a material through the selection of outstanding individuals to some trait of interest (Frankel et al. 1995). The chemical variations found in clonal crops may be chemical polymorphism when are influenced mainly by the parent genotype and chemical plasticity when are influenced by environmental sources (Lebot and Levesque 1996). In this sense, although it has been proposed that the production of secondary

metabolites in plants is related to plant-environment interaction systems (Lebot and Levesque 1996), in some aromatic and medicinal crop species, particularly those that reproduce by clones, it does not appear that the diversity of chemotypes within plant cultivars or varieties is the result of natural selection. Rather, it seems to be the product of a long process of human selection of outstanding individuals, in which farmer preferences have influenced the selection of utilitarian traits of the mother plant that originated the material (Lebot and Levesque 1996). Aroma has been an aspect highly valued by farmers for thousands of years and has functioned as a criterion for artificial selection, contributing to the generation of chemical variants (chemotypes) and cultivars of genetic resources such as rice, mango, kava and some spices (Fitzgerald et al. 2009; Sagar et al. 2009; Lebot and Levesque 1996).

Totonacapan region is considered the center of selection which originated the clone now being cultivated around the world (Ecott 2004; Bory et al. 2007; Lubinsky et al. 2008). Even today, the vanilla production in the region is based in traditional systems of selection of cuttings that responds to distinct cultural and sensorial appreciations of the vanilla resource (Baltazar 2010). Therefore it is possible that in the Totonacapan region exists chemical polymorphism in the aroma of the fruits of *V. planifolia*, and that it may be not related with environmental variations, but with a process of human selection which had modified the aroma of the fruits of *V. planifolia* in its wild condition, similar to other not cultivated aromatic Vanilla species (*V. pompona* Schiede and *V. insignis* Ames). For this reason, the main aim of this study was to evaluate cured pods from 25 accessions of *V. planifolia*, two accessions of *V. pompona* and two accessions of *V. insignis*, to identify chemotypical variation within the germplasm of the Puebla-Veracruz Totonacapan region in Mexico through quantitative analysis of the four phenolic compounds (vanillin, *p*-hydroxybenzaldehyde, vanillic acid, and *p*-hydroxybenzoic acid) that define the species' aromatic quality. To this end, fruit maturity at harvest, method of curing, storage conditions and time, and extraction method were controlled since these factors are considered those that most influence the concentration of the aromatic compounds in vanilla pods (Sharma et al. 2006).

Materials and methods

Reagents

HPLC grade reagents were used, including vanillin, *p*-hydroxybenzaldehyde, vanillic acid and *p*-hydroxybenzoic acid (Sigma-Aldrich Co., USA).

Fruits

Flowers from 25 accessions of *Vanilla planifolia* G. Jack and *Vanilla planifolia* G. Jack 'Rayada', two accessions of *Vanilla pompona* and two accessions of *Vanilla insignis*, were labeled and pollinated manually during the last week of April and the first week of May, 2007, in plantations of 22 localities of the Puebla-Veracruz Totonacapan region. The fruits were collected 28 weeks after pollination and subjected to a traditional process of curing, which lasted 14 weeks. The traditional curing process began by scalding the green pods (90°C) for 1 min to detain vegetative development. The pods were stored in a hermetically sealed box for 24 h for slow cooling. Later, the pods were subjected to 21 cycles of a process called "sunning-sweating"; during this process, the pods were exposed to the sun, reaching a temperature of approximately 45°C, for 3 or 4 h a day. They were stored in hermetically sealed boxes during the night to conserve the temperature, favoring the enzymatic activity that hydrolyzes the precursors of the aroma. After 5 or 6 "sweatings", and depending on the environmental conditions, the pods were dried. In this step, the pods were placed on wooden beds to air and prevent contamination by fungi. Finally, the pods were placed in plastic bags and stored in the dark at room temperature to complete the development of the sensorial characteristics of the vanilla aroma. It is considered that by controlling the flowering date and using the same type of curing, uniformity was achieved in fruit age at harvest, curing method, and storage time and conditions.

Extraction

Cured pods were frozen in liquid nitrogen and ground in a blender (Osterizer). Later, 36 mL of an extraction solution was added to 100 mg of tissue; this solution was composed of water, ethyl ether, and

pentane 4:16:16 v/v/v. The mixture was processed immersed in ice in a homogenizer DIAX 600–9,500 rpm. The organic phase was recovered and sodium sulfate was added to eliminate residual water. The organic phase was evaporated in a rotavapor (Heidolph) at 32°C until dry. The residue was resuspended in 1 mL of methanol (25%) H_3PO_4 10^{-2} M (75%), and filtered in 0.45 μm acrodiscs (titan2™). The extraction process was made according to Pérez-Silva et al. (2006).

HPLC analysis

The extracts were analyzed by high performance liquid chromatography (HPLC). The HPLC instrument Perkin Elmer, model Series 200, equipped with a UV detector and auto-sampler was used under the following conditions: column: PR-18 Spheri-5, injection volume: 20 μL , flow: 1.5 mL min^{-1} , isocratic mobile phase (25% methanol-75% H_3PO_4 10^{-2}M), run time (20 min), and detection at 254 nm. The process was modified based on the study by Pérez-Silva et al. (2006).

Evaluated traits

In order to characterize the phytochemical quality of the vanilla germplasm, a total of 10 variables were considered in the statistical analysis. Four variables correspond to the content of each one of the compounds that define vanilla quality: *p*-hydroxybenzoic acid (C1), vanillic acid (C2), *p*-hydroxybenzaldehyde (C3), denominated minor compounds, and vanillin (C4) (Ranadive 1992; Wescott et al.

1994; Sostaric et al. 2000; Betazzi et al. 2006; Sharma et al. 2006); the sum of the minor compounds ($\sum\text{MC} = \text{C1} + \text{C2} + \text{C3}$), the total of the minor compounds divided by vanillin content ($\sum\text{MC}/\text{C4}$), and the interaction of each of the minor compounds in proportion to the vanillin content (indexes $\text{C1}/\text{C4}$, $\text{C2}/\text{C4}$, $\text{C3}/\text{C4}$, $\text{C1} + \text{C2}/\text{C4}$).

Agroecological zones

In order to analyze the effect of the environmental characteristics of the zone where *V. planifolia* grows and relating it on the content of its phenolic compounds, three agroecological zones were considered based on climate (temperature and humidity), precipitation and altitude (Table 1), because these represents the three main ecosystems and vanilla production systems of the Totonacapan region.

Statistical analysis

Two statistical designs were used to analyze the aromatic compounds of vanilla. (1) The effect of the ecological zone on the concentration of aromatic compounds of *V. planifolia* as a source of variation was analyzed. Three treatments (agroecological zones) were considered with different numbers of replications. (2) For the analysis of concentrations of aromatic compounds in the different accessions of *V. planifolia*, the collection was considered the source of variation. Twenty-five treatments with five replications, a total of 125 samples, were evaluated. In both cases, the data of each treatment were analyzed using a model equivalent to a completely randomized

Table 1 Principal characteristics of the three agroecological zones where *V. planifolia* germplasm is cultivated in the Puebla-Veracruz Totonacapan region, Mexico

Agroecological zone	Mean anual temperature	Mean anual precipitation (mm)	Altitude (m asl)	Accessions		
Z I	18–22°C	2595	301–920	Vp-1 Vp-2 Vp-3	Vp-4 Vp-5 Vp-6	Vp-7 Vp-8
Z II	>22°C	1382	141–300	Vp-9 Vp-10 Vp-11	Vp-12 Vp-13 Vp-14	Vp-15 Vp-16
Z III	>22°C	1582	1–140	Vp-17 Vp-18 Vp-19	Vp-20 Vp-21 Vp-22	Vp-23 Vp-24 Vp-25

design, unbalanced for design 1 (PROC GLM, SAS 2002) and balanced for design 2 (PROC ANOVA, SAS 2002). Means between localities were compared with the Tukey test (SAS 2002).

Numerical analysis

Two numerical analysis methods were used in the multivariate analysis of the groups of *V. planifolia*: principal components (PCA) and cluster (Sneath and Sokal 1973) with Euclidian distance and average link as the measure of distance and method of grouping, in the statistical software SAS v. 9.1 (SAS 2002). The numerical analyses used the means of each of the 10 traits evaluated of the specimens from each accession. The information was arranged in a 125 × 10 matrix, whose rows corresponded to accessions and columns to traits.

Results and discussion

HPLC revealed that the compound with the shortest retention time was *p*-hydroxybenzoic acid with an average of 6.7 min, followed by vanillic acid with a mean time of 7.6 min, *p*-hydroxybenzaldehyde with 8.4 min, and finally, vanillin with 10.1 min.

Effect of the ecological zone on concentration of *V. planifolia* aromatic compounds

The effect of the characteristics of the zone where *V. planifolia* is grown and collected, on the content of its

phenolic compounds was analyzed. It was found that significant differences ($P < 0.0001$) existed only in the concentration of vanillic acid ($X = 586.88$ ppm). The Tukey comparison of means ($\alpha = 0.05$) indicated that the concentration of this compound was higher in humid temperate climate and high precipitation, corresponding to the agroecological zone I. The content of the other aromatic compounds and other variables were not affected by environment (Table 2).

The variation observed in the concentration of vanillic acid in cultivated *V. planifolia* coincide with data published by Ranadive (1992), who observed variations in the same compound in specimens cultivated in different geographic regions. This suggests that vanillic acid content is highly influenced by environmental characteristics of the region.

Ranadive (1992) point out that the concentration of vanillin is affected mainly by the stage of maturity and method of curing the pods, but these factors seem to have minimum or no effect on the concentrations of *p*-hydroxybenzaldehyde and *p*-hydroxybenzoic acid. It was particularly notable that there were no significant differences in vanillin content among the three evaluated agroecological zones, since the conditions of the different accessions from Totonacapan region were homogeneous in terms of ripeness, method of curing, storage conditions and time and method of extraction. Thus, *p*-hydroxybenzaldehyde, *p*-hydroxybenzoic acid and vanillin, as traits, can contribute information on genetic variations related to chemical polymorphisms within the species because they are not affected by environment.

Table 2 Means and coefficients of variation of the 10 variables assessed in 25 accessions of *Vanilla planifolia* from three agroecological zones of the Puebla-Veracruz Totonacapan region, Mexico

Variables	Mean (ppm ^a)	Coefficient of variation
<i>Compounds</i>		
C1 <i>p</i> -Hydroxybenzoic acid	79.7 ^{NS}	25.7
C2 Vanillic acid	586.9 ^{***}	20.5
C3 <i>p</i> -Hydroxybenzaldehyde	459.9 ^{NS}	33.4
C4 Vanillin	13701.0 ^{NS}	17.8
<i>Proportion of MC/content of vanillin</i>		
C1/C4 Hydroxybenzoic acid/vanillin	0.01 ^{NS}	31.4
C2/C4 Vanillic acid/vanillin	0.04 ^{NS}	11.8
C3/C4 <i>p</i> -Hydroxybenzaldehyde/vanillin	0.03 ^{NS}	35.7
(C1 + C2)/C4 (C1 + C2)/C4	0.05 ^{NS}	12.5
∑MC/C4 Ratio MC/vanillin	0.08 ^{NS}	18.3

^{NS} not statistically significant

^{***} $P < 0.001$

^a mg kg⁻¹ cured vanilla

Table 3 Means and coefficients of variation of the 10 variables assessed in 25 accessions of *Vanilla planifolia* from the Puebla-Veracruz Totonacapan region, Mexico

	Variables	Mean (ppm ^a)	Coefficient of variation
<i>Compounds</i>			
C1	<i>p</i> -Hydroxybenzoic acid	79.67***	13.2
C2	Vanillic acid	586.88***	7.5
C3	<i>p</i> -Hydroxybenzaldehyde	459.90***	16.9
C4	Vanillin	13700.98***	6.8
<i>Sum of minor compounds (MC)</i>			
C1 + C2 + C3	∑MC	1126.44***	10.2
<i>Proportion of MC/content of vanillin</i>			
C1/C4	Hydroxybenzoic acid/vanillin	0.006***	12.7
C2/C4	Vanillic acid/vanillin	0.043***	3.6
C3/C4	<i>p</i> -Hydroxybenzaldehyde/vanillin	0.034***	15.1
(C1 + C2)/C4	(C1 + C2)/C4	0.050***	4.2
	∑MC/C4	0.080***	7.8

*** $P < 0.001$ ^a mg kg⁻¹ cured vanilla

Effect of the accessions on the concentration of aromatic compounds in *V. planifolia*

The analysis of the effect of the factor collection of *V. planifolia* on the content of aromatic compounds revealed highly significant differences ($P < 0.0001$) in all the variables analyzed (Table 3). The coefficients of variation had low values because the phytochemical evaluation of the specimens corresponded to infraspecific variation of material propagated vegetatively.

Through Tukey comparison test it was observed that most of the compounds analyzed, were statistically different among the accessions and were not related with environmental variations. *p*-hydroxybenzoic acid was found to be the least abundant compound of the four major aromatic compounds of *V. planifolia*, with means that ranged between 47.78 ± 2.21 and 127.67 ± 6.46 ppm (Table 4).

In vanillic acid content, there was wide variation among the accessions. The specimens having the highest content belonged to accessions Vp15 (860.93 ± 9.80 ppm), Vp7 (782.02 ± 58.85) and Vp2 (754.59 ± 19.36 ppm). Those with the lowest content (391.743 ± 22.64 ppm) were from collection Vp23 of *V. planifolia* "rayada" (Table 4). Vanillic acid was found to be the most abundant compound of the minor compounds (MC) which define the vanilla aroma. As mentioned above, the concentration of vanillic acid is affected by the environmental conditions of the Puebla-Veracruz Totonacapan region.

The accessions with the highest content were located in temperate climate zones where annual precipitation is high (2,251–3,250 mm), while those with low concentrations were located in the warm to hot zones with lower precipitation (1,352 mm).

A broad range of variation in the content of *p*-hydroxybenzaldehyde among the *V. planifolia* accessions was observed, oscillating between 219 and 795 ppm of cured vanilla (Table 4). The highest concentrations were found in collection Vp3 (795 ± 57.53 ppm), followed by accessions Vp19 (733 ± 37.76 ppm) and the lowest content was recorded in accessions Vp20 (265 ± 57.53 mg kg⁻¹) (Table 4).

Vanillin ranged from 10,407 to 18,657 ppm in the different accessions (Table 4). The highest concentrations were found in accessions Vp19 ($18,657 \pm 638.66$ ppm), followed by specimens from accessions Vp1 and Vp2 ($17,599 \pm 1685.47$ and 17264 ± 504.29 ppm) (Table 4).

The concentration of minor compounds (MC) in the extract was independent of the concentration of vanillin; that is, those specimens with high concentrations of MC did not necessarily have high concentrations of vanillin. For this reason and with the aim of analyzing the interactions among the four major aromatic compounds of *V. planifolia*, the ratio of MC to vanillin content in the extract was calculated as $\sum MC/vanillin$.

Tukey test identified a total of 16 groups of means with ratio values between 7 and 13%. The values close

Table 4 Mean contents of *p*-hydroxybenzoic acid in 25 accessions of *V. planifolia* from the Puebla-Veracruz Totonacapan region, Mexico

Acc.	Agroec zone	Hydroxybenzaldehyde		<i>p</i> -Hydrobenzoic acid		Vanillin		Vanillic acid		Ratio	
		Mean (ppm ^a)	S.D.	Mean (ppm ^a)	S.D.	Mean (ppm ^a)	S.D.	Mean (ppm ^a)	S.D.	$\sum MC/vai$ Mean (%)	
Vp-3	I	794.98 ^a	57.5	127.67 ^a	6.5	12684.4 ^{ghijkl}	924.6	703.76 ^{bcd}	57.0	13	a
Vp-5	I	542.70 ^{cde}	33.4	83.59 ^{cdef}	6.1	11798.3 ^{ijklm}	368.5	540.43 ^{ghijkl}	30.2	10	bc
Vp-14	II	413.42 ^{efghi}	90.5	111.88 ^{ab}	31.6	11610.5 ^{ijklm}	1185.8	564.77 ^{fg hijk}	71.9	10	bcd
Vp-18	III	483.36 ^{defgh}	45.6	96.15 ^{bcd}	11.7	11056.5 ^{klm}	1229.3	528.41 ^{ghijkl}	65.0	10	b
Vp-23	III	674.59 ^{abc}	49.8	111.40 ^{ab}	3.5	12998.6 ^{fg hijk}	636.0	556.47 ^{fg hijk}	35.2	10	b
Vp-8	I	514.26 ^{cdefg}	11.2	80.93 ^{cdefg}	3.9	13118.2 ^{fg hijk}	660.4	497.34 ^{ijklm}	24.2	9	defg
Vp-10	II	497.27 ^{cdefgh}	148.0	66.14 ^{efgh}	12.8	12327.4 ^{hijklm}	1370.6	464.10 ^{ijklmn}	50.1	9	defg
Vp-11	II	515.54 ^{cdefg}	112.6	76.71 ^{cdefg}	13.3	11472.1 ^{ijklm}	773.5	438.58 ^{lmn}	30.0	9	bcde
Vp-12	II	530.64 ^{cdef}	194.7	81.26 ^{cdefg}	20.1	14132.7 ^{efgh}	2134.8	557.76 ^{fg hijk}	78.8	9	cdef
Vp-24	III	600.10 ^{bcd}	48.3	89.57 ^{bcde}	4.7	14344.1 ^{efgh}	1154.9	579.73 ^{fg hi}	35.4	9	bcde
Vp-25	III	497.87 ^{cdefgh}	58.0	75.85 ^{cdefg}	11.1	10407.5 ^m	477.5	391.43 ⁿ	22.6	9	bcd
Vp-19	III	732.98 ^{ab}	37.8	85.69 ^{cdef}	9.6	18657.2 ^a	638.7	716.55 ^{bc}	34.8	8	defgh
Vp-7	I	497.72 ^{cdefgh}	61.7	99.67 ^{bc}	3.0	17004.3 ^{abc}	375.8	782.02 ^{ab}	58.9	8	defghi
Vp-15	II	344.05 ^{ghij}	18.3	84.62 ^{cdef}	5.3	16727.3 ^{abcd}	389.9	860.93 ^a	9.8	8	efghij
Vp-1	I	497.41 ^{cdefgh}	65.2	73.90 ^{defg}	7.6	17598.9 ^{ab}	1685.5	693.23 ^{bcde}	78.9	7	fg hij
Vp-2	I	325.01 ^{hij}	55.9	80.59 ^{cdefg}	7.0	17264.2 ^{ab}	504.3	754.58 ^b	19.4	7	hij
Vp-4	I	360.08 ^{efghij}	78.5	67.79 ^{efgh}	8.0	14722.6 ^{defg}	1015.0	627.73 ^{cdefg}	50.8	7	fg hij
Vp-6	I	377.55 ^{efghij}	21.0	68.48 ^{efgh}	3.3	10697.7 ^{lm}	1028.2	410.50 ^{mn}	10.9	7	defghij
Vp-9	II	423.63 ^{defghi}	163.3	58.22 ^{gh}	13.1	15624.6 ^{bcde}	439.6	565.66 ^{fg hij}	44.8	7	ij
Vp-13	II	347.78 ^{fg hij}	65.2	70.74 ^{efgh}	8.7	12522.4 ^{ghijklm}	1130.5	602.63 ^{cdefg}	55.7	8	defghi
Vp-16	II	373.20 ^{efghij}	55.0	58.28 ^{gh}	4.7	15028.0 ^{cdef}	559.6	595.96 ^{efghi}	28.1	7	ghij
Vp-17	III	346.32 ^{fg hij}	25.2	62.23 ^{fgh}	1.3	10961.5 ^{klm}	400.9	460.01 ^{klmn}	27.1	7	defghij
Vp-20	III	264.65 ^{ij}	19.7	62.35 ^{fgh}	2.4	12288.7 ^{hijklm}	323.7	512.24 ^{hijklm}	17.2	7	ghij
Vp-21	III	323.74 ^{hij}	32.0	70.17 ^{efgh}	3.9	13574.8 ^{efghij}	598.9	621.38 ^{cdefg}	24.4	7	efghij
Vp-22	III	218.56 ^j	22.4	47.78 ^h	2.2	13901.8 ^{efghi}	468.5	645.79 ^{cdef}	19.9	7	j

^a mg kg⁻¹ of cured vanilla, Different letters indicate statistical difference, Tukey ($\alpha = 0.05$), *S.D.* standard deviation, *Acc* accession

to “0” indicated low presence of minor compounds and predominance of vanillin in the total aroma, while values close to “10” describe larger presence of minor compounds and a smaller proportion of vanillin, qualitatively determining sweeter, more perfumed and floral notes in the essence of the extract. Although Tukey test distinguished more groups, in Table 4 it can see that there are five groups of the ratio $\sum MC/vanillin$ means (13, 10, 9, 8, 7%; Table 4).

Distribution of variation

Dispersion of the 25 accessions of *V. planifolia*, represented in the space determined by the first three

principal components, together explained 98% of the accumulated overall variation of the 10 variables studied (Table 5). The first principal component (PC1) explained 52% of the overall variation and was more associated with attributes related to the proportion of the minor compounds relative to the vanillin content of the extract, that is, by the type of aroma ($\sum MC/C4$), content of *p*-hydroxybenzoic acid (C1) and the proportion of *p*-hydroxybenzoic acid to vanillin content (C1/C4) (Table 5). The second PC2 explained 28% of the overall variation and was determined largely by the content of vanillic acid (C2) and vanillin (C4) (Table 5), while PC3 explained 18% of the total variation and was defined

Table 5 Eigenvalues, Eigenvectors and accumulated proportion of the variation explained by each variable in the first three dimensions of the characterization of 125 specimens of *V. planifolia*

Variable	Principal component (PC)		
	PC1	PC2	PC3
C1	0.410	0.107	0.032
C2	0.043	0.596	-0.044
C3	0.332	-0.004	0.478
C4	-0.102	0.525	0.311
\sum MC	0.298	0.359	0.314
\sum MC/C4	0.422	-0.145	0.012
(C1 + C2)/C4	0.319	0.159	-0.471
C1/C4	0.391	-0.208	-0.139
C2/C4	0.242	0.266	-0.516
C3/C4	0.360	-0.261	0.257
Eigenvalue	5.20	2.77	1.80
Proportion	0.52	0.28	0.18
Accumulated	0.52	0.80	0.98

Values in bold indicate the variables that most influence each principal component

mainly by the proportion of vanillic acid/vanillin (C2/C4), *p*-hydroxybenzaldehyde (C3), and the proportion of *p*-hydroxybenzoic acid and vanillic acid/vanillin content (C1 + C2/C4) (Table 5).

According to the spatial distribution of the first three principal components, four groups of data were distinguished in *Vanilla planifolia* (Fig. 1). The distribution of the germplasm based on PC1 placed the accessions with higher proportions of MC per vanillin content (\sum MC/C4) on the positive side of the axis (Groups I, II and III), while the germplasm with lower proportions were placed on the negative side (Group IV) (Fig. 1). PC2 concentrated the accessions with higher concentrations of vanillic acid (C2) and vanillin (C4) in the positive quadrant (Groups I, II and IV). According to PC3, the *V. planifolia* with higher concentrations of *p*-hydroxybenzaldehyde (C3) and lower proportions of vanillic acid/vanillin content (C2/C4) were located on the positive side of the axis (Groups II and III) (Fig. 1). In this way, the following groups of *Vanilla planifolia* germplasm from the Puebla-Veracruz Totonacapan were identified: **Group I.** Vp-3, **Group II.** Vp-19, **Group III.** Vp-5, Vp-6, Vp-18, Vp-14, Vp-23, Vp-8, Vp-12, Vp-10, Vp-24, Vp-11, Vp-25 y **Group IV.** Vp-1, Vp-2, Vp-4, Vp-9, Vp-16, Vp-17, Vp-20, Vp-13, Vp-21, Vp-22, Vp-7, Vp-15 (Fig. 1).

Variation grouping

With cluster analysis, a grouping pattern similar to that obtained with the principal components analysis can be observed. Particularly, groups I and II are maintained in both analysis, but more details were distinguished in groups III and IV. A Euclidian distance of 1.2 defined two groups of accessions by the degree of participation of minor compounds relative to the vanillin content (\sum MC/C4). The first (cl1) integrated specimens with larger participation of MC in the aroma (13%), corresponding to collection Vp3, and the second (cl2) grouped the rest of the accessions with greater participation of vanillin in the aroma 7–10% (Fig. 2). At a distance of 1.0, the group with greater participation of vanillin in the aroma (cl2) separated into two blocks: (cl3) accessions with higher total content of minor compounds (\sum MC) (1,290–1,535 ppm), which included accessions Vp-19, Vp-15 and Vp-7, and (cl4) accessions with content lower than 1290 ppm (Fig. 2).

Each of these blocks, in turn, subdivided into two groups at a distance of 0.9. Block cl3, with higher total MC concentration subdivided into two groups according to the content of vanillin: (cl5) high content (18,657 ppm) for collection Vp-19 and (cl6) medium high content (\approx 17,000 ppm) for accessions Vp-7 and Vp-15, while block cl4 subdivided into two groups according to the aroma (\sum MC/C4): (cl7) aroma with intense notes of vanillin (7–8%) and (cl8) aroma with subtle notes of vanillin (9–10%) (Fig. 2). Finally, at a distance of 0.8, subgroups were defined within cluster cl8 that grouped accessions with subtle vanillin aroma (cl8); differences in indirect aroma (\sum MC/C4) were appreciated. A group of specimens (cl10) was defined with high participation of minor compounds in the aroma (\approx 10%), which confer sweet chocolaty notes in the aroma of accessions Vp-5, Vp-14, Vp-18 and Vp-23. Accessions (cl11) with medium high participation of the minor compounds (\approx 9%) were detected with subtle cinnamon-like notes in the aroma (Vp-8, Vp-12, Vp-24, Vp-10, Vp-11 and Vp-25) (Fig. 2). Thus, the accessions were classified into six homogeneous groups in function of the distances inspection of the dendrogram, in which the cutting off point for the identification of groups was based, taking as a reference a distance of 0.8 units. (Fig. 2).

Fig. 1 Dispersion of 25 *Vanilla planifolia* accessions from the Puebla-Veracruz Totonacapan region based on the first three principal components of the analysis of 10 variables grouped by population means

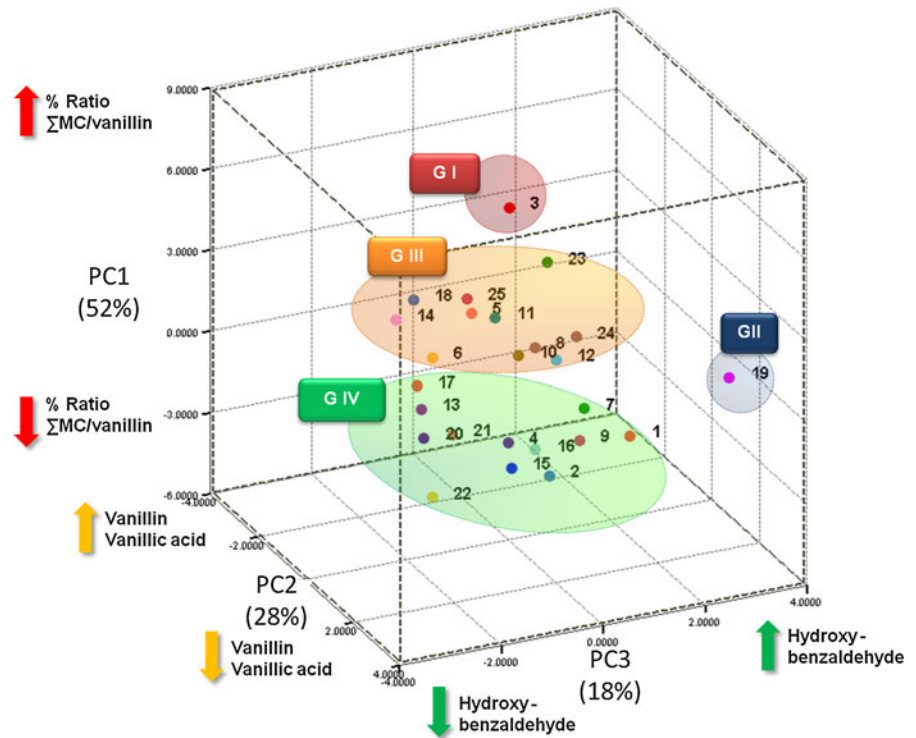
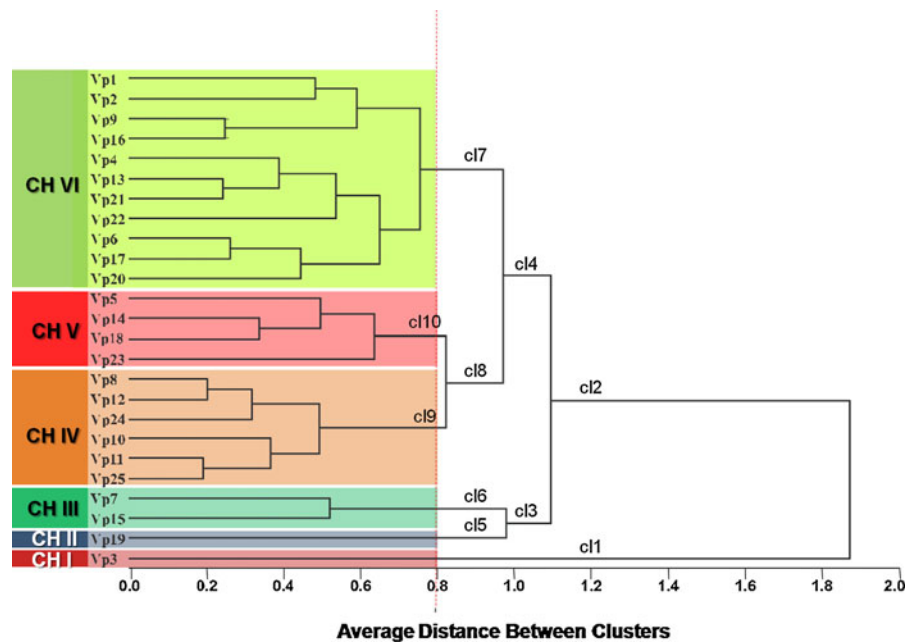


Fig. 2 Dendrogram of 25 accessions of *Vanilla planifolia* in the Puebla-Veracruz Totonacapan region, based on averages of 10 variables and grouping by similarity distances. Chemotypes CH I-CH VI



Chemotype I, (CH I: HA)

This type is represented by Vp-3 germplasm, characterized by having the highest concentration of

p-hydroxybenzoic acid (127 ppm), high concentrations of *p*-hydroxybenzaldehyde (794 ppm) and vanillic acid (703 ppm), as well as a low content of vanillin (12,684 ppm). It has the highest proportion of minor

Table 6 Principal aromatic characteristics of *V. planifolia* chemotypes in the Puebla-Veracruz Totonacapan Region. C1: *p*-hydroxybenzoic acid, C2: vanillic acid, C3: *p*-hydroxybenzaldehyde, C4: vanillin, $\sum MC/C4$: proportion of minor compounds relative to vanillin content

Chemotype	C1 (ppm)	C2	C3	C4	$\sum MC/C4$ (%)
<i>V. planifolia</i> CH I	127	794	703	12,684	13
<i>V. planifolia</i> CH II	86	716	733	18,657	8
<i>V. planifolia</i> CH III	85–100	782–861	344–498	16,727–17,004	8
<i>V. planifolia</i> CH IV	66–90	391–580	497–600	10,407–14,344	9
<i>V. planifolia</i> CH V	84–112	528–565	413–675	11,056–12,998	10
<i>V. planifolia</i> CH VI	58–81	411–755	219–497	10,698–17,599	7

compounds in the aroma of the extract relative to the content of vanillin (13%), giving it sweet, floral notes to the overall aroma (Table 6). It is distributed in zones with a mean annual rainfall of 1,751 and a hot humid climate type with mean annual temperatures above 22°C and above 18°C in the coldest month of the year.

Chemotype II, (CH II: VAI)

This chemotype corresponds to collection Vp-19. It is distinguished by having a medium content of *p*-hydroxybenzoic acid (86 ppm), high concentration of vanillic acid (716 ppm) and *p*-hydroxybenzaldehyde (733 ppm) and the highest content of vanillin (18,657 ppm). Vanillin predominates in its aroma and there is a medium participation of minor compounds (8%) (Table 6). It is distributed in the zone with hot humid climate, mean annual temperature above 22°C, temperature of the coldest month of 18°C, and mean annual rainfall of 1,351 mm.

Chemotype III, (CH III: VA)

This type comprises accessions Vp-15 and Vp-7. It is identified by a medium high content of *p*-hydroxybenzoic acid (85–100 ppm), high concentrations of vanillic acid (782–861 ppm), medium low contents of *p*-hydroxybenzaldehyde (344–498 ppm) and high content of vanillin (16,727–17,004 ppm). There is medium participation of the minor compounds (8%), slightly predominating notes of vanillin (Table 6). It is distributed in the zone with hot and warm humid climates with mean annual temperatures above 18°C and temperature of the coldest month below 18°C and mean annual precipitation between 1,351 and 1,751 mm.

Chemotype IV, (CH IV: H-VA⁻)

This group comprises the accessions Vp-8, Vp-12, Vp-10, Vp-24, Vp-11 and Vp-25. It is characterized by a medium–low content of *p*-hydroxybenzoic acid (66–90 ppm), low concentrations of vanillic acid (8,381–580 ppm), medium high concentrations of *p*-hydroxybenzaldehyde (497–600 ppm) and medium–low content of vanillin (10,407–14,344 ppm). In its aroma there is a medium–high participation of minor compounds ($\approx 9\%$) that gives subtle cinnamon-like notes (Table 6). It is distributed in the zone with hot humid climate with mean annual temperature above 22°C and temperature of the coldest month above 18°C. Mean annual precipitation is in the range of 1,000–2,751 mm.

Chemotype V, (CH V: H-VA)

This group is integrated by accessions Vp-5, Vp-18, Vp-14 and Vp-23. It is characterized by its medium–high content of *p*-hydroxybenzoic acid (84–112 ppm), similar proportions of vanillic acid (528–565 ppm) and *p*-hydroxybenzaldehyde (413–675 ppm) and medium–low content of vanillin (11,056–12,998 ppm). In its aroma the high participation of minor compounds ($\approx 10\%$) gives it sweet chocolaty notes (Table 6). It is distributed in the hot to warm humid climate zone with mean annual temperature of 18°C and the temperature of the coldest month is below 18°C. Mean annual precipitation is between 1,351 and 3,501 mm.

Chemotype VI, (CH VI: H⁻-HA⁻)

This group comprises accessions Vp-4, Vp-6, Vp-17, Vp-20, Vp-13, Vp-21, Vp-22, Vp-1, Vp-2, Vp-9 y

Vp-16. It is distinguished by its lower contents of *p*-hydroxybenzoic acid (411–755 ppm) and variable content of vanillin, low to high (10,698–17,599 pm). The minor compounds have a medium–low participation ($\approx 7\%$) in the aroma, predominating the intense vanillin notes (Table 6). It is distributed in hot humid climate zones with mean annual temperature above 18°C and temperature of the coldest month is below 18°C, but with a wide range of mean annual participation, 1,000–4,000 mm. This group seems to be the most affected by environment, since it has a wide variation in vanillic acid concentration, which is the compound that is most sensitive to environmental factors, and coincides with the broad margins of mean annual precipitation in the zone of distribution.

In the case of *V. planifolia* from the Totonacapan region, explanation of the distribution pattern of chemotypical variation observed in PCA and cluster, was not related to geographic or climatic factors since all the specimens were from cultivated material. For this reason, the socio-cultural context in which these plants develop, particularly the differences in how the aroma is appreciated, could provide more explanation of chemotypical variation within the region.

The results show that the vanillin content, which to a great extent defines the dynamics of commercial market quality, has not been the trait that has influenced the diversification of *V. planifolia* genetic resources in the Totonacapan region. Rather, the proportion of minor compounds relative to the content of vanillin ($\sum MC/C4$), that is, aroma, is

the trait that has received the greatest selection pressure by the Totonaca culture of Puebla and Veracruz, Mexico. A gradient in the participation of the minor compounds (MC) was found in the aroma of the vanilla germplasm from the Totonacapan region (Table 7). The species *V. pompona*, *V. insignis* and *V. planifolia* from Oaxaca, considered wild or little cultivated, had the highest proportions of minor compounds in the aroma (23, 16 and 13%, respectively). In the material cultivated in the Totonacapan region, it can be observed that the participation of minor compounds in the aroma declines from materials with “wild” characteristics, such as chemotype I (13% MC), to highly modified material, such as chemotype VI (7%) (Table 7). This suggests that through the human selection process based on aroma and clonal reproduction of the species, the Totonaca farmers of the Puebla-Veracruz Totonacapan region have preserved chemotypical variation in *V. planifolia* germplasm.

In the case of vanilla, like that of other species, aroma has been a determining aspect in its development as a phylogenetic resource. Especially at the local level, it has been observed that aroma, not only of vanilla but of other resources such as rice, mango, kava and some spices, has been a highly valued aspect used in selection by the cultures for thousands of years and has contributed to the generation of plant varieties and cultivars (Lebot and Levesque 1996; Fitzgerald et al. 2009; Sagar et al. 2009). Thus, identification of chemical typical variation in *V. planifolia* germplasm of the Totonacapan region,

Table 7 Main aromatic characteristics of *V. planifolia* chemotypes in the Puebla-Veracruz Totonacapan region and complementary accessions. C1: *p*-hydroxybenzoic acid,

C2: vanillic acid, C3: *p*-hydroxybenzaldehyde, C4: vanillin, $\sum MC/C4$: proportion of minor compounds relative to vanillin content

Chemotype	C1 (ppm)	C2	C3	C4	$\sum MC/C4$ (%)
<i>V. pompona</i>	63	83	104	1,115	23
<i>V. insignis</i>	48	43	84	866	16
<i>V. planifolia</i> (OAX) ^a	255	1315	873	19,118	13
<i>V. planifolia</i> CH I	127	794	703	12,684	13
<i>V. planifolia</i> CH V	84–112	528–565	413–675	11,056–12,998	10
<i>V. planifolia</i> CH IV	66–90	391–580	497–600	10,407–14,344	9
<i>V. planifolia</i> CH II	86	716	733	18,657	8
<i>V. planifolia</i> CH III	85–100	782–861	344–498	16,727–17,004	8
<i>V. planifolia</i> CH VI	58–81	411–755	219–497	10,698–17,599	7

^a Pérez-Silva et al. 2006

although it has meant important progress, is still a complex challenge for conservation in its center of origin and diversity. Under the international schemes of commercialization of vanilla, more importance is given to maximization and uniformity in vanillin contents. This can lead to depletion of materials with low vanillin content and the loss of variation and aromas in response to biotic and abiotic factors. Furthermore, clones cultivated both regionally and worldwide are highly vulnerable to extinction because of factors such as genetic erosion, phytosanitary problems, and destruction of habitat by human and climatic phenomena. The adequate use and conservation of chemotypical variation in *V. planifolia* requires in depth analyses of the human systems of valuation and selection that have configured variation in an aroma as complex and exquisite as that of *V. planifolia* in the Totonacapan region.

Conclusions

Chemotypical variation exists among the cultivated specimens of *V. planifolia*. They were grouped into six chemotypes, which indirectly suggests the existence of genetic polymorphism in the Totonacapan region. The study of chemotypical variation of *V. planifolia* in the Totonacapan region revealed a presumably process of selection-domestication by Totonaca groups. During which the concentration of the three minor compounds, *p*-hydroxybenzoic acid, vanillic acid and *p*-hydroxybenzaldehyde, decreased and the content of vanillin, which is the most abundant compound making up the aroma of *V. planifolia*, increased.

Acknowledgments This research was supported by Sistema Nacional de Recursos Fitogenéticos (SINAREFI; Clave: BEIVAI-10-5), Fundación PRODUCE Puebla (Addendum No.1-2009) and by Colegio de Postgraduados (Fideicomiso No. 167304).

References

- Baltazar Nieto P (2010) Caracteres morfológicos de vainilla (*Vanilla planifolia* J.) utilizados por el agricultor en la selección de material reproductivo en cuatro municipios del Totonacapan, México. Master's Thesis dissertation. Colegio de Postgraduados, Campus Puebla, Strategies for Regional Agricultural Development program. <http://www.biblio.colpos.mx:8080/jspui/handle/10521/72>
- Betazzi F, Palchetti I, Sisalli S, Mascini M (2006) A disposable electrochemical sensor for vanillin detection. *Anal Chimica Acta* 555:134–138
- Bory S, Grisoni M, Duval MF, Besse P (2007) Biodiversity and preservation of vanilla: present state of knowledge. *Genet Resour Crop Evol* 55(4):551–571
- Ecott T (2004) *Vanilla—Travels in search of the ice cream orchid*. Grove Press, New York, p 352
- Fitzgerald MA, McCouch SR, Hall RD (2009) Not just a grain of rice: the quest for quality. *Trends Plant Sci* 14(3):133–139
- Frankel OH, Brown AHD, Burdon JJ (1995) The genetic diversity of cultivated plants. In: *The Conservation of Plant Biodiversity*. Cambridge University Press, Cambridge, pp 39–78
- Gonzalez-Arnao MT, Lazaro-Vallejo CE, Engelmann F, Gamez-Pastrana R, Martinez-Ocampo YM, Pastelin-Solano MC, Diaz-Ramos C (2009) Multiplication and cryopreservation of vanilla (*Vanilla planifolia* 'Andrews'). *In Vitro Cell Dev Biol Plant* 45(5):574–582
- Gross M, Lewinsohn E, Tadmor Y, Bar E, Dudai N, Cohen Y, Friedman J (2009) The inheritance of volatile phenylpropenes in bitter fennel (*Foeniculum vulgare* Mill. var. *vulgare*, Apiaceae) chemotypes and their distribution within the plant. *Biochem Syst Ecol* 37:308–316
- Hágsater E, Soto-Arenas MÁ, Salazar-Chávez GA, Jiménez-Machorro R, López-Rosas MA, Dressler RL (2005) Las orquídeas de México. Instituto Chinoín México, D.F., p 304
- Klimes I, Lamparsky D (1976) Vanilla volatiles a comprehensive analysis. *Int Flavour Food Addit* 7:272–291
- Lebot V, Levesque J (1996) Genetic control of Kavalactones chemotypes in *Piper methysticum* cultivars. *Phytochemistry* 43:397–403
- Lubinsky P, Bory S, Hernández HJ, Seung-Chul K, Gómez-Pompa A (2008) Origins and dispersal of cultivated Vanilla (*Vanilla planifolia* Jacks. Orchidaceae). *Econ Bot* 62(2):127–138
- Medina-Holguín AL, Holguín OF, Micheletto S, Goehle S, Simon Julian A, O'Connell MA (2008) Chemotypic variation of essential oils in the medicinal plant, *Anemopsis californica*. *Phytochemistry* 69:919–927
- Pérez-Silva A, Odoux E, Brat P, Ribeyre F, Rodriguez-Jimenez G, Robles-Olvera V, García-Alvarado MA, y Günata Z (2006) GC-MS and GC olfactometry analysis of aroma compounds in a representative aroma extract from cured vanilla (*Vanilla planifolia*) beans. *Food Chem* 99: 728–735
- Ranadive A (1992) Vanillin and related flavour compounds in *Vanilla* extracts made from beans of various origins. *J Agric Food Chem* 40:1922–1924
- Ruiz C, Tunarosa F, Martínez J, Stashenko E (2007) Estudio comparativo por GC-MS de metabolitos secundarios volátiles de dos quimiotipos de *Lippia origanoides* HBK., obtenidos por diferentes técnicas de extracción. *Scientia et Technica* 3:325–328
- Sagar SP, Chidley HG, Kulkarni RS, Pujari KH, Giri AP, Gupta VS (2009) Cultivar relationships in mango based on fruit volatile profiles. *Food Chem* 114:363–372
- SAS (2002) SAS/STAT Users guide, version 9. SAS Institute Inc, North Carolina

- Sharma A, Verma SC, Saxena N, Chadda N, Singh NP, Sinha AK (2006) Microwave and ultrasound assisted extraction of vanillin and its quantification by high performance liquid chromatography in *Vanilla planifolia*. *J Sep Sci* 29:613–619
- Sinha AK, Sharma UK, Sharma N (2008) A comprehensive review on vanilla flavour: Extraction, isolation and quantification of vanillin and others constituents. *Int J Food Sci Nutr* 59(4):299–326
- Sneath PHA, Sokal RR (1973) Numerical taxonomy. the principles and practices of numerical classification. WH Freeman and Co, San Francisco, p 573
- Sostaric T, Boyce MC, Spickett EE (2000) Analysis of the volatile components in vanilla extracts and flavorings by solid-phase microextraction and gas chromatography. *J Agric Food Chem* 48:5802–5807
- Soto Arenas MA (2003) *Vanilla*. In: Pridgeon AM, Cribb PJ, Chase MW, Rasmussen FN (eds) *Genera Orchidacearum*, vol 3, Orchidoideae (Part 2) Vanilloideae. Oxford University Press, p 402
- Voisine R, Carmichael L, Chalier P, Cormier F, Morin A (1995) Determination of glucovanillin and vanillin in cured vanilla pods. *J Agric Food Chem* 43:2658–2661
- Wescott RJ, Cheetham PSJ, Arraclough AJB (1994) Use of organized viable vanilla plant aerial roots for the production of natural vanillin. *Phytochemistry* 35:135–138

CAPITULO 2**Valoración del germoplasma cultivado de *Vanilla planifolia* Jack. (Orchidaceae) entre los usuarios de la región Totonacapan****Resumen**

El diseño de una estrategia de conservación para el pool genético primario de vainilla (*Vanilla planifolia* G. Jack), requiere de un análisis profundo sobre los agentes decisores que influyen en el uso y conservación de vainilla, así como de entender cuáles son los criterios que componen sus formas de valoración, bajo el entendido de que el valor es distinto y cambia entre individuos y grupos sociales. Por esta razón se analizó el contexto de valoración que determina las decisiones de uso y/o conservación en el germoplasma de vainilla de la región Totonacapan, entre los distintos agentes decisores involucrados (stakeholders) a través del método AHP. Los resultados mostraron que existen agentes decisores (stakeholders) cuya valoración afecta el uso y conservación del germoplasma de vainilla. A nivel regional se constató que la valoración del germoplasma de vainilla está soportada en aspectos culturales-tradicionales y no estrictamente económicos. Se observó que de los seis quimiotipos de *V. planifolia* que se distribuyen en la región, tres de ellos se están conservando a través de su uso es decir bajo un modelo, los quimiotipos Q4 y Q6 de importancia comercial y Q5 genéticamente relevante. Mientras que los quimiotipos, Q1 (biológicamente importante), Q2 y Q3 (comercialmente significativos), presentan alto riesgo de desaparecer y representan al grupo que requieren mayor atención de una estrategia de conservación. De esta manera, los datos indican que el diseño de propuestas de conservación para vainilla, puede realizarse a partir de la identificación del usuario más adecuado para ejecutar el proyecto en base a su perfil de valoración del germoplasma.

Palabras clave: AHP, recursos genéticos, stakeholders, valoración



Abstract

The design of a conservation strategy for the primary gene pool of vanilla (*Vanilla planifolia* G. Jack), requires a deep analysis on the stakeholders or decision-makers that influence the use and conservation of vanilla, as well as understand what are the criteria make their valuation, with the understanding that the value is different and change between individuals and social groups. For this reason we examined the context of valuation that determines the decisions of use and / or preservation in the vanilla germplasm of Totonacapan region, among the various decision-makers involved (stakeholders) through the AHP method. The results showed that there are decision-makers (stakeholders) whose value affects the use and conservation of germplasm of vanilla. At the regional level it was found that the valuation of vanilla germplasm is supported in traditional and cultural aspects, not strictly economic. It was noted that the six chemotypes of *V. planifolia* distributed into the region, three of them are being conserved through their use, the chemotypes Q4 and Q6 and Q5 commercially important genetically relevant. While chemotypes Q1 (biologically important), Q2 and Q3 (commercially significant), are at high risk of extinction and represent the group that require further attention from a conservation strategy. Thus, the data indicate that the design of a conservation strategy for vanilla can be made from the identification of the most appropriate stakeholder to implement the project based on its assessment of the germplasm.

Keywords: AHP, genetic resources, stakeholders, valuation

3.1 Introducción

La valoración es un componente esencial para cualquier proceso racional de toma de decisiones relacionado con el uso y manejo de recursos genéticos. A través del ejercicio de valoración, el hombre asigna valor a ciertas características o atributos de las especies que utiliza, y las define como recursos mediante la intensidad de su uso (Parra, 1984). Es decir, desde que se asignan criterios utilitarios a una especie cuando



se descubre su uso, se difunde su aprovechamiento y se explota como recurso e incluso se sobreexplota, se ejercen preferencias, actitudes y valores que dirigen el comportamiento humano a nivel individual o colectivo. De esta manera, la valoración configura la dinámica de utilización de un recurso y en consecuencia influye en su estado de conservación.

La valoración de los recursos genéticos se ha analizado desde una perspectiva económica como un valor de cambio a través de diversas técnicas entre las que destaca la valoración contingente, que utilizan el precio como medida para expresar el valor de una especie o variedad (Jin et al, 2008; Poudel y Johnsen, 2009; Moore et al, 2011). Sin embargo, se reconoce que dicha forma de valoración, subvalora muchos atributos de un recurso, particularmente aquellos relacionados con los beneficios intrínsecos, preferenciales, emocionales y éticos que proporcionan a sus usuarios. Esos beneficios, representan aspectos altamente valorados por los grupos rurales desde tiempos remotos, que además han funcionado como criterios de selección humana, vinculados con la generación de variantes y cultivares en diversos recursos fitogenéticos como maíz, arroz, mango, kava, ornamentales, aromáticas y especias (Gregory et al., 1993; Lebot y Levesque, 1996; O'Neill and Spash, 2000; Fitzgerald et al, 2009).

Los recursos genéticos pueden tener distintos tipos de valor, tanto a nivel colectivo como individual (Azqueta, 2002), por esta razón, se ha planteado analizar el valor de del recurso genético vainilla a través de cuatro categorías (Blamey y Common, 1992; Keppler, 1998; Grimble y Laidlaw, 2002):

- 1.- Valor de uso. Se refiere a la utilización directa como bien físico, el cuál puede ser un bien de consumo actual o planeado del cual el usuario obtiene algún beneficio directo.
- 2.- Valor de existencia. Forma parte de los valores éticos e intrínsecos de no uso y se basan en el conocimiento de la existencia de las variedades locales en su ambiente natural específico, y es equiparable con los valores culturales y espirituales que se pueden heredar. En esta categoría se encuentran la mayoría de las variedades locales, raras o en peligro de extinción.
- 3.- Valor genético (o de opción). Se determina en función de los genes que la variedad posee y sus estimadores son las varianzas genéticas o la estructura genética de la variedad local y su distribución geográfica. En



otras palabras el valor genético es el potencial de una variedad local para satisfacer futuras demandas, condiciones de producción o programas de mejoramiento, y 4.- Valor de información o de cuasi-opción. Se refiere al valor que adquiere una variedad local a partir de la información documental disponible acerca de sus atributos y la descripción de los bienes y servicios que ésta ofrece. Así como de la difusión de la información entre las personas involucradas directa e indirectamente con la conservación de los recursos genéticos locales. De manera general, el valor de información constituye un legado documental para las próximas generaciones, un legado que les permita tomar previsiones y consideraciones para evitar o posponer la extinción de los recursos genéticos locales o nativos.

A través de dichas categorías, se reconoce que el proceso de valoración humana que determina el uso y conservación de un recurso genético es complejo, debido a que integra criterios de orden económico, moral, emocional, ecológico, cultural y religioso, entre otros, y por otra parte involucra la decisión de diversos interesados o tomadores de decisiones (Stakeholders) como productores, comercializadores, compradores, y autoridades.

Recientemente se ha planteado que los problemas de valoración relacionados con recursos naturales, entre ellos los genéticos, podrían afrontarse desde un enfoque más amplio y flexible, al margen de la economía neoclásica, con una aproximación a la teoría de la decisión multicriterio (Romero 1994). La cuál supone que en numerosos contextos de decisión, los agentes decisores, no optimizan sus decisiones en base a un solo criterio o valor (económico) sino que, por el contrario, buscan un acuerdo entre múltiples criterios que reflejen sus preferencias (Romero 1994).

Particularmente, en ejercicios de valoración ambiental, se han propuesto algunas herramientas de análisis, entre las que destacan las técnicas de decisión y valoración multicriterio (Martin et al. 2000; Ananda y Herath, 2002). Las cuales representan un conjunto de procedimientos utilizados en problemas de decisión complejos en los que intervienen diversos actores y criterios. Dichas técnicas pueden clasificarse conforme a numerosos criterios, sin embargo, de manera general responden a tres enfoques metodológicos: 1) la consideración simultánea de todos los criterios (generación de soluciones eficientes); 2) la utilización de funciones, valor o utilidad en las que se



agregan la contribución de los distintos criterios; y 3) el empleo de otras aproximaciones como pueden ser, la minimización de funciones, distancia a un punto de referencia (ideal o meta), y la búsqueda de soluciones satisfactorias (Moreno *et al.*, 2001).

Dentro este último grupo de enfoques de valoración multicriterio, destacan los métodos de tipo discreto, en los cuales se analizan problemas decisionales con un número finito de alternativas, normalmente no muy elevado, por parte de un centro decisor (Romero, 1993). A este grupo pertenece el método analítico jerárquico (Analytic Hierarchy Process o AHP) (Martin *et al.* 2000), el cual a sido utilizado como herramienta para el análisis de preferencias y valoración en problemas de decisión complejos, como es la valoración de recursos genéticos, donde convergen simultáneamente diversos criterios de valoración y agentes decisores.

En particular, se ha reconocido la utilidad del Proceso analítico jerárquico (AHP), en la planificación de políticas de manejo, uso y conservación de diversos recursos naturales y ambientales, que integran al factor humano en el diseño de las propuestas (Martin *et al.*, 2000; Ananda y Herath, 2002). Por todo lo anterior, el presente trabajo plantea realizar un análisis multicriterio del contexto de valoración que determina las decisiones de uso y/o conservación en el germoplasma de vainilla de la región Totonacapan, entre los distintos agentes decisores involucrados (stakeholders) a través del método AHP.

3.2 Materiales y métodos

El proceso de análisis de valoración del germoplasma de *V. planifolia*, se realizó mediante dos fases:

3.2.1 Identificación de agentes decisores relacionados con el uso y conservación del germoplasma de vainilla de la región Totonacapan a través de la metodología de *Stakeholder analysis*.

Grimble y Wellard (1997) definen a los stakeholders o agentes decisores, como cualquier individuo o grupo de personas organizadas o no, quienes comparten un interés común e influencia en la toma de decisiones sobre un tema o sistema en particular.



Para la identificación y selección de stakeholders se utilizó el método de muestreo por conveniencia, el cual consiste en seleccionar como unidades de análisis, aquellos elementos que ofrecen información relevante a los intereses de la investigación o sobre los indicadores que se exploran en los objetivos de la misma (Sánchez-Carrillo y Valtierra-Pacheco, 2003).

La selección de stakeholders o agentes decisores representa una de las tareas más complicadas de realizar, debido a que es común identificar un número muy amplio de afectados por una decisión o interesados en el problema. Sin embargo se señala que una proporción amplia de stakeholders hace inoperable la obtención de resultados (Harrison y Qureshi, 2000). Por lo que la mayor parte de los estudios de que aplican métodos de decisión multicriterio y particularmente AHP, utilizan tamaños de muestra pequeños, que van desde tres hasta 26 stakeholders (Keeney *et al.*, 1990; McDaniels y Roessler, 1998; Martin *et al.*, 2000; Ananda y Herath, 2002). De esta manera, el trabajo de valoración multicriterio requiere de la identificación de los actores clave en la toma de decisiones respecto a una problemática, y no de tamaños de muestra grandes, debido a que la adición de entrevistas no necesariamente mejora la precisión de los resultados de manera significativa, dado que el análisis de preferencia no es un procedimiento estadístico (Ananda y Herath, 2002).

El proceso de selección de stakeholders consideró tres fases (Grimble y Chan 1995):

Clarificación de los objetivos de análisis: Valoración del germoplasma

Se consideró como objetivo central, determinar el valor que distintos grupos de stakeholders asignan al germoplasma de vainilla de la región del Totonacapan, ya sea para uso o conservación.

Ubicación de temas en un contexto de sistema

Para identificar el sistema en el que se ubica el problema de valoración del germoplasma de vainilla de la región Totonacapan se consideraron dos aspectos:

1. Aspecto estructural (Ruppert y Shaffer, 1976). Se refiere a las estructuras sociales diferenciadas en una región. En este sentido se observó que en la región Totonacapan, el uso del germoplasma de vainilla está inmerso en una red de



relaciones agroindustriales que le definen como una cadena agroindustrial, integrada por productores, beneficiadores, comerciantes, industriales, artesanos, exportadores, autoridades federales y estatales entre otros. Donde cada uno de ellos, representa los eslabones que conforman la cadena agroalimentaria del denominado sistema-producto vainilla (Figura 1).

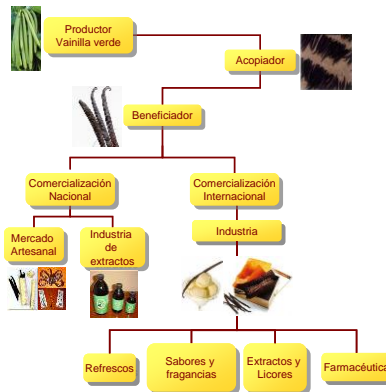


Figura 1 Cadena agroalimentaria de la vainilla. *Fuente: Modificado de INFOACERCA, 2002*

2. Aspecto Procesal (Ruppert y Shaffer, 1976). Se refiere a los procesos conceptuales que afectan a una estructura social. En este caso se consideró la integración del concepto de valor de los recursos genéticos a través de cuatro subcategorías reconocidas dentro del concepto de valor económico total (Azqueta, 2002; Figura 2), como un proceso que afecta a la estructura y dinámica del sistema-producto vainilla en la región Totonacapan.





Figura 2 Componentes del valor total del recurso genético vainilla. Fuente: Blamey y Common, 1992; Keppler, 1998; Grimble y Laidlaw, 2002

Identificación y diferenciación de agentes tomadores de decisiones relevantes a los objetivos y tema de análisis

A partir de información sobre el sistema producto vainilla en la región Totonacapan, se identificó al grupo de stakeholders: Productores, Beneficiadores, Acopiadores, Comercializadores, Académicos, Autoridades Estatales y Autoridades Federales.

Dicho grupo se priorizó mediante la representación gráfica del grado de influencia e interés de cada integrante en la relación diversidad-calidad del germoplasma de *V. planifolia* de la región Totonacapan (Figura 3).

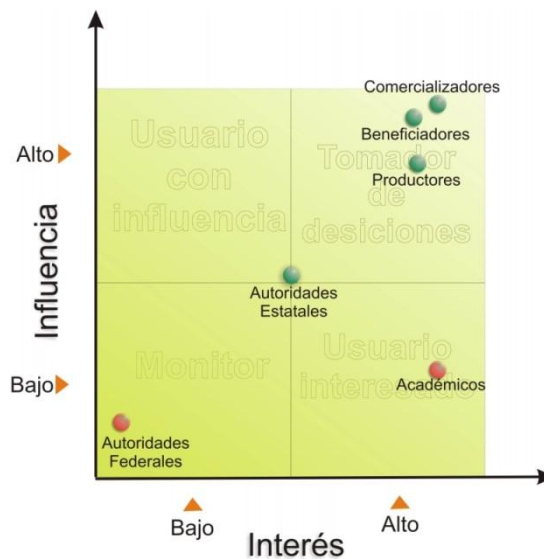


Figura 3 Grado de influencia/interés de los stakeholders identificados en la cadena agroindustrial de vainilla.



Posteriormente mediante reuniones de trabajo del sistema-producto vainilla, se validaron seis de los siete stakeholders pre-identificados, cuatro grupos primarios y dos secundarios de acuerdo a la relación interés-influencia (Tabla 1).

Tabla 1 Grupo de Stakeholders pre-identificados.

Stakeholders	Naturaleza de su interés	Interés	Influencia
Primarios			
Comercializadores	Incrementar ingresos	Alto	Alta
Beneficiadores	Incrementar ingresos	Alto	Alta
Productores	cultural/producción/ingresos	Alto	Media
Autoridades Estatales	Incrementar producción	Medio	Media
Secundarios			
Académicos	Conservación/ Incrementar producción	Alto	Bajo
Autoridades Federales	Política	Bajo	Baja

Se omitió la categoría correspondiente a “acopiadores” debido a que se observó, es una actividad que se incluye dentro del campo de acción de los “beneficiadores”. Se eliminó del análisis la categoría de “autoridades federales” debido a que resultó ser un actor pasivo, de bajo interés e influencia en los procesos relacionados con la valoración del germoplasma de vainilla. Se consideró al grupo de “académicos” en el análisis, debido a que a pesar de ser actores secundarios de baja influencia en las decisiones, presentan alto interés en la problemática. Finalmente se anexó como stakeholder al Consejo Nacional de Productores Vainilleros, como un actor adicional de alta influencia y alto interés en la problemática de estudio. De esta manera se consideraron un total de seis Stakeholders para el análisis por AHP.



3.3.2 Análisis sobre valor y alternativas de uso y conservación entre los stakeholders del germoplasma de vainilla cultivado en la región Totonacapan mediante el proceso AHP.

Para analizar el valor y las alternativas de uso y conservación del germoplasma de vainilla, se utilizó el método de decisión multicriterio discreto denominado como “Proceso Jerárquico Analítico” o Analytical Hierarchy Process (AHP por sus siglas en inglés). El método AHP, fue desarrollado por el matemático Thomas Saaty (1998), y consiste en formalizar la comprensión intuitiva de problemas complejos a través de la construcción de un Modelo Jerárquico.

El propósito del método es permitir que el investigador junto con los agentes decisores pueda estructurar un problema multicriterio en forma visual, mediante la construcción de una jerarquía que básicamente contiene tres niveles: meta u objetivo, criterios y alternativas. De esta manera, el AHP descompone una situación problemática no estructurada, en sus principales componentes y arregla esos componentes o variables en una jerarquía tan simple como sea posible (Avila, 2000; Cervantes, 2007). Posteriormente, los agentes decisores establecen prioridades entre criterios, subcriterios y alternativas, para que el investigador sintetiza juicios y selecciona la mejor alternativa, para lo cual cuenta con procedimientos y principios.

Con base en estudios de psicología, Saaty (1998) encontró que los sentimientos y experiencias personales son la razón principal sobre la que los individuos articulan sus decisiones, de manera que los juicios que emiten y su intensidad, pueden utilizarse para evaluar sentimientos íntimos e inclinaciones de preferencias. Saaty también observó que los individuos tienen dos habilidades de comunicación: a) Habilidad para observar cosas y comunicarlas. b) Habilidad para discriminar al establecer relaciones y su intensidad entre lo observado, para luego sintetizar esa relación en un entendimiento total.

Bajo dichas observaciones, se basan los tres principios del proceso AHP (Saaty & Kearns, 1985).

Principio de identificación y descomposición. Este principio consta de dos fases: a) Fase de identificación y definición del problema, objetivos y alternativas. La cual



requiere de una investigación empírica y documental para estudiar cuidadosamente el problema de decisión y definir lo que se busca conocer, que incluya todos los detalles relevantes tanto como sea posible e identifique los objetivos fundamentales y alternativas para alcanzar dichos objetivos (Ananda y Herath, 2003). b).- Fase de estructuración jerárquica del problema. Precisa de estructurar una jerarquía a partir del objetivo global, hacia los niveles intermedios o criterios básicos, de los cuales se pueden derivar subcriterios en cada uno de ellos, hasta llegar al nivel menor que usualmente son las alternativas o acciones finales que contribuirían positivamente o negativamente al objetivo global a través de su impacto sobre los criterios intermedios. La jerarquía gráficamente representa la interdependencia de los elementos en el problema, los factores relevantes se amplían en todo su contexto de relación de cada uno hacia otros y al sistema como un entero (Figura 4).

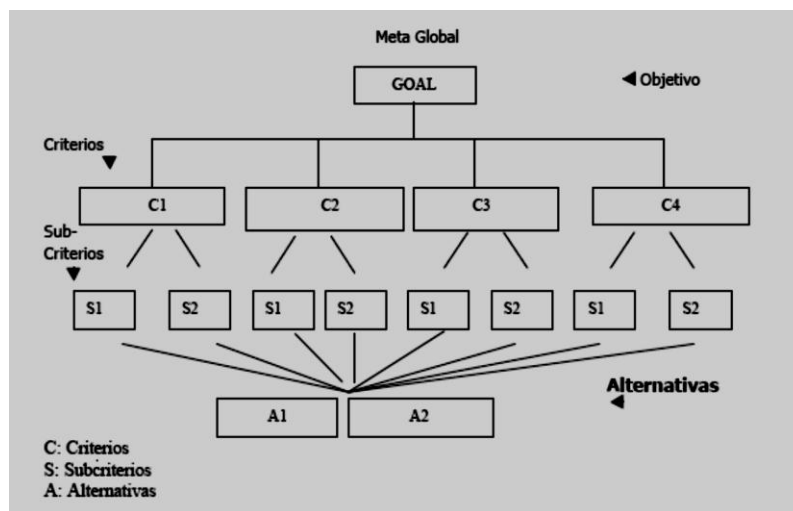


Figura 4 Modelo Jerárquico para la Toma de Decisiones con AHP

Principio de discriminación y juicios comparativos. Una vez definida la estructura jerárquica del problema (valoración), se establece una fuerte interacción con el agente decisor para que emita sus juicios de valor o preferencias en cada uno de los niveles jerárquicos establecidos (Reyna *et al.*, 1999). Esta tarea consiste en una comparación de los valores subjetivos por pares, de los diferentes criterios considerados y con esos juicios o preferencias se construye un conjunto de matrices por cada nivel. La comparación se aplica a una mesa o panel de expertos que en este caso corresponde a los grupos de stakeholders o agentes decisores previamente identificados.



En cada nivel se hacen las comparaciones por pares en relación a un elemento colocado en un nivel superior. De esta manera, la comparación por pares se da en términos de preferencia de un criterio sobre otro. Estos juicios o valoraciones son expresados en números enteros de la escala de Saaty (Tabla 2) que va de 1-9.

Tabla 2 Escala de Saaty

Intensidad	Definición	Explicación
1	Ambos elementos son de igual importancia.	Dos actividades que contribuyen igual al cumplimiento del objetivo
3	Importancia moderada de uno sobre otro.	Experiencia y juicio ligeramente favorable de una actividad sobre la otra.
5	Fuerte importancia de un elemento sobre otro.	Experiencia y juicio fuerte de una actividad sobre la otra.
7	Importancia muy fuerte y demostrada de un elemento sobre el otro.	Actividad favorecida muy fuerte y dominio demostrado.
9	Importancia extrema de un elemento sobre otro.	La evidencia favorable de una actividad sobre otra, es lo máximo posible.
2,4,6,8	Valores intermedios de la escala.	Usados como valores de consenso en juicios muy cerrados

El sistema de pesos y juicios obtenidos, se analizan en una matriz cuadrada de valoración mediante la técnica de valor propio (eigenvalor), en la cual, los parámetros se estiman a través de matrices recíprocas de comparaciones por pares, donde el vector propio (eigenvector) del lado derecho del eigenvalor mayor de la matriz A, constituye la estimación de la importancia relativa de los atributos, donde b_i representa la importancia o conveniencia del elemento de decisión i (Figura 5).



$$A = (a_{ij}) = \begin{pmatrix} 1 & b1/b2 & \dots & b1/bn \\ b2/b1 & 1 & \dots & b2/bn \\ \cdot & \cdot & \dots & \cdot \\ \cdot & \cdot & \dots & \cdot \\ bn/b1 & bn/b2 & \dots & 1 \end{pmatrix}$$

Figura 5 Matriz cuadrada de valoración AHP

Principio de síntesis. Una vez que se han hecho todas las comparaciones por pares e introducido los datos a la matriz, el enfoque AHP, requiere resolver las matrices o el conjunto de eigenvectores para cada matriz, mediante la media geométrica y posteriormente, normalizar el eigenvector a 1 para obtener el vector de prioridades ordenadas, es decir, el peso de los juicios (Ananda y Herath, 2003; Cervantes, 2007). El AHP genera una medida de la probabilidad de que la matriz fue llenada al azar, denominada Índice de Consistencia (CI), el cual se calcula mediante la desviación de λ_{max} (eigenvalores) de n comparada con valores promedio correspondientes para entradas aleatorias mediante la siguiente fórmula (Ananda y Herath, 2003):

$$CI = (\lambda_{max} - n) / (n - 1)$$

Saaty (1998) recomienda aceptar hasta un 10% de inconsistencia, de lo contrario es conveniente revisar los juicios altamente inconsistentes. Sin embargo en estudios más recientes sugieren la posibilidad de considerar pesos con un nivel más alto de inconsistencia (Aull-Hyde *et al.*, 2006). La estructuración de matrices, cálculo de prioridades e índices de inconsistencia, así como la síntesis de juicios; se realizó con ayuda del software Expert Choice V.11.



Aplicación del método AHP para valorar el germoplasma de vainilla cultivado en la región Totonacapan.

Se utilizó la jerarquía básica AHP conformada por: meta u objetivo general, seguido por un nivel de los criterios más importantes del objetivo, cada criterio se dividió en subcriterios y finalmente un nivel de alternativas (Ávila, 2000). Se utilizaron dos estructuras jerárquicas para entender la valoración del germoplasma de vainilla: a partir de un modelo de jerarquía “forward” (“hacia adelante”), el cual considera evaluar parámetros en tiempo presente que permitan diseñar escenarios deseables (Saaty y Kearns, 1985).

- I. Análisis de los criterios que integran la valoración de los stakeholders y su relación con el uso y conservación del germoplasma de vainilla.
- II. Análisis de los quimiotipos de vainilla preferidos por los stakeholders, para uso y conservación.

I. Jerarquía Sobre criterios de valoración del germoplasma:

Identificación y definición del problema, objetivos y alternativas. A fin de comprender la estructura de valoración que existe en torno al germoplasma de vainilla de la región Totonacapan, se estableció como objetivo principal, obtener un mayor conocimiento sobre como la valoración de los diferentes stakeholders involucrados, favorece la construcción de escenarios de uso, conservación ó una articulación uso-conservación del germoplasma de vainilla.

Fase de estructuración jerárquica del problema. El modelo de jerarquización del problema se estructuró en cinco niveles (Figura 6):

Nivel 1: Objetivo global. Comprender la estructura de valoración del germoplasma de vainilla de la Región Totonacapan.

Nivel 2: Criterios. Se utilizaron las formas de valor total de acuerdo a Blamey y Common (1992), Keppler (1998), Grimble y Laidlaw (2002):



- a) *Valor de uso*. Interés derivado de la utilización directa de un bien, del cual el usuario obtiene algún beneficio inmediato al explotarlo.
- b) *Valor de existencia*. Interés derivado del conocimiento sobre la existencia o permanencia de especies o variedades locales en su ambiente natural específico (especies en peligro de extinción). Así como los valores culturales y espirituales que se pueden heredar.
- c) *Valor genético (o de opción)*. Interés derivado de la existencia de variación genética y geográfica de una especie o variedad local. En otras palabras, es el potencial de una variedad local para satisfacer demandas presentes y/o futuras, condiciones de producción particulares o programas de mejoramiento genético.
- d) *Valor de información (o de cuasi-opción)*, acerca de los atributos de las variedades. Se refiere al valor que adquiere una especie o variedad local de la especie a partir de la información documental disponible acerca de sus atributos y la descripción de los bienes y servicios que ésta ofrece; así como del grado de difusión de la información entre los interesados.

Nivel 3: Subcriterios.

- a) Valor de uso:
 - Valor monetario: Es el valor asignado como objeto de cambio, es decir, que genera beneficios económicos por su venta.
 - Valor de autoconsumo: Es el valor asignado como objeto de autoconsumo, es decir que genera beneficios emocionales por su consumo.
- b) Valor de existencia:
 - Valor tradicional-cultural: Serie de valores heredados de generación en generación dentro de las unidades de producción de vainilla de la región Totonacapan que fomentan el cultivo de vainilla, independientemente de los beneficios económicos que éste representa.
 - Valor intrínseco: Valor asignado por ser especies amenazadas o en peligro de extinción.
- c) Valor genético (de opción):
 - Valor asignado a la variación genética que exista dentro de una especie o variedad local, la cual representa la opción o potencial para utilizar dicha



variación en la resolución de problemas de producción, sanidad o fitomejoramiento, entre otros.

d) Valor de información (cuasi-opción):

- *Información quimiotípica*: Información detallada sobre los tipos de vainilla que existen en la región Totonacapan y su respectiva calidad aromática
- *Información agroecológica*: Información sobre las zonas con mayor potencial para el cultivo de vainilla de alta calidad aromática en la región Totonacapan
- *Información agrobiológica*: Información detallada sobre el comportamiento de cada variedad o cultivar de vainilla en las distintas zonas climáticas de la región Totonacapan
- *Información Económica*: Información detallada sobre el posible precio de las vainillas de acuerdo al tipo de cultivar y calidad

Nivel 4: Alternativas.

a) *Uso*: Corresponde a una actitud estrictamente utilitaria, derivada del interés por el valor práctico de la vainilla. Consideró las siguientes propuestas:

1. Cultivar variedades de vainilla con alto contenido de vainillina y un solo tipo de aroma en sistemas altamente tecnificados en toda la región productora.
2. Identificar y estudiar solo las zonas donde se concentran las variedades de mayor calidad comercial.
3. Identificar y estudiar solo las variedades de vainilla con mayor valor y calidad comercial en la región.
4. Establecer el precio de acuerdo al contenido de vainillina.

b) *Conservación*: representa una actitud no consuntiva que favorece los valores de no uso y de legado (ético, herencia cultural). Consideró las siguientes propuestas:

- Cultivar variedades de vainilla de bajo contenido de vainillina con varios tipos de aromas.
- Establecer un sistema de protección para las variedades de vainilla de bajo valor comercial, los sistemas tradicionales de producción y el conocimiento tradicional.
- Designar zonas especializadas para el cultivo de variedades de vainilla de bajo valor comercial y especialmente aquellas en mayor peligro de extinción.



- Identificar y estudiar solo las zonas donde se concentran las variedades de baja calidad comercial.
- Identificar y estudiar solo las variedades de vainilla con bajo valor comercial.
- Establecer el precio de acuerdo a la rareza de la variedad

c) *Uso-Conservación*: integra elementos de uso y conservación bajo las siguientes propuestas:

- Cultivar simultáneamente, todas las variedades de vainilla de la región (tanto las de alto como bajo valor comercial),
- Establecer un sistema de protección para las variedades de vainilla de bajo valor comercial, los sistemas tradicionales de producción y el conocimiento tradicional.
- Identificar y estudiar todas las zonas donde existen vainillas dentro la región Totonacapan.
- Identificar y estudiar todas las variedades de vainilla de la región (tanto las de alto como bajo valor comercial).
- Establecer el precio de acuerdo a la calidad y rareza de cada variedad.



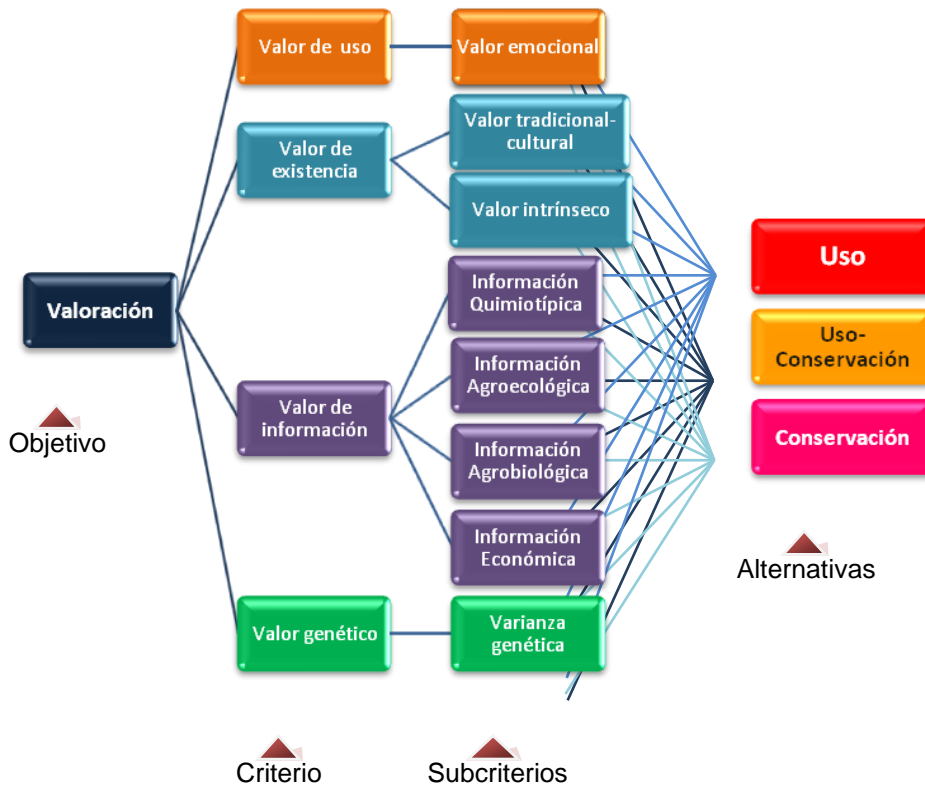


Figura 6 Estructura jerárquica del modelo AHP para la valoración del germoplasma de *V. planifolia* de la Región Totonacapan.

II. Jerarquía sobre valoración de los quimiotipos de vainilla:

Identificación del problema y objetivos. Se consideró como problema, identificar los quimiotipos de vainilla de la región Totonacapan más relevantes para uso, conservación y la combinación uso-conservación. Para lo cual se estableció como objetivo principal, analizar la valoración de los quimiotipos de vainilla de la Región Totonacapan.

Fase de estructuración jerárquica del problema. El modelo de jerarquización del problema se estructuró en cinco niveles (Figura 7):

Nivel 1: Objetivo Global. Analizar la valoración de los quimiotipos de vainilla de la Región Totonacapan.

Nivel 2: Criterios. Se consideraron como criterios de valoración dos aspectos:

- a. Importancia para uso
- b. Importancia para conservación



Nivel 3: Subcriterios. Identificación de sub-criterios. Para conocer a detalle la relevancia de los quimiotipos de vainilla para cada criterio, se realizó una subdivisión en subcriterios.

Los cuales se estructuraron de la siguiente manera:

- Uso:
 - 1. Importancia por características aromáticas
 - 2. Importancia por contenido de vainillina

- Conservación:
 - 1. Importancia para conservar, por su distribución geográfica.
 - 2. Importancia para conservar por su nivel de variación genética (variación alélica).

Nivel 4: Alternativas. Seis quimiotipos de vainilla de la Región Totonacapan.

Alternativas (Quimiotipos)	Importancia para USO		Importancia para conservación	
	Contenido de Vainillina	Aroma	Distribución	Variación Genética
Q1	MUY BAJO	Dulce, suave, perfumado, con notas florales	Alta	Baja
Q2	ALTO	suave a vainilla	Alta	Baja
Q3	ALTO	suave a vainilla	Alta	Baja
Q4	MEDIO	suave a vainilla	Baja	Baja
Q5	BAJO	con notas de canela	Baja	Baja
Q6	BAJO	suave a vainilla con notas de chocolate	Baja	Alta
Q6	MEDIO ALTO	Intenso a vainilla	Baja	Baja



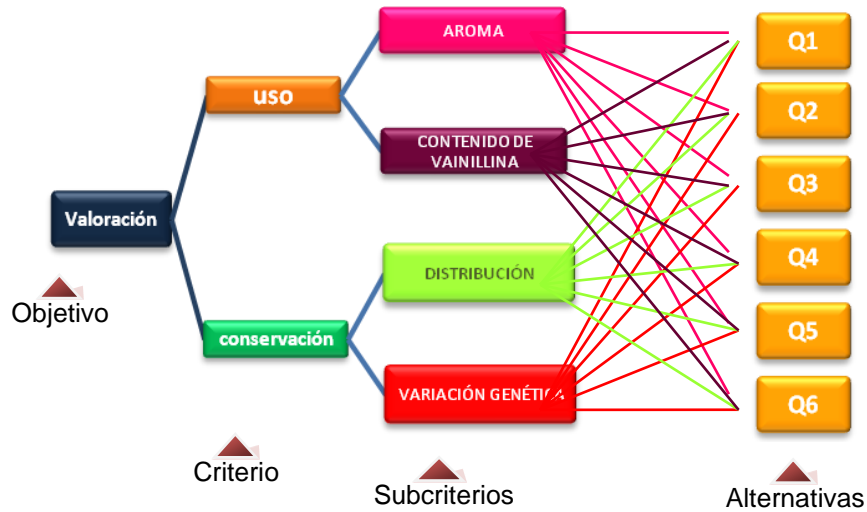


Figura 7 Modelo Jerárquico II. Valoración de quimiotipos de *V. planifolia* de la Región Totonacapan.

En las dos jerarquías utilizadas, el modelo está estructurado las relaciones entre elementos se obtuvieron mediante la comparación por pares de todos los niveles. El resultado de las comparaciones y asignación de valores realizada por cada stakeholder o agente decisor, se expresó en una matriz de juicios.

La aplicación del proceso AHP dio como resultado matrices cuadradas con los pesos que los stakeholders decisores asignaron a los criterios de valoración del recurso genético vainilla, una matriz por cada nivel de criterios y grupo decisor, así como una matriz resumen de los pesos de todos los decisores.

3.4 Resultados y discusión

3.4.1 La valoración del germoplasma de vainilla en la región Totonacapan

Respecto a las cuatro categorías de valoración consideradas, se observó que en el contexto regional, la mayor parte de los decisores consideran que el valor de existencia es el criterio con más peso (32.5%), por encima del valor de uso (27%), en la estructura de valoración del germoplasma de vainilla de la región Totonacapan (Figura 8). Es decir,



entre los stakeholders de la región Totonacapan, la importancia de la vainilla está soportada principalmente en aspectos culturales-tradicionales y no estrictamente económicos.



Figura 8 Valoración del germoplasma de vainilla en sus cuatro componentes a nivel regional

Entre grupos decisores se observó que el valor de existencia es más estimado entre los productores de vainilla (33%), particularmente en aquellos que representan al Consejo Nacional de Productores Vainilleros (CONAVAI), en quienes el valor de la vainilla como especie culturalmente importante, originaria de la región y en peligro de extinción, representa más del 50% de su ejercicio de valoración (Figura 9).

El valor de uso resultó similar entre la mayor parte de los stakeholders, entre 18 y 27% del valor total, solo el grupo correspondiente a autoridades estatales, concretamente a la Secretaría de Desarrollo Rural de Puebla (SDR-PUE) manifestó que dicha forma de valor ocupa alrededor del 45% de su interés en el germoplasma de vainilla, es decir su interés radica principalmente en los beneficios económicos y sensoriales que genera como cultivo (Figura 9).



El valor genético de *V. planifolia*, relacionado con el potencial del germoplasma local para satisfacer demandas presentes y/o futuras, condiciones de producción particulares o programas de mejoramiento genético, resultó muy poco valorado por los productores (≈9%) y por la SDR-PUE (16%), en contraste con los grupos de beneficiadores, académicos y comercializadores, quienes asignaron mayor importancia a dicho criterio (26-28%) (Figura 9).

El Valor de información, es decir el valor que puede adquirir el germoplasma de vainilla a partir de la investigación que se realiza y el conocimiento que se genera en torno a sus atributos y nuevos potenciales, resultó ser un aspecto de alto interés entre los productores (30%) y en menor medida entre beneficiadores, comercializadores y académicos (26, 28 y 24%). Solo en el caso de CONAVAI y SDR-PUE se observó una baja apreciación por el valor de información (14 y 8%).

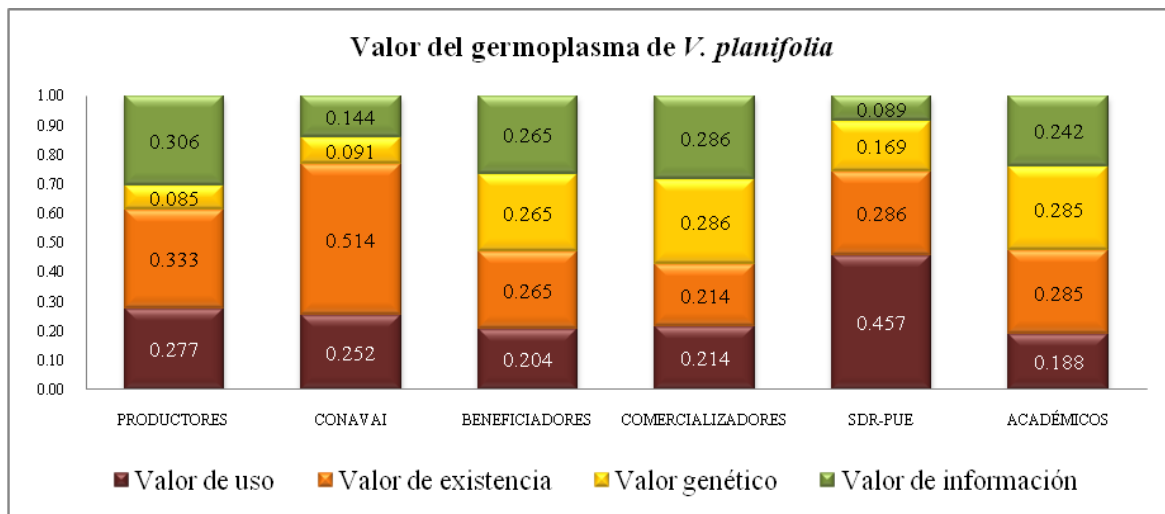


Figura 9 Valoración de criterios por grupo decisor

Subcriterios de Valoración

En relación al peso de los subcriterios que conforman a cada tipo de valor, se observaron los siguientes resultados:



A nivel regional, el germoplasma de vainilla es valuado de forma similar en los dos indicadores que integran el valor de uso: valor monetario (52%) y sensorial (48%) (Figura 10). En la mayoría de los stakeholders, se registraron valoraciones equilibradas entre valor monetario y sensorial, solo en los casos de la SDR-PUE y el grupo de académicos, quienes son agentes externos a la región Totonacapan, la valoración de aspectos sensoriales fue ligeramente mayor que el valor monetario (Figura 10).

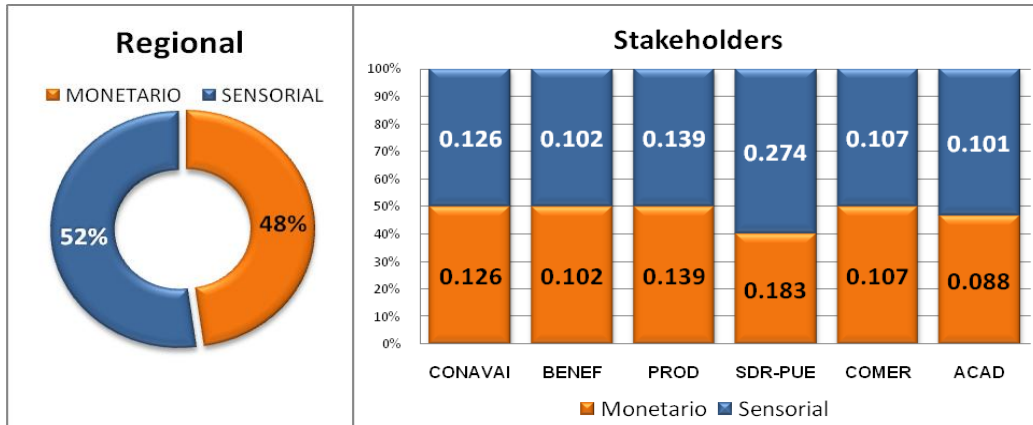


Figura 10 Valor de uso del germoplasma de vainilla en la Región Totonacapan

El valor de existencia resultó ser el criterio más valorado para el germoplasma de vainilla de la región Totonacapan (32% del valor global). A nivel regional está representado en proporciones semejantes por el valor tradicional-cultural de la vainilla como elemento de la cultura Totonaca, y el valor intrínseco que poseen las especies en riesgo de desaparecer, sin embargo resultó ligeramente mayor la valoración de aspectos culturales relacionados con los valores tradicionales Totonacos heredados de generación en generación dentro de las unidades de producción de vainilla de la región Totonacapan (54%) (Figura 11). En la mayor parte de los stakeholders la valoración fue equilibrada para los criterios intrínsecos y culturales, solo la SDR-PUE y el grupo de productores, asignaron mayor importancia (≈60%) a los aspectos culturales del valor de existencia (Figura 11).



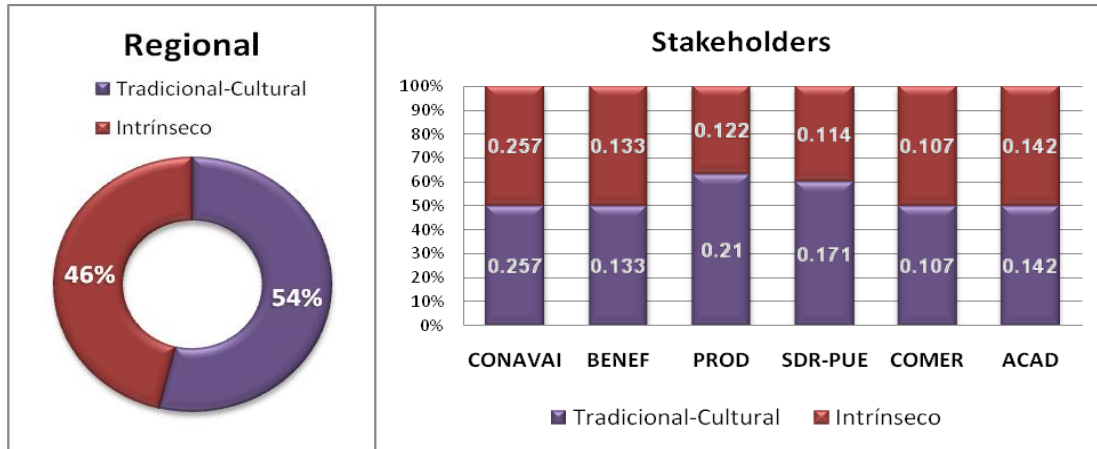


Figura 11 Valor de existencia del germoplasma de vainilla en la Región Totonacapan

El valor genético o de opción, explica el valor asignado a la variación genética que existe dentro de una especie o variedad local. Dicho criterio de valor, representa la opción o potencial para utilizar la variación en la resolución de problemas de producción, sanidad o fitomejoramiento, entre otros. Se observó que es uno de los criterios menos valorados por los stakeholders a nivel regional (22% del valor global), pero mayor valorado por los últimos eslabones de la cadena agroindustrial de vainilla y por el grupo de académicos, para quienes es importante encontrar variantes de vainilla (Figura 12).

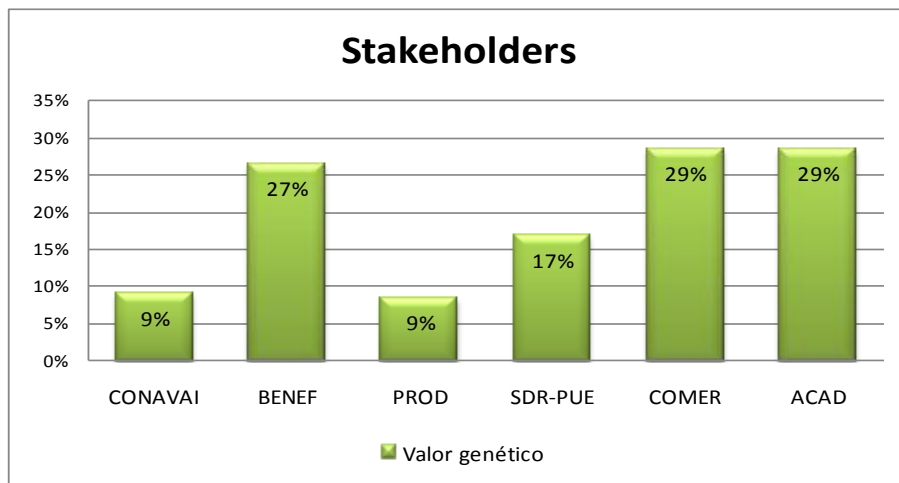


Figura 12 Valor genético del germoplasma de vainilla entre los stakeholders de la Región Totonacapan.

En relación al valor de información o cuasi-opción, el cual resultó ser el criterio menos valorado para el germoplasma de vainilla, se evaluaron cuatro categorías de



información relevante en la toma de decisiones futura sobre uso y conservación: información quimiotípica, agroecológica, agrobiológica y económica.

De las cuales, a nivel regional se observó mayor preferencia por información quimiotípica (33%), referente al conocimiento a detalle de los tipos de vainilla que existen en la región Totonacapan y su respectiva calidad aromática (Figura 13). Con menor importancia (27%) se valoró la información agroecológica, es decir, la información sobre las zonas geográficas con mayor potencial para el cultivo de vainilla de alta calidad aromática dentro de la región Totonacapan.

Finalmente y con la misma intensidad de importancia (20%), se evaluó la información agrobiológica que explica la información sobre el rendimiento de cada variedad o cultivar de vainilla, en las distintas zonas climáticas de la región Totonacapan y la información económica, sobre el posible precio de las vainillas de acuerdo al tipo del cultivar y calidad (Figura 13).

Entre Stakeholders se observó mayor similitud en las valoraciones de los grupos de beneficiadores, comercializadores y académicos, quienes valoran de manera equilibrada los cuatro aspectos del valor de información (Figura 13). En contraste, el resto de los Stakeholders presentó mayor afinidad por algún aspecto en particular.

CONAVAI priorizó como más importante la información agrobiológica (47%) y agroecológica (30%), relacionada con el estudio del comportamiento productivo de cada variedad de vainilla en las distintas zonas de cultivo, así como la identificación de las zonas con mayor potencial de producción de vainilla de alta calidad.

Por su parte, el grupo de productores concentro su interés en las temáticas, económica (39%) y quimiotípica (36%), relacionadas con la información sobre el posible precio que pudieran tener en el mercado los distintos tipos de vainilla que existen en la región Totonacapan de acuerdo a su calidad aromática y rareza (distribución y abundancia en la región).



Mientras que la SDR-PUE considera que los aspectos más importantes corresponden a la información quimiotípica (49%) y agroecológica (31%), es decir a la información sobre, la calidad aromática de los tipos de vainilla que hay en la región, y las zonas con mayor potencial para la producción de vainilla de alta calidad.

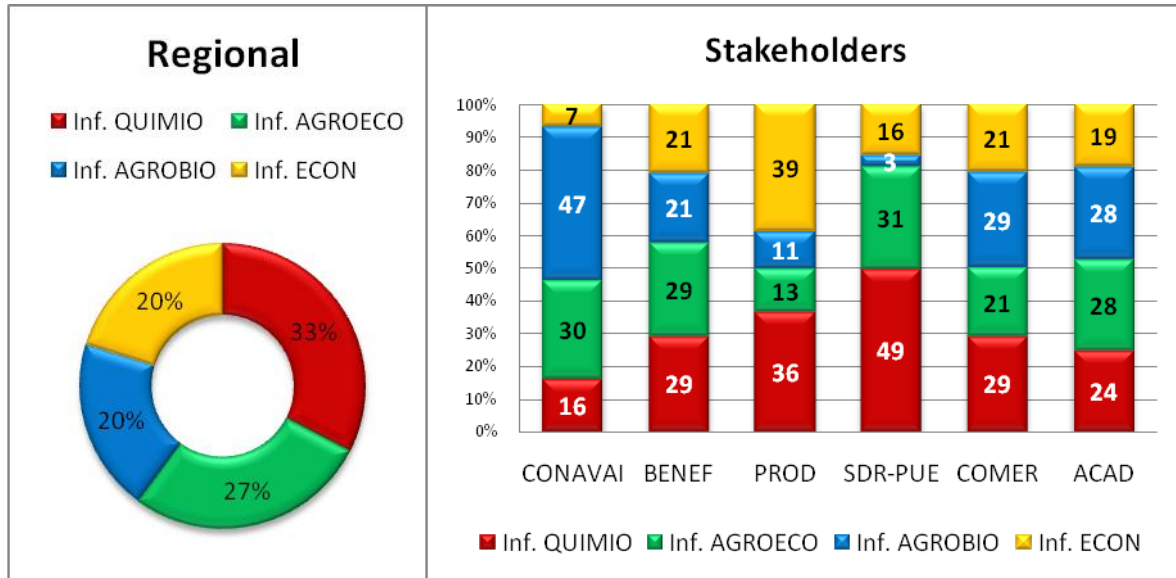


Figura 13 Valor de información del germoplasma de vainilla entre los stakeholders de la Región Totonacapan.

Valoración de alternativas

A partir de las valoraciones emitidas para los criterios y subcriterios previamente analizados, se evaluaron tres alternativas de acción para el uso y conservación del germoplasma de vainilla en la Región Totonacapan:

1. USO: Corresponde a una actitud estrictamente utilitaria, derivada del interés por el valor práctico de la vainilla. Consideró las siguientes propuestas:
 - Cultivar variedades de vainilla con alto contenido de vainillina y un solo tipo de aroma en sistemas altamente tecnificados en toda la región productora.
 - Identificar y estudiar solo las zonas donde se concentran las variedades de mayor calidad comercial.
 - Identificar y estudiar solo las variedades de vainilla con mayor valor y calidad comercial en la región.



- Establecer el precio de acuerdo al contenido de vainillina.
2. CONSERVACIÓN: representa una actitud no consuntiva que favorece los valores de no uso y de legado (ético, herencia cultural). Consideró las siguientes propuestas:
- Cultivar variedades de vainilla de bajo contenido de vainillina con varios tipos de aromas.
 - Establecer un sistema de protección para las variedades de vainilla de bajo valor comercial, los sistemas tradicionales de producción y el conocimiento tradicional.
 - Designar zonas especializadas para el cultivo de variedades de vainilla de bajo valor comercial y especialmente aquellas en mayor peligro de extinción.
 - Identificar y estudiar solo las zonas donde se concentran las variedades de baja calidad comercial.
 - Identificar y estudiar solo las variedades de vainilla con bajo valor comercial.
 - Establecer el precio de acuerdo a la rareza de la variedad.
3. USO-CONSERVACIÓN: integra elementos de uso y conservación bajo las siguientes propuestas:
- Cultivar simultáneamente, todas las variedades de vainilla de la región (tanto las de alto como bajo valor comercial).
 - Establecer un sistema de protección para las variedades de vainilla de bajo valor comercial, los sistemas tradicionales de producción y el conocimiento tradicional.
 - Identificar y estudiar todas las zonas donde existen vainillas dentro la región Totonacapan.
 - Identificar y estudiar todas las variedades de vainilla de la región (tanto las de alto como bajo valor comercial).
 - Establecer el precio de acuerdo a la calidad y rareza de cada variedad.

A nivel regional se observó acuerdo en la preferencia por la combinación de acciones de uso y conservación como la mejor alternativa (39% de importancia), es decir a nivel regional se reconoce que la vía para conservar el germoplasma de vainilla es a través



de su uso. Particularmente dos de los cuatro criterios de valor: uso e información, contribuyeron en mayor proporción en la elección de dicha alternativa, la cual plantea como prioridad cultivar simultáneamente todas las variedades de vainilla de la región (tanto las de alto como bajo valor comercial y todos los aromas posibles) (Figura 14).

En segundo lugar (33%) se consideró la alternativa relacionada con uso del germoplasma, bajo la cual se plantea cultivar y mantener solo las variedades de vainilla con alto contenido de vainillina y mayor valor comercial en toda la región productora. Se observó que los valores de uso e información influyen en mayor proporción a dicha alternativa (Figura 14). Mientras que la alternativa de Conservación, la cual busca cultivar y proteger solo las variedades de vainilla con bajo valor comercial asociadas a sistemas tradicionales de producción, se ubicó en último lugar (28% de importancia) y recibió mayor influencia de los valores de existencia y genético (Figura 14).

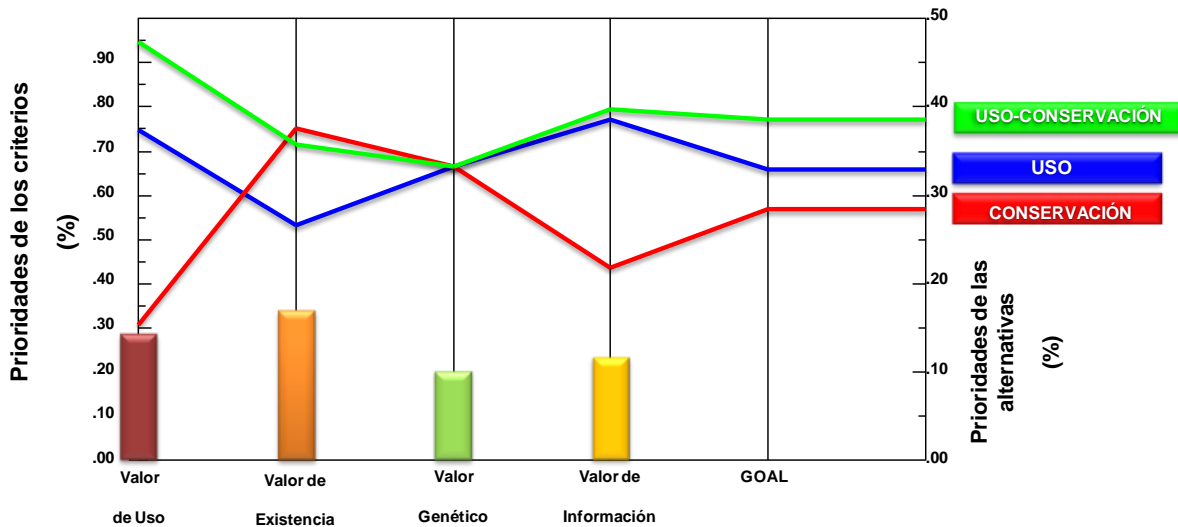


Figura 14 Comportamiento de las alternativas en los cuatro criterios que integran la valoración del germoplasma de la Región Totonacapan.

Entre la mayoría de stakeholders la valoración de las alternativas resultó similar, solo se observaron contrastes entre, las preferencias del CONAVAI quienes asignan alta importancia a la alternativa de uso y conservación (60%) y baja a la de uso (17%), y los juicios emitidos por la SDR-PUE quienes consideran con mayor importancia la



alternativa de uso (37%) y en segundo término (33%) la opción de uso y conservación (Figura 13).

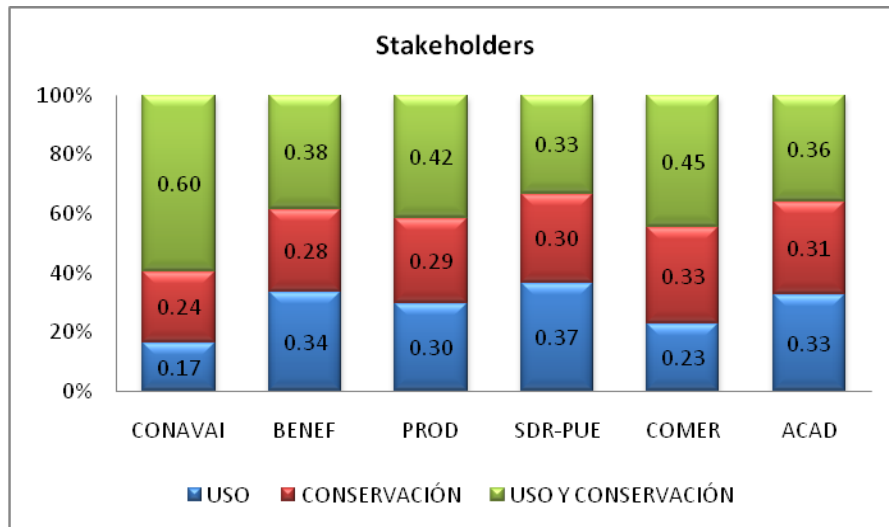


Figura 13. Comportamiento de las alternativas en los cuatro criterios que integran la valoración del germoplasma de la Región Totonacapan.

De manera general, se observó que entre los stakeholders de la Región Totonacapan, existen puntos de coincidencia en los criterios de valoración y alternativas que se juzgan como importantes para la conservación del germoplasma de vainilla, lo cual representa ventajas comparativas importantes en el diseño e instrumentación de una estrategia de uso y conservación a nivel regional.

Sin embargo, a nivel de stakeholders, se observaron algunas diferencias que deben ser consideradas con el fin de evitar puntos de conflicto entre las prioridades de cada agente decisor o bien para diseñar políticas regionales que integren las necesidades y perspectivas de cada eslabón del sistema-producto vainilla.

Análisis de conglomerados de los stakeholders relacionados con uso y conservación de vainilla

Las valoraciones de los distintos criterios, subcriterios y alternativas de cada uno de los stakeholders se analizaron de forma multivariada mediante agrupamiento por



conglomerados (PROC CLUSTER), con el fin de conocer la similitud que existe entre los juicios de cada uno de los stakeholders.

A una distancia euclidiana de 1.2 se definieron dos grupos de stakeholders de acuerdo con la valoración de existencia del germoplasma. El primero (cl1), correspondiente al CONAVAI, realizó las estimaciones más altas para el valor de existencia (0.514) y el segundo (cl2) integró a los stakeholders con menor valoración de existencia (0.214-0.333) y mayor de otros criterios (Figura 14).

A continuación, a una distancia de 1.1, el cl2 se separó en dos bloques: (cl3) stakeholders con valoraciones de uso bajas (0.188-0.277) y altas para el valor de información (0.242-0.306) correspondiente a los grupos de beneficiadores, académicos, comercializadores y productores. Y (cl4) un grupo con alta valoración de uso (0.457) y baja valoración de información (0.089) integrado por SDR-Pue (Figura 14).

A su vez, a una distancia de 0.7, el bloque cl3 se subdividió de acuerdo al valor genético, de existencia e información en dos grupos: (cl5) grupo con baja valoración genética (0.085), alta valoración de existencia (0.333) y la más alta para valor de información (0.306), el cual correspondió al grupo de productores (Figura 13). Y (cl6) un grupo con elevada valoración genética (0.265-0.286) baja valoración de existencia (<0.285), y media para valor de información (0.242-0.286), el cual reunió a beneficiadores, académicos y comercializadores. Particularmente se observó dentro de dicho grupo, que la valoración de criterios fue muy similar entre los grupos de beneficiadores y académicos (Figura 14).

De esta manera, a una distancia euclidiana de 0.7 en el dendograma de la figura 13 se identificaron un total de cuatro grupos o perfiles de valoración entre los stakeholders de vainilla.



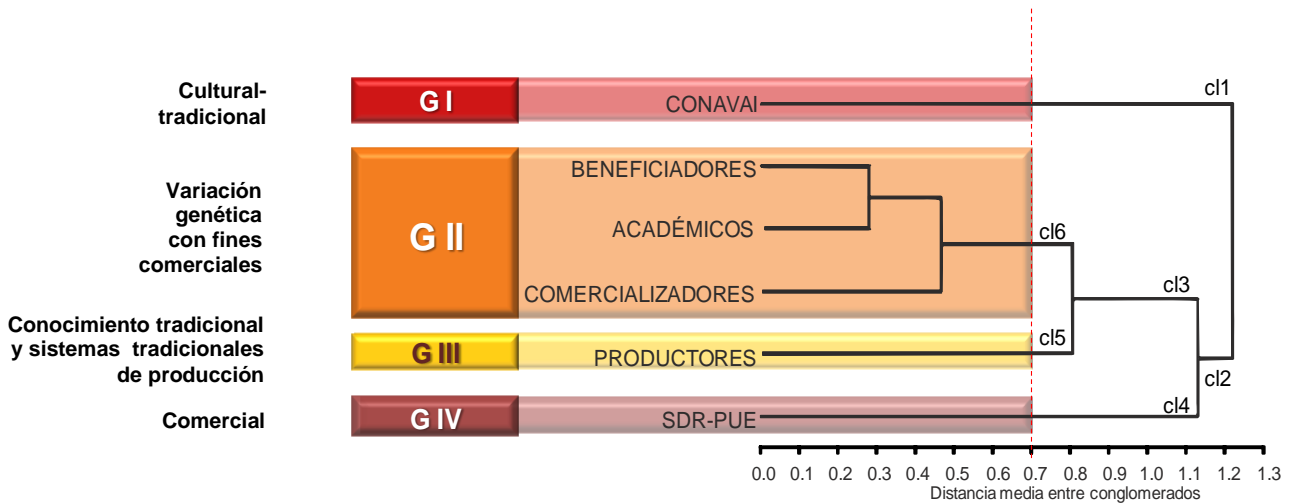


Figura 14 Dendrograma del perfil de valoración de los Stakeholders relacionados con el uso y conservación de *Vanilla planifolia* en la región Totonacapan Puebla-Veracruz, con base en el promedio de 15 variables y agrupamiento por distancias de similitud.

Grupo I. (*uso y conservación-cultural*). Está representado por el Consejo Nacional de Productores Vainilleros. Se caracteriza por presentar la valoración más alta de existencia (0.514), es decir su principal estímulo para usar y conservar el germoplasma de vainilla está basado en su valor como elemento de la cultura y tradición Totonaca de la región. Considera importante el valor de uso (0.252), y poco importante la variación genética (0.091) y el valor de información del germoplasma (0.144). Dentro de los temas del valor de información que más le interesan, está el valor del germoplasma (agrobiológico) en función del potencial productivo de cada variedad de vainilla en las distintas zonas de cultivo que integran la región Totonacapan (0.067). Considera que la mejor alternativa para conservar el germoplasma de vainilla (uso y conservación) es a través del cultivo de todas las variedades de vainilla de la región, tanto las de alto, como bajo valor comercial, los sistemas tradicionales de producción y el conocimiento tradicional (0.596).

Grupo II. (*uso y conservación-equilibrado*). Está representado por los grupos de beneficiadores, académicos, y comercializadores. Se caracteriza por presentar valoraciones equilibradas entre los cuatro criterios de valor; uso, existencia, genético e información, sin embargo es ligeramente mayor su asignación de importancia (0.242-0.285) para aspectos relacionados con el valor genético y de información del



germoplasma. Los temas del valor de información que le interesan, abarcan los cuatro ejes analizados en proporciones similares: quimiotípico, agrobiológico, agroecológico y económico. Dicho grupo corresponde al último eslabón del sistema-producto vainilla, para el cuál es importante conservar y estudiar la variación en vainilla, por su potencial para la diversificación de la oferta y segmentación de la producción de vainilla en el mercado. Considera que la mejor alternativa para el germoplasma de vainilla es el uso y conservación (0.361-0.445) de todas las variedades de vainilla de la región, tanto las de alto como bajo valor comercial, sin embargo asignan alta importancia a cultivar solo los materiales más sobresalientes (uso: 0.228-0.336).

Grupo III. (*uso y conservación-información*). Está representado por los productores de la región. Se caracteriza por presentar altas valoraciones para los criterios de existencia (0.333) y de información (0.306). Es decir, para dicho grupo el cultivo de vainilla está estrechamente relacionado con la práctica de la cultura y tradición Totonaca, y con la expectativa que existe en torno al incremento del valor económico (precio) de la vainilla, en función de los resultados de la investigación científica sobre variedades, productividad, rendimiento y futuros usos. En este sentido, los temas del valor de información que más interés captan, corresponden a la variación quimiotípica que existe en la región (0.111) y su posible precio en el mercado (0.119). Considera que la mejor alternativa para el germoplasma de vainilla es el uso y conservación de todas las variedades de vainilla de la región, tanto las de alto como bajo valor comercial, los sistemas tradicionales de producción y el conocimiento tradicional (0.415).

Grupo IV. (*uso*). Está representado por la SDR-PUE. Se caracteriza por presentar alta valoración de uso (0.457) y muy baja valoración de información (0.089). Para dicho grupo, la importancia del germoplasma de vainilla está en su utilidad como bien de consumo a corto plazo, por lo que no considera importante el valor de información es decir el valor que pudiera adquirir el germoplasma en el futuro como producto de la investigación científica. En este sentido, la temática de información que más interés le genera, corresponde a información sobre la variación quimiotípica que existe en la región. Particularmente para la identificación de los materiales más sobresalientes



(0.111). Considera que la mejor alternativa para el germoplasma de vainilla es el uso (0.366), es decir, cultivar solo las variedades de vainilla con mayor valor y calidad comercial en toda la región productora del Totonacapan.

3.4.2 Valoración de los quimiotipos de *V. planifolia* de la Región Totonacapan

Dentro de las alternativas de uso y conservación, se realizó un análisis para identificar los quimiotipos más adecuados para cada propuesta de acción en la región. Se analizaron seis quimiotipos identificados en la región Totonacapan Puebla-Veracruz, en base a características de uso determinadas por calidad aromática y contenido de vainillina, y de conservación, definidas por su rango de distribución y variación genética.

Valoración de criterios

Respecto al análisis sobre el potencial de los seis quimiotipos para uso, se valoraron dos aspectos: aroma, y contenido de vainillina. Se observó que a nivel regional, los quimiotipos más adecuados para uso son: Q2, Q3 y Q6. Mientras que el Q1 registró características poco comerciales, por lo que tiene mayor probabilidad de desaparecer de la región (Figura 15). Solo el grupo productores valoró importante para uso, al quimiotipo 4, además de los ya mencionados (Figura 15).

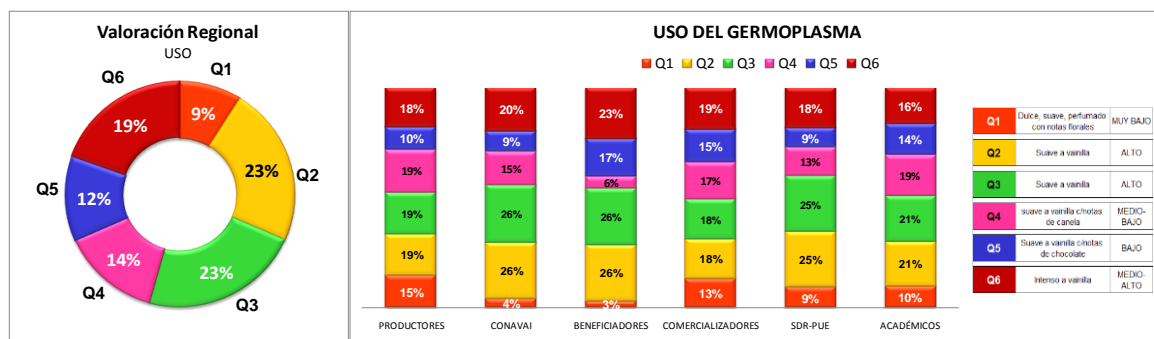


Figura 15 Valoración de seis quimiotipos de *V. planifolia* para USO.

En relación a los quimiotipos que requieren mayor atención para conservación, se consideraron dos aspectos: 1) escasa distribución y 2) nivel de variación genética. Las valoraciones de conservación no se realizaron por los usuarios. Se utilizaron



parámetros técnicos para construir dichas valoraciones. El criterio de distribución se ponderó a partir del porcentaje de colectas por sitio, mientras que los parámetros de variación genética se construyeron con la matriz de distancias alélicas obtenida del análisis de 13 loci microsatélites para *V. planifolia*.

Se identificaron los quimiotipos más vulnerables de desaparecer y cuya pérdida sería genéticamente irremplazable en la región (Figura 16). El Q5 (32%) resultó ser el material más importante a conservar en la región, debido a que genéticamente es muy distinto del resto de los quimiotipos de vainilla. Dichas diferencias representan una fuente muy importante de variación genética que puede ser aplicada en programas de mejoramiento genético del material cultivado. Los quimiotipos 1, 2 y 3, también resultaron importantes para conservar, dado que a pesar de que son genéticamente similares, su distribución es muy restringida lo cual incrementa el riesgo de pérdida de germoplasma.

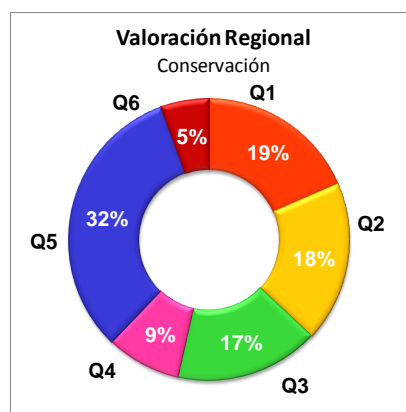


Figura 16 Valoración de seis quimiotipos de *V. planifolia* por su necesidad de conservación

Valoración de subcriterios.

La importancia de los quimiotipos para uso, se determinó en base a sus características aromáticas y contenido de vainillina. Respecto a la valoración por aroma, a nivel regional se observó que los distintos quimiotipos son valorados de manera similar, en un rango de preferencia de 10% para el menos valorado (Q1) a 22% para los quimiotipos más apreciados (Q2 y Q3). De esta manera se observó que en la región,



los usuarios del germoplasma de vainilla aprecian más los quimiotipos con aroma sencillo, suave a vainilla y sin otras notas, como es el caso de Q2 y Q3. Mientras que el quimiotipo Q1, de aroma más complejo de detectar, suave, dulce, perfumado con notas florales, resultó el menos valorado (Figura 17).

Sin embargo, al analizar la valoración entre usuarios, se observaron algunas diferencias. En la figura 17 se distingue que los productores valoran más el Q4 (24%), que presenta un aroma suave a vainilla pero con notas de canela y valoran menos el Q5 (10%) de aroma suave a vainilla pero con notas de chocolate. La SDR-puebla y El Consejo Nacional de Productores Vainilleros (CONAVAI), consideran más agradable el aroma suave a vainillina, de los quimiotipos 2 y 3. Y menos agradable el aroma floral del Q1 y el de aroma suave a vainillina con notas de chocolate del Q5. Contrario al CONAVAI, los beneficiadores consideran como el aroma más agradable el del Q5 (29%) y menos agradable el de Q4 (6%) de aroma suave a vainillina con notas de canela y Q1 (6%) perfumado con notas florales. Los comercializadores aprecian más la variación de aromas con valoraciones muy similares entre quimiotipos. Sin embargo, se inclinaron más por el aroma intenso a vainilla del Q6 (21%). Mientras que el grupo de académicos considera más agradable el aroma suave a vainilla, de los quimiotipos 2 y 3 (21%). Y menos agradable el aroma, floral del Q1 (10%) y el intenso vainilla del Q6 (10%).

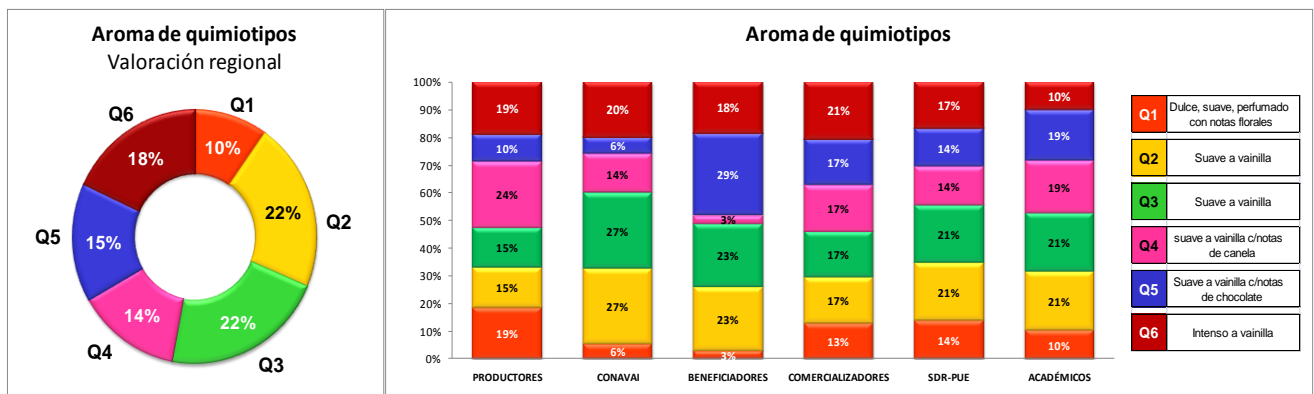


Figura 17 Valoración de seis quimiotipos de *V. planifolia* por aroma

A nivel regional, la valoración de los quimiotipos por el contenido de vainillina, resultó similar a la observada por el aroma. Los quimiotipos 2 y 3, fueron los más apreciados



por su alto contenido de vainillina, en contraste con el quimiotipo 1, de muy bajo contenido, que resultó poco valorado (Figura 18). Entre usuarios el comportamiento de valoración fue similar, solo en el caso de los grupos de beneficiadores y académicos, se le dio alta importancia además de los quimiotipos 2 y 3, al Q6 de contenido medio-alto (28 y 24%) (Figura 18).

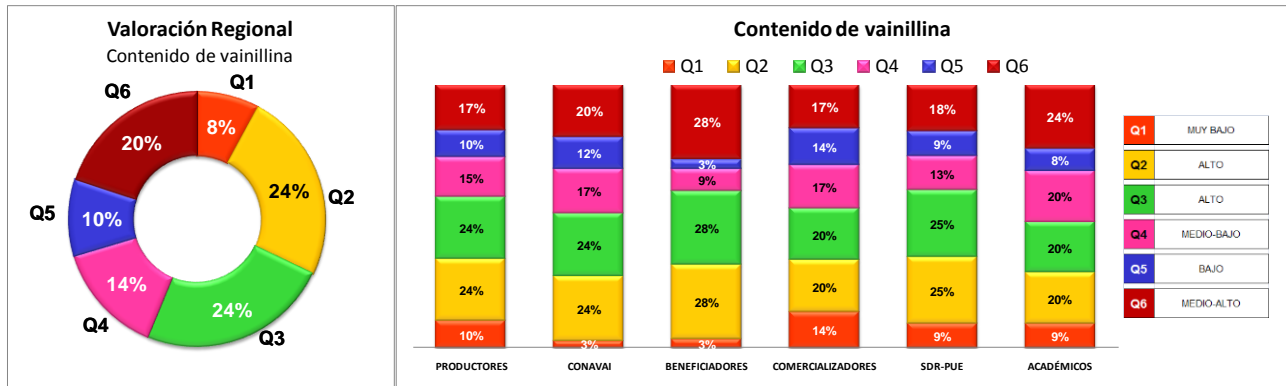


Figura 18. Valoración de seis quimiotipos de *V. planifolia* por contenido de vainillina

Debido a su restringida distribución, los quimiotipos Q1, Q2 (27.5%) y Q3 (24%), se consideraron como los más amenazados de desaparecer (Figura 19).

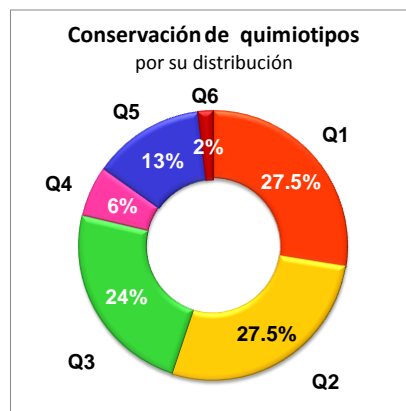


Figura 19 Valoración de seis quimiotipos de *V. planifolia* de acuerdo a la restricción de su distribución geográfica.

Mientras que de acuerdo con el nivel de variación genética, se observó que la mayor parte de los quimiotipos comparte alrededor del 90% de su información genética. Solo



en el quimiotipo 5 se registró un alto nivel de variación genética (51%) entre los quimiotipos de la región Totonacapan (Figura 20).

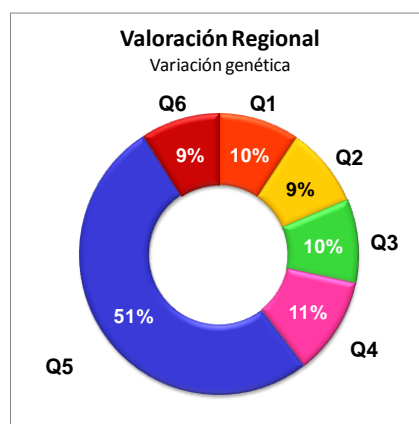


Figura 20 Valoración de seis quimiotipos de *V. planifolia* por su nivel de variación genética.

Análisis de conglomerados de los quimiotipos asociados a actividades de uso y conservación

Las características de los quimiotipos, tanto las que determinan su utilidad humana (uso) como las referentes a su estado de conservación, se analizaron de forma multivariada mediante agrupamiento por conglomerados (PROC CLUSTER), con el fin de conocer la similitud que existe entre quimiotipos en cuanto a necesidad de acciones de conservación.

A una distancia euclidiana de 1.1 se definieron dos grupos de quimiotipos de acuerdo con el nivel de variación genética. El primero (cl1), integró a los quimiotipos con menor nivel de variación genética (9-11%) y el segundo (cl2), correspondiente al Q5 presentó el nivel más alto de variación genética (51%) (Figura 21).

A continuación, a una distancia de 0.9, el cl1 se separó en dos bloques: (cl3) quimiotipos valorados como de bajo potencial comercial por sus características de uso (9-19%) correspondientes a Q1, Q4 y Q6. Y (cl4) quimiotipos valorados como de alto potencial de uso (23%) integrado por Q2 y Q3 (Figura 21).

A su vez, a una distancia de 0.7, el bloque cl3 se subdividió de acuerdo a la limitación en la distribución geográfica de las colectas en dos grupos: (cl5) quimiotipos amenazados por su distribución geográfica restringida (27.5%), el cual correspondió a



Q1 (Figura 21). Y (cl6) quimiotipos no amenazados por su distribución geográfica amplia (2-6%). De esta manera, a una distancia euclidiana de 0.7 en el dendograma de la figura 21 se identificaron un total de cuatro categorías de quimiotipos de acuerdo a uso y conservación.

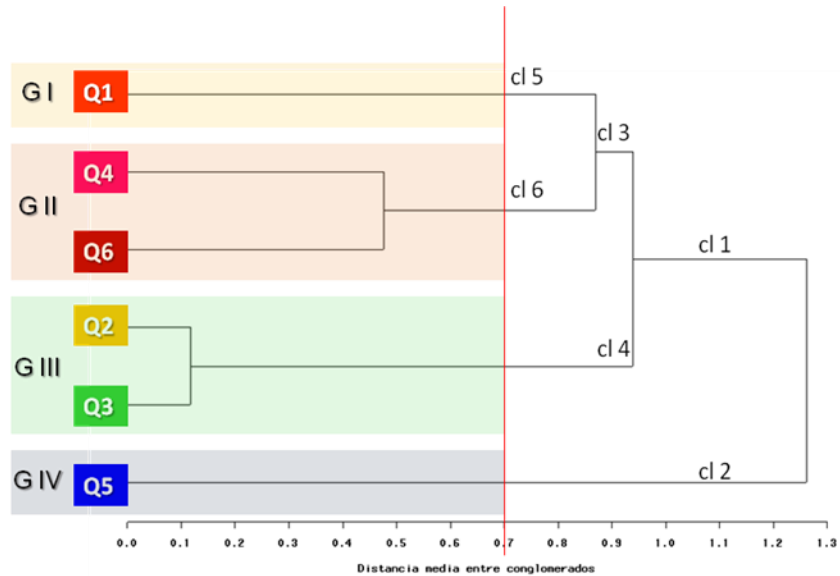


Figura 21 Dendrograma de valoración sobre uso y conservación de seis quimiotipos de *Vanilla planifolia* en la región Totonacapan Puebla-Veracruz, con base en el promedio de seis stakeholders y agrupamiento por distancias de similitud.

Grupo I (GI). Está representado por el quimiotipo 1 de *V. planifolia*. Se caracteriza por presentar bajo contenido de vainillina, baja variación genética, distribución geográfica restringida y presenta el aroma más complejo y distinto (Dulce, suave, perfumado con notas florales) entre los quimiotipos de vainilla. Es el grupo que requiere más atención de conservación dado que comercialmente no genera interés entre los usuarios y aunque genéticamente presenta baja variación, sus características aromáticas distintas lo relacionan con material no domesticado, por lo que genéticamente es un material muy importante.

Grupo II (GI). Está representado por los quimiotipos 4 y 6 de *V. planifolia*. Se caracterizan por presentar contenido medio de vainillina, baja variación genética,



distribución geográfica amplia y aromas valorados como importantes comercialmente. Q4 presenta una aroma suave a vainilla con notas de canela y Q6 aroma intenso a vainilla. Es un grupo comercialmente importante que se está conservando a través del uso. Es un material cultivado en la región Totonacapan

Grupo III. Está representado por los quimiotipos 2 y 3 de *V. planifolia*. Se caracterizan por presentar altos contenidos de vainillina, baja variación genética, distribución geográfica restringida y con el aroma más apreciado (suave a vainilla) entre los quimiotipos, con mayor potencial comercial. Es un grupo comercialmente muy importante, por sus características aromáticas y de contenido de vainillina, sin embargo su escasa distribución representa un riesgo considerable de extinción, de manera que requiere atención de conservación.

Grupo IV. Está representado por el quimiotipo 5 de *V. planifolia*. Se caracteriza por presentar bajo contenido de vainillina, variación genética muy alta, distribución geográfica amplia y presenta aroma suave a vainilla con notas de chocolate. Es un grupo biológicamente importante que se está conservando a través del uso, es un quimiotipo muy cultivado en la región Totonacapan.

Matriz de interacciones entre grupos de stakeholders y quimiotipos

Los resultados derivados de los análisis de conglomerados de stakeholders y quimiotipos, se integraron en una matriz de interacciones con el objetivo de identificar los quimiotipos más afines al perfil de los stakeholders.

Se observó que de los cuatro grupos de quimiotipos de *V. planifolia*, dos de ellos se están conservando a través de su uso (II y IV). Mientras que los grupos I y III, manifiestan alto riesgo de desaparecer y representan a los quimiotipos que requieren atención de un programa de conservación.

En este sentido, y de acuerdo con el perfil de valoración e interés de los grupos de stakeholders evaluados, se observó que los grupos I y III, integrados por el CONAVAI y los productores representan los candidatos más afines para llevar a cabo un programa



de conservación de todos los quimiotipos de la región, pero especialmente del grupo I (bajo potencial comercial), debido a su alto interés por la conservación de variedades de vainilla y aromas distintos (Tabla 3).

En el caso de los quimiotipos del grupo III de alto potencial comercial su conservación parece ser más factible de realizar a través del uso. Y además del CONAVAI y los productores, quien manifestó alto interés por conservar dicho germoplasma, fue la SDR-Puebla (G IV) quienes revelaron un interés exclusivo en la conservación de material con potencial comercial (Tabla 3).

A pesar de que hasta el momento, el grupo de quimiotipos IV no registró amenazas de conservación, el grupo II de stakeholders integrado por beneficiadores, comercializadores y académicos, mostró alto interés por la conservación de dicho germoplasma debido a su alto nivel de variación genética (Tabla 3).

Tabla 3 Matriz de interacción entre grupos de, características de quimiotipos y perfiles de valoración de stakeholders.

Stakeholders	QUIMIOTIPOS					
	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6
CONAVAI	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Beneficiadores Comercializadores Académicos					✓	
Productores	✓	✓	✓	✓	✓	✓
SDR-Pue		✓	✓			
Importancia	Biológica	Comercial	Comercial	Comercial	Biológica	Comercial
Estado	requiere conservación	requiere conservación	requiere conservación	se esta conservando	se esta conservando	se esta conservando

Convencionalmente el valor de los recursos genéticos se ha estimado por los beneficios potenciales que la variación genética ofrece a los programas de mejoramiento genético y a la generación de nuevas variedades (Hein y Gatzweiler, 2006). Sin embargo, poco se ha documentado sobre los beneficios no económicos que perciben los usuarios de un recurso y que representan los estímulos que pueden determinar el éxito o fracaso de un programa de conservación biológica.



De esta forma, ante un escenario ambiental y socioeconómicamente adverso para la supervivencia de numerosas especies y ecosistemas, el estudio del contexto de valoración que guía la toma de decisiones y la actitud de los grupos humanos sobre el futuro de un recurso, resulta útil en el diseño de políticas y programas de conservación, particularmente necesarias en el caso de centros de origen y diversidad de recursos y especies como México, donde la pérdida afecta no solo al capital natural, sino al capital social y cultural que ha convertido a través del tiempo a una especie biológica como *V. planifolia* en el recurso genético vainilla.

3.4 Conclusiones

El método de decisión multicriterio AHP resultó útil para establecer la estructura de valoración que existe entre los distintos usuarios del germoplasma de *V. planifolia* de la región Totonacapan.

La valoración del germoplasma de vainilla, mediante la técnica de AHP y a través de las categorías de valor de uso, genético, existencia y de información, permitió integrar varios de los elementos que conforman el contexto de uso y conservación de *V. planifolia* en la región Totonacapan.

A nivel regional el estímulo principal para continuar con el cultivo de vainilla y conservar su germoplasma en la región Totonacapan, es cultural y no son los beneficios monetarios que genera su venta.

Todos los stakeholders consideran que la mejor alternativa para conservar los quimiotipos de vainilla es a través de su uso. Sin embargo se identificaron cuatro perfiles de valoración entre los usuarios del germoplasma de vainilla: G-I valoración por sus beneficios culturales-tradicionales, G-II valoración alta por los posibles beneficios de la variación genética de vainilla para el desarrollo de variedades mejoradas, G-III mayor valoración por los beneficios asociados a la preservación del conocimiento tradicional y los sistemas tradicionales de producción asociados a vainilla y el G-IV alta valoración por los beneficios económicos que genera.

Existen quimiotipos de vainilla que ya están siendo conservados a través de su amplio cultivo en la región (Q4, Q5 y Q6), sin embargo existe el germoplasma de los



quimiotipos 1, 2 y 3, requieren de un modelo de conservación biológica que evite su extinción.

El diseño de propuestas de conservación puede realizarse a partir de la identificación del usuario más adecuado para ejecutar el proyecto en base a su perfil de valoración del germoplasma.

El futuro del banco de germoplasma de vainilla que se resguarda en la región Totonacapan, depende del futuro de la cultura y las tradiciones de los grupos Totonacos, de manera que las propuestas de conservación de vainilla deben de considerar como eje principal el fortalecimiento y desarrollo de la cultura Totonaca y sus sistemas tradicionales de producción y beneficiado.

3.4 Literatura citada

- Soto-Arenas MA. 2006. La vainilla. Biodiversitas Núm. 66. Boletín bimestral de la Comisión Nacional para el uso y conocimiento de la biodiversidad. CONABIO, México. 1-9 pp.
- Ananda J, Herath G. 2002. Incorporating stakeholder values into regional forest planning: a value function approach. *Ecological Economics* 45:75-90 pp
- Aull-Hyde, R., Erdogan, S. & Duke, J. M. (2006). An Experimento on the Consistency of Aggregated Comparison Matrices in AHP. *European Journal of Operational Research*, 171, 290-295 pp
- Ávila-Mogollón M. 2000. El Ahp (Proceso Analítico Jerárquico) Y Su Aplicación Para Determinar Los Usos De Las Tierras.
- Blamey RK, Common M. 1992. Sustainability and the limits to pseudo-market valuation. In: M. Lockwood and T. DeLacy (Editors), *Valuing Natural Areas: Applications and Problems of the Contingent Valuation Method*. Johnstone Centre of Parks, Recreation, and Heritage, Albury, New South Wales, Australia, pp. 117–146.
- Cervantes VJ. 2007. Análisis económico de los impactos ambientales y sociales con técnicas de ahp y multicriterio: una aplicación al embalse de vado mojón. Tesis Doctoral. Universidad de Córdoba. 188 p.



- Chávez J L, Collado P LA, Ramírez PR. 2004. Conservación o pérdida del valor de las variedades locales de los cultivos amazónicos. En: SEPIA X, Seminario permanente en investigación agraria. Eguren F., Remy M. I. y Oliarte P. (Eds). Sepia. X: 503-537 pp
- Fitzgerald Ma, Mccouch Sr, Hall Rd (2009) Not Just A Grain Of Rice: The Quest For Quality. Trends In Plant Science. (14) 3: 133-139 pp
- Gregory R, Lichtenstein S, Slovic P. 1993. Valuing environmental resources: a constructive approach. J. Risk Uncertainty. 7:177-197 pp
- Grimble, R. Y M. Laidlaw. 2002. Biodiversity Management And Local Livelihoods: Rio Plus 10. Natural Resource Perspective 73. Londres, Overseas Development Institute.
- Grimble, R., Wellard, K., 1997. Stakeholder methodologies in natural resource management: a review of principles, contexts, experiences and opportunities. Agric. Syst. (55) 2:173-193 pp
- Grimble, R.; Chan, M.K.; Aglionby, J.; Quan, J. 1995. Trees and tradeoffs: a stakeholder approach to natural resource management. International Institute for Environment and
- Harrison SR, Qureshi ME. 2000. Choice of stakeholder groups in multicriteria decision models. Nat. Resour. Forum 24: 1-19 pp
- Hein, L. and F. Gatzweiler. 2006. The Economic Value of Coffee (*Coffea arabica*) Genetic Resources. Ecological Economics, 60(1): 176-185 pp
- Keeney RL, von Winterfeldt D, Eppel T. 1990. Eliciting public values for complex policy decisions. Manage. Sci. (36) 9:1011-/1030 pp
- Keppler JH. 1998. La obtención del valor total de la biodiversidad a través de la mezcla de instrumentos – Realising the Full Value of Biodiversity Through Combination of Instruments. En: Economía de la biodiversidad: Memoria del Seminario Internacional de La Paz S, Foucat S, Castillo C eds. México: Instituto Nacional de Ecología-Semarnap. 375-397 pp
- Lebot V, And Levesque J (1996) Genetic Control Of Kavalactones Chemotypes In *Piper methysticum* cultivars. Phytochemistry 43:397-403 pp



- Martin WE, Bender HW, Shields DJ. 2000. Stakeholder objectives for public lands: ranking of forest management alternatives. *J. Environ. Manage.* 58: 21-32 pp
- McDaniels T, Roessler C. 1998. Multiattribute elicitation of wilderness preservation benefits: a constructive approach. *Ecol. Econ.* 27: 299-312 pp
- Moreno JJM, Aguarón JJ, Escobar UMT. 2001. Metodología científica en valoración y selección ambiental. *Pesquisa Operacional.* (21) 1: 1-16 pp
- O'Neill J, Splash CL. 2000. Appendix: Policy Research Brief Conceptions of Value in Environmental Decision-Making. *Environmental Values* 9(4): 521-536 pp
- Reyna SD, Cardells i RF. 1999. Valoración AHP de los ecosistemas naturales de la Comunidad Valenciana. *Revista Valenciana D' Estudis Autonòmics.* (27) 2: 157-177 pp
- Romero C. 1994. Aplicaciones de la teoría de decisión multicriterio en la planificación de los recursos forestales. *Agricultura y sociedad.* 73:41-70 pp
- Ruppert K, Schaffer F. 1979. La Polémica De La Geografía Social En Alemania (I): Sobre La Concepción De La Geografía Social. Universidad De Barcelona ISSN: 0210-0754 Depósito Legal: B. 9.348-1976.
- Saaty TL, Kearns KP. 1985. *Analytical planning: the organization of systems.* Pergamon Press. New York, USA 207 p.
- Saaty, 1998. *Evaluación y decisión multicriterio. Reflexiones y experiencias,* Thomas Saaty, Universidad de Pittsburg, USA, UNESCO, 1998.
- Sánchez-Carrillo D, Valtierra-Pacheco E. 2003. La organización social para el aprovechamiento de la palma camedor (*Chamaedora spp.*) en la selva Lacandona, Chiapas. *Agrociencia* 37: 545-552 pp



CAPITULO 3

Planeación estratégica para la conservación del germoplasma de vainilla de la región Totonacapan Puebla-Veracruz**Resumen**

El diseño de una estrategia de conservación para el pool genético primario de vainilla (*Vanilla planifolia* G. Jack), requiere de un análisis integral que considere la íntima relación que existe entre su problemática biológica y social, así como la interacción de distintos actores en diferentes niveles de acción (nacional, estatal, local, individual). Por esta razón se analizó el proceso de planeación estratégica para la conservación del germoplasma de vainilla de la región Totonacapan Puebla-Veracruz, a través de la utilización de los enfoques de, Medios de Vida Sostenibles como herramienta diagnóstica y Marco lógico para la identificación de objetivos y líneas de acción estratégicos. Los resultados mostraron que el enfoque de medios de vida sostenibles resultó ser una herramienta de planeación útil y metodológicamente sensible para el diagnóstico y análisis integral de la problemática de uso y conservación que enfrenta la vainilla de la región Totonacapan. Se observó que en la región Totonacapan existe capital natural, social y humano para diseñar acciones estratégicas que integren la conservación biológica de vainilla con el desarrollo de los distintos eslabones que integran la cadena productiva de vainilla, pero particularmente a través del desarrollo del eslabón primario, es decir de los productores, que son los agentes que conservan directamente el germoplasma. Así, los datos indican que la conservación biológica de vainilla está estrechamente relacionada con el fortalecimiento y desarrollo de la cultura Totonaca y sus sistemas tradicionales de producción y beneficiado.

Palabras clave: vainilla, medios de vida sostenibles, estrategias



Abstract

The design of a conservation strategy for the primary gene pool of vanilla (*Vanilla planifolia* G. Jack), requires a comprehensive analysis that considers the close relationship between their biological and social problems, and the interaction of different actors in different action levels (national, state, local, individual). For this reason we examined the strategic planning process for the conservation of vanilla germplasm of the Totonacapan region through the use of Sustainable Livelihoods approach as a diagnostic tool and logical framework approach for the identification of targets and strategic action lines. The results showed that the approach of sustainable livelihoods proved to be a useful planning tool and methodologically sensitive, for the diagnosis and comprehensive analysis of the use and conservation issues facing vanilla of Totonacapan region. It was noted that within the region exists Totonacapan natural, social and human capital to the design of strategic actions that integrate biological conservation of vanilla with development of the various links that comprise the production chain of vanilla, but particularly through the development of the primary link, ie producers, which are the agents that directly conserve germplasm. Thus, the data indicate that vanilla biological conservation is closely related to the strengthening and development of Totonaca culture and their traditional systems of production and curing.

Keywords: vanilla, Sustainable Rural livelihoods approach, strategy

4.1 Introducción

Vainilla (*Vanilla planifolia* G. Jack.) es uno de los recursos genéticos más importantes del trópico mexicano. Su cultivo representa un factor importante en el desarrollo económico, social, cultural y biológico de gran parte de las comunidades indígenas y rurales que habitan la región del Totonacapan. Sin embargo, al igual que otros recursos genéticos de México, *V. planifolia* presenta una problemática compleja, derivada principalmente de dos factores relacionados con uso y conservación: la



sobreexplotación y subutilización del recurso (Lubinsky, 2003; Soto-Arenas, 2006). Por un lado, la mayor parte de las poblaciones silvestres han sido genéticamente erosionadas y en algunos casos eliminadas por colectas excesivas para establecer plantaciones, a tal grado que la especie se encuentra sujeta a protección especial por el gobierno mexicano con el fin de evitar su extinción (Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2001; Soto-Arenas, 2006). Y por otro, su cultivo no se ha desarrollado de manera adecuada ya que México produce cerca de 1% de la producción mundial (Soto-Arenas, 2006).

De manera que a pesar de que México es reconocido como el posible centro de origen de vainilla (Soto-Arenas, 2003), y que particularmente el germoplasma de la región Totonacapan se reconoce como uno de los más importantes a nivel biológico y comercial, no existe una estrategia formal de conservación que considere biológicamente a vainilla como especie mexicana prioritaria para su conservación (March et al., 2009), ni comercialmente existe algún planteamiento para conservar el pool genético primario del cultivo de vainilla. Por esta razón, se plantea la necesidad de desarrollar propuestas de conservación que integren la problemática social del aprovechamiento de vainilla como eje para la conservación del germoplasma de la región Totonacapan.

La conservación biológica es una disciplina dedicada a la preservación, rescate, mantención, estudio y utilización del patrimonio que representa la diversidad biológica. Su ejecución requiere de un proceso de identificación de acciones, objetivos y metas, que den respuesta al contexto ambiental, biológico y social que acompaña la problemática de una especie, el cual ha sido denominado como estrategia de conservación (March et al., 2009).

La planeación estratégica para la conservación ha sido abordada por distintas organizaciones, con el fin de lograr mayor eficiencia en los programas y acciones de conservación (Miller y Lanou, 1995). Generalmente se realiza para determinar regiones, áreas, sitios o especies prioritarias a ser conservados, así como para implementar actividades clave que se traduzcan en soluciones reales a las muy complejas y dinámicas problemáticas que intervienen en la relación entre desarrollo humano y



conservación biológica (March et al., 2009). De esta forma, la planeación estratégica busca hacer inversiones inteligentes en intervenciones firmes y oportunas que enfrenten con eficacia las causas que afectan a la diversidad en cualquiera de sus escalas, buscando obtener los máximos resultados con los recursos disponibles (Kristensen et al., 2001).

Para la implementación e instrumentación efectiva de las diversas acciones que integran una estrategia de conservación, es primordial entender la planificación en la conservación como un proceso social, y no únicamente como un proceso técnico-científico donde un grupo de expertos analizan la situación de la especie y deciden las mejores acciones para su conservación (Jiménez, 2011). De manera que la planificación estratégica para la conservación de una especie requiere de un enfoque colectivo que provenga de un consenso social de sus actores sobre la gravedad y relevancia del problema, y lo ponga sobre la agenda pública. Para lo cual es fundamental realizar un diagnóstico detallado de los actores involucrados en la toma de decisiones sobre la conservación, con el fin de identificar acciones estratégicas que logren mayor impacto con la menor inversión posible, a favor de la biodiversidad y de los procesos socio-ecológicos que la sostienen.

En este sentido, el enfoque de medios de vida sostenibles (Rural Livelihood Approach) ha resultado ser una herramienta diagnóstica útil para estudiar la complejidad de los problemas vinculados con desarrollo rural, reducción de pobreza y manejo ambiental, a diferentes escalas (desde nivel individual hasta nivel regional o nacional), en base al análisis del contexto particular en el que se desarrolla la problemática (histórico, socioeconómico, político, agroecológico y climático), de los recursos o *capitales* con los que se cuenta (natural, social, financiero, humano, físico), de los riesgos y contingencias, así como de la sustentabilidad de las estrategias de vida que han desarrollado sus actores en base a dichos recursos y contexto (Scoones, 2011).

De manera, que dado el enfoque integral y holístico de la metodología, el análisis de medios de vida representa una alternativa como herramienta potencial en el proceso de planificación estratégica para la conservación del germoplasma de vainilla de la región Totonacapan. Dicho lo anterior, el objetivo del presente estudio es identificar actores y



acciones estratégicas que promuevan la conservación del germoplasma de vainilla para el fortalecimiento de la cadena agroindustrial de vainilla en la región Totonacapan con base en el análisis de medios de vida sostenibles.

4.2 Materiales y métodos

El proceso de análisis se realizó mediante dos fases: diagnóstica, apoyada en la teoría de medios de vida (Chambers and Conway, 1992), y el diseño de estrategias, a partir del enfoque de marco lógico (Schmidt, 2009).

4.2.1 Fase Diagnóstica: Medios de Vida Sostenibles

El término medio de vida, se refiere a las posibilidades, activos (recursos tanto materiales como sociales) y actividades, que los grupos humanos ejercen para ganarse la vida (Chambers y Conway, 1992). Particularmente, se señala que un medio de vida es sostenible, “cuando puede soportar tensiones y choques y recuperarse de los mismos, y a la vez mantener y mejorar sus posibilidades y activos, tanto en el presente como de cara al futuro, sin dañar la base de sus recursos existente”.

La teoría de los medios de vida sostenibles (MVS), identifica los obstáculos más apremiantes a los que se enfrenta las personas y las oportunidades más prometedoras que se abren ante ellos, estén donde estén y sea cual sea el sector, espacio o nivel geográfico en el que se encuentren, para la construcción, gestión y ejecución de alternativas de desarrollo para los actores de una localidad o región, en función de los activos con que disponen (Chambers y Conway, 1992).

Metodológicamente, el enfoque de MVS está estructurado en tres fases de identificación (DFID, 2002):

Contexto de vulnerabilidad.

Se refiere al entorno externo que afecta la subsistencia y la toma de decisiones de los pueblos. Los medios de vida de éstos y la disponibilidad de activos se ven



fundamentalmente afectados por tendencias críticas, choques y por el carácter de temporalidad de ciertas variables, sobre los cuales los pueblos tienen un control limitado o inexistente.

Choques. Incluyen eventos o situaciones que pueden destruir los activos de forma directa (en caso de inundación, tormenta, conflicto civil, etc.) o bien, forzar a las poblaciones a que abandonen sus hogares y a que dispongan de los activos (como por ejemplo la tierra) de forma prematura como parte de una estrategia para enfrentar imprevistos.

Tendencias. Se refiere al comportamiento a largo plazo que presentan algunos choques.

Temporalidades. Se refieren a los periodos o la duración de algún choque o tendencia como los cambios temporales de precios, oportunidades laborales o la disponibilidad alimenticia (DFID, 2002).

Los activos que influyen en los medios de vida

Representan los activos o dotaciones de capital a las que tienen acceso las personas para construir sus estrategias de vida, los cuales están estructurados en cinco categorías: *natural* (recursos naturales y servicios ambientales), *físico* (bienes y acceso a infraestructura), *financiero* (sistemas de ahorro, crédito, seguridad), *humano* (conocimientos, habilidades y destrezas de las personas en términos de formación educativa, laboral y salud), y *social* (redes sociales, formas de organización, asociaciones).

La identificación de activos se realizó para cada uno de los cinco tipos de capital que integran el diagrama de pentágono de medios de vida (DFID, 2002):

Las estructuras y procesos de transformación que influyen en los medios de vida

Se refiere a las políticas, instituciones y organizaciones tanto públicas como privadas que permiten o impiden el acceso a los capitales y las actividades que dan forma a los medios de vida.



A través del análisis de medios de vida se han estudiado problemáticas de índole diversa y en diferente fase de implementación, desde el diseño de intervenciones hasta la evaluación de programas en marcha.

Por esta razón, se utilizó como escala de análisis la cadena agroindustrial que enmarca la producción de vainilla beneficiada de la región Totonacapan, tanto a nivel local como a nivel institucional, para identificar acciones estratégicas que promuevan la conservación del germoplasma de vainilla a través del fortalecimiento de su aprovechamiento, a partir del análisis diagnóstico de medios de vida sustentables y se integró una propuesta de estrategia mediante el enfoque de marco lógico.

4.2.2 Fase de diseño de estrategias

Una vez realizado el diagnóstico, la finalidad del diseño de estrategias fue determinar los objetivos estratégicos a los que se desea llegar y las líneas de acción que permitan alcanzar dichos objetivos (Silva, 2003). Para ello, la lógica de formulación de la estrategia se integró de acuerdo a dos aspectos (Silva, 2003): determinación de problemas centrales y objetivos estratégicos a partir del conocimiento del análisis de medios de vida de todos los agentes relacionados con el proceso.

La fase de diseño de estrategias se apoyó parcialmente en la metodología denominada Marco lógico (Schmidt, 2009). Particularmente en la fase relacionada con el análisis de la lógica de la intervención que integra un conjunto de etapas para identificar los objetivos generales. La cual se explica de la siguiente forma: a partir de los medios pueden identificarse las actividades, a partir de las actividades se alcanzan los resultados, por medio de los resultados, se pretende responder a un objetivo específico, y a través del objetivo específico se contribuye al objetivo general.

Para aplicar dicha lógica, en primera instancia se identificaron los objetivos y éstos proporcionaron el árbol de medios y fines. (1) Los objetivos generales se seleccionaron de la parte superior del árbol de medios y fines, describiendo por orden de importancia la perspectiva con la cual se realizó la intervención. (2) El objetivo específico se seleccionó a partir de la situación esperada (y que corresponde al problema



identificado). Este objetivo es el que refleja concretamente la intervención que se realizará y es para el cual se elabora un marco lógico de acuerdo a dicha metodología. (3) Los resultados correspondieron a los “medios” que conducen a alcanzar el objetivo específico. (4) Las actividades que se identificaron se consideraron como aquellas que según la lógica de medios-fines, conducen a los resultados.

Finalmente, tras definir los objetivos, el siguiente paso fue decidir cómo llegar a ellos, es decir las líneas de acción y de intervención necesarias para lograr las metas propuestas. Las medidas deben incidir sobre los factores que causan los problemas y/o que impiden el nacimiento de nuevas actividades. Siguiendo el análisis previo de objetivos, se trató de formular estrategias para cada objetivo específico planteado. Para ello se realizó un ejercicio tipo Fortalezas, Oportunidades, Debilidades, Amenazas (FODA; Silva, 2003). Se identificaron las fortalezas y debilidades del territorio que pueden influir en el logro del objetivo, sobre la base de las potencialidades y limitaciones validadas durante el análisis de la situación local.

Asimismo, se identificaron las oportunidades y amenazas del contexto externo que influyen en el logro del objetivo. De esta manera el diseño de estrategias planteado, buscó aprovechar las oportunidades y las fortalezas; superar las debilidades al aprovechar las oportunidades; superar las amenazas aprovechando las fortalezas, y neutralizar las amenazas. Después de formular un conjunto de posibles estrategias, se seleccionaron aquellas consideradas más relevantes, analizando la viabilidad de su ejecución. El resultado de consolidación de objetivos y estrategias se expresó mediante una matriz de estrategias por objetivo.

4.3 Resultados

Vainilla ha estado vinculada con la región Totonacapan desde tiempos remotos. Su colecta, domesticación y utilización como cultivo comercial, así como el descubrimiento de su proceso de beneficiado y sus primeras aplicaciones, tuvieron lugar en la región Totonaca, mucho tiempo antes de la conquista (IMPI, 2004; Bruman, 1948).



Hasta el siglo XIX, México y concretamente la región Totonacapan, eran reconocidos como la principal zona de producción de vainilla a nivel mundial (Bruman, 1948) y a pesar de que actualmente se produce menos de 1% de la producción mundial (Soto-Arenas, 2006), el cultivo de vainilla sigue siendo una de las actividades más importantes para gran parte de los habitantes de la región Totonacapan.

La producción de vainilla beneficiada requiere de procesos de transformación previos a su comercialización. Para obtener el aroma y sabor característicos de vainilla, es necesario llevar a cabo un procedimiento de *beneficiado* de los frutos verdes, que permite mediante una serie de transformaciones bioquímicas, la conformación de los constituyentes aromáticos tan demandados y valorados por el mercado. Por esta razón se plantea que el proceso de producción de vainilla beneficiada, se ha configurado como un sistema complejo de relaciones sociales y económicas que lo define como una cadena agroindustrial en la región, integrada por productores, beneficiadores, comerciantes, industriales, proveedores de insumos y servicios, artesanos, exportadores, autoridades federales y estatales entre otros. Donde cada uno de ellos, representa los eslabones que conforman la cadena agroalimentaria del sistema producto vainilla en la región.

El sistema-producto vainilla ha encontrado apoyo dentro de las políticas sectoriales enmarcadas en la ley de desarrollo rural sustentable del Gobierno Mexicano. Bajo las cuales se busca el crecimiento del sector rural a través del impulso de esquemas de competitividad en el contexto de mercados globalizados, con un crecimiento económico equitativo, incluyente y sostenido; que brinde oportunidades de empleo e ingresos para una vida digna, y una mejora constante del bienestar de los grupos rurales (SAGARPA, 2010). Particularmente, a través del impulso y fortalecimiento de cadenas productivas previamente existentes (Rubio, 2001), como es el caso de vainilla en la región Totonacapan.

Las cadenas agroalimentarias. La agricultura es una actividad de suma importancia para la economía y los medios de vida rurales. Sin embargo, su potencial no se ha valorado por completo debido a factores como, el ambiente macroeconómico predominante, estructuras institucionales ajenas a la problemática, baja prioridad de



financiamiento gubernamental y ausencia de leyes que apoyen al sector agrícola, y los movimientos adversos en los precios internacionales. Ante este escenario, las políticas internacionales han propuesto dirigir la agricultura de países en desarrollo hacia un modelo de exportación y diversificación de productos agroindustriales entre los que destaca la vainilla.

La agroindustria se entiende como un proceso o cadena productiva mediante la cual, la agricultura se articula con la industria para generar bienes de consumo alimentarios y no alimentarios a través del uso combinado de tecnologías agrícolas e industriales (Machado, 1989). De acuerdo con algunos autores, la importancia de las cadenas agroindustriales consiste en permitir la adecuación y transformación, de materias primas agropecuarias, en bienes para el consumo humano, animal o industrial. De este modo que la agroindustria establece relaciones técnicas y sociales entre la agricultura, industria y comercio, que hacen de ella una actividad compleja y de gran peso en el sistema socioeconómico y los procesos de desarrollo de las regiones rurales, debido a que plantea como objetivos: Incrementar de manera sostenible los niveles de bienestar de la población rural, impulsar el desarrollo regional equitativo, elevar la eficacia y eficiencia de la actividad agrícola, así como hacer uso racional de la biodiversidad y los recursos naturales (Rebolledo *et al.*, 2004).

Normalmente, las cadenas agroindustriales se representan de manera lineal como una sucesión de actividades que van agregando valor a la producción. Sin embargo, en la práctica, las cadenas no son lineales y las actividades pueden ubicarse a lo largo y ancho de un país en distintos actores, espacios y tiempos (Machado, 1989).

De esta manera el concepto de cadena agroindustrial se entiende como la integración de eslabones, conformados por agentes y actividades económicas que intervienen en un proceso productivo desde la actividad primaria hasta la oferta al consumidor final, incorporando procesos de empaque, industrialización o transformación, necesarios para su comercialización en mercados internos y externos (Machado, 1989). Por lo que los principales eslabones que conforman una cadena son; producción agrícola, procesamiento/transformación del producto, distribución/ comercialización y consumo (Machado, 1989).



La cadena vainilla. En el caso particular de *Vanilla planifolia* Jack., las vainas tienen un alto valor comercial como materia prima para la elaboración de vainilla, uno de los saborizantes más apreciados a través del tiempo en el gusto humano. Su producción tiene un mercado muy amplio y consolidado, que ha favorecido la conformación de una red de relaciones agroindustriales que la definen como una cadena integrada por: productores, beneficiadores, comerciantes, industriales, proveedores de insumos y servicios, artesanos, exportadores, autoridades federales y estatales entre otros. Donde cada uno de ellos, representa los eslabones que conforman la cadena agroalimentaria del sistema producto vainilla en la región. (Figura 1).

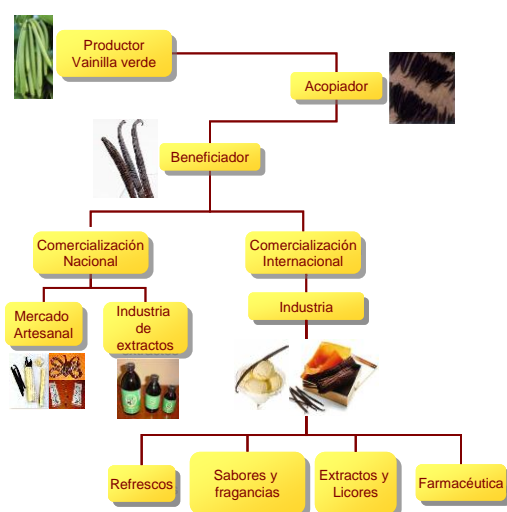


Figura 1 Cadena agroalimentaria de la vainilla

Actualmente, el establecimiento de agroindustrias de vainilla ha sido una de las alternativas estratégicas para varios países en desarrollo, particularmente de algunos con características tropicales ubicados en el océano pacífico, entre ellos, Indonesia y Papúa Nueva Guinea (Mc Gregor, 2005). En dichos países, a partir del análisis de sus activos en materia de medios de vida, se ha seleccionado como estrategia de desarrollo, el fortalecimiento de la agroindustria de vainilla.



4.3.1 Fase diagnóstica

Contexto de vulnerabilidad

El sistema-producto vainilla enfrenta un contexto de vulnerabilidad influido principalmente por factores climáticos y económicos.

Climáticos. Asociados al incremento en intensidad y frecuencia de fenómenos meteorológicos como huracanes y tormentas tropicales que afectan a la región productora de vainilla desde 1988, ya que debido a su situación geográfica ubicada de cara al golfo de México, Océano Atlántico y Mar Caribe (Figura 2), la zona experimenta numerosos eventos ciclónicos.

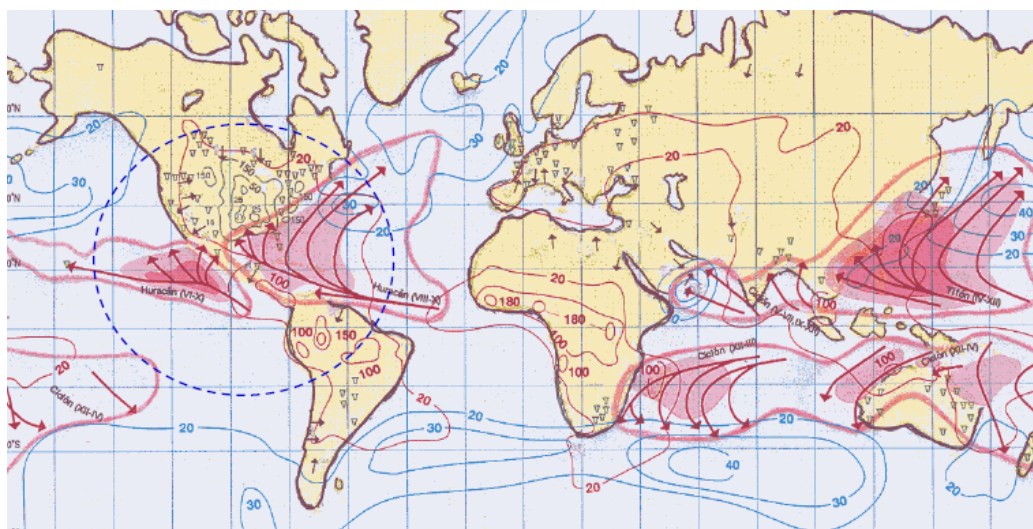


Figura 2. Mapa mundial de las regiones ciclogénicas. La línea punteada de color azul indica la posición de México dentro de dichas regiones. Fuente: Comisión Nacional de seguros y finanzas de México, 2006

Por otra parte se observó que el periodo de actividad ciclónica en el atlántico, que es el que más afecta a la región Totonacapan, se está modificando. Particularmente en el mes de mayo, antes del año 2007, no se habían registrado ciclones en la región, lo cual afecta de manera considerable la producción de vainilla, ya que alrededor de dicho mes inicia el periodo de floración de *V. planifolia*, etapa en la que la planta asigna sus nutrientes y energía a las estructuras reproductivas, por lo que es sumamente susceptible al aborto de flores y frutos, así como a infecciones fúngicas (Figura 3).



Económicos. Relacionados con la inestabilidad de los precios internacionales derivados de sobreproducción del cultivo a nivel internacional y del interés creciente sobre la agroindustria de vainilla como actividad estratégica rentable para numerosos países tropicales en desarrollo.

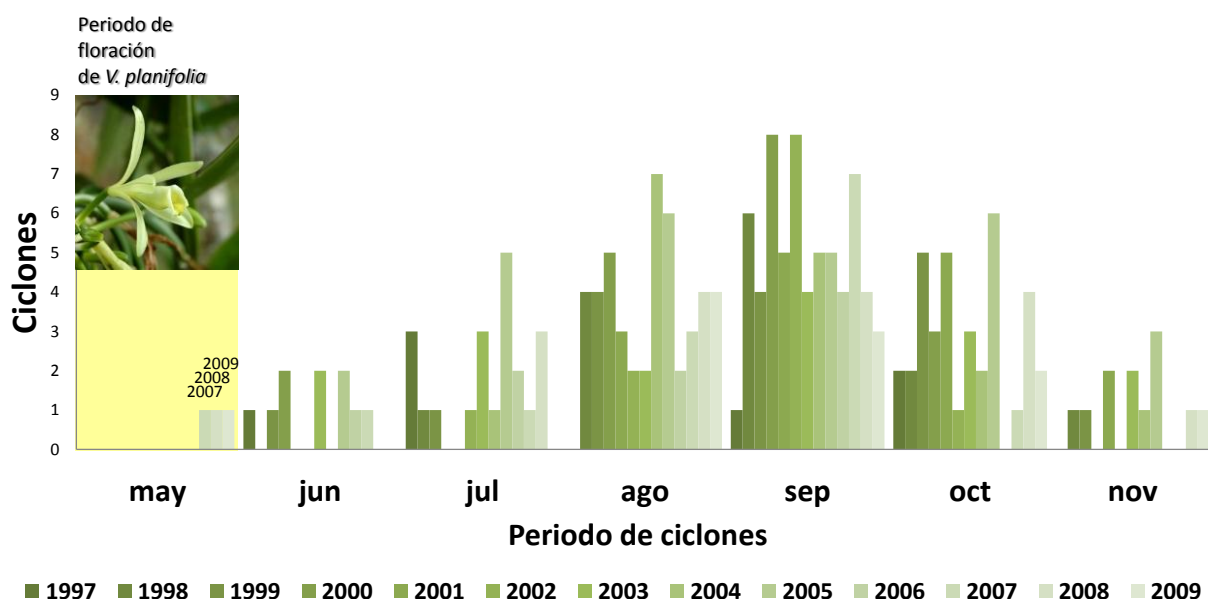
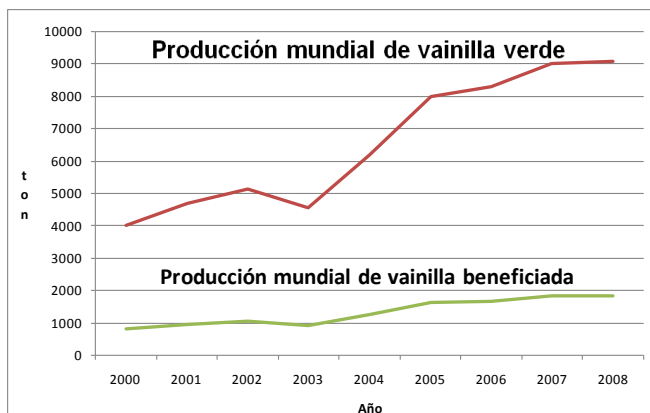


Figura 3 Comportamiento mensual del periodo ciclónico que afecta a la Región Totonacapan desde 1996. Las barras de color claro refieren los años más recientes, mientras que las de color oscuro representan años pasados.

La producción de vainilla a nivel internacional presenta un comportamiento creciente por la participación de países de las islas del océano pacífico a partir de 2003, lo cual sugiere un escenario de disminución en los precios internacionales por sobreoferta (Gráfica 1). Sin embargo, paralelo a dicha tendencia se ha observado un incremento creciente en siniestros provocados por eventos meteorológicos como huracanes y tormentas tropicales (Gráfica 2), así como problemas fitosanitarios por *Fusarium oxysporum* f. sp. *vanillae*, tanto a nivel mundial como en México, lo cual impacta en los precios. De esta forma, se observó que la interacción entre volumen de producción internacional y siniestros climáticos-fitosanitarios determina la dinámica de los mercados tanto a nivel internacional, como local.

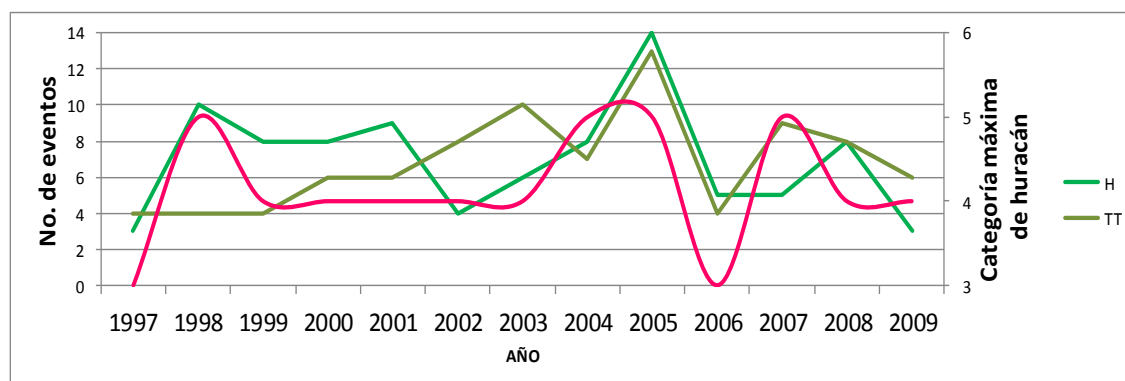


Gráfica 1 Producción mundial de vainilla entre 2000 y 2008



Fuente: FAOSTAT, Dirección de Estadística 2011

Gráfica 2 Comportamiento de eventos meteorológicos en el golfo de México a partir del año 1997. H=Huracanes, TT= Tormenta tropicales, Cat Max= Categoría máxima de los huracanes



Fuente: SMN, 2010

Por otra parte, se señala que existe una demanda internacional de vainilla beneficiada de aproximadamente 32 000 ton y la producción oscila entre 2000 y 4000 ton. De manera que dicho margen ha generado expectativas para rehabilitar e iniciar cultivos de vainilla principalmente en Comoras, Costa Rica, Guatemala, India, Indonesia, Papúa Nueva Guinea, Uganda, Vietnam y México de donde es originario el cultivo (Mc Gregor, 2005).



Sin embargo se advirtió que la demanda de vainilla tiene un comportamiento inelástico, es decir que experimenta una situación de mercado en la que cualquier aumento o disminución en el precio de vainilla, no resulta en un correspondiente aumento o disminución en su suministro (Mc Gregor, 2005).

Otro factor de vulnerabilidad que destaca desde 1960 en la región Totonacapan, es la intensidad del proceso de cambio de uso del suelo para actividades ganaderas y de extracción de petróleo, lo cual representa una amenaza en la disminución del área con características adecuadas para el cultivo de vainilla, así como en la erosión de diversidad en el germoplasma de *Vanilla planifolia*. La modificación en el uso de suelo ha estado acompañada de transformaciones a los sistemas locales de organización, social y productivo de la región, lo cual ha estimulado procesos de migración rural-urbana hacia centros de trabajo, principalmente relacionados con las actividades petroleras. Dicha situación favorece la erosión del conocimiento tradicional, envejecimiento de la población e interrupción de la transmisión y la reproducción de los sistemas de producción agrícola y las formas de organización tradicionales en que se establece el cultivo de vainilla (Vergara y Cervantes, 2009).

Acerca del impacto de las políticas nacionales en el conocimiento local, se ha percibido un efecto sobre la reducción del número de localidades que aún conservan sistemas tradicionales de producción (cultivos múltiples, monte alto, vainillal, acahual inducido, y solares) en la región. Particularmente, por una aplicación sistemática de programas de gobierno que pretenden introducir y reforzar la ganadería en la región, por lo que muchos espacios donde se desarrollaban sistemas agrícolas tradicionales, han sido comprados por ganaderos para el establecimiento de ranchos (del Amo, 2008).

De manera que en relación a política agrícola, se distinguió que los modelos de desarrollo internacional y nacional, no consideran directrices agrícolas, por lo que no solo vainilla sino muchos otros productos enfrentan un contexto político de vulnerabilidad que limita pero no impide el potencial de desarrollo de los actores de los sistemas-producto, en este caso de vainilla (Cuadro 1).



Cuadro 1 Resumen del contexto de vulnerabilidad para el sistema-producto vainilla de la Región Totonacapan.

Choque	Tendencia	Temporalidad	Fuente
Huracanes y tormentas tropicales	Comportamiento creciente en frecuencia e intensidad	Desde 1988	SMN, 2011
Daños por <i>Fusarium</i> spp	Creciente	Desde 1988	New Scientist, 2008
Precios internacionales	Comportamiento especulativo	No cíclico	FAO STAT, 2011
Demanda insatisfecha	Creciente con comportamiento Inelástico	Desde 2004	FAO STAT, 2011
Sobreproducción Internacional	Comportamiento creciente	Desde 2004	FAO STAT, 2011
pérdida de hábitat natural	Comportamiento creciente	Desde 1960	del Amo, 2008
Política agrícola de bajo impacto	Creciente disminución de la intervención del estado	Desde 1980	Rubio, 2007
Pérdida de Conocimiento local	Creciente Migración rural-urbana de jóvenes e interrupción de la cadena de conocimiento	Desde 1980	Vergara y Cervantes, 2009

Identificación de activos

Cinco tipos de activos o capitales se identificaron para el sistema-producto vainilla en la región Totonacapan:

Capital humano. Se refiere a los conocimientos, aptitudes, capacidades laborales y estado de salud que en conjunto hacen que las poblaciones puedan definir y poner en marcha sus estrategias de vida (DFID, 2002). Debe reconocerse que este enfoque prioriza en el capital humano sólo como una herramienta. Pero no avanza en la construcción de indicadores de bienestar humano, personal, aspiraciones, psicología, etc.



En este sentido se observó un vasto conocimiento local en los eslabones de producción, beneficiado, artesanías, comercialización e industrialización, el cual se ha construido al menos durante los últimos 200 años. De manera que existen recursos humanos altamente especializados en cada uno de los eslabones de la cadena, a tal magnitud que la región es la fuente de conocimiento y el modelo para reproducir el sistema-producto vainilla en otros estados de México.

Por ejemplo, dentro del eslabón de producción existe un sistema de conocimiento tradicional que dirige la selección de esquejes para iniciar un cultivo de vainilla, hasta la polinización manual de flores y la selección de los frutos en estado de madurez fisiológica (Baltazar-Nieto, 2010). En el caso del eslabón de beneficiado, se reconoce un Maestro beneficiador el cuál conduce el proceso y tiene a su cargo a Oficiales beneficiadores, especializados en dichas labores (Obs. pers).

Capital natural. Es el término utilizado para referirse a las partidas de recursos naturales de las que se derivan los flujos de recursos y servicios (ciclos de nutrientes, protección de la erosión) útiles en materia de medios de vida. Existe una amplia variedad de recursos que constituyen el capital natural, desde bienes públicos intangibles como la atmósfera y la biodiversidad hasta activos divisibles utilizado directamente en la producción (árboles, tierras, etc.) (DFID, 2002).

En el caso del sistema-producto vainilla se reconoció como elemento crítico para el capital natural, la existencia de variación genética en el germoplasma de *V. planifolia*.

A través del estudio de las concentraciones de los cuatro compuestos mayoritarios que determinan la calidad aromática en *V. planifolia*, evaluados en distintas colectas de la región y su comprobación mediante técnicas moleculares, se identificaron seis grupos fitoquímicos o quimiotipos con características particulares de aroma y concentración de vainillina, que se plantea muestran un gradiente de selección trabajado por los agricultores a través del tiempo, que va desde materiales con características aromáticas silvestres (Quimiotipo I), hasta materiales con aroma altamente modificado con notas intensas a vainillina correspondiente al quimiotipo VI (Salazar-Rojas et al., 2011).



Dicha variación quimiotípica no está referida para las plantaciones comerciales de vainilla a nivel internacional, de manera que representa ventajas comparativas y competitivas, para el desarrollo de nuevas ofertas, segmentos o subproductos para el mercado (Figura 4). La variación quimiotípica de *V. planifolia* que existe en la región Totonacapan está en manos de los productores, lo cual podría fortalecer al eslabón productivo que resulta ser en el que recaen la mayor parte de los costos y recibe menos ganancias de las transacciones derivadas de la transformación. De esta manera, la existencia de variación genética en la región, representa una enorme ventaja del sistema-producto vainilla en la región Totonacapan, no solo a nivel nacional sino internacional, ya que actualmente, la producción mundial de vainilla está soportada en un clon que salió de la región Totonacapan hace aproximadamente 200 años (Bory et al., 2007), lo cual incrementa posibilidad de siniestros fitosanitarios a nivel mundial.

Por otra parte la existencia de variación genera expectativas para el desarrollo de programas de mejoramiento genético que ofrezcan respuestas ante los choques relacionados con factores climáticos, fitosanitarios y de calidad.

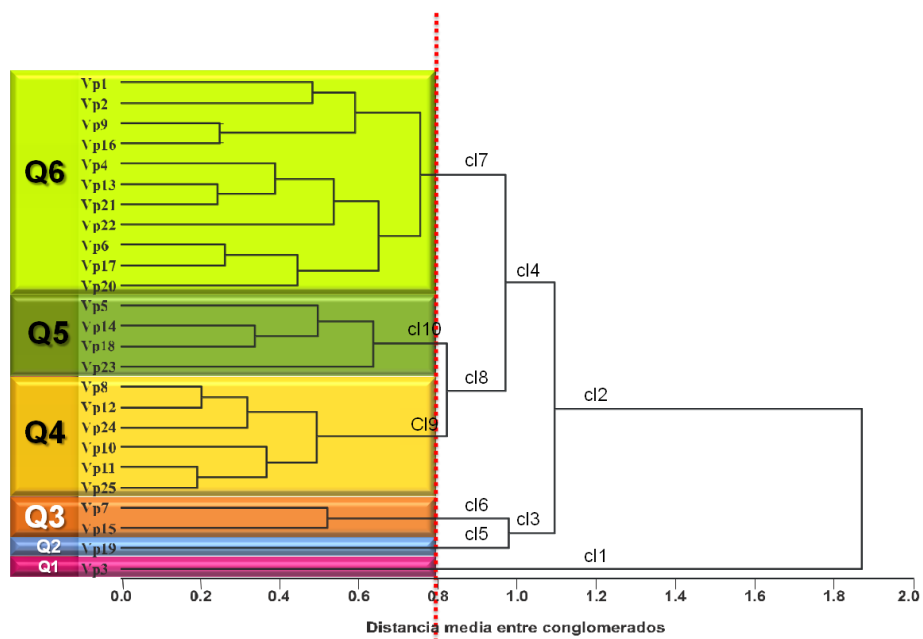


Figura 4 Dendrograma de 25 colectas de *Vanilla planifolia* en la región Totonacapan Puebla-Veracruz, con base en el promedio de 10 variables y agrupamiento por distancias de similitud.



La conservación de variación quimiotípica del germoplasma de *V. planifolia* de la Región Totonacapan representa un reto complejo y necesario para el caso de México y la región, ya que son centro de origen, lo que indica que dicho material corresponde al pool genético primario de la especie *V. planifolia* a nivel mundial.

Por otra parte, bajo los esquemas internacionales que rigen la comercialización de vainilla, se asigna mayor importancia a la maximización y homogeneidad de los contenidos de vainillina, lo cual incide sobre el no uso de materiales de bajo contenido, y con ello la pérdida de variabilidad, es decir, el no uso de nuevos o distintos aromas, de variación genética y de capacidad de respuesta a factores bióticos y abióticos imprevistos.

De manera que dada la importancia comercial de la producción de vainilla a nivel nacional e internacional, el impacto socioeconómico regional de su cultivo, la variación genética de vainilla que existe en la región Totonacapan, y su latente riesgo de extinción; el desarrollo de esquemas de conservación para el germoplasma de vainilla resulta estratégico en el diseño de estrategias integrales que consideren no solo el contexto biológico sino que incluyan aspectos sociales y económicos que afectan el funcionamiento, permanencia y competitividad del sistema-producto vainilla en la región Totonacapan.

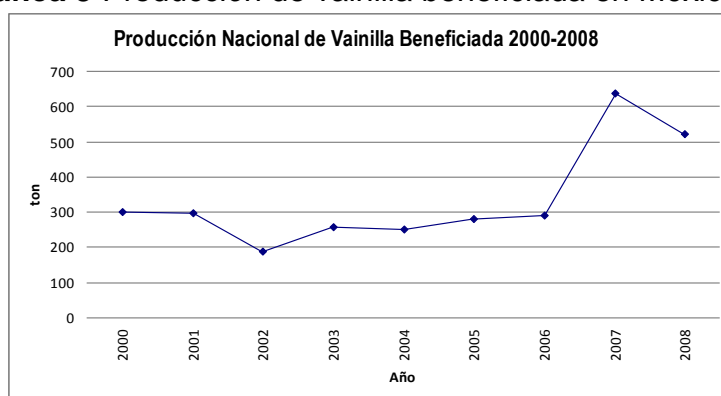
Capital financiero y físico. El capital financiero hace referencia a los recursos financieros que las poblaciones utilizan para lograr sus objetivos en materia de medios de vida. Incluye tanto flujos como partidas y puede contribuir tanto al consumo como a la producción. En este caso se trata de capturar un importante bloque de construcción en materia de medios de vida: la disponibilidad de dinero en metálico o equivalentes, que permite a los pueblos adoptar diferentes estrategias en materia de medios de vida. En tanto, el capital físico refiere la infraestructura básica y los medios de producción necesarios para respaldar los medios de vida. Tales como, acceso a servicios públicos, uso de energías y medios de producción privados o comunitarios, que permiten a las poblaciones ser más productivos.



La cadena de valor vainilla se articuló por la capacidad de la población para invertir en medios de producción, y por el aprovechamiento y desarrollo de medios productivos, por parte de las familias totonacas y europeas migrantes del siglo XIX. La cadena de valor constituye una fuente de capital financiero importante para la región y el país.

La producción nacional de vainilla beneficiada oscila entre 500 y más de 600 toneladas anuales (Gráfica 3), con un valor estimado de MNX \$27,460,550.00 a precios del año 2008 (SIAP, 2010).

Gráfica 3 Producción de vainilla beneficiada en México



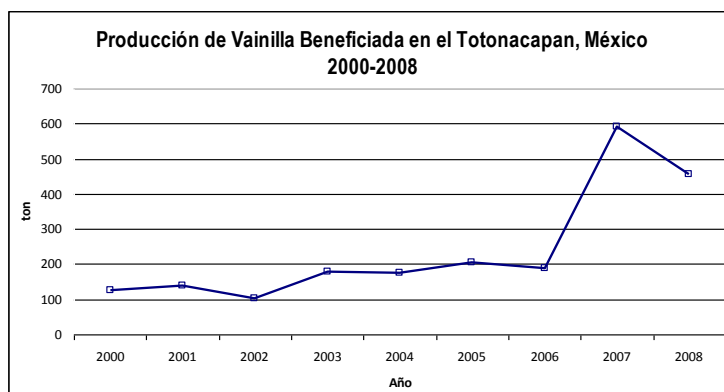
Fuente: SIAP, PUEBLA, 02 de julio de 2010

La gráfica 4 indica que la producción de vainilla de la región Totonacapan (que incluye municipios de Puebla y Veracruz) tiene exactamente el mismo comportamiento que la gráfica de producción a nivel nacional, esto debido a que la región totonacapan es la principal región productora del país. La cual aporta el 74% de la producción nacional (SIAP, 2010).

Los aumentos que registra la producción se deben a un incremento en la superficie sembrada en la región Totonacapan. La tendencia al alza, puede continuar, por la participación de otros estados del país como: Oaxaca, San Luis Potosí, Quintana Roo y Chiapas, entre otros.



Gráfica 4 Producción de vainilla beneficiada en la región Totonacapan, México



Fuente: SIAP, PUEBLA, 02 de julio de 2010

Pero la cadena de valor vainilla, no solo es importante por el valor de su producción, sino por la rentabilidad que genera en los diferentes eslabones de la cadena, así como por la generación de empleos para la población local.

Rentabilidad. La tasa de rentabilidad en la cadena de valor se diferencia según el sistema productivo y sistema de beneficiado que se practique. En el caso del sistema de producción de vainilla “bajo naranjo” (se menciona porque es el único sistema del que se ha medido rentabilidad financiera) la tasa de rentabilidad financiera es de 9%, que equivale a MNX \$ 2,163.00 ha⁻¹. (Barrera-Rodríguez et al., 2011). Tasa de rentabilidad que en los sistemas tradicionales de producción caracterizados por un proceso productivo completamente manual, al aire libre y con uso de mano de obra familiar (95% de las familias productoras usa mano de familiar (Ídem), resulta atractiva pues no es el único ingreso que obtienen de dicha actividad, ya que este se compone de la tasa de rentabilidad más el costo no erogado del uso de mano de obra familiar que equivale a \$11,210.7, más la renta de la tierra igual a MNX \$ 1,499.70, que juntos suman un total de MNX \$ 14,873.40 ha⁻¹ al año.

En cuanto al sistema tecnificado reconocido como “malla sombra”, el cultivo intenta ser manipulado recreando las condiciones que al aire libre requiere la planta de vainilla, con lo cual se busca aumentar rendimiento y reducir riesgo de siniestralidad. Sin embargo, los altos costos de los insumos por un tipo de cambio sobrevaluado y altas tasas de interés, y el mismo precio al que se paga la vainilla producida en el sistema “bajo



naranja”, hace no rentable el cultivo. La malla sombra incluso ocasiona pérdidas a los productores porque debe cambiarse cada 5 años y las condiciones agroecológicas de la región presentan frecuentemente siniestralidad por huracanes o tormentas tropicales, lo cual no garantiza el mismo nivel de producción anual de cada vainillal. Por lo que se plantea que la producción de vainilla con el sistema “bajo naranja” es viable y que el sistema “malla sombra” es inviable (Barrera-Rodríguez et al., 2011).

Respecto al sistema de beneficiado, las tasas de rentabilidad también se diferencian según el sistema beneficiador. En el sistema de beneficiado “bajo sol” se obtiene una tasa de rentabilidad de 50% al año que representa una utilidad neta para el beneficiador de MNX \$ 2,264,444.00. por 13 mil kg de vainilla verde (Barrera, 2008), que significa MNX \$ 209,025.6 anuales por el beneficio de la producción de 1 ha con 240 kg de vainilla verde. Cantidad que traducida en salarios mínimos equivale a un ingreso de 5.3 salarios mínimos mensuales.

Para el caso de vainilla beneficiada en “horno calorífico” la rentabilidad es de 66% de un total de ingresos de MNX \$ 2,332,154 por 9 mil kg de vainilla verde (Barrera, 2008), equivalente a MNX \$ 205,229.55 pesos anuales por el beneficio de 1 ha con 240 kg de vainilla verde. Cantidad que traducida en salarios mínimos significan 10.4 salarios mínimos.

Dicha rentabilidad de la cadena, da viabilidad a su desarrollo sostenido, en la medida de una distribución más equitativa de la renta entre los eslabones, particularmente para el eslabón productivo para el que no es rentable el cultivo de vainilla.

Capital social. En el contexto del marco de los medios de vida sostenibles, el capital social se refiere a los recursos sociales en que los pueblos se apoyan en la búsqueda de sus objetivos en materia de medios de vida. Éstos se desarrollan mediante: *Redes y conexiones*, ya sean verticales (patrón/cliente) u horizontales (entre individuos con intereses compartidos), que aumenten la confianza y habilidad de las poblaciones para trabajar en grupo y ampliar su acceso a instituciones de mayor alcance, como organismos políticos o civiles (DFID, 2002). *Participación en grupos formalizados*, lo que suele entrañar la adhesión a reglas, normas y sanciones acordadas de forma



mutua o comúnmente aceptadas (DFID, 2002). Y relaciones de confianza, reciprocidad e intercambios que faciliten la cooperación, reduzcan los costos de las transacciones y proporcionen la base para crear redes de seguridad informales entre los menos favorecidos (DFID, 2002).

En este sentido se observó que es una de las formas de capital más fortalecida del sistema-producto vainilla por las características agroindustriales de la producción de vainilla beneficiada.

Redes y conexiones. A través de la técnica de Stakeholders y mediante la representación gráfica del grado de influencia e interés de cada integrante en la relación con el uso y conservación del germoplasma de *V. planifolia* de la región Totonacapan se identificaron seis stakeholders o agentes decisores (Figura 5).

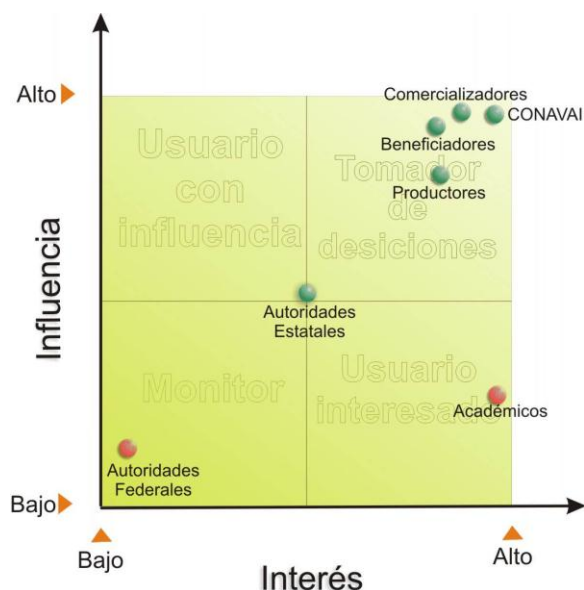


Figura 5 Grado preliminar de influencia/interés de los stakeholders identificados en el sistema-producto vainilla.

Se observó que dichos agentes decisores son determinantes en la dinámica del sistema-producto vainilla en la región y están interconectados y estructurados en una red horizontal principalmente, aunque persisten ejemplos de relaciones patrón-cliente entre algunos productores y los eslabones de transformación. Particularmente se



destaca el papel del CONAVAI (Consejo Nacional de Productores Vainilleros) como un agente que está regulando el tipo de relación de los productores hacia esquemas más horizontales.

Participación en grupos formalizados. Existen grupos formalizados en cada eslabón con reglamentos y actas constitutivas propias:

Comités: Comité Nacional del Sistema-producto vainilla, Comité Estatal del Sistema-producto vainilla en Veracruz, Comité Estatal del Sistema-producto vainilla en Puebla

Productores: Consejo Estatal de productores vainilleros de Veracruz A.C., Consejo Estatal de productores vainilleros de Puebla A.C., Consejo Nacional de productores vainilleros A.C.

Beneficiadores: Representantes del eslabón de beneficiadores y exportadores de vainilla de Veracruz.

Comercializadores-industrializadores: Empresas comercializadoras e industrializadoras (S.A.) y Representantes del eslabón de comercialización

Relaciones de confianza, reciprocidad e intercambios. En este sentido se observa que el papel del CONAVAI está posicionando al eslabón de productores en un sitio de reciprocidad e intercambio con el resto de los eslabones de la cadena. Se Considera que por el momento no es posible observar relaciones de confianza entre todos los eslabones de la cadena, sin embargo la tendencia parece favorable, ya que actualmente existen reuniones periódicas donde participa todo el sistema-producto sobre un punto de interés común para los eslabones relacionado con la denominación de origen para la vainilla de la región Totonacapan. Actualmente, dicha actividad está fomentando relaciones entre eslabones que pueden madurar y convertirse en relaciones de confianza que deriven en futuras alianzas estratégicas.



Estructuras y procesos

En el sistema-producto vainilla, existen diversas estructuras generadas a partir de la cadena agroindustrial. Por estructura se entiende al conjunto de organizaciones, públicas y privadas, que desde diferentes niveles, hacen dinámicos los procesos de desarrollo en las localidades (DFID, 2002). En el contexto de la cadena de vainilla, se trata de organizaciones que se ubican tanto a nivel local como nacional.

En el ámbito nacional, existe influencia del Gobierno Federal a través del Decreto Presidencial de explotación, comercio y beneficio de la vainilla (1943), que marca los inicios de cosecha, y se ha constituido como una regla de observancia regional. Además, existe un marco operativo por parte de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), respecto al cumplimiento de la Ley de Desarrollo Rural Sustentable en el Capítulo sobre Sistemas-Producto que dan figura jurídica al Sistema-Producto Nacional Vainilla.

En el tema legislativo, aunque no se ha consolidado la propuesta, la Cámara de Diputados Federal está trabajando en una estructura legal de restricción sobre la comercialización de saborizantes artificiales a vainilla, lo cual podría fortalecer el consumo nacional de la vainilla natural.

De parte de las instituciones privadas, destacan los esquemas de asesoría técnica e investigación que encabeza la Fundación Produce Puebla, asociación civil que tiene dentro de sus objetivos promover investigación-vinculación para el desarrollo de los eslabones productivos del sector agrícola.

En las estructuras regionales, destacan los Consejos Estatales de Productores, y los Sistemas-Producto vainilla Estatales, que se han integrado para gestionar recursos y problemáticas ante instancias oficiales estatales y federales.

Existen organizaciones nacionales privadas que demuestran la fortaleza potencial de la cadena. El Consejo Nacional de Productores Vainilleros AC (CONAVAI), se integra con los Consejos Estatales de las entidades productoras, dentro de sus acciones se incluye capacitación para la producción, gestión de recursos, estudios de mercado y



transferencia de tecnología. Otra estructura de investigación y enlace es el Sistema Nacional de Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura (SINAREFI), que asocia a universidades, centros de investigación y asociaciones civiles, donde uno de sus objetivos es coleccionar, caracterizar, conservar y usar recursos fitogenéticos con acceso justo y equitativo.

4.3.2 Fase de diseño de estrategias

Identificación de problemas y objetivos

La identificación y el análisis de problemas es el primer paso para la identificación de los objetivos estratégicos de desarrollo. Se utiliza para identificar alternativas de solución a un determinado problema, y constituye, por tanto, la primera fase de un proceso de planificación de acciones de intervención. Para la identificación del problema central, se construyó un árbol de problemas en el cual se identificaron las causas que lo originan, así como los efectos que este genera (Figura 6).

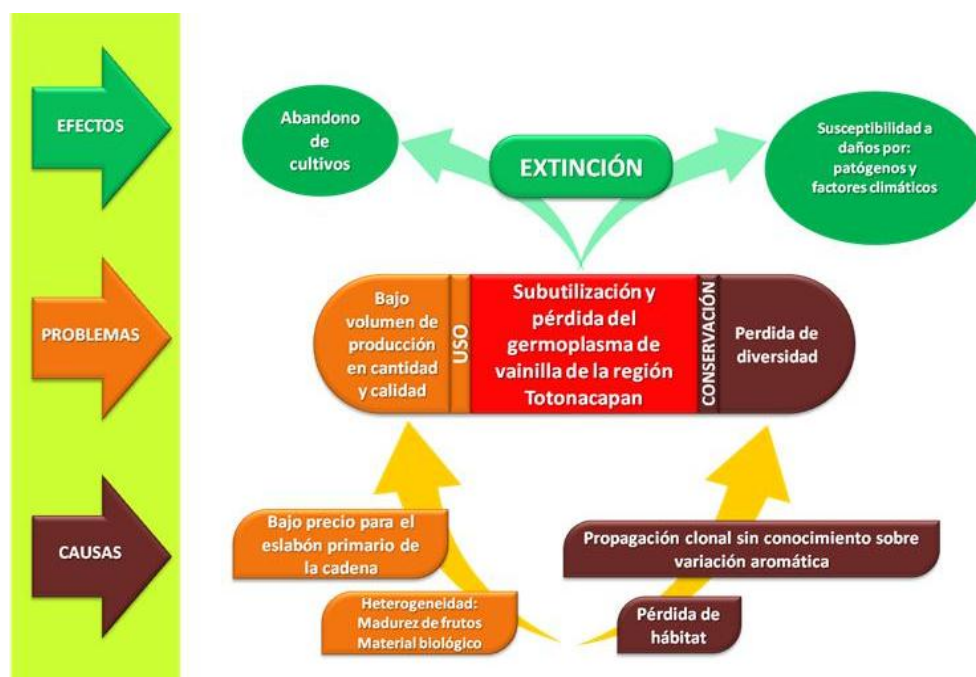


Figura 6 Árbol de problemas para el diseño de la estrategia de uso y conservación del germoplasma de vainilla de la región Totonacapan.



A partir del árbol de problemas, se dedujo el árbol de medios y fines para identificar alternativas de solución bajo la forma de acciones de intervención (Figura 7).

La lógica de la intervención está muy asociada a la estrategia y se trata de un conjunto de etapas que deben realizarse para contribuir a los objetivos generales. Lo anterior, se pueden entender de la siguiente forma: en función de los medios, pueden emprenderse las actividades, gracias a las actividades, se alcanzan los resultados, por medio de los resultados, se pretende realizar el objetivo específico, a través del objetivo específico se contribuye a los objetivos generales.

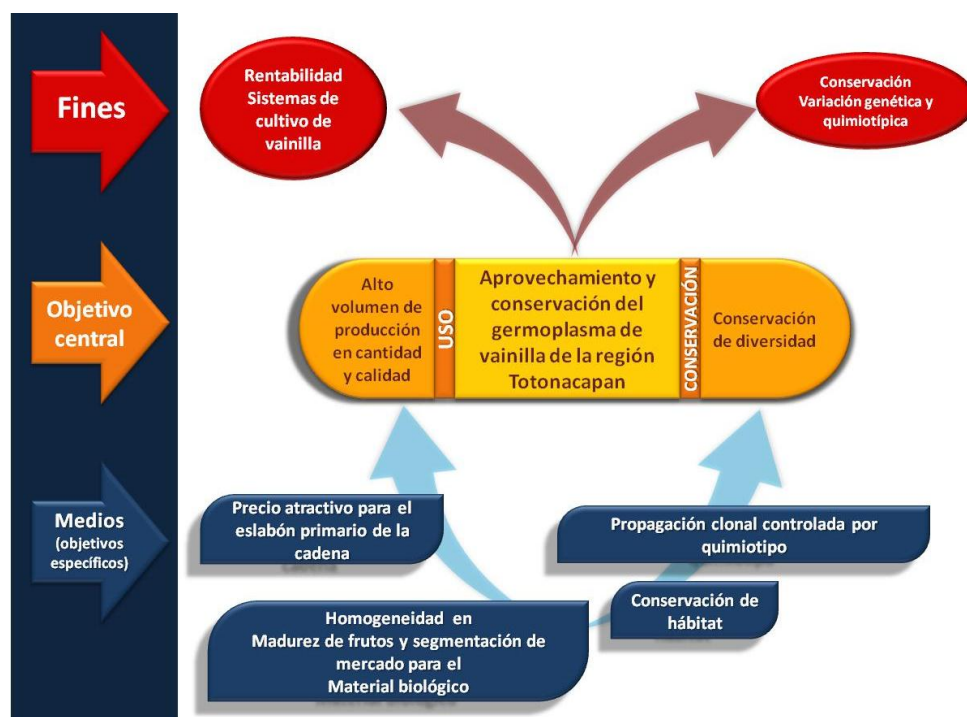


Figura 7 Árbol de medios y fines, para el diseño de la estrategia de uso y conservación del germoplasma de vainilla de la región Totonacapan.

A partir de dicho formato se establecieron objetivos específicos, resultados y actividades (Figura 8):





Figura 8 Diagrama de objetivos, para el diseño de la estrategia de uso y conservación del germoplasma de vainilla de la región Totonacapan.



Análisis FODA

Tras definir los objetivos, el siguiente paso fue decidir cómo llegar a ellos, es decir las líneas de acción y de intervención necesarias para lograr las metas propuestas. Es necesario que exista un nexo bien establecido entre las conclusiones extraídas de los puntos fuertes y débiles y las líneas de acción que se seleccionen, para incidir sobre los factores que causan los problemas y/o que impiden el nacimiento de nuevas actividades.

Siguiendo el análisis de objetivos para formular estrategias y alcanzar cada objetivo específico planteado, se realizó un ejercicio tipo Fortalezas, Oportunidades, Debilidades, Amenazas (FODA) estructurado de la siguiente forma:

Objetivo: aumentar el precio en el eslabón primario

Fortaleza

- Existe capital social relacionado con la estructura de cadena (relaciones de cooperación)
- Madurez en la configuración del Sistema-Producto vainilla
- Interés común en el éxito de la Denominación de origen “Vainilla de Papantla”

Oportunidades

- Interacción de eventos de Incremento de precios con disminución en la oferta internacional
- Aprovechar la variación de quimiotipos que existe en la región para segmentar el mercado

Debilidades

- Conflicto de intereses entre los diferentes eslabones de la cadena
- Múltiples problemas en la producción de vainilla

Amenazas

- Sobreproducción mundial



Potencialidades	Desafíos	Riesgos	Limitaciones
1. Construcción de un sistema temporal de pago compensatorio para el eslabón productivo de la cadena vainilla	Gestión de recursos económicos para la realización de los pagos	Generar dependencia de la intervención gubernamental	Monto de recursos disponibles
2. Campaña de concientización sobre precios justos a la producción para el fortalecimiento de la cadena vainilla	Alto Impacto de convencimiento en todos los actores de la cadena	NULO	Impacto parcial entre los actores de la cadena

Objetivo: disminuir la heterogeneidad en la calidad de la producción de vainilla beneficiada

Fortaleza

- Existe capital humano relacionado con el conocimiento sobre los parámetros que inciden en la calidad aromática
- Existe variación quimiotípica que define variación de aromas en el germoplasma de vainilla

Oportunidades

- La denominación de origen favorece la reglamentación y normalización de estándares de calidad a través de Normas mexicanas (NOM)

Debilidades

- Prácticas tradicionales no respetadas sobre los tiempos de cosecha de los frutos maduros
- Diferentes agroecosistemas de producción de vainilla

Amenazas

- Robo de frutos inmaduros



- Efecto del Decreto Presidencial que regula las fechas de prácticas sobre el cultivo de vainilla

Potencialidades	Desafíos	Riesgos	Limitaciones
1. Estandarización de la madurez fisiológica de los frutos	Impactar a toda la región productora	Incremento en el robo de frutos verdes	Resistencia cultural sobre nuevas prácticas de cosecha
2. Caracterización agrobiológica de la variación quimiotípica de vainilla	Divulgación de resultados sobre variación quimiotípica entre la región productora	NULO	Ausencia de estructuras de divulgación científica y tecnológica para la región

Objetivo: propagación clonal controlada de acuerdo a quimiotipo

Fortaleza

- Región productora de esquejes a nivel nacional
- Esquejes protegidos por la Denominación de origen
- Existe variación quimiotípica

Oportunidades

- Demanda creciente de esquejes por Incorporación de nuevas regiones productoras de Vanilla en México
- Registro de variedades bajo sistemas de protección de propiedad intelectual
- Registro de variedades representa nueva fuente de ingresos derivada del germoplasma de vainilla
- Conformación de un esquema de oferta de esquejes certificados por calidad aromática y fitosanitaria para el mercado nacional e internacional
- Control y monitoreo fitosanitario del cultivo a nivel regional



Debilidad

- Piratería de germoplasma
- Ausencia de normas fitosanitarias y de calidad aromática sobre el germoplasma

Amenaza

Desconocimiento/desinformación regional sobre la existencia de variación en la calidad aromática del germoplasma local

Potencialidades	Desafíos	Riesgos	Limitaciones
1. Propagación clonal diferenciada por quimiotipo	Construcción de una estructura formal para la certificación de esquejes (SNICS)	Favorecer la propagación de un material en específico y perder la variación	Medios humanos e infraestructura para integrar un equipo de certificación para esquejes de vainilla

Objetivo: recuperación y rehabilitación de los sistemas tradicionales de producción de vainilla

Fortalezas

- Existe vasto conocimiento y experiencia tradicional sobre el manejo y cultivo de vainilla

Oportunidades

- Incremento en la demanda de vainilla natural a nivel nacional, producto de una política de restricción sobre la comercialización de vainillina sintética
- Reconocimiento de la producción tradicional de vainilla como elemento de identidad dentro de la Denominación de Origen

Debilidades

- Desinterés regional en el cultivo de vainilla como actividad económica rentable
- Bajo precio para el eslabón productivo de la cadena de vainilla



Amenaza

- Interrupción intergeneracional de la transmisión de sistemas de producción y conocimiento tradicional sobre vainilla

Potencialidades	Desafíos	Riesgos	Limitaciones
1. Promoción de los sistemas tradicionales de producción de vainilla como patrimonio intangible de la humanidad	Conseguir la declaratoria de “Patrimonio cultural inmaterial”	NULO	Falta de apoyo institucional Nacional

A partir del FODA, las estrategias se formularon procurando: aprovechar las oportunidades y las fortalezas, superar las debilidades aprovechando las oportunidades, superar las amenazas aprovechando las fortalezas, y neutralizar las amenazas.

4.3.3 Integración de estrategias

A partir del diagnóstico de medios de vida y de la identificación de objetivos estratégicos, se seleccionaron las posibles estrategias, de acuerdo a la viabilidad de su ejecución. El resultado se expresó mediante una matriz de estrategias por objetivo, en la que se buscó aprovechar las potencialidades y capacidades o capitales con las que cuentan sus actores para aprovechar y conservar el germoplasma de vainilla de la región Totonacapan (Cuadro 2).



Cuadro 2 Matriz de estrategias por objetivo para el uso y conservación del germoplasma de vainilla de la región Totonacapan

Estrategia de uso y conservación del germoplasma de vainilla de la región Totonacapan	
Objetivo general: Aprovechamiento y conservación del germoplasma de vainilla de la región Totonacapan	
Objetivos específicos:	Estrategias:
1. Aumentar el precio en el eslabón primario	1.a) Construcción de un sistema temporal de pago compensatorio para el eslabón productivo de la cadena vainilla 1.b) Campaña de concientización sobre precios justos a la producción para el fortalecimiento del sistema-producto vainilla
2. Disminuir la heterogeneidad en la calidad de la producción de vainilla beneficiada	2.a) Estandarización de la madurez fisiológica de los frutos 2.b) Caracterización agrobiológica de la variación quimiotípica de vainilla
3. Propagación clonal controlada de acuerdo a quimiotipo	3.a) Propagación clonal diferenciada por quimiotipo
4. Recuperación y rehabilitación de los sistema tradicionales de producción de vainilla	4.a) Promoción de los sistemas tradicionales de producción de vainilla como patrimonio intangible de la humanidad

4.4 Discusión

La adopción y adaptación del enfoque de medios de vida sostenibles (MVS) en el estudio de la planeación estratégica de recursos genéticos ha mostrado mejoras en la identificación y entendimiento de los problemas que afectan su uso y conservación. Particularmente, dicho enfoque ha sido adoptado con éxito en el ámbito de la



planeación estratégica relacionada con el diseño de políticas en temas de conservación de recursos pesqueros amenazados y combate a la pobreza de comunidades pesqueras de África (Allison y Ellis, 2001; Allison y Horemans, 2006).

Sin embargo se señala que la utilización del enfoque de MVS no debe entenderse como un manual para el desarrollo rural o combate a la pobreza, se enfatiza que su utilidad reside en el potencial para capturar la enorme complejidad que acompaña la problemática del desarrollo rural y trasgrede los límites disciplinarios de la ciencia (Knutsson, 2005).

En este sentido, el enfoque de medios de vida sostenibles (MVS) resultó ser una herramienta útil y metodológicamente sensible para el diagnóstico y análisis integral de la problemática que acompaña al sistema-producto vainilla en la región Totonacapan, en el cual no fue posible identificar una sola escala de análisis, sino que presentó una serie de interacciones entre escalas, definidas por los distintos eslabones que lo integran, desde agentes locales hasta figuras nacionales. De manera que el diseño de políticas públicas, estrategias o de acciones de intervención de impacto, encaminados tanto a la productividad como a la conservación biológica de vainilla, deben considerar la interacción entre distintos niveles de acción (nacional, estatal, local, individual) y la íntima relación que existe entre el componente biológico y el social, es decir entre el uso y la conservación de vainilla.

4.5 Conclusiones

El enfoque de medios de vida sostenibles es una herramienta pertinente para la planeación estratégica en recursos genéticos, ya que permite analizar de manera holística los múltiples factores que intervienen en la conservación, las diversas escalas involucradas, y la interacción entre ellos.

La sostenibilidad del sistema-producto vainilla en la región Totonacapan, así como de los medios de vida que se han construido en sus diferentes eslabones, dependen completamente del estado de conservación del germoplasma de vainilla. Por esta razón se considera que el uso del germoplasma de vainilla es la mejor estrategia de conservación biológica.



Los agricultores son los agentes que conservan el germoplasma de vainilla, de manera que el diseño de políticas y acciones de conservación biológica para la especie y su variación, deben considerar el fortalecimiento y desarrollo de la cultura Totonaca y sus sistemas tradicionales de producción y beneficiado.

4.6 Literatura citada

Allison EH, Ellis F. 2001. The livelihoods approach and management of small-scale fisheries. *Marine Policy* 25(5):377–88

Allison EH, Horemans B. 2006. Putting the principles of the Sustainable Livelihoods Approach into fisheries development policy and practice. *Marine Policy* 30: 757–766

Baltazar Nieto P (2010) Caracteres morfológicos de vainilla (*Vanilla planifolia* Jack.) utilizados por el agricultor en la selección de material reproductivo en cuatro municipios del Totonacapan, México. Tesis de maestría. Colegio de Postgraduados, Campus Puebla. <http://www.biblio.colpos.mx:8080/jspui/bhandle/10521/72>

Barrera Rodriguez A. (2008). Tesis de Maestría en Ciencias, “Competitividad de dos sistemas de producción beneficiado de vainilla en la región del Totonacapan (Puebla-Veracruz)”. Colegio de Postgraduados Campus Puebla. Programa 163 pp.

Barrera-Rodriguez A, Jaramillo-Villanueva JL, Escobedo-Garrido JS, Herrera-Cabrera BE (2011) Rentabilidad y competitividad de los sistemas de producción de vainilla (*Vanilla planifolia* Jack.) En la región del Totonacapan, México. *Agrociencia* 45 (5): 625-638

Bory S, Grisoni M, Duval MF, Besse P. 2007. Biodiversity and preservation of vanilla: present state of knowledge. *Genetic Resources and Crop Evolution* 55 (4): 551-571. DOI 10.1007/s10722-007-9260-3

Bruman H. 1948. The culture history of Mexican vanilla. *The Hispanic American historical review* 28: 360-376



- Comisión Nacional de seguros y finanzas de México (CNSF). 2006. Huracán y otros riesgos hidrometeorológicos. XVIII Seminario internacional de seguros y finanzas. Comisión Nacional de seguros y finanzas de México. <http://www.cnsf.gob.mx/Eventos/Seminarios/2006/HURAC%C3%81N-MCH-3.pdf> consultado: septiembre 2011
- Chambers, R. y G. Conway (1992) Sustainable rural livelihoods: Practical concepts for the 21st century (Medios de vida rurales sostenibles: conceptos prácticos para el siglo XXI). Documento de debate sobre el IDS 296. Brighton: IDS.
- Del Amo, R S. 2008. Paisaje y memoria totonaca: la relación entre ecología cultural y el manejo permanente de los recursos. En: Maestre, A J; Casas, G A M; González, J A. (Comp.) 2008. Nuevas rutas para el desarrollo en América Latina. Experiencias globales y locales. Universidad Iberoamericana. Méx. 263-302 pp.
- Department for International Development (DFID). 2002. Hojas orientativas sobre los medios de vida sostenibles. Marco de los medios de vida. Disponible en: <http://community.eldis.org/.59c21877/SP-GS1.pdf> consultado: septiembre de 2011.
- FAO STAT. 2011. Production Crops-vainilla. <http://faostat.fao.org/DesktopDefault.aspx?PageID=567&lang=es#ancor> consultado: septiembre 2011
- Jiménez PI. 2011. Planificación para la conservación de especies amenazadas: Procesos y productos. <http://www.parquesnacionales.gov.ar/novedades/Ap6.pdf> consultado: septiembre 2011.
- Instituto Mexicano de la Propiedad Intelectual. 2004. Extracto de la solicitud de Declaración de Protección de la Denominación de Origen Vainilla de Papantla. Diario Oficial de la Federación. México. 93-97pp.
- Kristensen PJ, Rader CJ, Sweeting A. 2001. *The strategic management approach: Practical planning for development managers*. Conservation International, Washington, D.C 162 pp..



- Knutsson P. 2005. The Sustainable Livelihoods Approach: A Framework for Knowledge Integration Assessment. *Human Ecology Forum* 13 (1): 90-99
- Lubinsky, P., 2003. Conservation of wild vanilla In: *Proceedings of Vanilla. First International Congress*, Princeton, NJ 08540, New Jersey, USA, November 11–12 pp.
- Machado, A.1989. *Análisis de la agroindustria*. Siglo XXI. Bogotá. 10 pp.
- March IJ, Carvajal MA, Vidal RM, San Román JE, Ruiz G. 2009. Planificación y desarrollo de estrategias para la conservación de la biodiversidad, en *Capital natural de México*, vol. II: *Estado de conservación y tendencias de cambio*. Conabio, México, pp. 545-573 pp.
- Miller KR y Lanou MS. 1995. *Planificación nacional de la biodiversidad: pautas basadas en experiencias previas alrededor del mundo*. World Resources Institute, Washington, D.C. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Unión Mundial para la Naturaleza.
- McGregor A. 2005. Diversification into high-value export products: case study of the Papua New Guinea vanilla industry. AGSF Working Document (FAO), no. 2. Rome, Italy. 40 pp.
- New Scientist. 2008. Blight hits world's vanilla supply. *The New scientist* 200 (2687): 6
- NORMA Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2001. Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. <http://www.ine.gob.mx/ueajei/norma59a.html>
- Rebolledo E. I. D., Vento Betancourt L. A. y Caro M. P. 2004 *Propuesta de agroindustrialización del café en el municipio de la unión de acuerdo a las características esperadas por el cliente a nivel internacional*. Tesis de Licenciatura, Facultad de ingeniería, Ing. Industrial. Pontificia Universidad Javeriana. 177 pp.



- Rubio, B. 2001. La exclusión de los campesinos y las nuevas corrientes teóricas de interpretación. Nueva Sociedad 182: 21-33.
- Salazar-Rojas VM, Herrera-Cabrera BE, Delgado-Alvarado A, Soto-Hernández M, Castillo-González F, Cobos-Peralta M (2011) Chemotypical variation in *Vanilla planifolia* Jack. (Orchidaceae) from the Puebla-Veracruz Totonacapan Region. Genetic Resources and Crop Evolution DOI: 10.1007/s10722-011-9729-y
- Silva LI. 2003. Metodología para la elaboración de estrategias de desarrollo local. Instituto Latinoamericano y del Caribe de Planificación Económica y Social (ILPES) Dirección de Gestión del Desarrollo Local y Regional S E R I E gestión pública 42 Santiago de Chile. 64 pp.
- Scoones I. 2011. Sustainable Rural Livelihoods a framework for analysis. IDS Working paper. 72. <http://www.ids.ac.uk/files/Wp72.pdf>
- Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. SAGARPA, 2010. <http://www.sagarpa.gob.mx/agricultura/Publicaciones/SistemaProducto/Paginas/default.aspx> Consultado: septiembre 2011.
- Servicio De Información Agroalimentaria Y Pesquera (SIAP) 2010. Estadísticas de producción anual por cultivo 2010. http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=10&Itemid=15.
- Servicio Meteorológico Nacional (SMN). 2011. Ciclones tropicales que impactaron a México de 1970 a 2008. Comisión Nacional del agua. http://smn.cna.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=38&Itemid=46 consultado: septiembre 2011.
- Schmidt T (2009) Strategic Project Management Made Simple: Practical Tools for Leaders and Teams. Wiley 272 pp
- Soto-Arenas MA. 2003. *Vanilla*, in: Pridgeon AM, Cribb PJ, Chase MW, Rasmussen FN (Eds.), Genera Orchidacearum, Vol. 3, Orchidoideae (Part 2) Vanilloideae, Oxford University Press, 402 pp.



Soto-Arenas MA. 2006. La vainilla. Biodiversitas Núm. 66. Boletín bimestral de la Comisión Nacional para el uso y conocimiento de la biodiversidad. CONABIO, México. 1-9 pp.

Vergara, T M C y Cervantes, V J R. 2009. Riesgo, ambiente y percepciones en una comunidad rural totonaca. Economía, Sociedad y Territorio, Vol. IX (9): 145-163.



CONCLUSIONES GENERALES

***Circa situm*: El modelo de conservación para el germoplasma de *Vanilla planifolia* J. en México**

La conservación de la diversidad biológica tiene como objetivo principal asegurar el mantenimiento, sobrevivencia y reproducción de la diversidad de especies, principalmente de aquellas que se encuentran amenazadas o en peligro de extinción, por lo que es un problema global que requiere de estrategias a corto plazo. Actualmente se reconoce que la conservación de la naturaleza es una tarea interdisciplinaria que requiere de un marco conceptual integral que permita estudiar las relaciones que existen entre el contexto social y biológico de las especies en una determinada región. En el caso del germoplasma de vainilla existen múltiples factores que actúan como amenazas para la sobrevivencia de las poblaciones cultivadas. De hecho, la actualización de la Estrategia Mundial de Conservación en su segunda versión (IUCN-PNUMA-WWF 1991) integró el uso sostenible como una forma para promover la conservación de la naturaleza. Al igual que en el Convenio sobre Diversidad Biológica firmado en Río en 1992, se acordó utilizar de manera sostenible los componentes de la diversidad biológica y se estableció adoptar medidas para evitar o reducir efectos adversos a la biodiversidad a través de la protección y estimulación del uso consuetudinario de los recursos biológicos conforme a las prácticas culturales tradicionales compatibles con la conservación (Salazar-Rojas, 2007). Se trata que, los objetivos biológicos de la conservación se integren con los objetivos sociales del desarrollo humano.

El germoplasma de vainilla (*Vanilla planifolia* Jack.) presenta un problema complejo, derivado principalmente de dos factores relacionados con uso y conservación: la sobreexplotación y subutilización del recurso (Lubinsky, 2003; Soto-Arenas, 2006). Es decir, la mayor parte de las poblaciones silvestres han sido genéticamente erosionadas y en algunos casos eliminadas por colectas excesivas para establecer plantaciones, a



tal grado que la especie se encuentra sujeta a protección especial por el gobierno mexicano, con el fin de evitar su extinción (Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2001; Soto, 2006). Y por otra parte, su cultivo no se ha desarrollado de manera adecuada, ya que a pesar de ser centro de origen, México contribuye con menos de 1% de la producción mundial de vainilla, lo cuál se ha asociado a un problema de heterogeneidad en la calidad de la producción. (Soto, 2006).

Ante lo anterior, surge el cuestionamiento sobre ¿Qué modelo biológico es el más adecuado para su conservación?, ¿*in situ*, *ex situ*, *ambos*, o ninguno? De manera que el presente ensayo pretende exponer y discutir algunos asuntos de contexto sobre los modelos de conservación vigentes para biodiversidad y recursos genéticos, en el marco de la formulación de una estrategia de conservación para el pool genético primario de vainilla.

Se plantea que la mejor manera para conservar las especies es asegurar su existencia como parte integral de su ecosistema, es decir, *in situ* (Koopowitz, 2001). En este sentido las técnicas más recomendadas para conservar la diversidad biológica se basan en el diseño de esquemas de protección y gestión de los ecosistemas (Heywood, 1992). Al respecto existe un gran número de figuras de protección de espacios naturales donde la actividad humana queda condicionada o restringida en mayor o menor medida. Las figuras de protección han sido clasificadas en función de su extensión, contexto, objetivos y modelos de manejo, en categorías como: parques nacionales, reservas de la biósfera, reservas ecológicas, monumentos naturales, que aun no siendo las únicas, son las más utilizadas (Iriundo-Alegría, 2001). Sin embargo se ha observado que la simple restricción de la actividad humana no resulta suficiente para asegurar la supervivencia de las especies que se pretenden conservar. El diseño de una estrategia de conservación *in situ* implica el desarrollo de medidas de intervención basadas en un conocimiento detallado, que aún está en construcción, sobre la biología y ecología de las especies a conservar.

La conservación *in situ* está encaminada a preservar el hábitat y con ello las especies que contiene. Es el método de conservación mediante el cual la diversidad genética, tanto como su dinámica poblacional y procesos evolutivos, pueden ser protegidos



(Iriondo-Alegría, 2001). La conservación *in situ* está en construcción, teórica y metodológicamente, a tal grado que solo es eficaz cuando el número de individuos es suficientemente elevado. El modelo encuentra una limitación mayor frente al problema de fragmentación de hábitats y frente a la consecuente reducción de poblaciones, es decir, cuando el número de ejemplares o genotipos es demasiado pequeño, y presenta evidencias de deriva genética.

En México el modelo de conservación *in situ*, ha presentado limitaciones en su aplicación relacionadas con el elevado costo económico y social de su instrumentación, así como la dificultad para persuadir a la sociedad de asumir dicho costo. En la praxis se observa que la operatividad de dicho modelo es muy restringida. Se plantea que existen alrededor de 36 estrategias y planes orientados a la conservación *in situ* de la biodiversidad mexicana, reconocidos por las instituciones federales como la Comisión Nacional para el conocimiento y uso de la Biodiversidad (CONABIO), sin embargo no existe un sistema de financiamiento para la ejecución de dichos programas (March et al., 2009). Por otra parte, el reino vegetal parece no ser un tema de interés de dichas estrategias ya que solo 3% de los ejercicios de planeación estratégica para la conservación *in situ* publicados oficialmente por CONABIO corresponden a plantas (March et al., 2009). Bajo dicho contexto, la posibilidad de conservar el germoplasma de vainilla (*Vanilla planifolia*) parece mínima.

Este tipo de limitaciones contribuyó al desarrollo de métodos de conservación fuera del hábitat o *ex situ*, con el fin de complementar las actividades realizadas *in situ* (IUCN/SSC Orchid Specialist Group, 1996). Los métodos de conservación *ex situ* contemplan, la recolección de muestras representativas de la variabilidad genética de una especie y su mantenimiento fuera de sus condiciones naturales a través de su almacenamiento o preservación mediante bancos de germoplasma (semillas, *in vitro*, polen, adn), jardines botánicos, y el desarrollo de métodos de propagación (Iriondo-Alegría, 2001).

Para muchos estudiosos de vainilla, dadas las dificultades de aplicar modelos *in situ*, por la amplia extensión de hábitat de la especie y porque en las áreas naturales protegidas existentes no está representada la variación genética de *V. planifolia*, la



conservación *ex situ* es la mejor alternativa para salvaguardar el germoplasma, particularmente a través de bancos de germoplasma (Soto-Arenas, 2006).

El problema de la conservación *ex situ* es que no conserva, solo preserva, es decir considera solo una parte de la variabilidad genética del taxón, en un momento ecológico y evolutivo muy particular. De manera que mientras el ambiente donde se distribuye el cultivo de vainilla se modifica constantemente en cuanto a variables climáticas y los patógenos continúan sus procesos evolutivos, bajo un esquema *ex situ*, el germoplasma de vainilla queda congelado, en una situación desfavorable dentro de un escenario ecológico de interacciones y adaptaciones, al limitar su evolución, lo cual afecta directamente la supervivencia y competitividad del cultivo.

En el caso de las plantas cultivadas o recursos genéticos, el enfoque de conservación *ex situ* ha sido el más desarrollado a través de los bancos de germoplasma internacionales. Sin embargo, esta práctica no se asocia precisamente con la preocupación ambiental sobre la pérdida de diversidad, sino que se relaciona más con un esquema poco ético, impregnado de intereses económicos de grandes corporativos y gobiernos nacionales por el control y distribución de alimentos y medicinas (CIBIOGEM-PNUD, 2008). Datos históricos muestran cómo las plantas han sido vistas como riqueza, a tal grado que es frecuente encontrar restos de barcos antiguos con cargamentos de oro, plata, joyas, armamento y semillas (Fowler y Mooney, 1996). Desde el Siglo XV a.C. se tiene conocimiento que iniciaron las primeras excursiones militares y científicas con la reina Hatshepsut de Egipto para la colecta de plantas útiles de Siria. Mientras que en China se establecían los primeros jardines de plantas medicinales y posteriormente en Babilonia. A partir de ese momento la creación de jardines botánicos ha estado asociada con la actividad política de las potencias económicas o militares de su momento, como los jardines botánicos del mundo musulmán, los de Europa medieval, los jardines prehispánicos de México y particularmente los de las colonias europeas que abrieron la puerta para el cultivo de la vainilla mexicana alrededor del mundo (CIBIOGEM-PNUD, 2008). En este sentido, la conservación *ex situ* se ha utilizado como un método para la acumulación y posesión de recursos genéticos.

Se ha observado que la aplicación del modelo de conservación *ex situ* en plantas de consumo humano o recursos genéticos, opera a través de un sistema de recolecta de semillas de variedades nativas o locales, únicas entre las comunidades rurales que originalmente las crearon, seleccionaron, protegieron y compartieron. Las almacena y posteriormente quedan inaccesibles para esas mismas comunidades. La lógica del sistema es que a medida que las variedades tradicionales son reemplazadas por otras nuevas provenientes de estaciones experimentales, el germoplasma nativo o tradicional debe guardarse como “materia prima” para mejoramientos genéticos futuros. Por otra parte, el sistema opera bajo el supuesto que una vez que el germoplasma de los agricultores entra a algún banco de almacenamiento, éste pasa a pertenecer a alguien más, sin considerar los derechos de propiedad que los agricultores tienen sobre el germoplasma que históricamente han generado. De modo que la estrategia de conservación *ex situ* responde a necesidades distintas a las de los agricultores que son los que conservan el germoplasma.

En este sentido el trabajo cotidiano de los agricultores ha desempeñado un papel esencial en la conservación y generación de diversidad a través de su utilización, es decir a través de la domesticación. Esta forma de conservación a través del uso, llamada “arcaica” por Alcorn (1991), ha sido la principal forma de conservación de los recursos genéticos de México. El proceso inició en algún momento de la historia, pero no ha terminado, es practicada aún hoy en día por millones de grupos campesinos que han establecido una relación estrecha con su entorno natural. Para estas comunidades la integración hombre-planta-medio, ha sido la base de su desarrollo cultural. De esta interrelación, se han generado sistemas complejos de conocimiento tradicional que han configurado gran parte de la diversidad de los recursos genéticos de México, entre ellos la vainilla (Challenger, 1998; Herrera-Cabrera *et al.*, 2010). De manera que en un contexto mesoamericano, podemos decir que la domesticación de las plantas en los sistemas tradicionales de producción ha funcionado como un modelo de conservación muy particular para numerosos recursos genéticos, durante cientos de años.

Por un lado, la conservación mediante el uso reconoce la autoría y considera el contexto sociocultural de los agricultores en una determinada región, y por otro,



mantiene variabilidad genética, procesos evolutivos e interacciones bióticas y abióticas, por lo que parece ser un modelo que cubre varias de las limitantes de los modelos *in situ* y *ex situ*. Por esta razón algunos autores han reconocido teóricamente esta forma de conservación dentro de un modelo denominado *circa situm* (Maxted et al., 1997; Hughes, 1998; Frankie et al., 2004). El término *circa situm* se aplica para distinguir circunstancias muy particulares de conservación de especies que se desarrollan en sistemas tradicionales de producción, (como los solares, sistemas agroforestales, agrícolas entre otros), fuera del hábitat, pero dentro del rango de distribución geográfico natural de la especie.

En el caso particular del germoplasma de vainilla de la región Totonacapan, no se conocen poblaciones silvestres, de manera que su conservación está ligada con el pueblo Totonaco, quienes han seleccionado y mantenido en cultivo, material biológico de *V. planifolia* bajo sistemas tradicionales de producción, al menos durante los últimos 250 años (Hágsater et al., 2005; Bory et al., 2007). Durante este periodo se plantea que se ha generado un proceso de domesticación basado en el aroma, que ha dado como resultado seis quimiotipos de vainilla (Salazar-Rojas et al., 2011), sumamente importantes como innovación para el cultivo a nivel internacional, de manera que en este momento existe más diversidad en los sistemas de producción que en entornos naturales. Por esta razón, y debido a; que la problemática de conservación de *V. planifolia* articula elementos sociales, económicos y biológicos, que los agricultores son los agentes que conservan el germoplasma de vainilla, que su variación es producto de un proceso de domesticación, que su distribución geográfica está asociada a la presencia de sistemas tradicionales de producción, y que la región Totonacapan es probablemente el centro de diversificación de la especie, pareciera que la mejor alternativa teórica y práctica para desarrollar una estrategia de conservación para el pool genético primario de vainilla, es a través del modelo *circa situm*, es decir, a través de su uso.

La conservación *circa situm* de vainilla no solo requiere de considerar dos problemas: uno biológico y otro social, dentro de su planeación estratégica, requiere de analizarlos como un mismo problema. Bajo el cual podemos considerar que la ecología y la



genética de las poblaciones de vainilla, no son producto exclusivamente de procesos evolutivos naturales, sino que son resultado de su coevolución con el hombre, ya que actualmente, los agricultores ejercen el rol biológico de polinizadores y dispersores. De manera que la generación del cuerpo de conocimiento biológico necesario para intervenir en la conservación de vainilla, requiere de la reinterpretación de procesos básicos como la ecología de la polinización, biología reproductiva, dinámica de poblaciones, e interacciones ecológicas a nivel de comunidad, en un análisis donde se reconozca el papel de los agricultores y su contexto sociocultural, como fuente de variación en la evolución del germoplasma de *vanilla* en la región.

De esta manera, se concluye que los diferentes modelos de conservación no son funcionales para todos los contextos, ni en todas las escalas, ni para todas las especies. La planeación estratégica para la conservación de vainilla requiere de un diseño específico, que permita identificar medidas factibles, en escenarios reales (ecológico, económico, social, cultural), que garanticen su protección ahora pero en particular a largo plazo. Requiere además incluir el desarrollo rural de las zonas productoras tradicionales como objetivo directo de la conservación, de manera que el desarrollo de competitividad en el sistema-producto vainilla, sea un indicador del éxito de su conservación y viceversa.

En este sentido, el modelo de conservación *circa situm*, representa un reto y una alternativa científica para diseñar estrategias y políticas que permitan que la conservación de diversidad o variación en el caso de recursos genéticos como vainilla, contribuya al desarrollo y fortalecimiento de los medios de vida de las comunidades rurales de México y en particular de los Totonacas de la región Puebla – Veracruz.

Literatura citada

Alcorn JB. 1991. Epilogue: ethics, economics and conservaiton. Pags 317-349. En Oldfield ML, Alcorn JB. Editores. Biodiversity.Culture, Conservation and Ecodevelopment. Westview Press, Boulder,Colorado. 349 pp.



- Bory S, Grisoni M, Duval MF, Besse P. 2007. Biodiversity and preservation of vanilla: present state of knowledge. *Genetic Resources and Crop Evolution* 55 (4): 551-571. DOI 10.1007/s10722-007-9260-3
- CIBIOGEM-PNUD, 2008. Bioseguridad en la aplicación de la biotecnología y el uso de los organismos genéticamente modificados. Comisión Intersecretarial de Bioseguridad de los Organismos Genéticamente Modificados. México. 383 pp.
- Challenger, A. 1998. *Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de México: pasado, presente y futuro*. Comisión Nacional para el Uso y Conocimiento de la Biodiversidad, Instituto de Biología de la UNAM y Agrupación Sierra Madre S.C., México. 847 pp.
- Fowler C, Mooney P. 1996. *Shattering: food, politics and the losses of genetic diversity*. Second edition. The University of Arizona Press. 278 pp.
- Frankie GW, Mata A, Vinson SB. 2004. *Biodiversity conservation in Costa Rica: learning the lessons in a seasonal dry forest*. University of California Press. 341 pp.
- Hágsater E, Soto-Arenas MA, Salazar Chávez GA, Jiménez Machorro R, López Rosas MA y Dressler RL .2005. *Las orquídeas de México*. Instituto Chinoín México, D.F. 304 pp.
- Herrera-Cabrera BE, Trejo-Miranda J, Delgado-Alvarado A. 2010. *Conocimiento Tradicional, Predictores Climaticos y Diversidad Genética: Fitoindicadores, observaciones astronómicas y diversidad genética de haba en la agricultura*. LAP LAMBERT Academic Publishing.64 pp.
- Heywood VH. 1992. *Efforts to conserve tropical plants- A global perspective* pp. 1-14. En: Adams RP, Adams JE. Eds. *Conservation of plant genes, DNA banking and in vitro biotechnology*. Academic Press ic. San Diego California
- Hughes CE. 1998. *Leucaena: a genetic resources handbook*. Tropical forestry paper 37. Oxford Forestry Institute. 247 pp.



- Iriondo-Alegría JM. 2001. Conservación de germoplasma de especies raras y amenazadas. *Investigación Agraria, Producción y Protección Vegetales* 16 (1): 5-12
- IUCN/SSC Orchid Specialist Group. 1996. Orchids: Status Survey and Conservation Action Plan. Eds. Hágsater E, Dumont V. compilado por Pridgeon A, IUCN/SSC Orchid Specialist Group. IUCN Publications Services Unit. 153 pp.
- IUCN-PNUMA-WWF. 1991. Cuidar la Tierra. Estrategia para el futuro de 1a Vida. Gland, Suiza. 258 pp.
- Koopowitz H. 2001. Orchids and their conservation Timber Press, Portland, Or. 176 pp.
- Lubinsky, P., 2003. Conservation of wild vanilla. In: Proceedings of Vanilla. First International Congress, Princeton, NJ 08540, New Jersey, USA, November 11–12 pp
- March IJ, Carvajal MA, Vidal RM, San Román JE, Ruiz G. 2009. Planificación y desarrollo de estrategias para la conservación de la biodiversidad, en *Capital natural de México*, vol. II: *Estado de conservación y tendencias de cambio*. Conabio, México, pp. 545-573 pp.
- Maxted N, Ford-Lloyd BV, Hawkes JG. 1997. Plant conservation: *the in situ approach*. London, Chapman and Hall. 446 pp.
- NORMA Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2001. Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. <http://www.ine.gob.mx/ueajei/norma59a.html>. Consultado: septiembre 2011
- Salazar-Rojas VM, Herrera-Cabrera BE, Delgado-Alvarado A, Soto-Hernández M, Castillo-González F, Cobos-Peralta M (2011) Chemotypical variation in *Vanilla planifolia* Jack. (Orchidaceae) from the Puebla-Veracruz Totonacapan Region. *Genetic Resources and Crop Evolution* DOI: 10.1007/s10722-011-9729-y

Salazar-Rojas VM. 2007. Uso tradicional y conservación de la calaverita (*Laelia anceps* subsp. *dawsonii* f. *chilapensis* Soto-Arena (Orchidaceae)) en la región de Chilapa Guerrero México, Tesis Maestría, Colegio de Postgraduados Campus Puebla. Programa en Estrategias para el Desarrollo Agrícola Regional. 199 pp

Soto-Arenas MA. 2006. La vainilla. Biodiversitas Núm. 66. Boletín bimestral de la Comisión Nacional para el uso y conocimiento de la biodiversidad. CONABIO, México. 1-9 pp.

