

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS, INGENIERÍA Y MEDICINA
PROGRAMAS MULTIDISCIPLINARIOS DE POSGRADO EN CIENCIAS
AMBIENTALES

TESIS QUE PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRÍA EN CIENCIAS AMBIENTALES

**CARACTERIZACIÓN AGROECOLÓGICA DE LA VAINILLA (*Vanilla spp.*) EN LA
HUASTECA POTOSINA**

PRESENTA:

KARINA LIZBETH TRINIDAD GARCÍA

DIRECTOR DE TESIS:

DR. HUMBERTO REYES HERNÁNDEZ

CODIRECTOR DE TESIS:

DR. FRANCISCO JAVIER SAHAGÚN SANCHEZ

ASESORES:

DR. JOSÉ LUIS FLORES FLORES

DR. RAMÓN JARQUIN GALVEZ

San Luis Potosí, S.L.P. a 28 de Agosto de 2014

CRÉDITOS INSTITUCIONALES

PROYECTO REALIZADO EN:

LA FACULTAD DE CIENCIAS SOCIALES Y HUMANIDADES

CON FINANCIAMIENTO DE:

SAGARPA-CONACyT 2012-04-190442

A TRAVÉS DEL PROYECTO DENOMINADO:

**ESTRATEGIA DE INVESTIGACIÓN APLICADA PARA EL FORTALECIMIENTO,
INNOVACIÓN Y COMPETITIVIDAD DE LA PRODUCCIÓN DE VAINILLA EN
MÉXICO**

DENTRO DEL SUBPROYECTO:

SP01 VAINILLA EN LA HUASTECA POTOSINA

AGRADEZCO A CONACyT EL OTORGAMIENTO DE LA BECA-TESIS

Becario No. 485946

**LA MAESTRÍA EN CIENCIAS AMBIENTALES RECIBE APOYO ATRAVÉS
DEL PROGRAMA NACIONAL DE POSGRADOS DE CALIDAD (PNPC)**

AGRADECIMIENTOS

Se hace un especial agradecimiento al Laboratorio de suelo, agua y planta de la Facultad de Agronomía y Veterinaria de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, por las facilidades y apoyo en la realización de los análisis de suelo.

CONTENIDO

RESUMEN	6
ABSTRACT	7
I.- INTRODUCCIÓN	8
II.- JUSTIFICACIÓN	11
III.- OBJETIVOS	12
IV.- MARCO DE REFERENCIA	13
4.1 Cultivos no tradicionales	13
4.2 El cultivo de la vainilla	15
4.3 Requerimientos y limitantes del cultivo.....	16
4.4 Manejo del cultivo.....	19
V.- ÁREA DE ESTUDIO	23
VI.- MATERIALES Y MÉTODOS	27
VII RESULTADOS	43
7.1 Caracterización agroecológica de la vainilla en la Huasteca Potosina	43
7.2 Sistemas de producción	50
7.3 Análisis estadístico entre sistemas de producción.....	66
7.4 Distribución potencial para el cultivo de la vainilla.....	73
7.5 Análisis económico	76
VIII DISCUSIÓN.....	79
IX CONCLUSIONES	95
X BIBLIOGRAFÍA	98

RESUMEN

La caracterización agroecológica realizada en este trabajo aporta información sobre el estado actual de los sistemas de producción de vainilla presentes en la Huasteca Potosina; además, es una herramienta en la toma de decisiones futuras con el fin de aumentar la competitividad del cultivo a nivel nacional.

Los objetivos particulares de la investigación fueron 1) describir los sistemas de producción en los que se desarrolla la vainilla e identificar las condiciones más propicias para su desarrollo; 2) definir el sistema de producción más adecuado desde la perspectiva ambiental, social y económica para los productores de la región; 3) identificar la distribución potencial para el cultivo en la Huasteca Potosina.

Durante el 2013 y 2014 se aplicaron 36 cuestionarios, se visitaron 30 vainillales y se analizaron 25 muestras de suelo. Se obtuvo información de las parcelas, plantas y manejo de los vainillales; además de variables ambientales, climáticas y socioeconómicas.

Los resultados indican que el 55% de los entrevistados se asocian con un sistema agroforestal tradicional conocido como Te'lom para los grupos Teenek y Cuayo para los grupos Náhuatl, 13% en cítricos y 32% bajo malla sombra. Las variables que diferencian los tres sistemas de producción son la pendiente, la elevación, el financiamiento, el número de participantes en el manejo de la parcela, la superficie por productor, el número de tutores empleados y la altura de los mismos, el número de plantas sembradas y vivas, la densidad de siembra, la diversidad asociada a la parcela y las variables de manejo. Los análisis estadísticos ANOVA y Kruskal – Wallis demostraron que no existe diferencia estadística significativa entre el rendimiento y la longitud de fruto de los tres sistemas de producción. Las variables asociadas a la longitud de fruto son el grado de manejo, tiempo desde la siembra hasta la primera floración y el porcentaje de sombra. Las variables asociadas al rendimiento son la densidad de siembra y superficie por productor, el año de siembra y el porcentaje de fructificación. A su vez el porcentaje de fructificación se correlaciona débilmente con variables ambientales como la temperatura máxima, el inicio de la floración, el número de meses con humedad en suelo, pH y el tipo de suelo, el aborto y factores sociales como la experiencia del productor y las capacitaciones recibidas. Finalmente, el porcentaje de aborto se correlaciona con el número de flores polinizadas, el origen del material vegetativo y el inicio de la floración. En cuanto al modelo de distribución de especies se tuvo un desempeño adecuado del modelo con una curva AUC superior al 75% tanto para el test como para el entrenamiento. La superficie con potencial para la siembra es de más del 50% del área de estudio.

Palabras clave: *Vanilla spp.*, Caracterización agroecológica, Rendimiento, Distribución de especies.

ABSTRACT

Agroecological characterization performed in this study provides information on the current status of Vanilla production systems present in the Huasteca Potosina; moreover, it is a tool in future decision making in order to increase crop competitiveness nationally.

The specific objectives of the research were to 1) describe the production systems in which vanilla develops and identify the most favorable conditions for their development; 2) define the most appropriate production system from an environmental, social and economic perspective for producers in the region; 3) identify the potential distribution for cultivation in the Huasteca Potosina.

36 questionnaires were applied, 30 vainillales were visited and 25 soil samples were analyzed during 2013 and 2014. Information plots, plants and vainillales management was obtained; as well as environmental, climatic and socioeconomic variables.

The results indicate that 55% of respondents associated with a traditional agroforestry system known as Te'lom for Teenek and Cuayo for Nahuatl groups , 13% citrus and 32% under shade cloth. The variables that differentiate the three production systems are the slope, elevation, financing, the number of participants in the management of the plot, the area per farmer, the number of tutors employed and height thereof, the number of seeded and live plants, plant density, diversity associated with plot and management variables. Statistical analysis ANOVA and Kruskal - Wallis showed no statistically significant difference between the yield and the length of the result of the three systems. Variables associated with fruit length is the degree of management, time from sowing to first flowering and percentage of shade. The variables associated with yield are density and area per farmer, the year of planting and fruiting percentage. In turn fruiting percentage correlates weakly with environmental variables such as maximum temperature, the onset of flowering, the number of months in soil moisture, pH and soil type, abortion, and social factors such as the experience of the producer and training received. Finally, the abortion rate correlates with the number of flowers pollinated, the origin of the plant material and the beginning of flowering. As for the model species distribution model adequate performance curve with an AUC greater than 75% for both the test and for training were reported. The surface potential for planting is more than 50% of the study area.

Keywords: *Vanilla spp*, agroecological characterization, yield, distribution of species.

I.- INTRODUCCIÓN

La vainilla (*Vanilla spp.*) es una orquídea cuyo fruto es apreciado a nivel mundial por sus cualidades organolépticas. Es de hecho, la única orquídea y la especia más cultivada, cuya demanda abarca la industria alimentaria, farmacéutica, perfumera y cosmética (Viveros, 2007).

El 70% de las plantaciones comerciales pertenecen a *Vanilla planifolia*, cuyo centro de origen es México y parte de Centroamérica (Bory, 2008; Soto, 2008). Particularmente, en México se reconoce el uso de la especie silvestre desde tiempos precolombinos, pues se sabe que era ampliamente valorada como tributo por los Aztecas (Aída, 2011). Se estima que las primeras plantaciones fueron establecidas por los indígenas en los municipios de Papantla y Misantla hace aproximadamente 250 años y posteriormente se extendieron a toda la región del Totonacapan en Veracruz (Bory *et.al.*, 2007).

Aunque hace más de medio siglo nuestro país era el principal productor a nivel mundial, fue desplazado rápidamente por la producción masiva de vainilla sintética. Actualmente, la vainilla natural vuelve a retomar su importancia entre los distintos mercados, sobre todo en Estados Unidos, Alemania, Francia, Canadá y Japón, por lo que su demanda se ha incrementado y se piensa que existe aún un potencial insatisfecho de alrededor del 50% a nivel internacional (Tobar y Espinosa, 2008; Vázquez, 2011).

Desafortunadamente, la producción en México apenas supera las 200 toneladas anuales de vainilla en verde, mientras que países como Madagascar han logrado más de 4000 toneladas anuales en años anteriores (PRSPVESLP, 2012).

Esta especie se desarrolla adecuadamente en las regiones tropicales de América, África y Asia, por lo que se asocia con temperaturas altas y precipitación abundante. No obstante, es

una especie delicada que requiere condiciones precisas de sombra, humedad y materia orgánica para evitar un desarrollo precario y problemas fitosanitarios. Por lo anterior, los productores de vainilla implementan una serie de prácticas vinculadas a las distintas etapas fenológicas de la planta, con el fin de mejorar su sanidad y productividad (Hernández, 2010; Hernández, 2011; Hernández y Lubinsky, 2011).

Referente al entorno socioeconómico, la fluctuación en los precios, relacionada con fenómenos climatológicos y el pago inferior debido al intermediarismo, han traído como consecuencia el abandono de las parcelas y han provocado resistencia a adoptar este sistema por otros productores (Tobar, 2008).

En el presente, la vainilla se cultiva en Hidalgo, Oaxaca, Chiapas, Tabasco, Quintana Roo y San Luis Potosí (SPV, 2006). Los principales sistemas de producción se encuentran en: sistemas agroforestales tradicionales (la vainilla biodiversifica la parcela); en cítrico (la vainilla se asocia con los fustes de cítricos); y bajo malla sombra (monocultivo intensivo en condiciones semicontroladas), y estos a la vez se clasifican en tradicionales, semitecnificados y tecnificados según el grado de tecnificación y manejo que aplican (Damirón, 2004; Barrera *et al.*, 2011).

El cultivo de la vainilla en la Huasteca Potosina ha sido impulsado desde el año 2002 como una estrategia de diversificación productiva, frente al decremento de la producción de café y la agricultura tradicional de la región (PRSPVESLP, 2012).

Muestra de la aceptación que ha tenido este sistema de producción es el aumento de la superficie dedicada al cultivo, la cual paso de 22 ha en 2003 a más de 90 en 2010, y el empadronamiento de alrededor de 972 productores distribuidos en trece municipios de la

región, sin embargo estas cifras no son actuales e incluso se habla de la existencia de más de 2000 productores (PRSPVESLP, 2012; Campo Mexicano, 2013).

Aunque se cuenta con las características ambientales propicias para la producción de vainilla, no existe información suficiente que permita establecer estrategias de fortalecimiento de la productividad. Las irregularidades del mercado han provocado fluctuaciones en los precios, sin embargo este se ha mantenido entre los \$50 y \$100 por kilo de vainilla en verde, por lo que es evidente que existe potencial para impulsar con mayor énfasis la producción de vainilla. Para ello, se requieren estudios detallados que ayuden a resolver factores clave para incrementar la productividad en la región Huasteca Potosina.

II.- JUSTIFICACIÓN

Se requieren alternativas de producción que permitan a los habitantes de la región incrementar sus ingresos, y que al mismo tiempo sean ambiental, económica y socialmente viables. Para ello, es necesario desarrollar estudios que demuestren las interacciones, composición, arreglos biológicos, estrategias de manejo, y aspectos económicos y socioculturales que fortalecen el potencial de los agroecosistemas.

En este contexto, se considera que la vainilla (*Vanilla spp*) es una especie con un alto valor comercial, y con potencial para desarrollarse en los agroecosistemas tradicionales de la Huasteca Potosina. Aunque la región cuenta con las características ambientales propicias para su producción, no existe información suficiente que permita definir con precisión el área con potencial para su establecimiento y desarrollo, ni las características de los principales sistemas de cultivo en donde se produce. La mayor cantidad de información sobre la producción de vainilla en el país, se encuentra circunscrita a la región del Totonacapan en Papantla, Veracruz, (históricamente la zona de mayor producción de vainilla a nivel nacional).

Aumentar la producción y calidad de la vainilla, requiere un análisis del escenario de interés. Para ello, se requieren estudios detallados para conocer el estado actual de sus poblaciones, las variantes de la especie presentes en el área, la identificación de las especies con las que interactúa y los ecosistemas o agroecosistemas en donde está presente. Asimismo, es necesario conocer las condiciones ambientales y las prácticas agrícolas que favorecen su mejor desarrollo, como una base para la toma de decisiones que contribuyan a aumentar su producción.

III.- OBJETIVOS

Objetivo general: Caracterizar los agroecosistemas vinculados a la vainilla (*Vanilla spp.*) en la Huasteca Potosina.

Objetivos específicos:

- Describir los sistemas de producción en los que se desarrolla la vainilla e identificar las condiciones más propicias para su desarrollo.
- Definir el sistema de producción más adecuado desde la perspectiva ambiental y socioeconómica para los productores de la región.
- Identificar la distribución potencial para el cultivo en la Huasteca Potosina.

IV.- MARCO DE REFERENCIA

4.1 Cultivos no tradicionales

Desde la antigüedad, los seres humanos en su afán por conservar ciertas especies que le resultan de interés, han sido constantes en el proceso de humanización de diversas plantas y animales, alterando sus características biológicas, abundancia y distribución (Perales y Aguirre, 2008). Estas prácticas se incrementaron después de la segunda guerra mundial como respuesta a la creciente demanda de alimentos, con el establecimiento e implementación de monocultivos, maquinaria, agroquímicos, sistemas de riego y semillas mejoradas. Finalmente, esto llevo a la consolidación de una serie de cultivos que con el paso del tiempo recibieron en México el nombre de “tradicionales”, debido a su amplia difusión y gran escala de producción y consumo tanto en el país como a nivel internacional; algunos ejemplos son el jitomate, maíz, sorgo, soya, trigo, manzana y naranja (Aserca, 2004).

Sin embargo, el modelo de producción convencional, no es una opción viable para todos los agricultores, dado que se requieren suelos de buena calidad, agua en abundancia y una gran cantidad de insumos, lo que imposibilita a grandes sectores campesino a implementar este modelo, generando un sesgo de desigualdad entre ellos (Altieri, 1999). Por otra parte, los cultivos tradicionales han sufrido la pérdida de la competitividad y rentabilidad, o bien han desaparecido en diversas regiones, por lo que las opciones productivas de los agricultores se han reducido (Aserca, 2014).

Frente a esta situación, el gobierno de la república a través de la Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) ha promovido desde hace 18 años el cultivo de diversas especies nativas y exóticas, adaptadas a ciertas regiones climáticas del país, poco conocidas en los mercados nacionales y por los consumidores locales, pero con un alto potencial en mercados selectos dentro y fuera de México. Esta estrategia ha logrado impactos favorables en términos de reconversión productiva y en la generación de empleos para mejorar la calidad de vida en el medio rural (Aserca, 2004).

Los cultivos no tradicionales en México representaban para el 2004 apenas un 5% de la superficie total sembrada del país y un 10% del valor de la producción. Aun con ello, el valor de la producción en 2002 ascendió a 4,000 millones de pesos distribuidos principalmente en 15 entidades del país.

Algunas de las ventajas de la implementación de estos cultivos alternativos son las bajas inversiones que requiere su implementación, pueden producirse a baja escala con mayores ingresos por hectárea, existe una tendencia a las prácticas orgánicas y sustentables, tienden a incorporar valor agregado, los nichos de mercado tienen alto poder adquisitivo.

Algunos de los productos catalogados con mayor potencial son el café orgánico (*Coffea spp.*), el nopal verdura (*Nopalea cochenillifera*), el litchi (*Litchi chinensis*), amaranto (*Amaranthus spp.*), okra (*Abelmoschus esculentus*) y el maracuyá (*Passiflora edulis*).

La vainilla (*Vanilla planifolia*) pertenece a los cultivos orgánicos de importancia nacional. Aunque en los estados de Veracruz y parte de Puebla se trata de un cultivo tradicional, su producción se ha extendido a Hidalgo, Oaxaca, Chiapas, Tabasco, Quintana Roo y San Luis Potosí en donde por tratarse de un cultivo nuevo se le ha denominado no tradicional. Una

de las ventajas de este cultivo es que su producción se puede combinar con otros cultivos no tradicionales como los cítricos y el café.

4.2 El cultivo de la vainilla

La vainilla es una orquídea epífita trepadora, y es considerada la especie aromática más cultivada en todo el mundo, sus usos varían desde su consumo en alimentos y bebidas, hasta su aplicación en farmacología, perfumería y cosmetología, entre otros (Viveros, 2007).

Se distribuye en las regiones tropicales de todos los continentes, a excepción de Australia. De acuerdo con Bory *et.al.* (2007), en el mundo existen entre 90 y 110 especies de vainilla, entre las que destacan *V. tahitensis*, *V. pompona* y *V. planifolia*. Esta última es la más apreciada y de ella se obtiene más del 70% de la vainilla natural comercial utilizada en todo el mundo (Bory, 2008; Soto, 2008).

El centro de origen de *V. planifolia* se extiende del norte de Veracruz y parte de Puebla hasta Guatemala y Belice. Las primeras plantaciones fueron establecidas por los indígenas Totonacas en los municipios de Papantla y Misantla en el año 1767 (Bory *et.al.*, 2007) y con el tiempo su cultivo se extendió por la región del Totonacapan.

Durante por lo menos dos siglos, el Totonacapan se mantuvo como el principal productor de vainilla a nivel internacional; fue hasta el siglo XIX que los franceses lograron establecer las primeras plantaciones en Isla Reunión, y en 1836 se logró la primera polinización manual. Estos dos eventos consolidaron la oportunidad de expansión del

cultivo a muchos otros países como Francia y posteriormente Madagascar, Indonesia y Vietnam, entre otros, desplazando el monopolio Mexicano (Kourí y College, 2000).

México logró un notable aumento de la producción de vainilla, pasando de dos a alrededor de 50 toneladas anuales para finales del siglo XIX. El pico de la producción llegó a principios del siglo XX, con más de 150 toneladas producidas principalmente en Papantla, Veracruz. Después de esto, los embates climáticos y la competencia de otros países provocaron la caída de la producción nacional (Kourí y College, 2000).

Actualmente, la vainilla se cultiva en Hidalgo, Oaxaca, Chiapas, Tabasco, Quintana Roo y San Luis Potosí (SPV, 2006).

El consumo de vainilla a nivel mundial es de alrededor de 2000 toneladas anuales y su principal mercado son Estados Unidos, Alemania, Francia, Canadá y Japón, sin embargo se estima una demanda insatisfecha de más del 50% (Tobar y Espinosa, 2008; Vázquez, 2011), por ello, es común el uso de vainilla sintética en todo el mundo (Soto, 2006).

A nivel nacional se cuenta con alrededor de 3500 productores y una superficie cultivada de 913 ha (SPVESLP, 2012). El volumen de producción de vainilla en el país varía significativamente año con año, así en 2006 se logró una producción de 285 toneladas, que se incrementó a 637 en 2007, pero en los años posteriores tuvo una gran caída, registrando en 2010 sólo 395 toneladas en verde.

4.3 Requerimientos y limitantes del cultivo

Se reconocen en México cuatro sistemas de producción de vainilla que se diferencian por su nivel de tecnificación y las prácticas de manejo: en acahual (vegetación secundaria) su

manejo es mínimo y no tecnificado, los productores le permiten a la vainilla crecer en los árboles presentes en la parcela, prefiriendo especies como el pichoco (*Eritrina* sp.) el piñón (*Jatropha curcas*), cocuite (*Gliricidia sepium*), chaca (*Bursera simaruba*) y marañón (*Anacardium occidentale*); como sistemas de producción semi tecnificados se encuentra la producción de vainilla asociada a tutores como naranjo (*Citrus sinensis* L. Osbeck), cocuite o pichocho establecidas en un monocultivo; por último el sistemas de producción tecnificado en invernadero de malla sombra (Damirón, 2004; Barrera *et al.*, 2011).

Castro Bobadilla (2008) menciona que la vainilla prospera adecuadamente en altitudes que van de los 0 a 400 m, en regiones de climas cálido húmedos, temperatura media anual entre 21y 27°C, fríos en invierno y humedad relativa superior al 80%, temperaturas mínimas de 5 a 7° C y regímenes de precipitación de entre 1130 y 2500 mm anuales, evitando los periodos prolongados de lluvia. Para su desarrollo requiere de suelos con textura intermedia, buen drenaje y materia orgánica de 5%.

Asociado al cultivo y comercialización de vainilla, se presentan diversos problemas que deberán atenderse para lograr su competitividad a nivel mundial. Una limitante para aumentar la producción se debe a la lenta y compleja reproducción de la especie. El número de frutos que se presenta es restringido debido a las dificultades en la polinización. Mientras que la autopolinización es escasa o ausente (Soto, 1999; Soto, 2006; Damirón, 2004), la polinización entomófila, la realizan ciertos tipos de abejas como las melipónas (tribu *Melliponini*) (Damirón, 2004) o las euglosinas (tribu *euglossini*) (Soto, 2006) cuyos géneros conocidos son *Eulaema polychroma*, *E. speciosa*, *E. cingulata* y *E. nigrita* (Nates-Parra, 2005). Aun con esto, la fructificación es restringida, pudiendo ser de una por cada cien o mil flores. Esta peculiaridad se debe a la caprichosa anatomía de la flor, que presenta

un “rostelo” (porción no receptiva derivaba del carpelo medio) que se interpone entre los sacos de polen y el estigma, limitando la polinización (Damirón, 2004). Esta situación ha llevado a que los productores tengan que realizar una polinización manual para aumentar el número de vainas por planta; por cada tonelada de vainilla verde obtenida, es necesario fecundar 60 000 flores (SPV, 2006).

La baja germinación de la semilla es otro de los factores que limitan su producción, ya que es necesario romper la testa dura para comenzar el proceso. Las dificultades con la germinación se reflejan en la baja densidad de las poblaciones silvestres (un espécimen/ 2 a 10 km²) (Soto, 1999; Bory *et.al.*, 2009). La semilla, cuenta además con una cantidad limitada de nutrientes para el desarrollo del embrión, por lo que requiere asociarse con hongos micorrizicos para obtener los compuestos orgánicos necesarios para su crecimiento y una cantidad abundante de humedad, de lo contrario se limita el desarrollo de la planta (Ramírez y Rapidel, 1999); esta asociación planta – hongo se mantiene durante todo el desarrollo de la vainilla (Damirón, 2004; Soto, 2006). Para cubrir las deficiencias nutricionales de la especie, los agricultores aplican materia orgánica o composta, sin embargo, muchos han optado además, por la propagación vegetativa por medio de los bejucos, ya que esto evita las dificultades de la germinación y disminuye el tiempo de espera para la floración, seleccionando como planta progenitora a la que posea las mejores características.

Otro problema asociado a la producción de la vainilla es su alta vulnerabilidad al ataque de insectos y enfermedades, favorecidas en muchas ocasiones por las condiciones de sombra (Ramírez y Rapidel, 1999) y humedad que demanda el cultivo. Los problemas más comunes asociados con esto son: pudrición de raíz, marchitamiento, antracnosis, mancha de

la vainilla, y la presencia de chiche roja, gusano peludo y gasterópodos (Damirón, 2008). Algunas de estas enfermedades pueden deberse al uso de propágulos infectados ya que no existe un control fitosanitario en este tipo de reproducción asexual (Ramírez y Rapidel, 1999). Las deficiencias en las labores culturales y la ausencia de prácticas para manejar los niveles de N y nutrientes adecuados también pueden dificultar el desarrollo de la planta (Ramírez y Rapidel, 1999).

Además de las dificultades asociadas al cultivo, existe otra serie de implicaciones en el área del mercado y comercialización. La venta de vainilla sintética provoca inestabilidad y caída de los precios de la vainilla natural, con una tasa de crecimiento media anual de -3.7%, causó que la vainilla dejara de ser una fuente de ingresos importante para las familias de productores en los últimos años (Toussaint-Samat, 2002; Barrera *et.al.* 2011). Por otra parte, los apoyos del gobierno se han enfocado a un sistema de producción en particular, el resto carece de apoyos para incrementar su producción, aunado a que la falta de organización de los productores dificulta la inmersión de los mismos a la cadena de valor por lo que existe un creciente intermediarismo (SPV, 2006).

4.4 Manejo del cultivo

Con el fin de mejorar el rendimiento y la calidad del cultivo, los productores realizan ciertas prácticas a lo largo del año, desde el momento del establecimiento hasta la cosecha del cultivo.

Como ya se ha mencionado anteriormente, la forma más rápida para la propagación de la vainilla es por medio de esquejes, los cuales provienen de las parcelas de otros productores

(Hernández, 2011), particularmente de la región del Totonacapan en Veracruz. El periodo recomendado para realizar el establecimiento de los esquejes es en los meses de abril a junio (Hernández, 2011) preferentemente con el suelo húmedo. Al momento del establecimiento y durante dos o tres veces al año se debe incorporar una cobertura de materia orgánica o composta con el fin de satisfacer las necesidades nutricionales de la planta, además se recomienda colocar una especie de cerca alrededor del tutor hecha de algún material como palos o piedras para evitar el arrastre y pérdida de los nutrientes adicionados. Además, es importante aplicar riegos ligeros para humedecer la materia orgánica en la época seca del año y con ello evitar estrés en la planta (Hernández y Lubinsky, 2011).

Para controlar el exceso de plantas arvenses que compitan con la vainilla es importante cada tres o cuatro veces al año o bien cuando se observe crecimiento de plantas indeseables, realizar un control por medio de azadón, machete, güingaro o de manera manual; la hierba puede depositarse alrededor de las raíces de vainilla como materia orgánica (Naturland, 2000; Hernández, 2010; PRSPVSLP, 2012).

Con el fin de permitir una mayor luminosidad a la planta, después de la floración y cosecha, es importante realizar podas a los tutores para eliminar el exceso de hojas y ramas y así permitir una mejor regulación de la sombra (Naturland, 2000; Hernández, 2010; Hernández y Lubinsky, 2011; PRSPVSLP, 2012).

Para mantener la altura de la vainilla a no más de dos metros, o bien a una altura razonable para que el productor pueda manipular el cultivo, se debe redirigir la punta del bejuco hacia los lados o hacia el suelo sobre el tutor o sostén de la planta y evitar también que los bejucos se amontonen entre ellos (Naturland, 2000; Hernández, 2010; PRSPVSLP, 2012).

Cuando los primeros dos o tres entrenudos de la guía llegan al suelo, se recomienda adicionar materia orgánica o composta húmeda para facilitar el enraizamiento, con esto se espera que la planta adquiera vigorosidad. La punta del bejuco debe encausarse nuevamente hacia arriba para que crezca sobre el tutor (Naturland, 2000; Hernández y Lubinsky, 2011; PRSPVSLP, 2012).

Para evitar el daño por el ataque de insectos, es importante realizar el control a lo largo del año. Cuando se presentan partes de la planta o plantas dañadas ya sea por insectos o por patógenos se debe realizar el saneamiento, es decir eliminar las partes enfermas de la planta para evitar que se propague al resto de la planta y de la parcela (Hernández, 2010). Antes de aplicar productos químicos para el control de patógenos e insectos dentro de vainillales orgánicos, se recomienda la aplicación de diversas mezclas de chile, cebolla, ajo, cocuite, papaya, jabón y agua (Naturland, 2000).

Para obtener un rendimiento adecuado dentro de la parcela, es importante realizar la polinización manual de cada flor. Para ello puede utilizarse un palillo pequeño, delgado y con punta (Hernández, 2011). Esta práctica debe realizarse desde la primera floración (ensayo) la cual sucede al segundo año del establecimiento; aunque la floración será de alrededor de un 25%, se espera que para la tercera o cuarta floración se obtenga casi el 100% de plantas con flor en la parcela. Esta etapa fenológica se presenta precozmente en el mes de febrero y en la mayoría de las plantas en el mes de marzo y abril; el proceso de polinización debe realizarse en las primeras horas del día pues la flor permanece apenas unas cuantas horas para después marchitarse. El número adecuado de flores a polinizar por racimo es de 6 a 8 para asegurar alrededor de cinco frutos de tamaño aceptable por racimo

sin que se presente debilitamiento de la planta y disminución de la producción al año siguiente (Hernández y Lubinsky, 2011; PRSPVSLP, 2012).

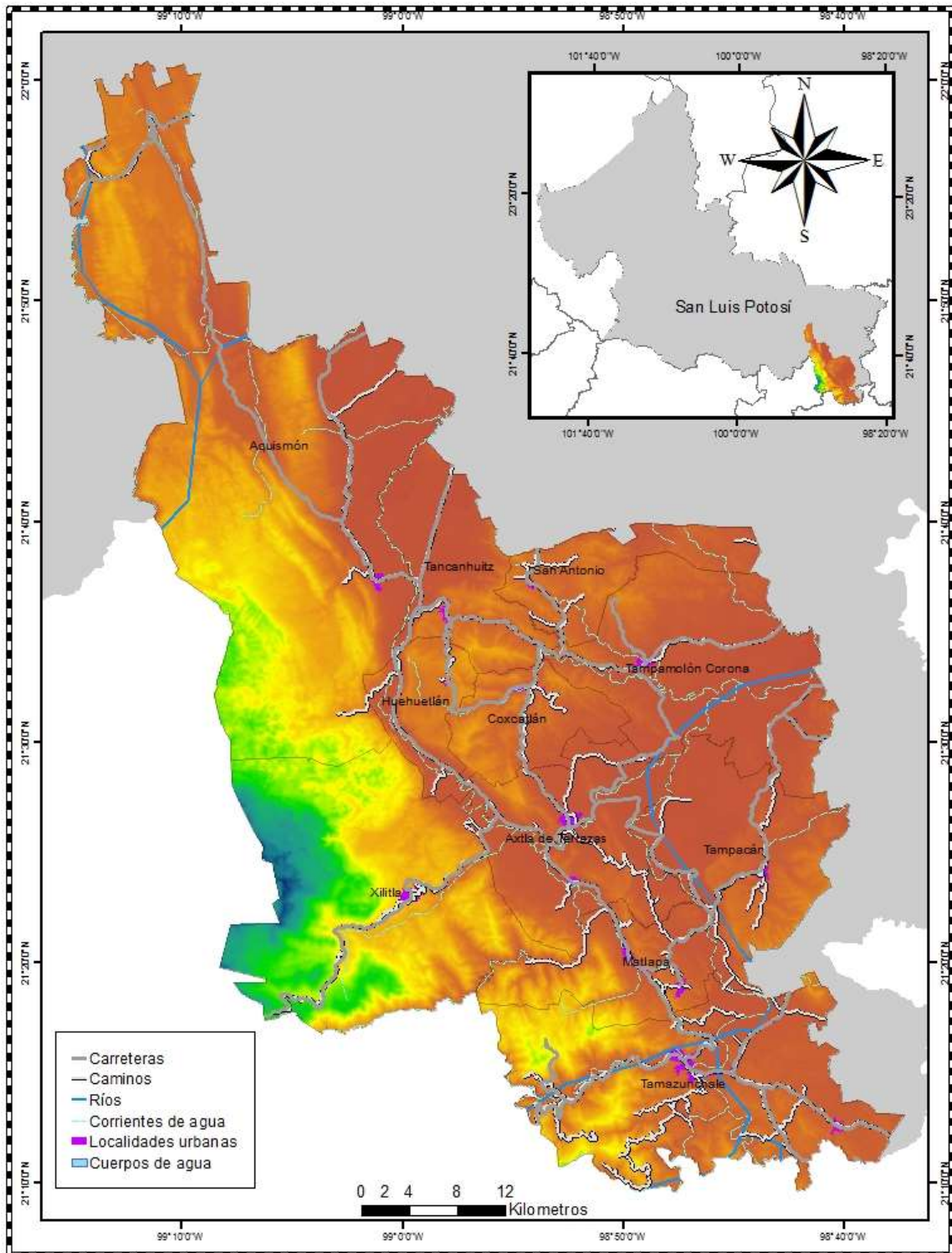
Después de los primeros ocho o nueve meses de la polinización, el fruto alcanza su madurez comercial (cuando el ápice frutal adquiere un color amarillento), momento en que se procede a la cosecha de los frutos (Hernández, 2011).

V.- ÁREA DE ESTUDIO

El área de producción de vainilla en el estado de San Luis Potosí se ubica en el centro y sur de la Huasteca potosina (Mapa 1), sobre los municipios de Tamazunchale, Matlapa, Axtla de Terrazas, Coxcatlán, Huehuetlán, Tancanhuitz de Santos, Aquismón, Xilitla, San Antonio, Tampacán y Tampamolón Corona y comprende una superficie de 3491.7 km² (PRSPVSLP, 2012).

En la región predomina un clima semicálido húmedo con lluvias en verano (ACw), con algunas franjas de clima semicálido húmedo con lluvias todo el año (ACf), y templado húmedo con abundantes lluvias en verano (Cm) (INEGI, 2013). La temperatura media anual es de 24°C, con máximas de hasta 45°C, mientras que las mínimas descienden hasta los 5°C. Las temperaturas cálidas se presentan en los meses de abril - mayo a septiembre, mientras que los fríos son comunes de octubre a marzo – abril. La precipitación varía de los 1200 mm hasta los 2500 mm anuales y la humedad relativa oscila entre 60% y 86% (SPVESLP, 2012). El periodo de lluvias comprende los meses de abril a noviembre y el periodo de sequías se presenta en los meses de enero a marzo (Campo mexicano, 2013; INEGI, 2013).

Los tipos de vegetación presentes en la zona corresponden a la selva alta perennifolia, que se extiende a lo largo de la Sierra Madre Oriental; hacia el este la selva ha sido desplazada y sustituida por pastizal y cultivos de temporal, aunque aún se encuentran relictos de Selva Mediana Subperennifolia. Asimismo, existen fragmentos aislados de bosques de encino y de pino, pino-encino y mesófilo de montaña en las partes más altas (INEGI, 2013).

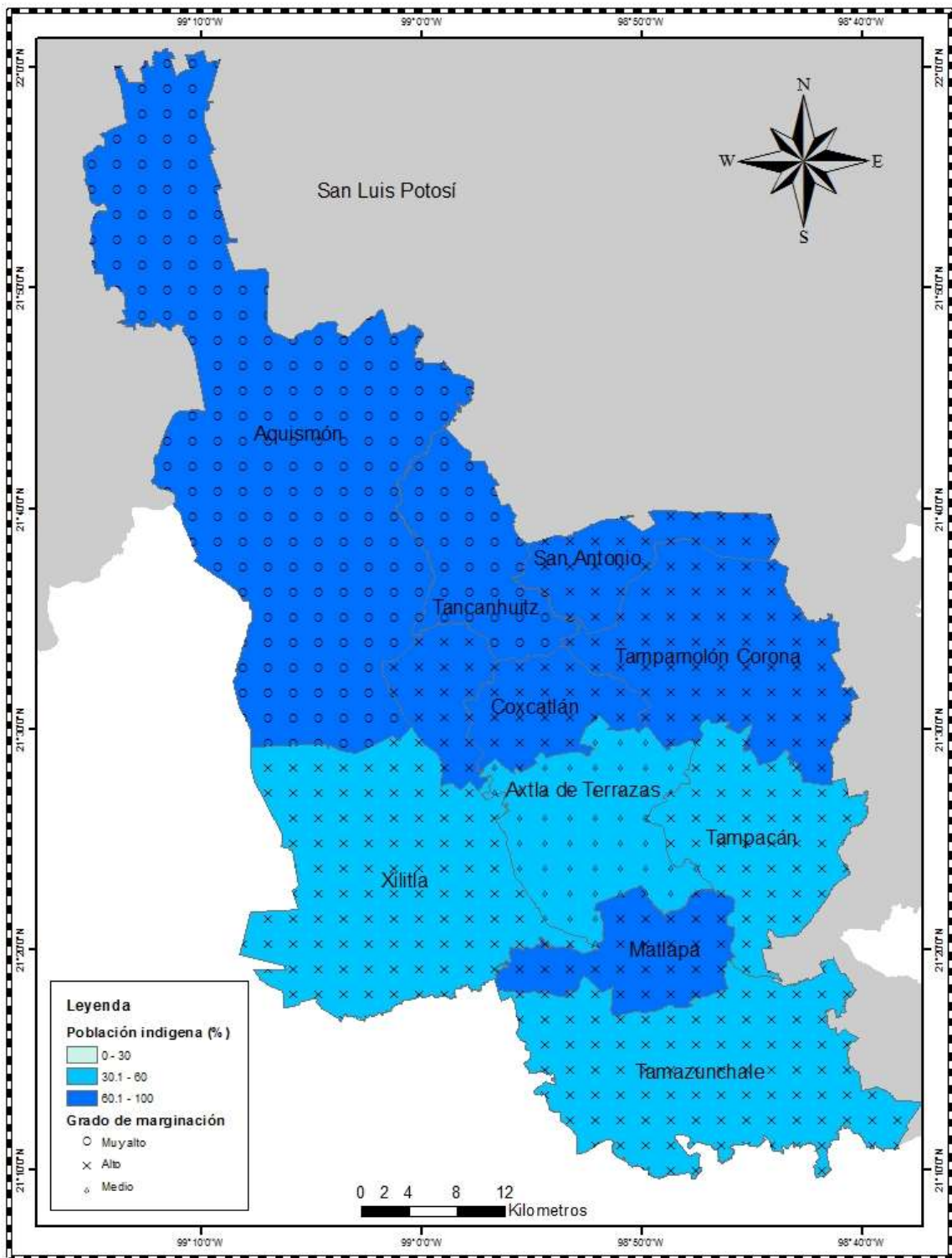


Mapa 1.- Área de estudio

Esta región cuenta con alrededor de 392, 811 habitantes (15.2% de la población estatal); en algunas porciones la densidad de población puede llegar a los 268 hab/km² (INEGI, 2010). El 70% de su población la conforman grupos indígenas Náhuatl y Teenek, destacando principalmente en los municipios de San Antonio, Aquismón, Tancanhuitz, Coxcatlán y Tampamolón Corona (CONAPO, 2010).

En general, la mayoría de sus habitantes se encuentran en situación de vulnerabilidad ante la falta de ingresos y la carencia de infraestructura en servicio básicos como agua entubada, techo firme, piso de concreto, así como limitaciones en servicios de salud y educación. De acuerdo con el Consejo Nacional de Población (CONAPO, 2010), la región está catalogada como de alta y muy alta marginación (Mapa 2).

La principal actividad económica es la producción agrícola y pecuaria para autoconsumo y comercialización; dentro de los principales cultivos se encuentra el maíz y frijol, la caña de azúcar, cítricos, el cultivo de café cereza, el litchi y cultivos de menor proporción como plátano, aguacate, mango, sábila, nopal, agave y sorgo, además de realizar actividades forestales con especies no maderables como la palma camedor y especies de ornato. Dentro de la actividad pecuaria predomina la crianza de ganado bovino y en menor cantidad ganado porcino, ovino y la crianza de abejas (Campo mexicano, 2013).



Mapa 2.- Indicadores sociales

VI.- MATERIALES Y MÉTODOS

6.1 Selección de las unidades de muestreo

La información utilizada en este trabajo se basó en la medición de variables en campo, el muestreo, aplicación de cuestionarios y entrevistas semiestructuradas, así como el análisis espacial derivado del uso de Sistemas de Información Geográficos durante el periodo comprendido entre junio de 2013 y 2014.

Como primer paso se realizó un acercamiento con los productores y la presidenta del Comité Estatal del Sistema Producto Vainilla en San Luis Potosí, Maestra Cándida Morales Santos, a quienes se planteó el proyecto y el esquema de trabajo de investigación. Durante el proceso, el esquema de la investigación fue retroalimentado por los productores y con base en sus prioridades, se ajustó la propuesta final.

La unidad mínima de estudio considerada para este trabajo fue la parcela. Los criterios de selección fueron la presencia de frutos (las parcelas sin fructificación fueron descartadas) y la representatividad de los distintos sistemas de producción presentes en la región (agroforestal, cítrico y malla sombra).

La elección de los sitios de estudio se basó en el muestreo de selección experta o de juicio. Este método consiste en que un especialista define los sitios de muestreo con base en su experiencia y conocimiento en el tema (Pimienta, 2000), en este caso el experto fue la presidenta del Sistema Producto Vainilla, con quien se verificó que las parcelas cumplieran con los criterios requeridos.

Con base en esta información se realizó una segunda reunión con los representantes de los grupos de cada municipio para solicitar la colaboración de los 36 productores cuyas parcelas fueron seleccionadas (Figura 1).

Previo al inicio del estudio se realizó una prueba piloto para verificar la funcionalidad del cuestionario que se pretendía aplicar, así como los tiempos y necesidades específicas para obtener las mediciones de las parcelas.



Figura 1.- Presentación de la metodología a representantes vainilleros

6.2 Muestreo

6.2.1 Entrevistas y cuestionarios

Los cuestionarios se realizaron tomando como base las recomendaciones de la FAO para el Programa Mundial de Censo Agropecuario (FAO, 2007), así como diversos manuales para la estructuración de cuestionarios y entrevistas (Gómez y Reidl, 2014). Las preguntas de investigación se definieron de acuerdo a la información disponible de los factores de

incidencia en el rendimiento del cultivo de la vainilla (Castro Bobadilla, 2008; Uchida, 2011; INIFAP, 2011; Barrera *et al.*, 2011; Damirón, 2004; Barrera *et al.*, 2009; Havkin y Belanger, 2011; Odoux y Grisoni, 2011). El cuestionario se conformó de 40 preguntas de opción múltiple y 2 abiertas. El cuadro 1 muestra a detalle las variables contenidas en el cuestionario con base al componente del sistema.

Cuadro 1.- Variables usadas en el análisis.

Componente del sistema	Variables
Del productor	Nombre Municipio Localidad Edad
Antecedentes	Organización Experiencia Participantes
Adquisición de conocimientos	Capacitación Temas abordados Frecuencia de las capacitaciones Asistencia técnica Tiempo y temas tratados
Apoyos gubernamentales	Financiamiento Tipo de financiamiento
Sistema de producción	Tipo de sistema Fecha de siembra Plantas sembradas Plantas vivas Plantas productivas Rendimiento (Kg) del año anterior Origen del material vegetativo

	Año de la primera floración
	Mes de floración
	Tutores usados
	Especies de valor
Manejo	Preparación del terreno
	Plantas por tutor
	Número de podas anuales
	Tipo de encauce
	Acodo
	Polinización
	Flores polinizadas
	Tipo de control de arvenses
	Frecuencia del control de arvenses
	Tipo de control de insectos
	Frecuencia del control de insectos
	Tipo de fertilizantes
	Frecuencia de aplicación de MO
	Tipo de riego
	Frecuencia del riego
	Presencia de abortos
	Enfermedades y plagas observadas

Para determinar los costos de producción se elaboró una guía con base en análisis previos en otros estados de la república (PRSPVSLP, 2012; INIFAP, 2011; Cruz Juárez, 2004). A partir de esto se realizó un cuestionario a los productores previamente seleccionados para el estudio. Se incluyeron los costos de insumos intangibles como son los jornales del mismo productor, se especificaron los costos de producción por año desde el momento de la preparación del terreno. Además, se contempló el ingreso por venta, en caso de haber

tenido producción, basándose en los precios que ha manejado el sistema producto vainilla a nivel nacional.

Las entrevistas se realizaron a otros productores de vainilla que por diversas razones no fueron incluidos en el estudio (parcelas sin fructificación o aborción total de frutos), así como a informantes clave como técnicos, funcionarios y otros expertos en el tema, con el fin de complementar la información sobre la distribución de los sistemas de producción, el número de organizaciones registradas y otros datos que pudieran enriquecer la investigación.

6.2.2 Colecta de información en la parcela

La ubicación geográfica de las parcelas se obtuvo con el apoyo de un GPS. Se recorrió en su totalidad cada parcela para identificar y contabilizar las plantas con frutos. Fueron seleccionadas al azar 50 plantas con fruto a las que se midió su altura y la longitud de sus frutos, además de contabilizar los racimos por planta y frutos por racimo, esto con el apoyo de un flexómetro.

A la par se identificaron los diferentes tutores (especie frecuentemente arbórea usada para dar soporte y sombra a la planta) presentes en la parcela y fueron seleccionados cinco (por cada especie distinta), cuyas plantas de vainilla tuvieran frutos y para cada uno se registró la altura y el número de plantas de vainilla que sostenía; en el caso de las plantas con altura mayor a 6 m se clasificaron como “mayores de seis metros”, debido a la dificultad para realizar las mediciones para especies con demasiada altura. De manera complementaria se obtuvo el porcentaje de sombra bajo el dosel con el uso de un densiómetro esférico cóncavo. El método consiste en registrar por cada tutor el porcentaje de sombra dirigiendo

un densiómetro semiesférico hacia cada uno de los cuatro puntos cardinales (N, S, E, O), posteriormente se obtiene un porcentaje promedio de sombra por tutor (Werner, 2009).

Con el fin de conocer la presencia de otras especies de importancia para el productor, se realizó durante los recorridos un inventario de estas especies presentes en la parcela. En el cuadro 2 se muestran todas las variables registradas en las parcelas.

Cuadro 2.- Variables registradas en la parcela

Nombre de los tutores
Altura de los tutores
Porcentaje de sombra
Altura de la planta de vainilla
Plantas por tutor
Racimos por planta
Racimos cargados
Frutos por racimo
Frutos por planta
Longitud del fruto
Otras especies comercializables y para consumo en la parcela

Para determinar diferencias edáficas y su posible efecto en la producción de vainilla, se colectaron 25 muestras compuestas de suelo. Cabe aclarar que el número de muestras se redujo pues en algunas localidades se visitaron dos parcelas cercanas, permitiendo extrapolar los resultados del análisis. En cada parcela se realizaron con una pala cinco submuestras en zigzag, a una profundidad de 20 cm. y evitando el efecto de borde; de la muestra total se tomaron entre 1.5 y 2 kg de suelo. Las muestras fueron etiquetadas y

llevadas al laboratorio de Suelos y Agua de la Facultad de Agronomía de San Luis Potosí, para realizarles un análisis estándar de fertilidad del suelo (NOM 021-SEMARNAT-2000).

6.3 Tratamiento de la información

6.3.1 Análisis espacial

Los puntos obtenidos con GPS fueron exportados al Sistema de Información Geográfico ArcGis 9.3, en donde se calculó la superficie real de cada parcela y posteriormente fueron sobrepuestos en un mapa base. A partir del “Continuo de Elevaciones Mexicano” versión 3.0 de INEGI a una resolución de 30 metros por pixel, se generaron los mapas de pendiente y su orientación. Por otra parte, se obtuvieron las normales climatológicas (de 1950 al 2010) de las estaciones de CNA ubicadas en la zona de estudio y su colindancia para las variables temperatura máxima, media y mínima, además de la precipitación. Los datos fueron interpolados con el método IDW (Distancia Inversa Ponderada, por sus siglas en inglés); este método se basa en el cálculo de valores para sitios no muestreados por medio de la ponderación por distancia de los valores de los sitios vecinos.

Se consultó la cartografía digital de datos vectoriales de INEGI y de CONABIO escala 1:1 000 000 para datos edafológicos, de vegetación, unidades climáticas, humedad del suelo y humedad atmosférica, provincia y subprovincia fisiográfica.

Todas las capas de información (elevación, pendiente, orientación, climáticas y ambientales) fueron sobrepuestas en una hoja de trabajo de ArcMap 9.3, ajustadas a coordenadas UTM, y delimitadas a la zona de estudio. Luego se utilizó la herramienta zonal statistic para análisis espacial de ArcToolbox para obtener la estadística descriptiva de la

superficie de cada parcela y posteriormente se capturó en una hoja de Excel el valor medio de las variables para cada parcela.

6.3.2 Análisis de suelo

El análisis de suelo se basó en la Norma oficial vigente (NOM-021-SEMARNAT-2000); previamente las muestras se secaron a la sombra a temperatura ambiente. Luego se molieron y tamizaron en criba menor de 2 milímetros; finalmente se obtuvo una muestra de suelo fino de alrededor de 500 gramos. Se realizó la determinación de textura, materia orgánica, carbonatos totales, conductividad eléctrica, pH, nitrógeno, fósforo y potasio.

Densidad aparente

Para determinar la densidad aparente (masa/volumen) se siguió el método de la probeta, este procedimiento consiste en registrar el peso de una probeta de 10 ml. vacía y posteriormente pesar la probeta llena hasta la marca de los 10 ml. dando unos ligeros golpes sobre una franela y agregando el suelo faltante; esta acción se repite cuatro veces con cada muestra de suelo y se promedia el peso final.

Textura del suelo

Es la proporción relativa por tamaños de partículas de arena, limo y arcilla, las cuales al combinarse generan las clases texturales. Para su determinación se agregó agua oxigenada a 60 gr. de suelo por muestra colocados en un vaso de precipitado con el fin de eliminar la materia orgánica presente, posteriormente se colocó cada vaso sobre una plancha a fuego lento y se dejó secar durante 24 horas o hasta eliminar completamente la humedad presente. Se molió el suelo y se pesaron 50 gr, los cuales fueron puestos en un vaso chocomilero junto con 10 ml de defloculante y alrededor de 500 ml de agua simple. Esta mezcla se licuo

en un agitador de chocomileras durante ocho minutos y se colocó en probetas de 1000 ml. mezclando con agua simple hasta la marca. Se selló y agitó manualmente durante un minuto e inmediatamente después se registró la primera lectura con higrómetro y termómetro. Se dejó reposar totalmente estático durante dos horas y se tomó la segunda lectura con higrómetro y termómetro. Para realizar los cálculos primero es necesario corregir las lecturas con ± 0.36 por cada grado centígrado arriba o debajo de los 19.5°C . Una vez corregidas las lecturas, se utilizó la siguiente fórmula para obtener los porcentajes de arena, limo y arcilla:

$$\text{Arena} = (L1 \times 100) / ms$$

$$\text{Arcilla} = (L2 \times 100) / ms$$

$$\text{Limo} = (L1 - L2) \times 100 / ms$$

L1 = lectura a los 40 seg corregida

L2 = lectura a las 2 horas corregida

ms = gr de muestra seca

Conductividad eléctrica y pH en extracto de saturación

La CE es la propiedad de un material que le permite conducir el flujo de la electricidad mientras que el pH es el logaritmo negativo de la actividad de los iones de hidrógeno en el suelo, es decir el grado de acidez o alcalinidad de un suelo, expresado en términos de la escala de pH, de 0 a 14. Para la lectura de ambos parámetros se realizó previamente una pasta de saturación; para ello se pesaron 250 gr de suelo en un vasos de precipitado, se le añadió agua destilada lentamente para contabilizar la cantidad de mililitros utilizados mientras el suelo se mezcla para humedecer homogéneamente hasta obtener una pasta con textura chiclosa. Esta mezcla se dejó enfriar por 24 horas y posteriormente se extrajo el líquido en un embudo buchner colocado en un kitasato conectado a una bomba de vacío. La

solución se usó para obtener las lecturas de pH y conductividad con un potenciómetro y el conductímetro respectivamente.

Materia orgánica

La materia orgánica es una porción superficial del suelo compuesta por restos de plantas y animales, su porcentaje en un suelo influye en las características tanto físicas como químicas del suelo y por tanto tiene un efecto en la fertilidad del suelo. Para esta determinación se siguió el método modificado de Walkley y Black. Se colocaron 0.5 gr. de suelo fino en un matraz de 500 ml. adicionando 10 ml. de dicromato de potasio 1 N girando el matraz con cuidado para que la solución humedeciera todo el suelo, posterior a ello se agregaron 20 ml de H_2SO_4 y se agitó durante un minuto. Se dejó reposar 30 minutos y se añadieron 200 ml. de agua destilada, 5 ml. de H_3PO_4 concentrado y 5 a 10 gotas de indicador de difenilamina; éste se tituló con sulfato ferroso hasta obtener un color verde claro.

Nitrógeno inorgánico (Ni)

Esta prueba se realizó con el procedimiento micro-Kjeldal, se requirieron 5 gr. de suelo en un bote de polietileno de 100 ml., se agregaron 50 ml de KCL 2N, se agitó por una hora y luego se filtró. Por otra parte se colocaron 10 ml de H_3BO_3 en un matraz conectado a la salida del refrigerante de un destilador. En el tubo de destilación se colocaron 20 ml del extracto del suelo y se añadió una pizca de MgO calcinado y una de aleación de devarda. Se destiló y tituló hasta obtener un color rosa tenue.

Carbonatos de calcio ($CaCO_3$)

Se pesaron 5 gr de suelo fino por cada muestra dentro de botellas de agitación, se agregaron 100 ml de HCL 0.2 M con pipeta y se dejó agitar de manera ocasional durante 2 horas en el

agitador recíproco. Se colocaron 10 ml de solución en un matraz con alrededor de 25 ml de agua, se agregó unas gotas de indicador de fenolftaleína y se tituló con NaOH 0.1 M. Se utilizó el método de neutralización ácida.

Fosforo

Para la determinación de fosforo se utilizó el método Olsen para suelos neutros o alcalinos. Se colocaron 2.5 ml. de suelo en frascos de polietileno con 50 ml de solución extractora, cada frasco se tapó y agitó durante 30 minutos. Al finalizar se filtró y se tomaron 2 ml del filtrado, más 8 ml de la solución C y de la solución D. Se dejó reposar por 10 a 15 minutos para dejar desarrollar el color y se tomó la lectura en el espectrofotómetro a 680 nm.

Potasio

Con el método del fotómetro se pesaron 5 gr de suelo y se agregaron 25 ml de acetato de amonio, se agitó y filtró la mezcla y se tomó la lectura en el fotómetro de flama Carning 400.

6.4 Análisis estadístico

6.4.1 Caracterización agroecológica de la vainilla

Todos los datos se capturaron en el software Excel 2007 para conformar una matriz básica de sitios por variables; luego fue exportada al software estadístico SPSS versión 15.0, en donde se realizaron los análisis estadísticos.

Se obtuvieron los estadísticos descriptivos y frecuencias para cada variable (productor, antecedentes, organización, adquisición de conocimientos, sistema de producción, manejo, bejucos, tutores, ambientales, del suelo). Esto se hizo para todas las unidades y enseguida se asignó como factor al tipo de sistema de producción (agroforestal, cítrico y malla

sombra), esto con el fin de conocer las diferencias entre cada sistema con base en las variables independientes y dependientes. Adicionalmente, y con el fin de asignar el tratamiento estadístico más apropiado para los datos, se realizó la prueba de normalidad de Shapiro - Wilk (para menos de 50 datos), la hipótesis nula (H_0) plantea que las variables de respuesta tienen una distribución normal, entonces si $p \geq 0.05$ se acepta H_0 . Los resultados indicaron que únicamente las variables edad, experiencia y longitud del fruto se apegan a la distribución normal, por lo cual todas las variables fueron categorizadas con base en la distribución de los datos, observada por medio de las clases en histogramas.

Para demostrar estadísticamente las diferencias entre grupos (sistemas de producción) respecto a las variables independientes, se utilizaron tablas de contingencia para analizar la dependencia entre variables y se comprobó por medio del estadístico χ^2 (Hair, 2004); en este caso la hipótesis nula (H_0) plantea la independencia entre las variables.

Para conocer a detalle el manejo que cada productor procura en su parcela, se realizó una clasificación de las unidades de producción por medio del método de conglomerados jerárquicos y se instruyó al programa para generar cuatro grupos principales. Este método agrupa a los sitios según sus parecidos y diferencias; para este objetivo se utilizaron las variables de manejo preparación del terreno (6 niveles), porcentaje de sombra, frecuencia de podas al mes, tipo de acodo, tipo de encauce, frecuencia y tipo de fertilización, tipo y frecuencia de riego, número de flores polinizadas, frecuencia del control de arvenses, tipo de control de insectos.

6.5 Rendimiento de los sistemas de producción

Tomando en cuenta que el principal objetivo del cultivo de vainilla es la obtención de frutos, las variables longitud de fruto (cm) y rendimiento (kg/ha) fueron tomadas como dependientes para contrastar la igualdad o diferencia de la productividad de las plantas en cada sistemas de producción. En un inicio se planteó la posibilidad de realizar un análisis MANOVA, pues es una extensión del ANOVA utilizada para cubrir casos con más de una variable dependiente, sin embargo debido a que solo la longitud de fruto se apegó a la distribución normal y que no existe correlación con el rendimiento, ambas variables fueron analizadas por separado. Para “longitud de fruto” se aplicó un análisis de varianza mientras que para “rendimiento” se optó por la prueba equivalente no paramétrica de Kruskal – Wallis. En ambos casos la hipótesis a probar (H_0) es la igualdad de medias de la variable dependiente (longitud del fruto y rendimiento) en los tres sistemas de producción.

Al comprobar que no hay diferencia de medias entre las variables dependientes de cada sistema de producción, se efectuó una categorización para conocer las parcelas con la mejor calidad y productividad de las plantas. Para “longitud de fruto” se tomó como referencia la NMX-FF-074-SFCI-2009 y NOM-182-SCFI-2011 que establecen medidas de clasificación según el tamaño, categorías extra y primera (mayor a 15 cm); segunda (de 10 a 14.9 cm); tercera (menor a 9.9 cm). Luego, se hizo una clasificación con ayuda del análisis de conglomerados, para distinguir entre las unidades productivas con mejor tamaño de fruto y rendimiento; se comprobó la correlación con las variables independientes (Chi^2) y posterior a ello se obtuvo nuevamente la estadística descriptiva de las variables significativas.

Finalmente, se realizó un análisis de relación beneficio/costo con el fin de conocer los costos de inversión y de ingresos netos para el establecimiento y manejo de cada sistema de

producción. Este tiene como meta proporcionar una medida de la rentabilidad de un proyecto (DGPlaDes, 2009). Con los datos obtenidos a través del cuestionario se realizó el cálculo en pesos mexicanos de cada uno de los gastos del productor, incluyendo el jornal. Se tomó en cuenta los costos del jornal, la gasolina, el agua y el bejuco para cada año, pero para el caso de herramientas se manejó el precio del año 2014. Una vez que se cuantificó el costo total de la inversión de cada parcela y los ingresos obtenidos, se aplicó la fórmula $\text{Beneficio (ingresos)}/\text{Costo (inversión)}$. Cuando resulta un coeficiente mayor a 1, implica un beneficio en el sistema de producción. Pero si es menor a 1 significa que aún no hay una ganancia para el productor. Para el caso de las malla sombras este cálculo se realizó dos veces, diferenciando el gasto aplicado por el gobierno para el establecimiento de la infraestructura.

Debido al número tan amplio de variables independientes usadas en la investigación, se realizó un análisis de componentes principales. Para esto se usaron las variables que en el estudio resultaron más significativas y con baja correlación con otras; este análisis busca reducir dimensiones al generar un número mínimo de componentes con base en las variables más importantes. Tomando en cuenta que se no contaba con datos edáficos completos para todas las parcelas, se trabajó con 20 casos de los 36 originales.

6.6 Áreas potenciales para el cultivo de la vainilla

Para establecer el área potencial para el cultivo de vainilla en la región huasteca, se realizó un modelado de distribución de especies (MDS), esta es una herramienta que permite analizar objetivamente los patrones espaciales de presencia de organismos y se basa en la

asociación de datos conocidos con diferentes variables independientes que describen las condiciones ambientales en un espacio determinado. Al extrapolar los datos al resto de un área se obtiene un valor en cada pixel, que suele interpretarse como la probabilidad de presencia de la especie en ese punto (Mateo *et al.*, 2011).

Los sitios de muestreo fueron utilizados como puntos de presencia para la predicción del modelo; se utilizaron 30 puntos que incluían coordenadas precisas de su ubicación. Por otra parte, se realizó una revisión de literatura para conocer cuáles son los principales factores ambientales que influyen en el desarrollo del cultivo y seleccionar las capas de información apropiadas para el modelo. El conjunto de capas incluyó inicialmente datos de precipitación, temperatura máxima, media y mínima interpoladas con datos de CNA, el Continuo Mexicano de Elevaciones 3.0 y sus derivados (pendiente y orientación), así como las capas de bioclim (WorldClim, 2014).

Los datos georreferenciados y las capas de información ambiental elegidas fueron desplegados en el software ArcGis, las capas vectoriales fueron convertidas a raster y homogeneizadas a un tamaño de celda de 30 x 30 m, y posteriormente convertidas a formato ASCII. Para modelar se utilizó la técnica discriminante de máxima entropía Maxent; este método funciona a partir de los registros de ocurrencia de la especie, así como las coberturas geográficas y climáticas que representan los parámetros ambientales (Castro, 2011).

De acuerdo con Ryekel (1996), para una mayor coherencia entre los resultados y los datos de entrada, es importante ajustar los parámetros y constantes del modelo; para esto se respetaron los ajustes que aparecen en automático incluyendo 500 como número máximo de iteraciones y 0.00001 como límite de convergencia; en las opciones avanzadas se activó

la categoría de máxima especificidad más sensibilidad; finalmente, el formato de salida fue de tipo logístico.

El principal criterio para la elección de los mejores modelos de área potencial para el cultivo de la vainilla fue un valor mayor a 75% del área bajo la curva ROC² (Receiver Operating Characteristic) (Muños y Felicísimo, 2004). Esta es una medida de la capacidad de discriminación del modelo y cuyo valor tiende a aproximarse a 1 cuanto mejor es el ajuste con los datos de evaluación, mientras que cercano a 0.5 indica que el ajuste no es mejor que el generado al azar (Benito y Peñas, 2007).

Una vez elegido el mejor modelo, se contabilizó la superficie predicha como potencial. La cobertura resultante fue superpuesta sobre una imagen de satélite Spot 2013 para contrastar la coincidencia del modelo con la realidad y elaborar la cartografía correspondiente en el programa ArcGis.

VII RESULTADOS

7.1 Caracterización agroecológica de la vainilla en la Huasteca

Potosina

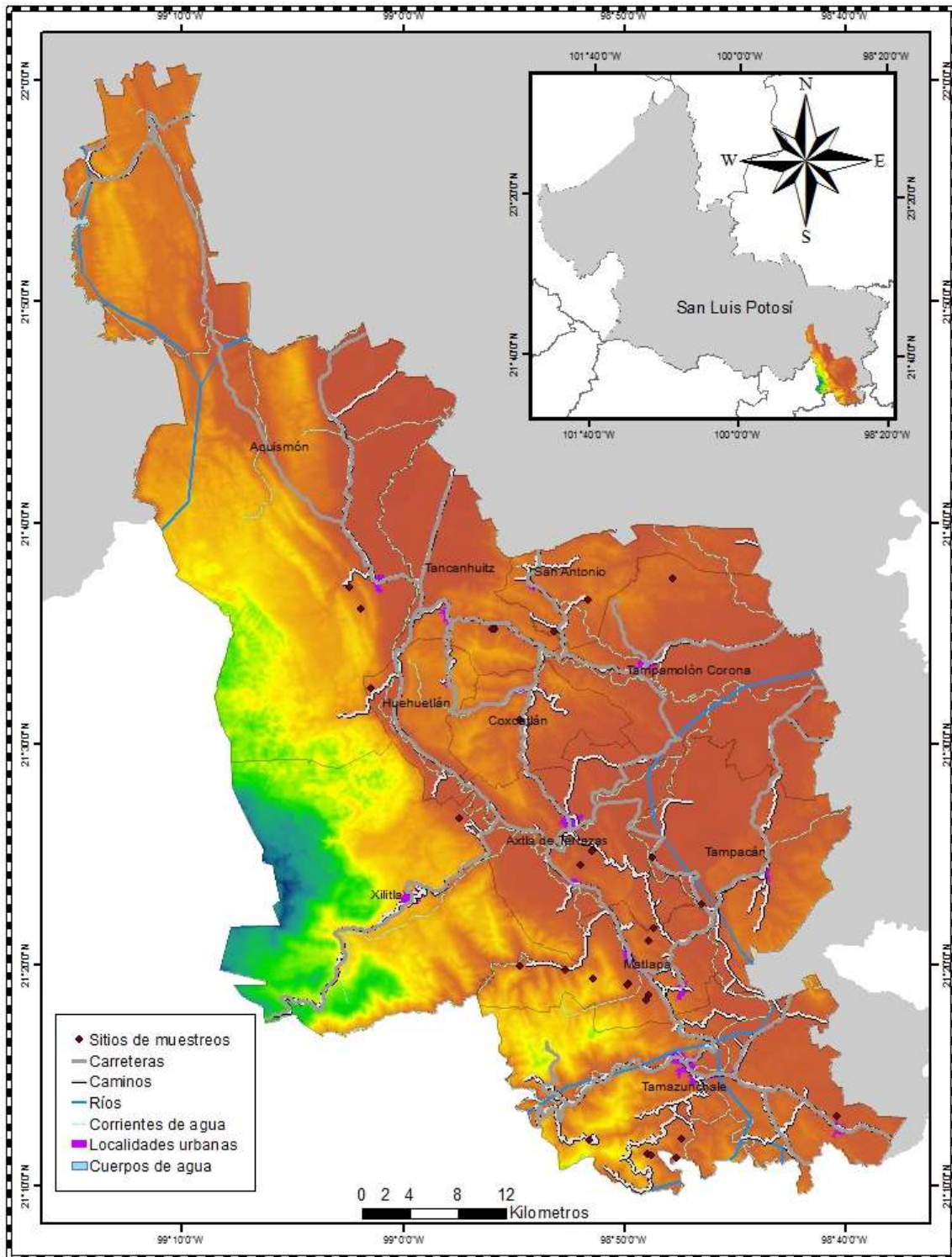
7.1.1 Distribución espacial de la vainilla y sus características ambientales

De las 30 parcelas muestreadas, el 96% se distribuyen sobre la Sierra Madre Oriental en la sub provincia del Carso Huasteco, que se caracteriza por poseer una topografía de sierras altas escarpadas (63%), sierras bajas (30%) y valles de laderas tendidas (3%). El 4% restante de las parcelas se distribuye sobre la llanura costera del golfo norte, en la sub provincia de llanuras y lomeríos y se caracteriza por una topografía de valles con llanura.

El uso de suelo es principalmente agrícola, con vegetación de agricultura de temporal (47%) y agrícola - pastizal (23%), de acuerdo con la clasificación de INEGI. El tipo de suelo corresponde a Rendzinas de textura fina (72.2%). La humedad se presenta en el suelo durante 270 a 330 días para el 44% de las parcelas, y de 330 a 365 días en el 39% de las parcelas principalmente.

El 83% de las parcelas se ubica en zonas de clima semicálido (A) C (m) (w), éstas áreas presentan una temperatura media de 24.2°C, (máxima de 35.1°C y mínima de 15.2°C). La precipitación media anual es de 2014 mm, con una mínima de 1540.3 mm y máxima de 2740.1 mm. El 17% restante de las parcelas presenta un clima templado (A) C (f m), con temperatura media de 23.9°C, (máxima de 30.3°C y mínima de 17°C). La precipitación media anual es de 1776 mm, con una mínima de 1748 mm y máxima de 1858.

Las parcelas se ubican entre los 61 y 678 m de altitud y el 63% se encuentran en laderas orientadas hacia el norte-noreste, 17% se ubica hacia el sur – sureste, y el 20% restante se orienta hacia el oeste (Mapa 3).



Mapa 3.- Sitios de muestreo.

Para explicar de mejor manera los factores ambientales que inciden en los sistemas de producción, se generaron tres componentes que agrupan las variables más significativas con el 84.5% de la varianza explicada (Cuadro 3). Las nueve variables más significativas son edáficas, climáticas y espaciales (Figura 2). El primer componente se relaciona con características ambientales como la temperatura mínima y los meses con humedad del suelo; el segundo componente se relaciona con características del suelo como la capacidad de campo, pH, fósforo, potasio y carbonatos de calcio y el último componente tiene relación con la orientación de la ladera y el porcentaje de arena en el suelo (Cuadro 4).

Cuadro 3.- Varianza explicada de los tres primeros componentes.

	Primer componente	Segundo componente	Tercer componente
Valor propio	3.3932	3.0496	1.1626
Proporción	0.377	0.339	0.129
Acumulada	0.377	0.716	0.845

Cuadro 4.- Peso de las variables para cada componente.

Variable	PC1	PC2	PC3
Temperatura mínima	0.510	0.118	0.020
Orientación	-0.228	0.058	0.721
Capacidad de campo	-0.277	-0.374	0.397
pH en agua	-0.398	0.354	0.073
Humedad del suelo	0.423	-0.199	0.219

Arcilla	0.364	-0.274	0.384
Fósforo	0.063	0.449	0.319
Potasio	0.371	0.365	0.105
Carbonatos de calcio	0.020	0.518	0.088

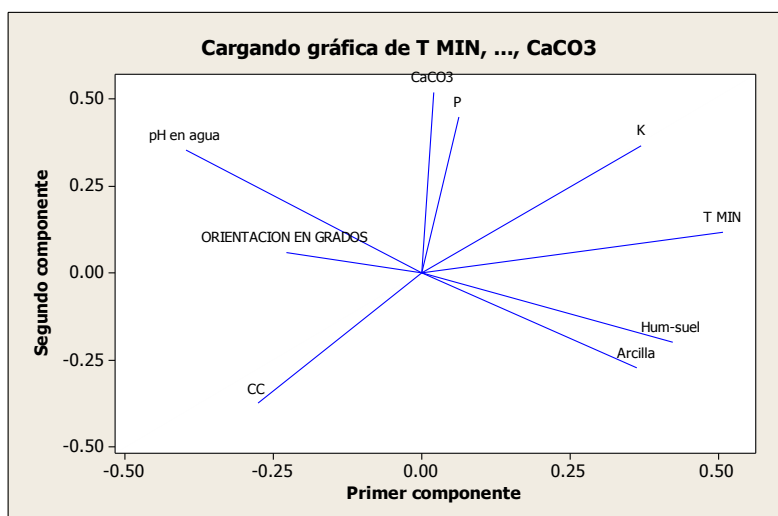


Figura 2.- Componentes del análisis

7.1.2 Manejo del cultivo en las parcelas

En cuanto a la preparación del terreno, de las 30 parcelas visitadas, el 25% de los productores no realiza ninguna acción previa al establecimiento de la planta. El 30.6% realiza labores de limpieza, labranza, abonado, construcción de surcos y/o terrazas y el resto realiza solo alguna labores de limpieza.

Del origen del material vegetativo en el 42% de los casos se trata de esquejes adquiridos dentro en la región, y el resto 52.8% proviene del estado de Veracruz, principalmente de los municipios de Papantla, Martínez de la Torre y Puntilla de Aldama.

La especie más usada como tutor es el cocuite (*Gliricidia sepium*) (Figura 3), seguido del pemoche (*Erythrina sp.*) (Figura 4).



Figura 3.- Uso del cocuite (*Gliricidia sepium*) como tutor en malla sombra.

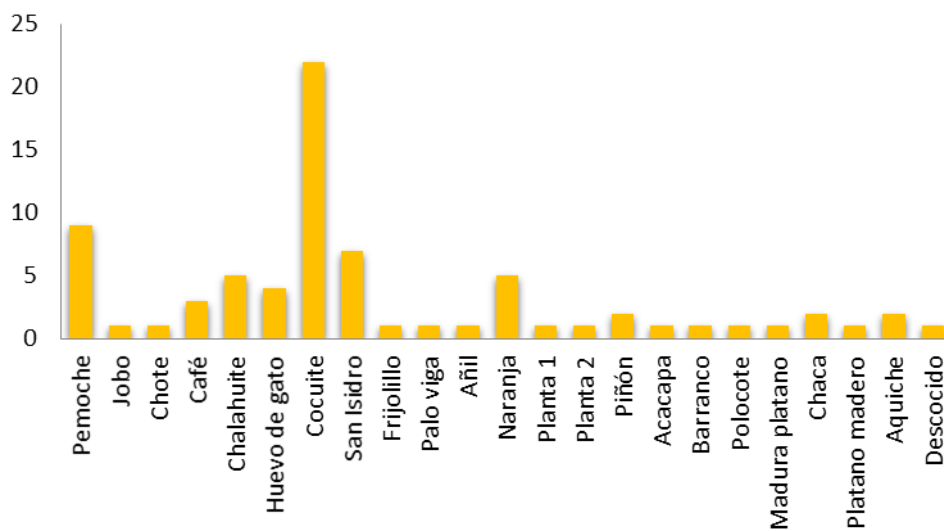


Figura 4.- Principales tutores empleados.

Las principales labores culturales que realizan los 36 productores entrevistados son las podas (44.4%); deshierbe (69.4%), encauce (63.9%); control de insectos (63.9%), acodo (58.3%); abonado (63.9%) y riego en la época seca del año (47.2%). La polinización es la actividad menos practicada pues solo la realiza el 41% de los productores.

7.1.3 Productores y su organización

La edad promedio de los productores es de 55 años (mínima de 38, máxima de 76), su experiencia con el cultivo de vainilla es de 9 años en promedio (mínimo de 2, máximo 45). El 47% de los productores no pertenecen a ninguna organización. El 55.6% de las parcelas las trabaja el productor y su familia, otro 19.4% trabaja su parcela de manera individual, 13.9% trabaja con el apoyo del grupo o la organización a la que pertenecen y con quien comparten su sistema de producción y únicamente 11.1% tiene la capacidad para contratar personal para laborar en la parcela.

Con relación a las variables relativas a “procesos de formación de conocimientos” se encontró que el 25% de los productores nunca recibió una capacitación sobre el manejo del cultivo y 52% no tiene acceso a la asistencia técnica. El promedio de capacitaciones y asesorías para los productores que recibieron estos servicios fue de 1.5 veces en total.

Únicamente, el 47.2% de los productores ha recibido algún tipo de financiamiento principalmente para el establecimiento del cultivo bajo malla sombra. Los apoyos recibidos además de destinarse al establecimiento de las malla sombra se canalizan también a la adquisición de bejuco y establecimiento de aboneras para composta.

7.1.4 Análisis de suelos

Los resultados indican que las parcelas cuentan con porcentajes adecuados de arena, limo y arcilla (textura franca) y por tanto buen drenaje. En cuanto a las características químicas, cuentan con un pH neutro. En ninguna de las parcelas se detectó presencia de sales. Los nutrientes se encontraron en porcentajes medios para carbonatos y materia orgánica, bajos para nitrógeno y fósforo y altos para potasio. Como caso excepcional se encuentran las dos parcelas ubicadas en Tampacán ya que en este municipio se encontró una alta concentración de arcilla, un pH ligeramente alcalino, niveles altos de carbonatos y fósforo para una de las parcelas.

7.2 Sistemas de producción

De acuerdo al análisis estadístico descriptivo se encontraron tres principales sistemas de producción de vainilla en la región. El sistema que más se presenta en la región es un sistema agroforestal tradicional que combina especies herbáceas, arbustivas y arbóreas (varias usadas como tutor) con usos agrícolas, forestales, medicinales, y comerciales como es el caso de la vainilla, estos sistemas se asocian a las condiciones socio ambientales de la región, y son manipulados de acuerdo a las necesidades de sus habitantes, este sistema es conocido como “te’lom” por los habitantes Teenek de la zona y como “Cuayo” para los habitantes de la zona Náhuatl. Otro sistema encontrado es una asociación de la vainilla a la producción de naranja (*Citrus sinensis*), al cual se le conoce como “cítrico”, combina la presencia de dos especies perennes, una herbácea (*Vanilla spp.*) y la otra leñosa (*Citrus sinensis*), considerando a esta como una plantación mixta. El sistema bajo “malla sombra”

fue implementado más recientemente, se caracteriza por una cubierta plástica entretejida cuyo objetivo es proteger a la planta de los rayos del sol, evitar la entrada de insectos y proteger contra el granizo y otras eventualidades climáticas, el porcentaje de sombra de la malla se encuentra entre 50 y 70% pero además utiliza uno o dos tipos de tutor vivos, la única especie de interés es la vainilla con fines de comercialización, lo cual indica que se trata de sistema intensivo de agricultura convencional (Figura 5).

De las parcelas visitadas 10 de ellas corresponden al sistema de producción denominado “malla sombra”, cinco pertenecen a la asociación denominada como “cítrico” y 21 parcelas corresponden al sistema agroforestal conocido como te'lom o cuayo.

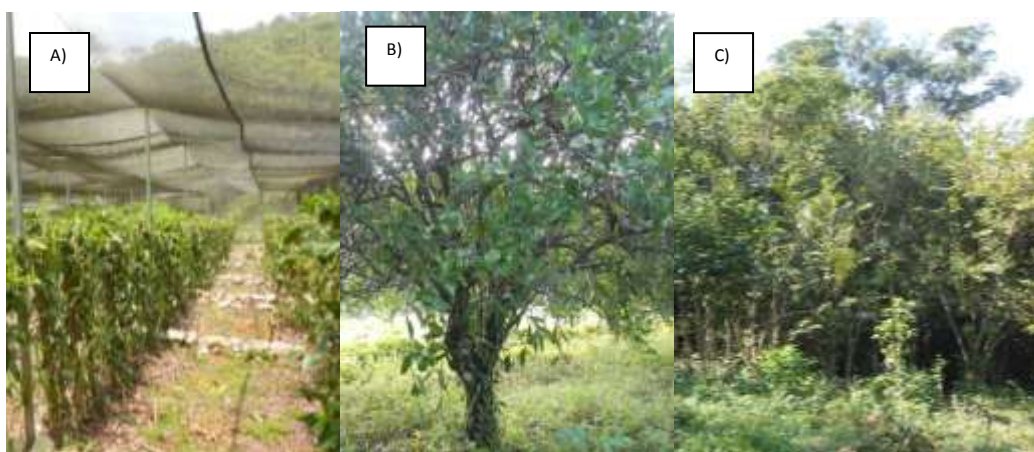
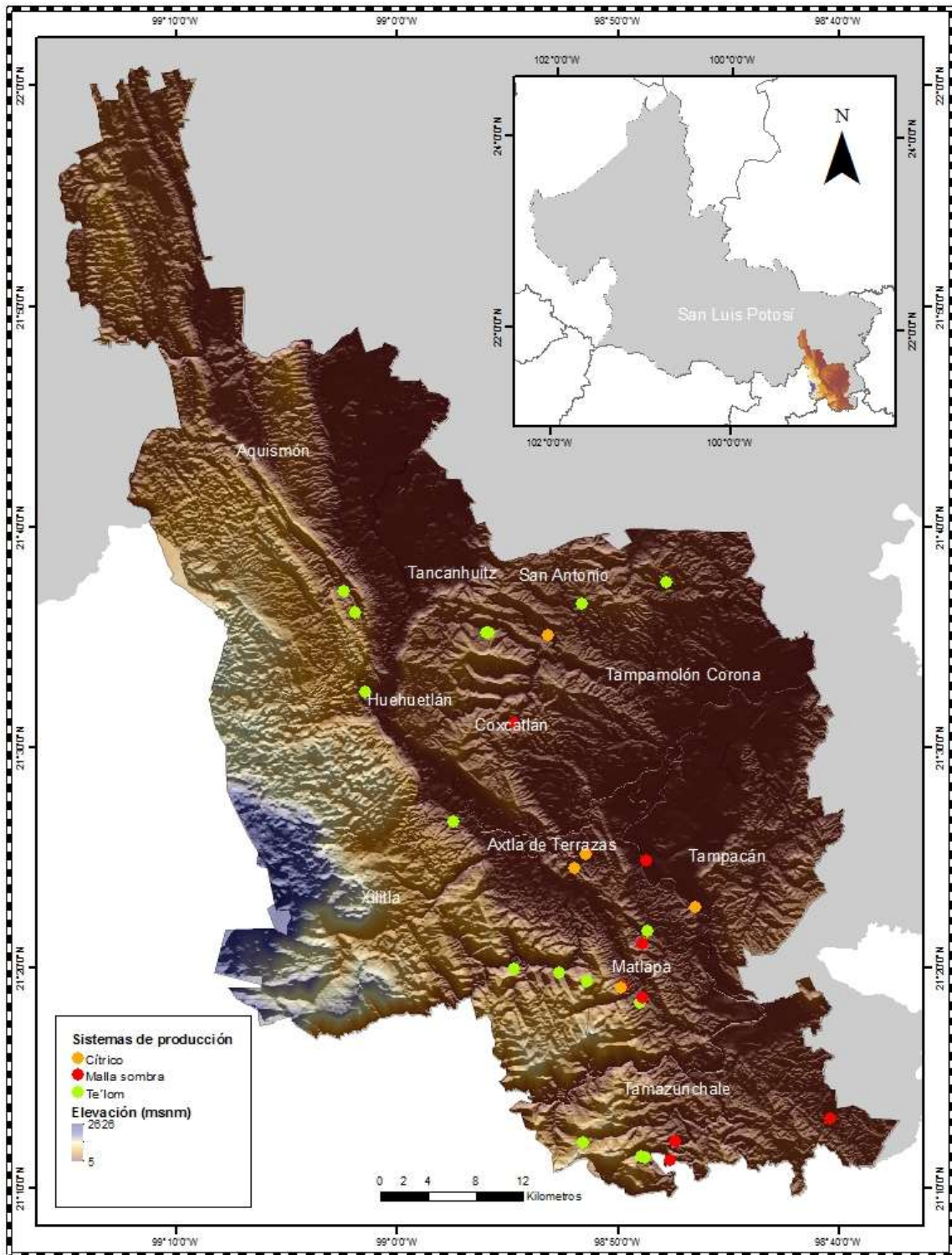


Figura 5.- A) Malla sombra. B) Asociación naranja - cítrico. C) Te'lom - Cuayo.

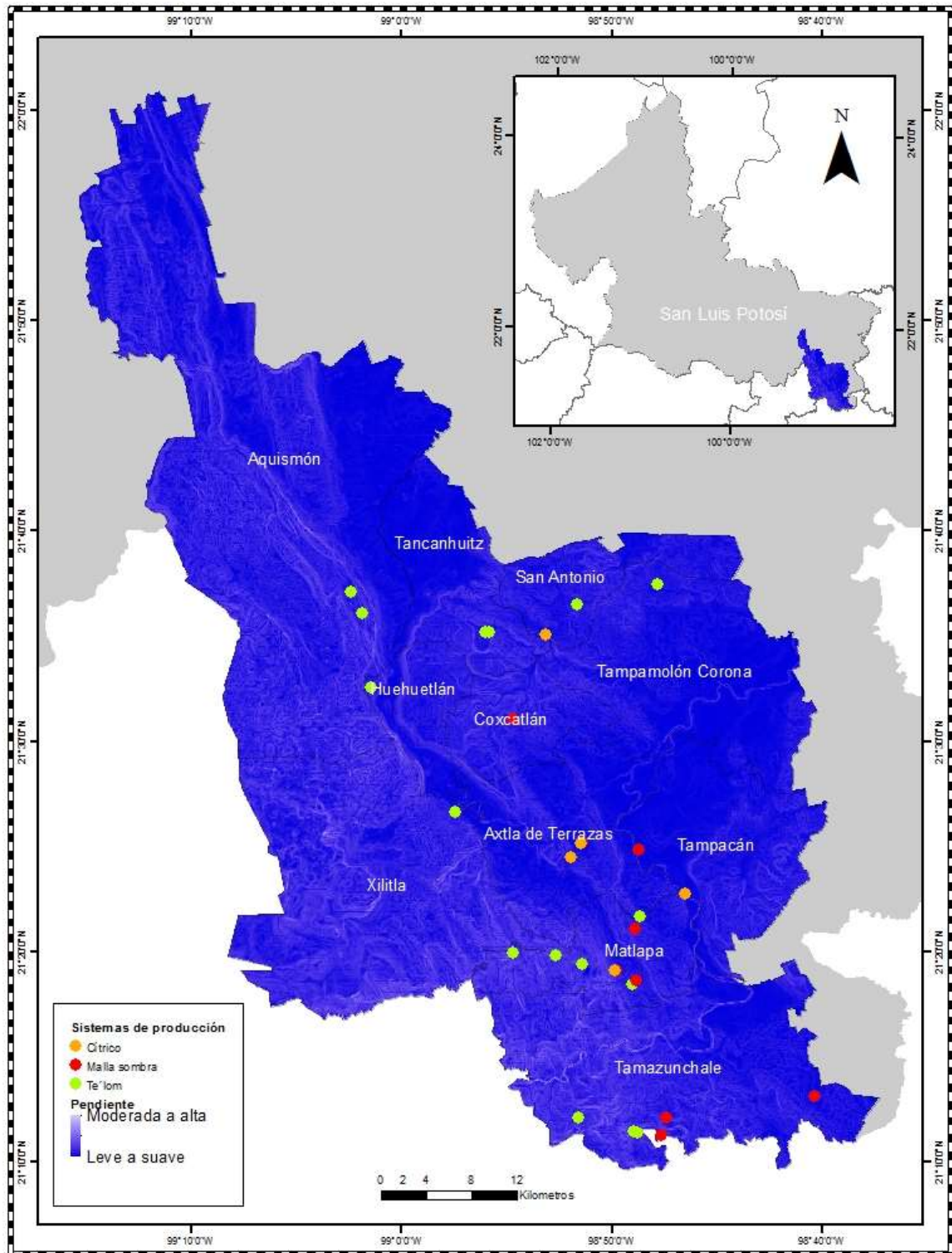
Las parcelas asentadas a mayor elevación pertenecen al te'lom - cuayo y se distribuyen entre los 121 y 678 msnm. En cítricos y malla sombra se localizan a una altitud de 61 a 306 msnm (Mapa 4). Las pendientes son pronunciadas en el te'lom - cuayo y pueden llegar hasta 43.8°, mientras que en cítricos y malla sombra va de leve a moderada y se distribuye entre los 19° y 27° (Mapa 5). La precipitación (Mapa 6) es mayor para las parcelas en cítrico seguida del te'lom - cuayo (Cuadro 5) y la temperatura media (Mapa 7), máxima (Mapa 8) y mínima (Mapa 9) es semejante para los tres sistemas de producción (Cuadro 5).

Cuadro 5.- Características de los sistemas de producción.

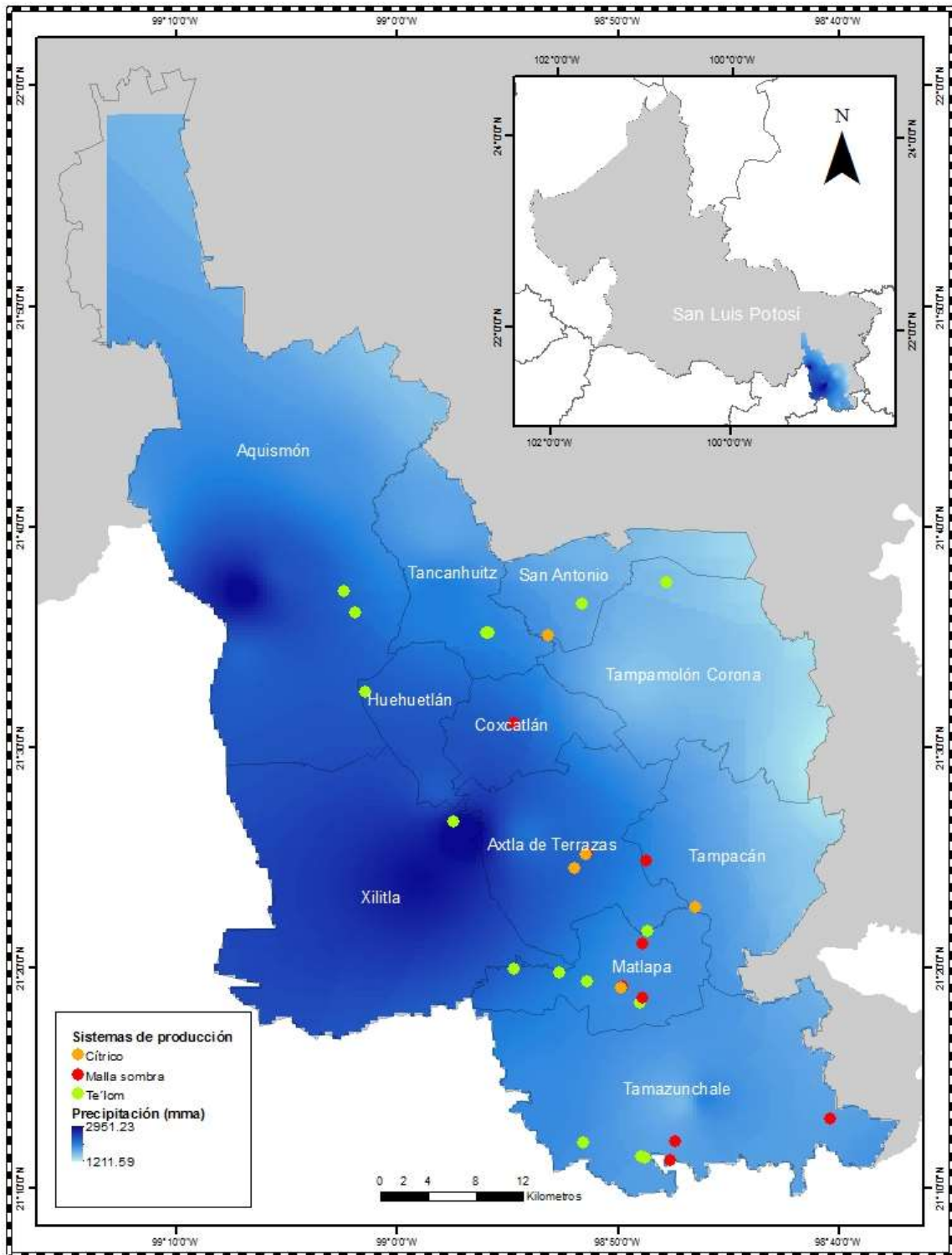
Variable	Te'lom - Cuayo	Cítrico	Malla sombra
Elevación (msnm)	121 a 678	61 a 306	63 a 266
Pendientes °	2.7 a 43.8	2.2 a 27	1 a 19
T máxima (°C)	30.83	31.17	30.28
T media (°C)	24.15	24.29	24.25
T mínima (°C)	17.14	17.06	18.41
Precipitación (mm anuales)	1999	2014	1909



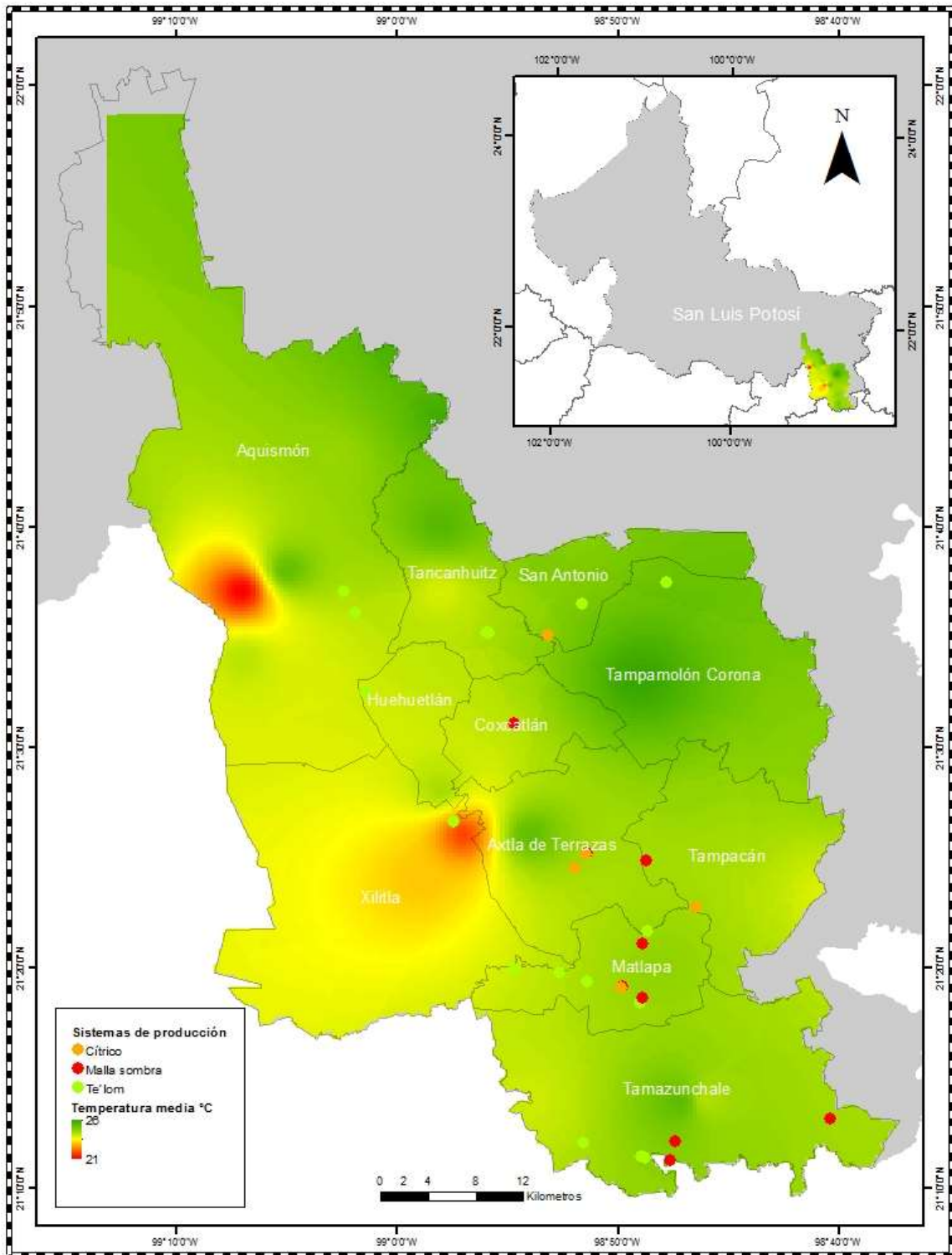
Mapa 4.- Elevación



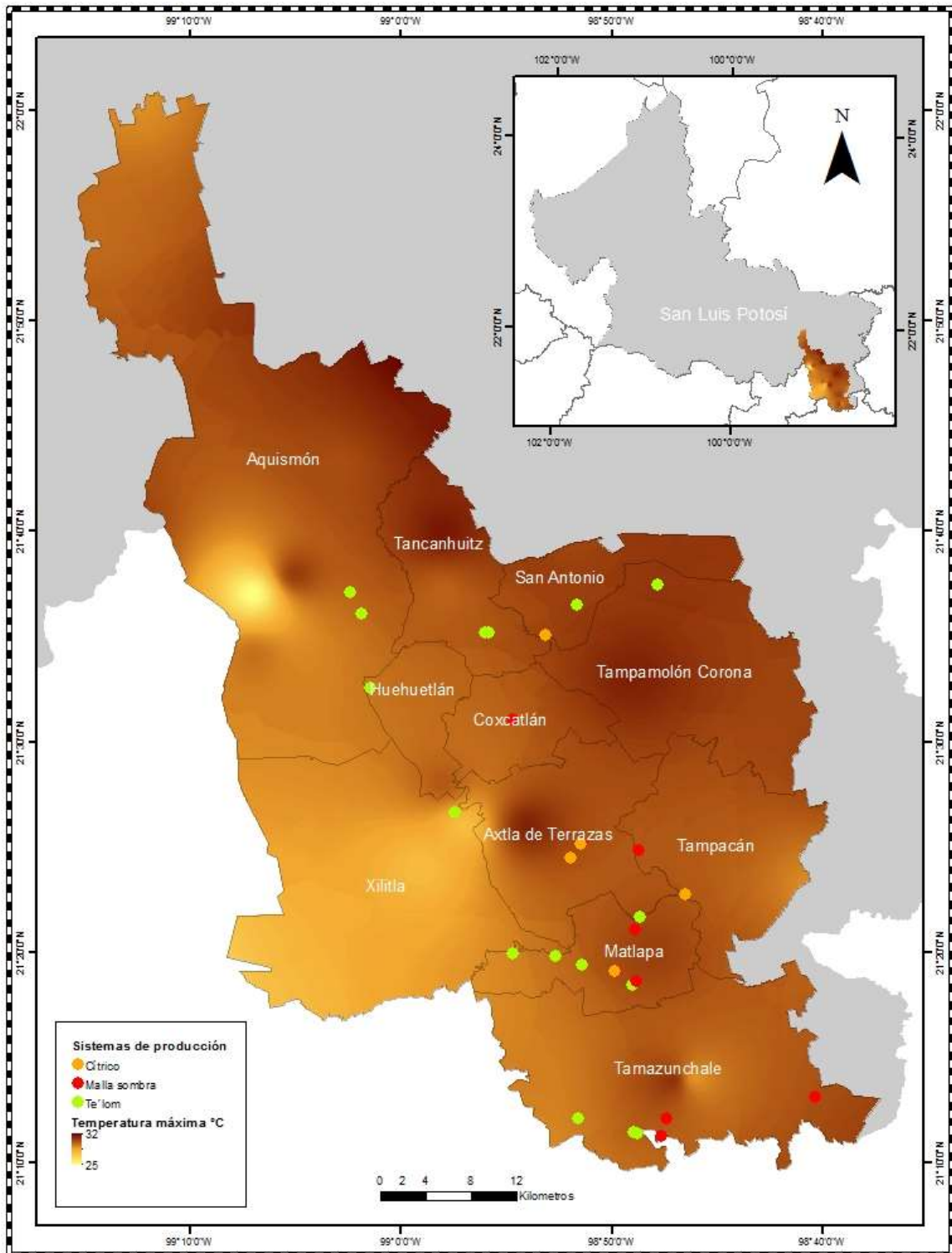
Mapa 5.- Pendiente



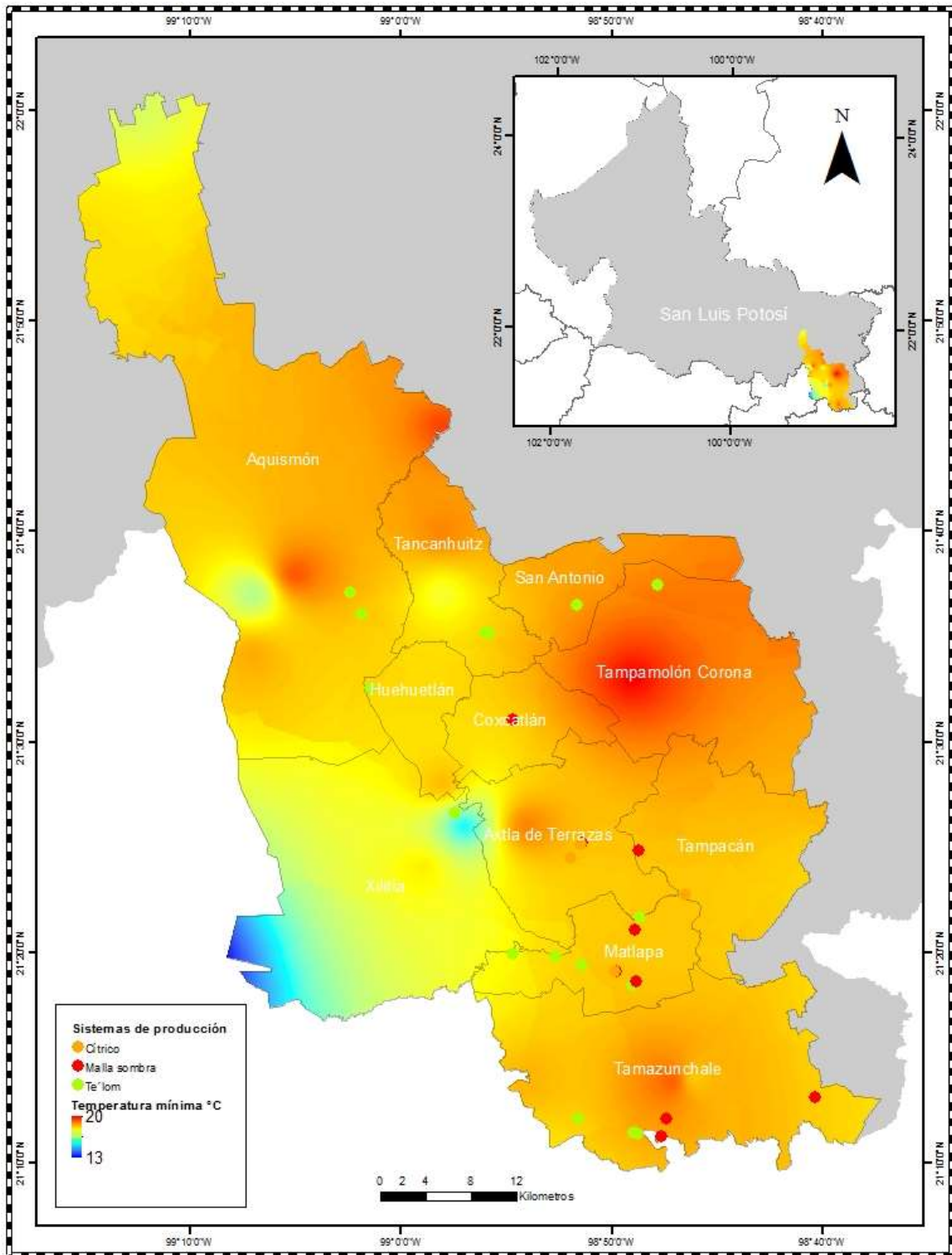
Mapa 6.- Precipitación



Mapa 7.- Temperatura media



Mapa 8.- Temperatura máxima



Mapa 9.- Temperatura mínima

En cuanto a las características de los vainillales, en el te'lom - cuyo se encontraron las parcelas más longevas, el 76.2% de los 21 vainillales visitados tienen más de cuatro años de establecidas, y la más antigua tiene más de 30 años; en los cítricos el 60% de las cinco parcelas tienen bejucos jóvenes con menos de cuatro años de establecidos; y en malla sombra el 70% de las 10 parcelas se establecieron hace tres años o menos.

El sistema de producción en te'lom - cuyo se presenta la mayor variación en la superficie destinada a la siembra de vainilla, con parcelas que van de 41 m² hasta más de dos ha. El promedio de superficie dedicada al cultivo es de 3634m² con un total de 420 plantas vivas, es decir 1155.5 plantas vivas/ha, esto significa que cuenta con la menor densidad de siembra comparada con los sistemas en malla sombra y cítrico.

En el caso de los cítricos su superficie promedio es de 2854.2 m² con un mínimo de 200 m² por parcela y 10,000 m² como máximo. El número de plantas vivas es de 682, la densidad de siembra es de 2389.4 plantas por ha, el porcentaje de pérdida de plantas después de la siembra es de 12.8%.

En malla sombra la superficie es de 1974 m² (mínimo 892, máximo 4276 m²), cuentan con aproximadamente 2600 plantas vivas, es decir 13,171 plantas/ ha y un porcentaje de pérdida de plantas después de la siembra de 17.7%.

El mayor porcentaje de pérdida de planta después de la siembra es para las plantas en malla sombra mientras que el menor se presentó en el te'lom o cuyo.

En el cuadro 6 se detallan las características de los vainillales.

Cuadro 6.- Características de los vainillales.

Sistema de producción	Superficie (m ²)	Plantas sembradas	Plantas vivas	Densidad siembra	de % después de la	pérdida de la
-----------------------	------------------------------	-------------------	---------------	------------------	--------------------	---------------

	(plantas/ha)				siembra
Te'lom - Cuayo	3634.6	466	420	1155.5	10%
Cítrico	2854.2	782	682	2389.4	12.7%
Malla sombra	1973.9	3160	2600	13171.6	17.7%
Promedio	3005	1235.8	1043	3470.8	15.6%

Con respecto a las características de los tutores, la mayor diversidad de especies usadas como tutor se presenta en el te'lom o Cuayo ya que no hay restricciones en cuanto al uso de especies utilizadas como tutor por lo que casi cualquier fuste de árbol vivo es utilizado como sostén para la vainilla (Cuadro 7). En este trabajo se encontraron 19 especies distintas usadas como tutor. La altura de estos tutores va de tres a más de 30 m de altura con una media de 8.1 metros, y un promedio de sombra de 85.4% (Cuadro 8).

En el caso de los cítricos se trata de un único tutor con altura promedio de 3.7 m (mínima 2 máxima 5) aunque esto depende de la variedad de naranjo utilizada; el promedio de sombra es de 88.4%; en este sistema de producción se encontró el promedio más alto de sombra.

Finalmente, en la malla sombra se registraron cuatro especies usadas como tutor, siendo la principal el cocuite (*Gliricidia sepium*). La altura de los tutores varía de 1.8 a los 4 m, con un promedio de 2.5 m. El porcentaje de sombra en las casa sombras es de 81.9%; en este sistema se encontró el menor porcentaje de sombra.

Cuadro 7.- Especies usadas como tutor.

Te'lom - Cuayo	Malla sombra	Cítrico
Añil	Acacapa (<i>Eupatorium morifolium</i> Mill.)	Naranjo (<i>Citrus sinensis</i>)
Barranco		
Café (<i>Coffea arabiga</i>)	Cocuite (<i>Gliricidia sepium</i>)	

Chaca (<i>Bursera simaruba</i>)	Pemoche (<i>Erythryna sp.</i>)	
Chalahuite (<i>Inga vera</i>)	Piñón (<i>Jatropha curcas</i>)	
Chote (<i>Parmintiera aculeata</i>)		
Cocuite (<i>Gliricidia cepium</i>)		
Cojón de gato (<i>Cascabela gaumeri</i>)		
Frijolillo (<i>Cojoba arbórea</i>)		
Guacima (<i>Guazuma ulmifolia</i>)		
Hierba de San Isidro (<i>Eupatorium morifolium Mill.</i>)		
Jobo (<i>Spondias mombin</i>)		
Madura platano (<i>Hamelia patens</i>)		
Naranja (<i>Citrus sinensis</i>)		
Palo viga (<i>Cordia alliodora</i>)		
Pemoche (<i>Erythryna sp.</i>)		
Piñón (<i>Jatropha curcas</i>)		
Platano madero		
Polocote		

Cuadro 8.- Características de los tutores.

Sistema de producción	de	Altura promedio del tutor (mts)	Principales tutores	Número de tutores	de	Promedio de sombra (%)	de
Te lom - Cuayo		Indefinido	Indefinido	19		85.4	
Asociación cítrico	con	3.7	Naranja (<i>Citrus sinensis</i>)	1		88.5	

Bajo malla sombra	2.6	Cocuite (<i>Gliricidia</i> <i>cepium</i>)	4	81.9
--------------------------	-----	--	---	------

La altura de los bejucos es muy variable; en el teñom – Cuayo se encuentran plantas rastreras y bejucos con más de 10 metros de altura (Figura 6). En contraste la altura de los bejucos es controlada por el productor tanto en malla sombra como en cítrico, siendo semejantes la altura en ambos.

En promedio la productividad de las plantas corresponde a 6.2 racimos por planta, 2.3 plantas por racimo y 7.4 vainas por planta para el teñom - cuayo, esto representa en general los promedios más bajos entre los tres sistemas de producción. Las plantas presentes en cítricos registran los promedios más altos, de 8.2 racimos por planta, 3.8 vainas por racimo y 10 vainas por planta. Finalmente en malla sombra se encontraron en promedio 5.5 racimos por planta, 2.7 vainas por racimo y 9.8 vainas por planta. (Cuadro 9).



Figura 6.- Tipos de bejucos en sistema agroforestal. A) Bejucos rastreros. B) Bejucos sobre la parte alta del fuste de *Bursera simaruba*.

Cuadro 9.- Características de la planta de vainilla.

Sistema de Producción	de Altura del bejuco (mts)	Racimos / planta	Vainas / racimo	Vainas / planta
Te'lom	Indeterminado	6.2	2.2	7.4
Asociación con cítrico	2.1	8.1	3.7	10
Bajo malla sombra	1.9	5.5	2.7	9.7

Comparado con los sistemas bajo malla sombra y cítrico, el te'lom - cuayo es el sistema más biodiverso, en estos espacios se documentó la presencia de más de 30 especies de uso comestible; además de otras especies comercializables como el café, la palmilla, el litche y una gran variedad de plantas utilizadas con fines medicinales, como condimentos, combustibles, entre otros.

Respecto al manejo de los tres sistemas de producción, las podas se realizan en un 20% de las parcelas visitadas en te'lom o cuayo, 60% en malla sombra y 80% en cítrico (Figura 7).



Figura 7.- Poda completa de dosel en cocuites bajo malla sombra.

El 53.3% de los agricultores no realiza ningún tipo de encauce en los sistemas agroforestales, permitiendo que la planta crezca de manera natural, mientras que en la malla sombra el 90% de los agricultores utiliza alguna técnica de encauce (Figura 8), ya sea hacia los lados o hacia abajo.



Figura 8.- Encauce del bejuco hacia los lados.

El acodo es una práctica más común en la malla sombra, ya que 70% de los encuestados realiza esta actividad, en el caso de los cítricos lo realiza el 100% y en los sistemas agroforestales sólo el 50%.

La polinización se realiza en un 100% en cítricos, 80% en la malla sombra y un 20% en te'lom - cuayo. El número de flores polinizadas, es de 6 a 8 en cítricos; en la malla sombra se polinizan todas (30%), de 6 a 8 (20%) y de 2 a 3 (30%); en el te'lom - cuayo 13.3% poliniza todas las flores y 6.7% poliniza de 2 a 3.

El 100% realiza control de arvenses en cítricos; 90% en malla sombra y el 66.7% en te'lom - cuayo, este se realiza de forma manual o con el uso de güingaro o azadón.

Debido a la condición de producción orgánica, el control de insectos se basa en la aplicación de una mezcla de jabón, chile, cebolla y ajo. En la malla sombra el 80% efectúa este control comparado con el te'lom - cuayo, donde el 53 % no realiza ningún tipo de control.

El 90% de los encuestados aplica materia orgánica en el sistema de malla sombra, 75% en cítrico y sólo el 40% en el te'lom - cuayo (Figura 9).



Figura 9.- A) Abonera para la elaboración de lombricomposta. B) Muestra de lombricomposta (estiércol + hojarasca)

El riego no es común para el 86.7% de las parcelas establecidas en el te'lom - cuayo, el 13.3% restante realiza riego con manguera cuando las condiciones ambientales los obligan; en cítricos el 50% no utiliza riego, 25% usa manguera y 25% usa riego por goteo con el uso de tecnologías autóctonas (Figura 10); en el caso de la malla sombra todos cuentan con sistema de riego, 90% por aspersión y 10% por goteo.

En la figura 11 se muestra el nivel de manejo de cada sistema de producción.



Figura 20.- Sistema de riego artesanal por goteo en cítrico.

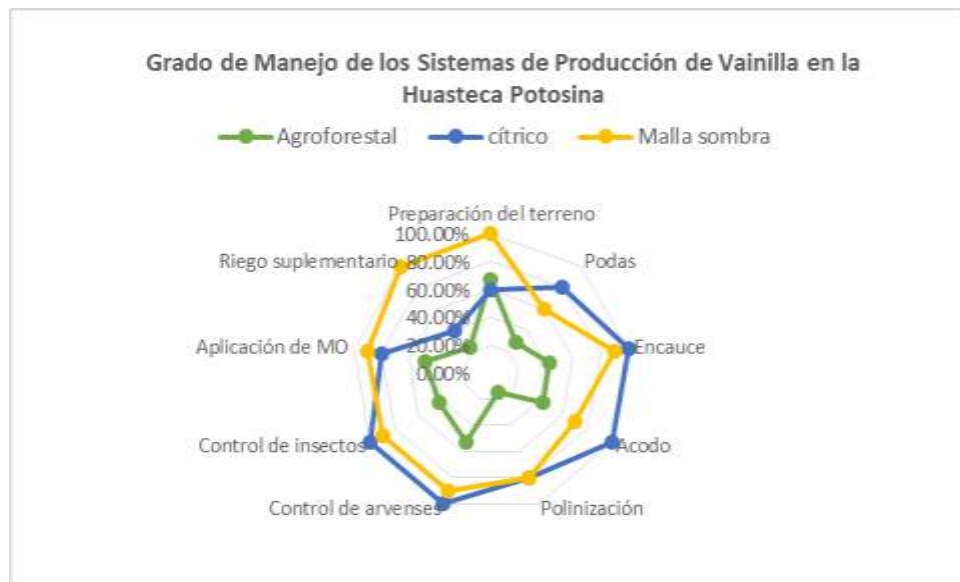


Figura 31.- Grado de manejo por sistema de producción.

7.3 Análisis estadístico entre sistemas de producción

Al contrastar las variables usando como factor al sistema de producción se encontró que los sistemas se diferencian por el financiamiento otorgado a cada sistema de producción y los participantes en la parcela; de las características ambientales únicamente se comprobó

diferencia entre la pendiente de los sistemas de producción; de las características del vainillal se encontró diferencia entre el número de plantas sembradas y el número de plantas vivas, así como en la diversidad asociada a la parcela; con respecto a los tutores únicamente la variable altura resultó significativa; de igual forma la variable altura de la planta resultó significativa para las características de la planta. En cuanto al grado de manejo se encontró relación entre diez de las variables analizadas y el sistema de producción (Cuadro 10); el resto de las variables resultaron no significativas:

Cuadro 10.- Variables asociadas al sistema de producción.

Componente	Variable	Chi ²	P
Productor	Financiamiento	10.454	0.005
	Participantes	15.193	0.05
Distribución espacio-ambiental	Pendiente	13.539	0.035
	Elevación	6.483	0.03
Características del vainillal	Plantas sembradas	60.549	0.01
	Plantas vivas	20.004	0.000
	Densidad de siembra	6.947	0.031
	Diversidad asociada a la parcela	10.621	0.031
Características de los tutores	Altura del tutor	13.89	0.03
	Número de tutores	8.213	0.016
Características de las plantas	Altura de la planta	10.995	0.027
Grado de manejo	Preparación del terreno	23.56	0.009
	Podas del tutor	16.43	0.037
	Plantas por tutor	29.3	0.001
	Encauce	15.84	0.015
	Acodo	6.201	0.045
	Polinización	15.546	0.000

	Control de arvenses	7.073	0.029
	Control de insectos	18.025	0.021
	Adición de materia orgánica	18.846	0.042
	Riego suplementario	36.651	0.000

El análisis de conglomerados se utilizó para conocer el grado de manejo de cada parcela y este corrobora la correlación entre las variables de manejo con el sistema de producción al agruparse las parcelas del teñom – cuayo en manejo bajo y medio, las parcelas de los cítricos en manejo medio y las parcelas de la malla sombra en manejo alto (Figura 12).

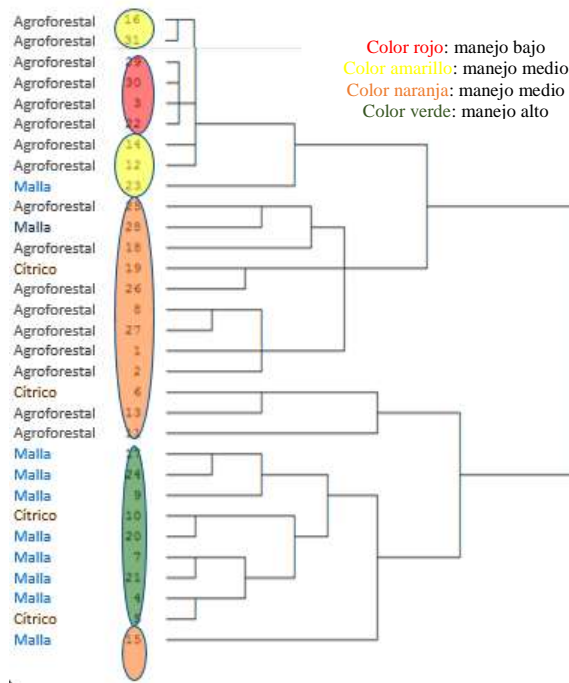


Figura 12.- Análisis de conglomerados.

Color rojo: manejo bajo

Color amarillo: manejo medio

Color naranja: manejo medio

Color verde: manejo alto

De acuerdo al análisis estadístico, las variables que mostraron estar asociadas al bajo manejo de los sistemas agroforestales son la edad ($\text{Chi}^2 = 76.11$, $\alpha = 0.046$), número de participantes ($\text{Chi}^2 = 20.84$, $\alpha = 0.05$), además de la falta de ingresos para trabajar en la parcela. El financiamiento se ha dirigido a las malla sombras ($\text{Chi}^2 = 10.454$, $\alpha = 0.005$).

Cuadro 11.- Comparación de las variables dependientes.

Sistema de producción	Largo del fruto (cm)	Fructificación (%)	Rendimiento (kg/ha)
Te'lom - Cuayo	15.7	21.6	63.7
Asociación con cítrico	14.9	25.0	108.2
Bajo malla sombra	16.7	30	45.9

El ANOVA para tamaño de fruto por sistema de producción indica que no existe diferencia estadística significativa, es decir, el tamaño del fruto es igual entre los tres sistemas de producción ($F = .721$, $\alpha = 0.497$). De igual manera, se comprobó que no existe diferencia estadística significativa entre el rendimiento de los distintos sistemas de producción ($\text{Chi}^2 = 0.229$, $\alpha = 0.892$) (Cuadro 11).

El rendimiento está correlacionado con la superficie de la parcela ($r^2 = 0.601$, 0.77), porcentaje de plantas cargadas ($r^2 = 0.468$, 0.68) y el año de siembra ($r^2 = 0.522$, -0.72).

A su vez el porcentaje de fructificación se correlaciona débilmente con variables ambientales como la temperatura máxima (-0.40), el inicio de la floración (-0.43), el número de meses con humedad en suelo (0.53), pH (-0.43) y el tipo de suelo (-0.46); y factores sociales como la experiencia del productor (0.56) y la frecuencia de las capacitaciones (0.46).

El porcentaje de fructificación también está vinculado al porcentaje de aborto; el 27.8% de los productores mencionó el problema de la caída de fruto en su parcela. Las variables “flores polinizadas” ($\text{Chi}^2 = 10.614$, $\alpha = 0.014$), “origen del material vegetativo” ($\text{Chi}^2 = 9.952$, $\alpha = 0.002$) e “inicio de la floración” ($\text{Chi}^2 = 12.113$, $\alpha = 0.002$) se encuentran correlacionadas con este suceso pues 67 % de quienes polinizaron todas las flores, 100% de las plantas con floración en febrero y 53% del material vegetativo de origen regional presentaron aborto del fruto.

En virtud de que no se encontró relación entre el sistema de producción y las variables dependientes, se realizó una clasificación de acuerdo al tamaño de fruto. El ANOVA para las categorías de tamaño de fruto, indica que sí existe diferencia entre los grupos “extra y primera” y el de “segunda”. ($\text{Chi}^2 = 16$, $\alpha = 0.000$). El 55% de los casos estudiados caen en la categoría de “primera”, es decir que cuentan con un tamaño de fruto adecuado.

El tamaño de fruto pequeño, está correlacionado con el grado de manejo (alto, medio, bajo o nulo) y con el tiempo desde la siembra hasta la primera floración.; las plantas que tardaron más de 4 años en florear por primera vez son las que presentan menor largo de fruto ($\text{Chi}^2 = 23.08$, $\alpha = 0.01$); además tiene relación con un porcentaje de sombra menor a 80% ($\text{Chi}^2 = 16.2$, $\alpha = 0.013$). Las plantas de segunda y tercera clase presentaron otras características distintivas como menor número de racimos por planta ($\text{Chi}^2 = 9.14$, $\alpha = 0.027$) y un menor porcentaje de fructificación en la parcela ($\text{Chi}^2 = 40$, $\alpha = 0.000$).

Del análisis de conglomerados jerárquicos usado para agrupar a las parcelas de acuerdo al largo del fruto y rendimiento, se obtuvo tres categorías; mayor tamaño de fruto y rendimiento que agrupó únicamente a dos parcelas, tamaño de fruto y rendimiento medio que agrupó seis parcelas y longitud de fruto y rendimiento bajo que agrupó 18 parcelas

(Figura 13). En el mapa 10 se muestra la distribución espacial de las parcelas de acuerdo a las categorías generadas en este análisis. De las parcelas con fruto largo y rendimiento alto se ubican en Aquismón y Axtla de Terrazas; de tamaño y rendimiento medio se encuentran en Matlapa, Tamazunchale y Huehuetlán y de tamaño y manejo bajo se encuentran distribuidas en toda la zona de estudio.

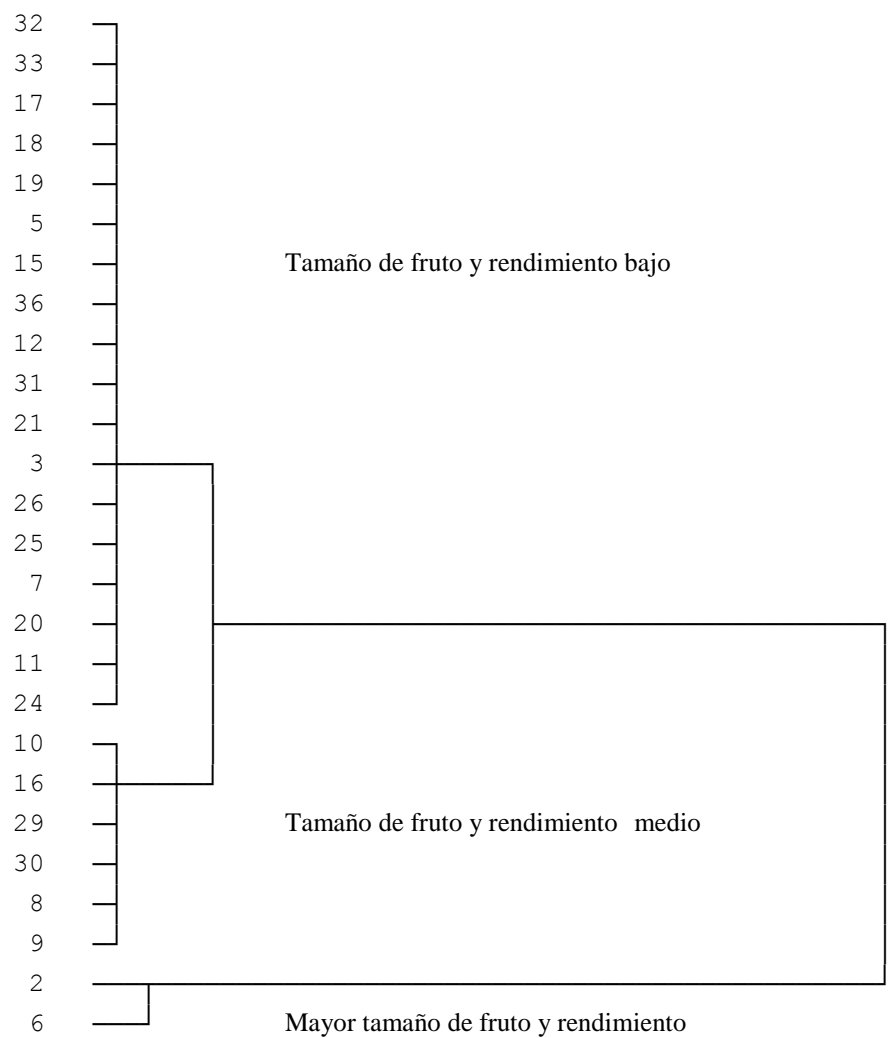
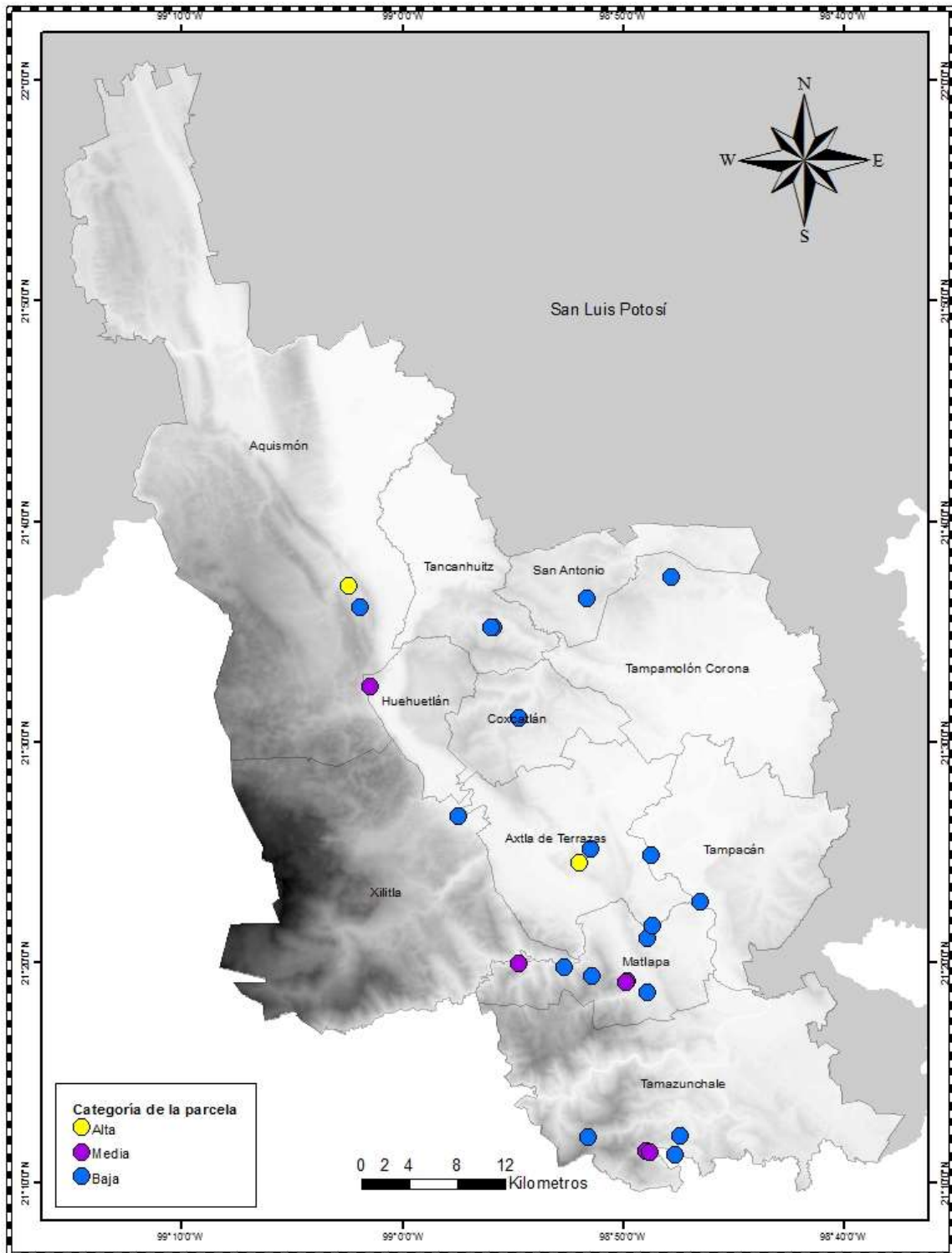


Figura 43.- Conglomerados jerárquicos.



Mapa 10.- Distribución espacial de las parcelas por categorías

7.4 Distribución potencial para el cultivo de la vainilla

El modelo obtenido a partir de Maxent muestra un coeficiente del área bajo la curva aceptable, por lo que se considera que el modelo es adecuado. El valor obtenido en la curva AUC de entrenamiento fue de 0.865 y en la curva AUC de evaluación fue de 0.784 (Figura 14). El modelo más apropiado resultó a partir de la combinación de las capas bio 17 (precipitación del trimestre más seco) y bio 2 (rango diurno medio) de world climate, además de las capas de Elevación, Orientación y Pendiente, con un 25% de sitios seleccionados para evaluación del modelo. La superficie con potencial para el establecimiento del cultivo es de 710 km². Los municipios con mayor superficie potencial son Tamazunchale (39.15%) y Matlapa (12.15%), aportando poco más del 50% de la superficie potencial para el cultivo de la vainilla (Mapa 11). La superficie modelada como potencial, se encuentra entre los 19 y 1303 msnm, la temperatura media se encuentra entre los 21.4 y 25.7 °C. La temperatura máxima alcanza los 31.4°, mientras que la mínima se encuentra en los 15.2°C. La media del rango diurno es de 12 a 13.8°C. El rango de precipitación se encuentra entre los 1216 y 2943 mm anuales. La precipitación del trimestre más seco es de 99 a 201 mm. La distribución altitudinal con potencial para el desarrollo del cultivo se encuentra entre los 9 y 1004 msnm. La pendiente de ligera a pronunciada y la orientación hacia el noreste. De acuerdo al modelo, el potencial para implementación del cultivo fuera de los rangos mencionados es nula. El modelo predijo pequeños parches aislados en gran parte de Tampamolón Corona y parte de Axtla y Tampacán que coinciden con un uso de suelo de pastizal – agrícola, además de temperatura y precipitación poco apropiadas para el desarrollo del cultivo de la vainilla.

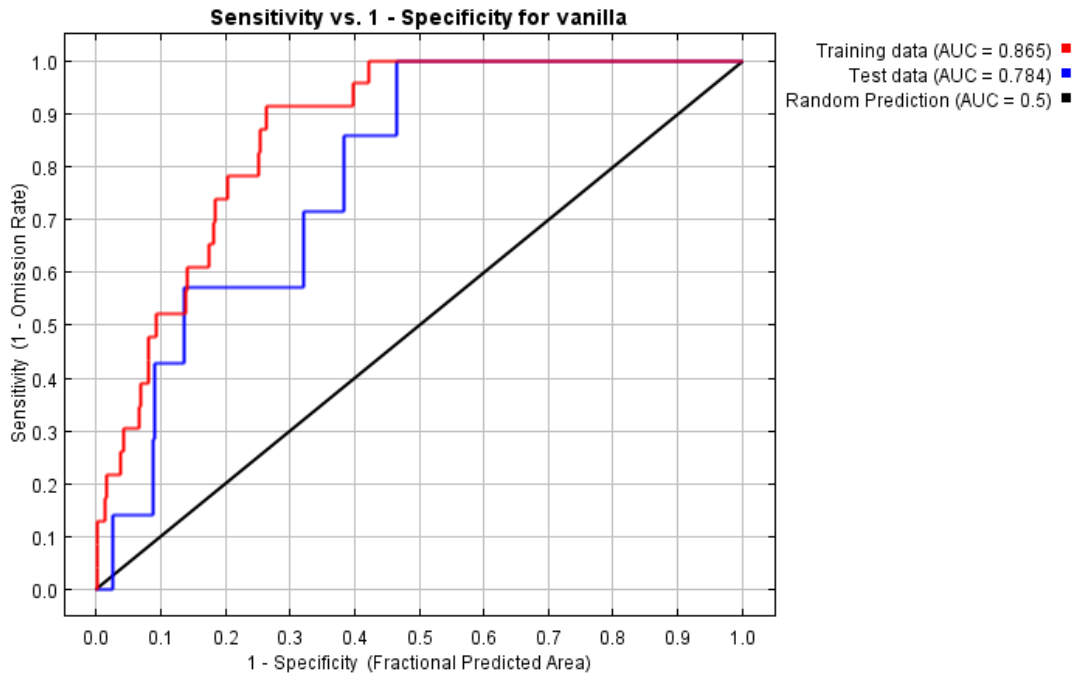
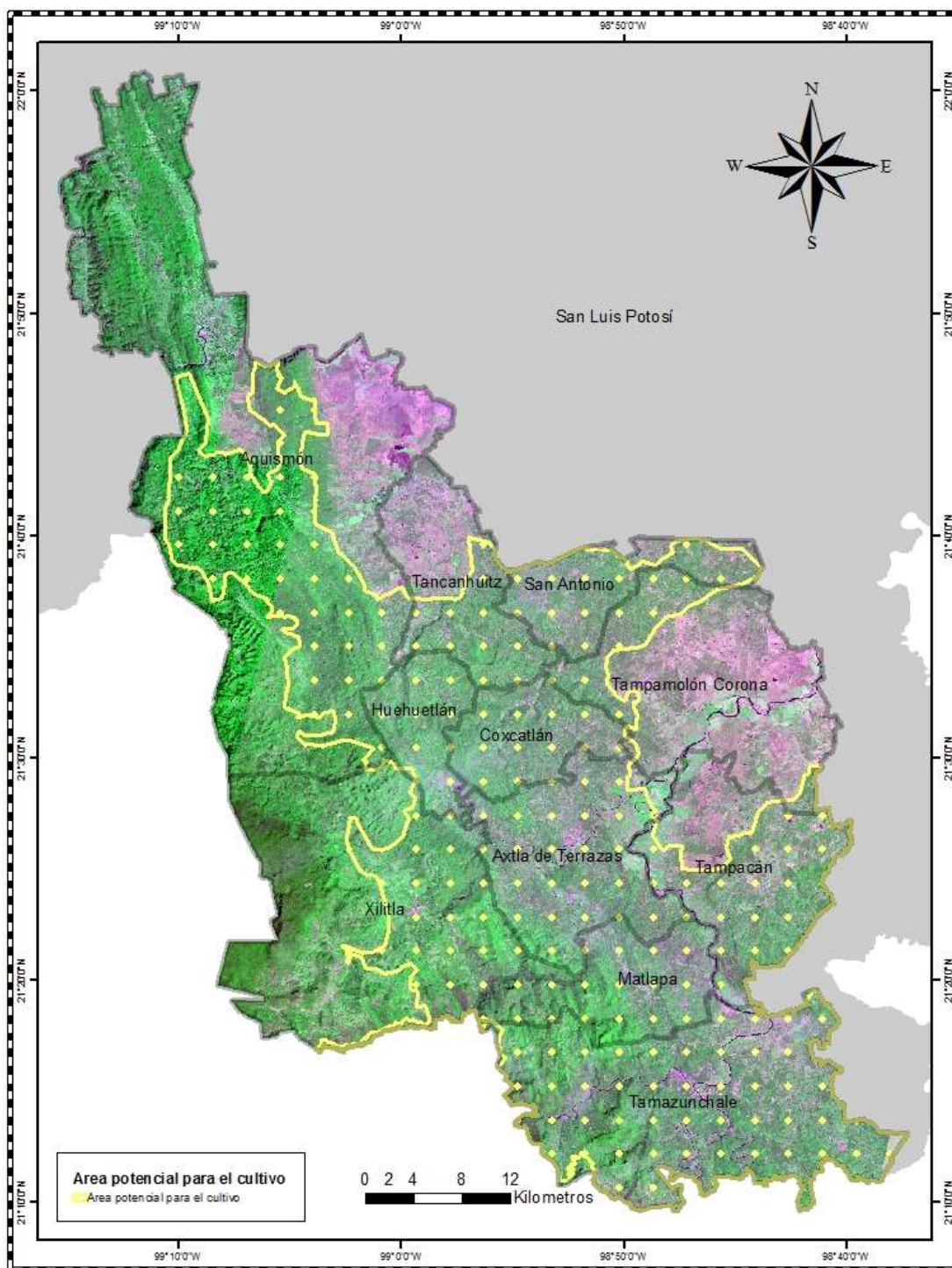


Figura 54.- Curva AUC.



Mapa 11.- Área de distribución potencial para el cultivo de la vainilla

7.5 Análisis económico

Para el análisis económico del cultivo se eligieron las parcelas ubicadas en los municipios de Axtla y Matlapa ya que los productores contaban con la información actualizada de los costos de producción. Tienen una superficie promedio de 2500 m² y un grado de manejo medio. El costo del establecimiento del cultivo en el teñom - cuayo es de \$57,284, \$7,500 en cítricos y de \$135,784 para la malla sombra sin apoyo gubernamental que se incrementa a \$443,812 si se adiciona la inversión del gobierno para el establecimiento de la casa sombra.

La relación beneficio – costo, en los tres sistemas de producción registró un coeficiente menor a 1, es decir que no existe a la fecha un beneficio para los productores que cultivan la vainilla, esto podría explicarse debido a que se trata de la primer cosecha. Comparativamente el sistema de malla sombra (incluyendo el apoyo gubernamental) se registra el menor beneficio, por los elevados costos de inversión, por el contrario el cítrico obtuvo el mejor coeficiente (Cuadro 12).

Cuadro 12.- Relación beneficio/costo.

Sistema de producción	Beneficio (\$)	Costo (\$)	Relación B/C
Malla sombra (sin apoyo gubernamental)	2048	135,784.9	0.0151
Malla sombra (con apoyo gubernamental)	2048	443,812.9	0.0046
Cítrico	304	7,500	0.0405
Teñom - Cuayo	600	57,284.6	0.0105

6.7 Socialización de la información

Durante en proceso de la investigación, se realizaron reuniones con los representantes de cada uno de los municipios pertenecientes a la zona de estudio. La finalidad de estas reuniones fue actualizar a los productores en el avance de la investigación y facilitar el proceso de retroalimentación. Finalmente, en el mes de agosto de 2014 se realizó el informe final de resultados de la investigación, con lo cual se respondió a las preguntas iniciales surgidas por los productores, pero que a la vez llevó a nuevas preguntas que pueden dar pie a próximas líneas de investigación en la región (Figura 15).

En esta reunión se clarificó que el nombre de acahual no es el apropiado para la región, ya que para los grupos Teenek no existe esa palabra y para los Náhuatl tiene un significado y uso distinto al aplicado en Veracruz. Los productores estuvieron de acuerdo en usar el nombre de Te'lom (Teenek) o Cuayo (Náhuatl) para referirse al sistema agroforestal tradicional en el que se encuentra establecida la vainilla en conjunto con otras especies.

Derivado de los resultados de la investigación, surgen nuevas dudas respecto a la forma y número adecuado de flores a polinizar, el tipo de polinizador que se encuentra presente en la región, el tipo y cantidad de nutrientes necesario para la planta, el origen del problema del aborto y las prácticas que podrían disminuir este fenómeno.

Los productores mostraron disponibilidad para que se continúe realizando investigaciones en la región que ayuden a mejorar la calidad y productividad de la vainilla regional.



Figura 15.- Reunión informe de resultados

VIII DISCUSIÓN

El tipo de tutor empleado y su altura, la cantidad de plantas sembradas, la diversidad asociada a la parcela y el grado de manejo son las principales variables que diferencian significativamente los sistemas de producción de vainilla en la Huasteca Potosina. Aunque existen variantes, es posible definir tres principales tipos de sistemas de producción.

En México los sistemas tradicionales que alojan a la vainilla se han denominado “acahual” por encontrarse aparentemente bajo un tipo de vegetación secundaria; en la Huasteca Potosina el nombre otorgado por los Teenek a estos sistemas es el de “Te’lom”, descrito por Alcorn (1983), en tanto que los Nahuas le denominan “ Cuayo”. Aunque se volvió popular el uso del término “acahual” para nombrar a la vegetación en donde se establece el sistema tradicional de vainilla en México, este término no debe generalizarse. “Acahual” proveniente del náhuatl, y significa “terreno baldío que fue milpa hace más o menos 5 años y actualmente tiene árboles maduros (Wolgemuth *et al*, 2002); hace referencia a la vegetación secundaria derivada de la alteración (natural o artificial) de un paisaje natural, y según la edad (determinada por la altura de los árboles) pueden distinguirse en bajos, medios y altos (Miranda y Hernández X, 1963).

Por ello, no es posible discernir si el sistema de producción tradicional presente en la Huasteca se encuentra en un acahual o si se trata de una vegetación primaria. Podría decirse que se asemeja a un “agrobosque”, es decir “grupos de árboles” que se caracterizan por contener vegetación primaria, secundaria y especies introducidas (Alcorn, 1984). Por el momento el término más apropiado para nombrar este sistema de producción es “te’lom” en las zonas Teenek y “Cuayo” en las zonas Náhuatl.

La densidad de siembra y el grado de manejo son dos variables que diferencian los tres sistemas de producción; la mayor cantidad de plantas sembradas por superficie se presenta en las casas sombra (13,171 plantas/ha), lo cual está asociado a un alto manejo. En contraste la menor densidad de siembra corresponde al Te'lom - Cuayo (1,155 plantas/ha) misma que se asocia a un bajo o nulo manejo. La relación entre el sistema de producción, el grado de manejo y de densidad de siembra coinciden con lo reportado en otros trabajos similares en Veracruz (Castro y García, 2007; Sánchez *et al.*, 2001; Barrera *et al.*, 2009).

Las estimaciones sobre la densidad de siembra en cada sistema de producción reflejan que en San Luis Potosí existe una densidad ligeramente menor a la reportada para Veracruz. Esto podría tener su explicación en la menor superficie que poseen los productores de la Huasteca Potosina. Por ejemplo, en la región del Totonacapan se han descrito superficies por productor de 0.75 ha para sistemas tradicionales (con una densidad de 1,494 plantas/ha) mientras que en la Huasteca el promedio de superficie por productor apenas alcanza los 0.36 ha (con una densidad de 1,155 plantas/ha). En el caso de la malla sombra, considerada un sistema de producción intensivo, se estima que cada hectárea en Veracruz puede alojar hasta 25,000 plantas, que contrasta con las 13,000 plantas (en promedio) encontradas en la Huasteca.

Otras investigaciones mencionan densidades más bajas para los tres sistemas de producción (Sánchez *et al.*, 2001; Castro y García, 2007), lo cual explicaría el bajo rendimiento de los vainillales. Por ello, si se desea aumentar la producción de vainilla en la región Huasteca se deberá necesariamente aumentar la superficie sembrada y la densidad de plantas por hectárea. Aunque no son los únicos factores determinantes (Barrera *et al.*, 2009), en el caso de la región de estudio juegan un papel bastante importante.

Un componente significativo que diferencia los tres sistemas de producción es la biodiversidad asociada a la parcela. En el sistema intensivo de malla sombra solo existe una especie con uso comercial y en cítricos dos, lo que contrasta con el télom - cuayo donde se registran más de 30 especies. Alcorn (1983), menciona alrededor de 300 especies en estos sistemas con usos medicinales, humanos, de construcción, para elaboración de utensilios y colorantes, entre otros. En este trabajo, se contabilizaron especies únicamente comestibles, por ello es necesario analizar a mayor profundidad la biodiversidad asociada al cultivo de vainilla en los sistemas tradicionales de producción de vainilla.

Desde el punto de vista ecológico esta biodiversidad representa una ventaja dado que estos sistemas permiten el reciclaje de nutrientes y energía, la sustitución de insumos externos; el mejoramiento de la materia orgánica y la actividad biológica del suelo, la diversificación de los recursos genéticos de los agroecosistemas en tiempo y espacio, y la optimización de las interacciones y la productividad del sistema agrícola en su totalidad, en lugar de los rendimientos aislados de las distintas especies (Gliessman 1998; Altieri y Nichols, 2010; Del Amo, 1999; Toledo *et al.*, 1995; Levy-Tacher, 2002; Morteo, 2011). Asimismo, se considera que en estos sistemas hay menos dependencia económica de los productores, que además cuentan con otras fuentes de ingresos, por el contrario, las mallas sombra y cítricos se han convertido en un sistema del cual dependen casi por completo los productores.

En relación al manejo del cultivo, los resultados obtenidos son semejantes a lo reportado en otras investigaciones, por ejemplo Sánchez y colaboradores (2001) y Castro (2008), describen al sistema tradicional como un sistema sin tecnificación, bajo en insumos y manejo, mientras que el semitecnificado (cítrico) y tecnificado (malla sombra) incrementan gradualmente la cantidad de insumos y labores para mejorar la calidad y productividad del

cultivo. Los resultados de esta investigación vinculan el bajo manejo de los sistemas tradicionales con la edad del productor y los participantes en la parcela, así como la escasez de recursos económicos. Aunque es claro que en el t^lom - cuayo existe mayor diversidad, (importante para satisfacer ciertas demandas de alimento y otras materias primas), esto no garantiza un ingreso económico al productor, de manera que es usual que los productores se empleen como jornaleros en ciertas temporadas del año. La poca experiencia y la avanzada edad de algunos productores, así como el poco apoyo para realizar las labores son factores en contra.

Autores como Castro y García (2007), Sánchez y colaboradores (2001) y Barrera y colaboradores (2009), señalan que el rendimiento en los sistemas tradicionales varía de 50 a 500 kg/ha, de 500 a 2500 kg/ha en cítricos y 5000 kg/ha en malla sombra, aunque cifras bastante ambiciosas calculan hasta 20 toneladas por hectárea en este sistema de producción. Al respecto, el rendimiento obtenido en los tres sistemas de producción de la Huasteca Potosina (agroforestal = 63.72 kg; cítrico = 108.24 kg; malla sombra = 45.92 kg) no superan los rendimientos esperados en los sistemas tradicionales. Del total de parcelas analizadas, únicamente el 6% se encuentra por encima del rendimiento promedio nacional que es de 0.22 ton/ha (Toussaint-Samat, 2002; Castro y García, 2007).

Los rendimientos de vainilla se atribuyen a la densidad de siembra, la edad del cultivo, experiencia del productor, número de inflorescencias polinizadas, manejo del vainillal, origen del material vegetativo y las condiciones agro-climáticas de la región (Castro y García, 2007; Sánchez *et al.*, 2001; Barrera *et al.*, 2009; Hernández, 2011). Sin embargo, los resultados aquí obtenidos indican que para la región, el rendimiento no sólo depende de la densidad de siembra y la superficie, también influye el porcentaje de plantas cargadas y

el año de siembra. El reciente establecimiento del cultivo esta asociado con el porcentaje de fructificación de la vainilla que se cultiva en la Huasteca Potosina. De acuerdo con Hernández (2011), el mayor rendimiento se alcanza a los cuatro o cinco años desde el establecimiento del cultivo, lo que explicaría porque en ninguna de las parcelas se tuvo un 100% de fructificación.

La fructificación está relacionada con otras variables como la temperatura máxima, el número de meses con humedad en el suelo y el tipo de suelo; para el caso de la temperatura se considera como adecuado un rango entre los 20 y 32°C (Parthasarathy, 2005; Hernández y Lubinsky, 2011; Havkin y Belanger, 2011; De la Cruz *et al.*, 2009; NEDFi, 2005; Fouché y Jouve, 1999). El aumento de la temperatura y falta de humedad (ambiental y del suelo) pueden causar un estrés hídrico que trae como consecuencia el aborto de óvulos, flores o frutos como una estrategia de sobrevivencia de la planta (Castro, 2008).

Es importante destacar las interacciones entre los componentes socioculturales, ecológicos y ambientales del agroecosistema en un espacio y tiempo determinado (Altieri, 1999), por lo anterior es necesario analizar el rendimiento de los sistemas de producción durante varias temporadas debido a la variación que se presenta de un año a otro (Curti, 1995; Sánchez, 2007; y Castro, 2011). Un ejemplo bastante drástico de esta situación se ha presentado en Madagascar con la pérdida de casi el 80% de la producción debido a eventos meteorológicos extremos (Tobar, 2008).

En la Huasteca Potosina, fenómenos meteorológicos como la sequía extrema que azotó la región en entre 2010 y 2011 provocaron la pérdida total del cultivo (com. pers. Morales, 2013). Aunque no existen datos contundentes, la variación anual en el rendimiento del

cultivo podría estar asociada a variaciones ambientales anuales como la temperatura y la humedad (Castro, 2011).

Se postula que también podría deberse a un fenómeno de alternancia o vecería, fenómeno común en frutales y plantas perennes que se explica debido al fuerte gasto de energía que tienen las plantas al encontrarse en proceso de fructificación y simultáneamente prepararse para el inicio de la siguiente floración; como consecuencia de este gasto energético se presenta alternado un año con baja y alta fructificación (Martínez, 2010; Cossio *et al.*, 2010).

8.1 Factores que determinan la longitud y rendimiento.

Los análisis estadísticos muestran que la longitud del fruto y el rendimiento del cultivo están correlacionados con la pendiente y la orientación de las parcelas. De la Cruz y colaboradores (2009), señalan que los sitios cuya pendiente se orienta hacia el Este favorecen el desarrollo de la planta pues reciben el sol durante el día, lo que permite conservar la humedad del suelo y evita resecar a la planta y producir daños al fruto por el exceso de sol durante la tarde.

Asimismo, el manejo de la parcela también se asocia al tamaño de fruto y rendimiento obtenido. Por ello, se considera que incrementar las prácticas de manejo del cultivo (manejo de la sombra, aplicación de materia orgánica, polinización, entre otras) incrementaría la productividad del vainillal (Castro y García, 2007).

El tipo de tutor utilizado, aunque estadísticamente no mostró una asociación con las variables dependientes es de gran importancia para la vainilla como regulador de la

temperatura y humedad ambiental, temperatura y contenido hídrico del suelo. Además protege la planta de eventualidades climáticas (Olivares, 2010; Cabreli *et al.*, 2006) y aumenta el porcentaje de sobrevivencia del fruto y la cosecha (Castro y García, 2007).

En el caso de los sistemas tradicionales la sombra es proporcionada no solo por el dosel de un árbol, sino por la composición específica, densidad, distribución espacial de los árboles, tipo de copa, estado fenológico, edad y manejo de las especies que lo componen. Se reconoce que estas características generan un microclima fuertemente regulado por la cantidad y calidad de la radiación solar que ingresa (Cabreli *et al.*, 2006). El efecto del manejo de la sombra para la vainilla en sistemas tradicionales ha sido poco estudiado debido a la diversidad de tutores que suele emplearse en estos sistemas. Algunos trabajos mencionan especies como *Tabernaemontana sp.* (cojón de gato), *Erythrina sp.* (pichocho), *Gliricidia sepium* (cocuile), *Bursera simaruba* (chaca) y *Eugenia capulli* (capulín), naranjo, cocuile, pemoche, piñón, y café (Curti, 1995, Sánchez, 1997, Toussant-Samat, 2002, Castro, 2008, García, 2013).

Controlar el porcentaje de sombra puede ser complicado cuando existen otros estratos más altos además de los tutores que también proporcionan sombra (Olivares, 2010). Por ahora no se conoce a ciencia cierta el efecto de la sombra en el cultivo y tampoco es claro su manejo durante las distintas etapas del ciclo del cultivo. Al respecto, Elorza y colaboradores (2007) apoyan la tesis de que una sombra constante a lo largo del año produce menos estrés a la planta y recomiendan el uso de especies como el naranjo por ser una especie cuyas hojas se mantienen durante todo el año, en tanto que Olivares, (2010), sugiere mantener 50% - 60% de sombra en épocas de sequía y disminuir a 30% - 35% el periodo lluvioso. Para el caso de la vainilla en la Huasteca Potosina se comprobó que un

porcentaje de sombra menor al 80% está correlacionado con una baja longitud del fruto por lo que se sugiere aumentar el porcentaje de sombra para evitar frutos pequeños.

Con el fin de definir las especies de sombra más apropiadas para el cultivo se han realizado diversas investigaciones, por ejemplo en Costa Rica las mejores combinaciones de crecimiento se obtuvieron para las plantas de vainilla bajo *G. sepium* con una densidad de siembra media; y en oposición las vainillas bajo *Bixa orellana* a densidad de siembra alta crecieron menos (Gómez, 2012). En condiciones más controladas Olivares (2010), encontró que en casa sombras con tutores muertos, el mejor desarrollo de la planta se presenta cuando existe un 50% de sombra artificial.

Otro efecto de la sombra se relaciona con las concentraciones de vainillina y clorofila en planta y frutos. Elorza y colaboradores (2007), compararon el efecto de tutores muertos y tutores de *Erytrina*, *Citrus* y *Gliricidia* sobre el contenido de vainillina y clorofila en plantaciones de vainilla en el municipio de Tuxpan, Veracruz, encontrando mayor porcentaje de clorofila en plantas bajo tutores artificiales con el uso de malla sombra, seguido de *Erytrina*. En contraste en tutores de *Citrus* y *Gliricidia* se encontraron los mayores contenidos de vainillina, concluyendo que tanto en malla sombra como con *Erytrina* se requiere un mayor grado de manejo para lograr un porcentaje de sombra adecuado durante todo el año, situación que convierte tanto a *Citrus* como a *Gliricidia* en especies más apropiadas para ser empleadas como tutor.

En este trabajo la especie de mayor uso como tutor resultó ser *Gliricidia sepium*, ampliamente reconocida como tutor para la vainilla en países como Costa Rica, Hawái e India (Hernández, 2011; NEDFi, 2005). Esto se debe a que es una especie con gran capacidad de adaptación a diversos factores climáticos, presenta rápido rebrote, produce

una buena cantidad de materia orgánica, además de ser buena fijadora de N, en época de calor tiene abundante dosel y en invierno caen sus hojas, lo que es perfecto para la vainilla ya que en esta temporada requiere menor cantidad de sombra para favorecer la floración (RBS, 1842; Hernández, 2011; Elorza *et al.*, 2007; Sánchez, 1997; Curti, 1995).

Después de la regulación de la sombra, la práctica más importante en la producción de vainilla es la polinización. La polinización es la transferencia de polen de la antera (órgano sexual masculino) al estigma (órgano sexual femenino) de la flor, esto conduce a la fertilización del óvulo y posteriormente al desarrollo del fruto (Bawa *et al.*, 1985). Si bien se estima la existencia de un pequeño porcentaje de frutos producto de autopolinización (Soto Arenas, 2006) y se sabe que la polinización entomófila involucra la participación de abejas euglosinas (*Euglossini*) como vectores de polen, (Soto Arena, 2006; Nates-Parra, 2005) y se ha mencionado incluso a las abejas sin aguijón (*Melliponni*) (Castro, 2008). Por ello se recurre a la polinización manual, cuyo objetivo es acarrear manualmente polen de la antera al estigma de la flor (Ling, 2003) y suele utilizarse un palillo dental o de alguna especie maderable.

Aunque se carece de datos al respecto, es un hecho que la producción de frutos es minúscula, (una fruta por cada cientos o miles de flores polinizadas (Soto Arenas, 2006). Esto coincide con la baja fructificación encontrada por García (2013), quien menciona de 4 a 5 racimos por planta con 3 o 4 frutos en ausencia de polinización manual en una región con sistemas tradicionales del Totonacapan. En este estudio se registraron de 1 a 2 racimos cargados por planta con 1 a 3 frutos por racimo en sistemas tradicionales, mientras que en parcelas de cítricos y malla sombra sin polinización manual, la fructificación fue nula, lo que podría hablar primero de presencia de insectos polinizadores únicamente en los

sistemas tradicionales y por otra parte una mayor población de los mismos en la zona estudiada en el Totonacapan.

Se considera que la polinización artificial influye en la cantidad y tamaño de frutos y por ende en el rendimiento de la parcela (Castro y García, 2007). No obstante lo anterior, en esta investigación se encontró que la polinización manual no es una práctica frecuente en La Huasteca Potosina (80% en cítricos y malla sombra y un 20% en telom - cuayo), lo que explicaría también el bajo rendimiento de los tres sistemas de producción.

Además del manejo de la sombra y la polinización, el riego suplementario juega también un papel importante para mejorar la sobrevivencia del fruto y de la cosecha (Castro y García, 2009; Sánchez *et al.*, 2001). Algunos trabajos documentan mayor rendimiento en parcelas con sistemas de riego, aunque dicho rendimiento, está fuertemente asociado a la densidad de siembra (Sánchez *et al.*, 2001). Por su parte, Castro y García (2009) encontraron que la implementación del sistema de riego no favoreció la retención de frutos durante los meses de sequía ni incrementó la productividad de los sistemas. Si bien dotar de agua a las plantas es importante a fin de evitar un estrés hídrico, es importante que exista un drenaje adecuado para evitar tanto el exceso de humedad como la pérdida excesiva de agua (Damon, 2003; Havkin y Belanger, 2011).

Los análisis de suelo mostraron un contenido bajo de materia orgánica y macro nutrientes como el N, P y K. La nutrición de los suelos juega un papel importante al mantener y aumentar la productividad de los cultivos, además de incrementar la calidad de los recursos de suelo y agua, por ello es necesario reponer las pérdidas de nutrientes en el suelo y evitar así la disminución de la fertilidad (FAO, 1999). Es poca la información disponible acerca de los efectos sobre el rendimiento del cultivo de vainilla con la fertilización química. Se

desconocen los niveles óptimos de nutrimentos requeridos por la planta, y en la práctica, son inferidos de otros miembros de la familia Orchidaceae (Hernández y Lubinsky, 2010).

Si bien las raíces adventicias de las orquídeas tienen gran capacidad para atrapar nutrientes aun sin raíces subterráneas (Damon, 2003), y se sabe además que existe una elevada presencia de micorrizas, cuya función es sintetizar compuestos particulares para las plantas, facilitar la absorción de ciertos nutrientes del suelo y disminuir o prevenir los problemas de enfermedades en las plantas (Hayat *et al.*, 2010; Bayman *et al.*, 2011), se recomienda de manera general suelos de textura media, es decir francos, ricos en materia orgánica (Guerra y Huamani, 1995; Brownell, 2011).

Autores como Havkin y Belanger (2011), recomiendan aplicar por lo menos dos veces al año una dosis de 2 a 3 kg de MO alrededor del tutor para proveer buen drenaje, aireación y nutrientes como N, P y Ca. Además, se sabe que el aporte de materia orgánica al cultivo de vainilla aumenta la actividad biológica, promoviendo el desarrollo de las micorrizas del grupo de Rhizoctonia y de antagonistas de patógenos (Hernández, 2011; Álvarez, 2012). En India se hacen aplicaciones anuales por planta de 40-60 g de nitrógeno (N), 20-30 g de fósforo (P_2O_5) y 60-100 g de potasio (K_2O) al suelo, y aplicaciones foliares del fertilizante 17-17-17 una vez por mes para estimular crecimiento y floración (Anandaraj *et al.*, 2005). Investigaciones más recientes concluyen que la adición de mejoradores orgánicos (vermicompost, estiércol de granja o podas de *Gliricidia* sp.) tienen mejores beneficios económicos comparados con la adición de fertilizantes químicos (Sujatha y Bath, 2010).

En cuanto al pH, el margen ideal está entre 5.5 y 7.0, si es más bajo, pueden presentarse problemas de toxicidad en la planta por exceso de aluminio, lo cual restringe el crecimiento y desarrollo radical o inhibe la absorción de algunos elementos como calcio, fósforo y

magnesio; además se favorece el establecimiento de hongos fitopatógenos (Hernández y Lubinsky, 2010).

Otras prácticas de manejo como el encauce, el acodo, el deshierbe, el control de insectos aunque no se ha probado su relación directa con el rendimiento, son procuradas por productores expertos quienes mencionan mejores resultados en el cultivo y las consideran prácticas de manejo adecuadas para el cultivo (Barrera *et al.*, 2009).

Los sistemas de producción agrícolas involucran la interacción entre procesos sociales, biológicos y ambientales (Altieri, 1999; León y Altieri, 2010; León, 2012), y sin duda el componente social juega un papel importante en la caracterización de los sistemas de producción; en este componente llama la atención el bajo porcentaje de productores que se encuentran organizados (47.2%). Si bien agruparse en una organización no garantiza una solución a todos los conflictos diversos estudios del área social afirman que puede ser una ventaja en la resolución de diversos conflictos.

Aunque individualmente la participación de los agricultores ha sido marginal en las cadenas de valor; constituirse como organización fortalece su posición en esta cadena. De esta manera es más sencillo dirigir sus prioridades, mejorar la capacidad de gestión, movilizar el apoyo de otros interesados y contribuir a que los agricultores negocien una participación equitativa en el total de las utilidades. Asimismo, permite cumplir con los requerimientos de volumen y calidad solicitada por consumidores exigentes, ayuda a consolidar el valor agregado y fortalece el comercio justo (Bijman y Ton, 2008).

La capacidad de gestión es substancial para mejorar y dirigir apropiadamente los apoyos del gobierno de acuerdo a las necesidades del sistema de producción. En la Huasteca potosina se requiere fortalecer la “transmisión de conocimientos sobre el cultivo” pues los

resultados muestran apenas 25% de capacitación y 52.8% de asistencia técnica entre los productores; así como para dirigir los apoyos económicos de manera que el beneficio sea para todos los involucrados pues en este sentido, únicamente 47% de los entrevistados ha recibido algún tipo de apoyo en especie y de estos más de la mitad ha sido para la construcción de las malla sombra.

La falta de manejo y abandono de las parcelas son constantes en los sistemas de producción de vainilla principalmente en las parcelas bajo te'lom - cuayo. Las razones que explican este fenómeno, de acuerdo al análisis son la falta de recursos económicos, la edad de los productores, la falta de apoyo para manejar la parcela y los bajos precios por la venta de la vainilla en verde.

En algunos casos no recibir apoyos y no pertenecer a ninguna organización son factores que agudizan el problema. En años anteriores los acaparadores han ofrecido hasta \$3.00 por el kilo de vainilla en verde. Si bien el precio de la vainilla en verde ha variado en los últimos años este no ha sido inferior a los \$50.00 / kg en verde; sin embargo ante la dificultad de los productores para encontrar mercado para su producto son víctima de intermediarios que compran su producto a precios inferiores a los establecidos a nivel nacional. Por ello fortalecer el comercio justo y la participación equitativa de las utilidades podría evitar el abandono de las parcela e incentivar el manejo de las mismas.

El costo de producción, es uno de los cálculos más importantes para conocer las implicaciones económicas del establecimiento y mantenimiento del cultivo por lo menos hasta el punto de equilibrio, es decir el momento en que los costos totales igualan a los ingresos y por tanto el cultivo se vuelve redituable. En esta investigación, el costo de producción del te'lom - cuayo es de \$57,284, en cítricos de \$7,500 y en la malla sombra el

costo sin apoyo gubernamental es de \$135,784 y se incrementa a \$443,812 al adicionar la inversión del gobierno para el establecimiento de la casa sombra.

Algunas investigaciones en Veracruz reportan costos iniciales de \$ 78,000 para sistemas agroforestales (Hernández, 2011) y de \$154,170 (Juárez, 2004) en malla sombra, sin embargo, el costo de implementación de este sistema se puede incrementar durante los primeros cuatro años hasta \$300, 000 por cada 2500m² (Hernández, 2011), lo que lo convierte en un sistema costoso e insostenible.

En comparación, los costos de los sistemas implementados en la zona de estudio y los referidos por otras investigaciones son semejantes inicialmente, con la diferencia de que en la región aún no se llega al punto de equilibrio, por lo que el cultivo aún no es redituable. Esto se refleja en los números tan pequeños encontrados en el análisis relación costo/beneficio y se espera que se logre alcanzar un equilibrio en los próximos dos años tomando en cuenta que en promedio se requieren cuatro o cinco años para que la producción de vainilla sea redituable (Hernández, 2010).

Los recursos económicos para dar un adecuado mantenimiento a la infraestructura de la malla sombra, una vez instalada no se contemplan en los apoyos del gobierno, por ejemplo cuando el sistema de riego se daña el productor no cuenta con recursos para repararlo. En contraste el bajo costo referido en el establecimiento en cítrico puede deberse a que las plantaciones de naranjo ya se encontraban establecidas y el gasto del productor consistió en la adquisición de esqueje y el pago de jornales.

8.2 Área de distribución potencial para el cultivo de la vainilla

El modelo obtenido a partir de *Maxent* (Mapa 11) muestra un coeficiente del área bajo la curva aceptable, por lo que se considera que el modelo es adecuado, aunque no fue posible comparar el modelo obtenido con otros previamente generados, debido a que no existen modelos de distribución potencial de la especie en México ni en otros países.

Aunque el modelo incluye dentro del área potencial zonas urbanas y pastizales y áreas dedicadas a la agricultura de secano principalmente en áreas situadas en los municipios de Tampamolón Corona y Tampacán. Lo anterior se explica porque no se consideraron capas de vegetación y uso de suelo para modelar su distribución, por ello los modelos reflejan con menos precisión este componente espacio – temporal (Mateo *et al.*, 2011).

Con relación a la efectividad de las variables predictoras, el modelo confirma la importancia de las variables espaciales orientación, pendiente y elevación para delimitar las condiciones idóneas para la especie. Por otra parte, la variable bio 17 (precipitación en el cuarto más seco) mostró jugar un papel importante en la definición del modelo.

Damon (2003), Havkin y Belanger (2011) y Hernández (2011) mencionan que este tipo de plantas están totalmente adaptadas a un periodo seco cada año que en el caso de la vainilla es de alrededor de 2 meses a 3 meses en este caso. Finalmente, la variable bio 2 (media del rango diurno medio) Havkin y Belanger (2011) mencionan un rango adecuado entre 21 y 29 grados centígrados. Con esto se puede concluir que todas las variables usadas en el modelo actuaron como variables explicativas por medio de factores limitantes para la especie. A la vez, esta puede ser la razón por la cual las variables interpoladas de temperatura y precipitación no fueron relevantes en el desarrollo del modelo, tomando en cuenta que estadísticamente no mostraron diferencias entre los distintos sistemas de

producción, seguramente para el modelo las diferencias tampoco fueron significativas para delimitar sitios con potencial para la especie.

Es importante tomar en cuenta, que el modelo realizado en esta investigación se trata de un modelo general para el cultivo de la vainilla, sin embargo este estudio ha mostrado por lo menos tres tipos de sistema de producción con características particulares. Es importante, para tener un mayor detalle del tipo de sistema de producción más adecuado para cada región, hacer un modelo específico para malla sombra, cítrico y sistemas agroforestales, y de esta manera visualizar adecuadamente la distribución potencial que podría tener cada uno de estos sistemas en la región.

IX CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los sistemas de producción de vainilla de la región Huasteca corresponden a tres tipos principales: el sistema agroforestal (Teñom – Cuayo), en asociación con cítricos y malla sombra. Ésta y otras investigaciones confirman la complejidad y vulnerabilidad de este cultivo, por ello si se desea obtener mayor rendimiento del cultivo, por ahora la mejor alternativa es aumentar la densidad de siembra en cada sistema de producción. Sin embargo, es importante realizar un cálculo diferenciado por sistema de producción, para conocer la capacidad de carga por superficie, tomando en cuenta el tipo de suelo o sustrato, así como las especies que interactúan en cada sistema y por lo tanto la demanda energética que implicaría incrementar el número de plantas.

Los sistemas de producción presentes en la región se diferencian en el tipo de tutor, densidad de siembra, manejo y biodiversidad asociada a la parcela, sin embargo el resto de las variables dependientes e independientes mostraron que no hay diferencia entre sistemas. Tanto las variables ambientales como el porcentaje de sombra mostraron semejanzas entre los tres sistemas de producción y se comprobó que se encuentran dentro de los parámetros establecidos para el buen desarrollo de la vainilla.

Si bien, las prácticas y nivel de tecnificación se diferencian por sistema de producción, los rendimientos en cada uno de ellos siguen siendo limitados, que en parte se debe a la falta de prácticas adecuadas. Las recomendaciones de manejo del cultivo provienen de paquetes tecnológicos desarrollados en y para las condiciones de la zona vainillera de Veracruz; por ello se sugiere a corto plazo desarrollar paquetes tecnológicos diferenciados para cada sistema de producción y atendiendo a las condiciones de la Huasteca Potosina. Para lo

anterior, es importante tomar en cuenta el conocimiento empírico de los productores más experimentados y buscar validar estos conocimientos, combinándolo con nuevas innovaciones tecnológicas y científicas.

La temperatura, precipitación, orientación, pendiente y elevación son los principales factores ambientales para determinar las condiciones óptimas para la planta. Las variables que más influyen en el rendimiento del cultivo en la región son la poca superficie cultivada por productor, la baja densidad de siembra y la falta de manejo en factores clave como la regulación de la sombra, la polinización y la cantidad de nutrientes y humedad en el suelo.

El Tecomol o Cuayo es el sistema con más biodiversidad por unidad de superficie, esto permite a los productores y sus familias tener mayor cantidad de especies durante todo el año en su parcela, cumpliendo diversos usos tanto alimenticios, medicinales, comerciales. Este sistema requiere menor cantidad de insumos externos y su condición intrínseca permite la presencia de polinizadores naturales, por ello se requiere a corto plazo abrir líneas de investigación dirigidas a conocer el o los tipos de polinizadores presentes y su importancia en desarrollo de los frutos. Además de conocer el valor intrínseco de los sistemas agroforestales, es decir la suma no solo de las especies comercializables y con valor económico, es necesario considerar los servicios ecosistémicos que provee.

Por ahora se considera que la producción bajo malla sombra es insostenible sin subsidios oficiales debido a sus elevados costos y las necesidades de mantenimiento. Es importante tomar en cuenta que de no alcanzarse las metas estipuladas en cuanto a rendimiento, los productores carecerán de recursos económicos para lograr la permanencia de un sistema tan costoso. El gobierno debería replantear el tipo de apoyos que se canalizan a los productores, de manera que se beneficie a todos los productores y no a pequeños grupos aislados. Esta

reestructuración de los apoyos debe también tomar en cuenta las capacitaciones y asistencias técnicas durante todo el año y no por pequeños periodos que imposibilitan un buen dominio de las técnicas por parte de los productores.

Por ello se recomienda la producción bajo Te'lom – Cuayo como principal alternativa de producción de vainilla, pues este sistema cuenta con diversas bondades para una producción sostenible de la vainilla. Para los productores que ya cuentan con cítricos en su parcela o bien con condiciones aptas para el establecimiento de esta, también se recomienda la combinación cítrico – vainilla como una opción para diversificar la producción.

La falta de organización, así como las escasas capacitaciones y asesorías reflejan la falta de conocimiento de los nuevos productores sobre el manejo del cultivo. Es importante fortalecer la organización de productores para mejorar el ingreso a la cadena de valor, evitar problemas de intermediarismo y facilitar la gestión de recursos. Se requiere además, fortalecer la transmisión de conocimientos en los productores como una estrategia para aumentar el manejo adecuado del cultivo.

El modelo de distribución de especies muestra una zona potencial para el establecimiento de vainilla con 710 km², sin embargo se requiere un análisis más detallado en el que se pueda distinguir el potencial para cada sistema de producción ya que cada uno de estos sistemas cuenta con una distribución altitudinal y de uso de suelo distinta que no es posible apreciar en el modelo generado para esta investigación.

X BIBLIOGRAFÍA

Aída Téllez V., M de los A., 2011. El fruto mágico de una orquídea: La Vainilla. Universidad Nacional Autónoma de México. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). Sistema Nacional de Recursos Fitogénicos para la Alimentación y la Agricultura (SINAREFI). Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS). Pp 28-43.

Alcorn, J. 1983. EL te'lom huasteco: presente, pasado y futuro de un sistema de silvicultura indígena. *Biótica* 8: 315-331.

Alcorn, J. 1984. *Huastec Mayan Ethnobotany*. University of Texas Press, Austin.

Altieri, M. A. 1999. Agroecología. Bases científicas para una agricultura sustentable. *Ecoteca* 20, Ed. Nordan-comunidad.

Altieri, M.A. 2013. Agroecología: principios y estrategias para diseñar una agricultura que conserva recursos naturales y asegura la soberanía alimentaria. Universidad de California, Berkeley. Visitado en mayo de 2013. Disponible en: <http://portal.mda.gov.br/>

Altieri, M.A., Nicholls C.I. 2000. Agroecología. Teoría y práctica para una agricultura sustentable. PNUMA, Serie Textos Básicos para la Formación Ambiental.

Álvarez López C, 2012. Identificación y caracterización bioquímica, morfológica y molecular de microorganismos cultivables asociados a la rizósfera y al sustrato de plantas de vainilla. Tesis de maestría presentada para optar al título de Magíster en Ciencias, Geomorfología y Suelo. Universidad Nacional de Colombia. Medellín.

Arango y Moreno, 2013. Respuesta de la vainilla a variables individuales, locales y regionales bajo diversos escenarios agroecológicos (Colombia). Memorias del 1° Seminario Internacional de Vainilla. Heredia, Costa Rica.

Balbanera P., A. Castillo, E. Lazos, K. Caballero, S. Quijas, A. Flores, C. Galicia, L. Martínez, A. Saldaña, M. Sánchez, M. Maass, P. Ávila, Y. Martínez, L. Galindo y J. Sarukhán. 2011. Marcos conceptuales interdisciplinarios para el estudio de los servicios ecosistémicos en América Latina. *En*: Lathera P., E. G. Jobbágy, J. M. Paruelo (Eds.) 2011. Valoración de servicios ecosistémicos. Conceptos, herramientas y aplicaciones para el ordenamiento territorial. Ediciones INTA. Buenos Aires. Pp 39-67.

Baltazar, 2010. Caracteres morfológicos de la vainilla (*Vanilla planifolia* J.) utilizados por el agricultor en la selección de material reproductivo en cuatro municipios del Totonacapan, México. Tesis para obtener el grado de maestría en ciencias. Colegio de postgraduados. Puebla, México.

Banco Mundial, 2013. Consultado el 25 de marzo de 2013. Disponible en <http://www.bancomundial.org/es/country/mexico>

Barrera A., J. Jaramillo., J. Escobedo., B. Herrera, 2011. Rentabilidad y competitividad de los sistemas de producción de vainilla (*Vanilla planifolia* j.) en la región del Totonacapan, México. *Agrociencia* 45: 625-638. 2011.

Barrera, A., Herrera C, B., Jaramillo V, J., Escobedo G, J., Bustamante G, Á., y Bustamante González, Á., 2009. Caracterización de los sistemas de producción de vainilla (*vanilla planifolia*) bajo naranjo y en malla sombra en el Totonacapan. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 10, 199-212.

Bawa, Perry, Bullock, Coville, Grayum, 1985. Reproductive biology of tropical lowland rain forest trees. I y II. Pollination mechanisms. *American Journal of Botany* 72: 331–356.

Bayman, P., A. Mosquera-Espinosa, A. Porrás-Alfaro, 2011. Mycorrhizal Relationships of Vanilla and Prospects for Biocontrol of Root Rots. De Havkin and Belanger, 2011. *Handbook of Vanilla Science and Technology*, First Edition, edited by Daphna Havkin-Frenkel and Faith C. Belanger _ 2011 Blackwell Publishing Ltd. Pp 265-280.

Benito y Peñas, 2007. Aplicación de modelos de distribución de especies a la conservación de la biodiversidad en el sureste de la península Ibérica. *GeoFocus* n°7. Pp 100-117.

Bijman, B. y G. Ton. 2008. Organización de productores en la cadena de valor. Organizaciones de productores y cadenas de valor. Capacity.org, un portal hacia del desarrollo de la capacidad. European Centre for Development Policy Management (ECDPM); Servicio Neerlandés de Cooperación para el Desarrollo (SNV); y Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). Número 34. Países bajos. Pp 4 y 5.

Bolaños, 1999. Metodología para la caracterización de sistemas ganaderos.

Bory, S., M. Grisoni., M.S. Duval., P. Besse, 2008. Biodiversity and preservation of vanilla: present state of knowledge. *GenetResourCropEvol.* 55:551–571.

Cabrelli, D., S. Rebottaro, y D. Efron, 2006. Caracterización del dosel forestal y del microambiente lumínico en rodales con diferente manejo, utilizando fotografía hemisférica. *Quebracho (Santiago del Estero)* n. 13. Santiago del Estero.

Campo mexicano, 2013. Oficina Estatal de Información para el Desarrollo Rural Sustentable (OEIDRUS). Secretaría de Desarrollo Agropecuario y Recursos Hidráulicos; <http://www.campopotosino.gob.mx>.

Castillo P.T., V. Volke, L. Jiménez, N. Estrella, C. Ortiz, H. Santoyo. 2005. Formulación de proyectos productivos con base en un diagnóstico del medio físico y su potencial productivo, y socioeconómico de las unidades familiares de producción, en agricultura de subsistencia. *En: Tornero C, E. Silva, R. Pérez, Bonilla (Eds.), 2005. Agricultura, ganadería, ambiente y desarrollo sustentable. Publicación especial de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Puebla, México. Pp. 107-141.*

Castro, 2008. Evaluación del cultivo y producción de vainilla en la zona de Papantla, Veracruz, México. Tesis para obtener el grado de doctor en ciencias en ecología y manejo de recursos naturales. Instituto de Ecología, A.C. Xalapa, Veracruz, México.

Castro Bobadilla, 2008. Evaluación del cultivo y producción de la vainilla en la zona de Papantla, Veracruz, México. Tesis para obtener el grado de doctor en ciencias en ecología y recursos naturales. Instituto de ecología, A.C. Xalapa, Veracruz, México.

Castro Bobadilla y García Franco, 2007. Vanilla (*Vanilla planifolia* Andrews) crop systems used in the Totonacapan area of Veracruz, México: Biological and productivity evaluation. *Journal and Food, Agriculture and Environment* 5 (2): 136-147.

Christensen, N.L., A.N. Bartuska, J.H. Brown, S. Carpenter, C. D'Antonio. 1996. The report of the Ecological Society of America Committee on the scientific basis for ecosystem management. *Ecological Applications* 6:665-691.

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). 2011. La biodiversidad en Veracruz: Estudio de Estado. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Gobierno del Estado de Veracruz, Universidad Veracruzana, Instituto de Ecología, A.C. México.

Cruz Juárez A., 2004. Universidad Autónoma Antonio Narro. Análisis financiero y evaluación de la rentabilidad en el cultivo de la vainilla (*vainilla planifolia*) en la región de Totonacapan, estado de Veracruz. Tesis como requisito parcial para obtener el grado de ingeniero agrónomo administrador. División de Ciencias Socioeconómicas. Departamento de Administración Agropecuaria. Buena Vista, Saltillo, Coahuila, México.

Curti, D. E. 1995. Cultivo y beneficio de la vainilla en México. Organización Nacional de Vainilleros Indígenas. Papantla.

Damirón, 2004. La vainilla y su cultivo. Veracruz agrícola. Dirección General de Agricultura del Estado de Veracruz.

Damon, A., 2003. Las Epífitas. *Ecofronteras*. México. 18: 17-20.

De la Cruz M, J., G. Rodríguez, H. García. 2009. Vanilla, post harvest operations. INPhO Post Harvest Compendium. Food and Agriculture Organization of the United Nation.

Del Amo, S. 1999. Manejo y enriquecimiento de acahuales. 2da edición. Cuadernos por la tierra no.7. Programa de acción forestal tropical. Fondo Mexicano para la conservación de la Naturaleza. Secretaria de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. México. 30pp.

Dirección General de Planeación y Desarrollo en Salud (DGPDS), 2009. Guía para la evaluación de proyectos y programas de inversión. Secretaria de Salud. Subsecretaria de Innovación y Calidad. México. 49pp.

Elorza Martínez P., M. López Herrera, A. D. Hernández Fuentes, G. Olmedo Pérez, C. Domínguez Barradas, J. M. Maruri García. 2007. Efecto del tipo de tutor sobre el contenido

de vainillina y clorofila en vainas de vainilla (*Vanilla planifolia* Andrews) en Tuxpan, Veracruz, México. Revista Científica UDO Agrícola. Vol. 7, Núm. 1, 2007, pp. 228-236. Consultado el 29 de mayo de 2014. Disponible en: <http://www.bioline.org.br/request?cg07024>

FAO y JRC. 2012. Global forest land-use change 1990–2005. FAO y JRC. En línea. Disponible en http://www.fao.org/index_es.htm

FAO, 2013. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura. 20 de marzo de 2013. En línea. Disponible en http://www.fao.org/index_es.htm

Fassbender, 1987. Modelos edafológicos de sistemas agroforestales. CATIE. Serie de materiales de enseñanza no. 29. 475 pp.

Fouché y Jouve, 1999. Vanilla planifolia. History, botany and culture in Réunion Island. Agronomie 19 (1999) 689-703. Inra / Elsevier, Paris.

Gallardo A., P., 2004. Huastecos de San Luis Potosí. CDI: PNUD, 2004. México. 31 p.

García, N.J., 2013. Exploración etnobotánica y alternativas de conservación de la vainilla (*Vanilla planifolia* J.) en la sierra Nororiental de Puebla, México.

Gómez López, N., 2012. Respuestas de Vanilla planifolia Jacks ante variaciones microambientales bajo arreglos agroforestales en un bosque seco tropical. Universidad Nacional de Colombia. Sede Medellín.

Gómez Peresmitré, G. y L. Reidl, 2014. Metodología de Investigación en Ciencias Sociales. Universidad Nacional Autónoma de México. Revisado el 1 de mayo de 2014. Disponible en: http://www.psicol.unam.mx/Investigacion2/pdf/lucy_gilda.pdf

Guerra L., J., H. Huamani Y., 1995. Caracterización edafoclimática del hábitat de las orquídeas. Instituto de Investigación de la Amazonia Peruana. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María, Perú.

Hair J., W. Black., B. Babin., R. Anderson, 2010. Multivariate data analysis. Pearson Prentice Hall. Seventh edition.

Harwood, R. R. 1987. "Agroforestry and Mixed Farming Systems". En: Lugo, A.E., J.R., Clark, y R. D., Child. (eds). Ecological development in the humid tropics, guidelines for planners. Winrock International, Institute for Agricultural Development. Morrilton. USA.

Havkin- Frenkel, D. y F Belanger. 2011. Handbook of vanilla science and technology. Willey BlackWell. First edition. 365 pp.

Hernández, 2011. Establecimiento y mantenimiento. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), 2011. Paquete Tecnológico Vainilla (*Vanilla planifolia* Jackson). Programa Estratégico para el Desarrollo Rural Sustentable de la Región Sur – Sureste de México: Trópico Húmedo 2011.

Hernández, 2011. Handbook of Vanilla Science and Technology, First Edition, edited by Daphna Havkin-Frenkel and Faith C. Belanger _ 2011 Blackwell Publishing Ltd. Pp 3 – 25.

Hernández Hernández J. y P. Lubinski, 2011. Cultivation system. *En*: Odoux E. y M. Grisoni (eds), 2011. Vanilla, medicinal and aromatic plants- Industrial profiles. CRC Press, Taylor and Francis group. USA. Pp 75 – 96.

INEGI, 2013. Mapa Digital de México. Disponible en: www.inegi.org.mx

Juárez López, P., R Bugarín, R Castro, A Sánchez, E Cruz, C Juárez, G Alejo, R Balois. 2011. Estructuras Utilizadas en la Agricultura Protegida. Revista Fuente. Año 3. No. 8. 21-27.

Krishnamurthy L. y M. Uribe Gómez. (Eds). 2002. Tecnologías Agroforestales para el Desarrollo Rural Sostenible. PNUMA-SEMARNAT. México. 461 pp.

León, S.T. 2012. Agroecología: la ciencia de los agroecosistemas – la perspectiva ambiental. Universidad Nacional de Colombia. Instituto de Estudios Ambientales. 261 pp.

León, T. y Altieri, A. 2010. Enseñanza, investigación y extensión en agroecología: la creación de un programa latinoamericano de agroecología. *En*: Vertientes del pensamiento agroecológico: fundamentos y aplicaciones. León, T y Altieri M. Eds. Pp 11- 52.

Levy-Tacher, J. Aguirre, M. Martínez, A. Durán. 2002. Caracterización del uso tradicional de la flora espontánea en la comunidad Lacandona de Lancahá, Chiapas, México. *Interciencia*, 27 (10): 512-520.

Ling Gadi, 2003. Vanilla pollination. National Agriculture Research Institute. Wet lowlands Island Programme. KER016E. Papua Nueva Guinea. 16 pp.

Mateo, R.G., A.M. Felicísimo, J. Muñoz, 2011. Modelos de distribución de especies: una revisión sintética. *Revista Chilena de Historia Natural*. Sociedad de Biología de Chile.84: 217-240.

Menchaca y Moreno, 2011. Manual para la propagación de orquídeas. Secretaria de medio ambiente y Recursos Naturales. Comisión Nacional Forestal. Zapopan, Jalisco, México. 56 pp.

Miranda, F. y Hernández X. 1963. Los tipos de vegetación de México y su clasificación. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 28: 29-179.

Moreno C., A.; Toledo, V.; Casas, A. 2013. Los sistemas agroforestales tradicionales de México. Una aproximación biocultural. *Botanical sciences* 91 (4): 375-398, México.

Morteo M., O, 2011. Abandono de tierras y desarrollo de la vegetación secundaria en dos ejidos de la Sierra de Santa Martha, Veracruz. Tesis. Universidad Veracruzana. Facultad de Biología. 94 pp.

Nates y Parra, 2005. Abejas silvestres y polinización. Manejo Integrado de Plagas y Agroecología (Costa Rica). N° 75. Pp 7-20.

NEDFi, 2005. Hand book on medicinal and aromatic plants. Assam Small Farmers' Agri Business Consortium. India. Pp 84 – 88.

Núñez M., F. Arráez., A. Marcos., F. Toro., J. Rodríguez., E. González., K. Nuñez., B. Fernández, L. Astorga., N. Mattie., y Estudiantes de 4ta promoción del Diplomado de Agroecología IDENA-UNESR, 2010. Diplomado de Agroecología IDENA-UNESR. Mérida, Venezuela.

Odoux E. y M. Grisoni (eds). 2011. Vanilla, Medicinal and aromatic plants- Industrial profiles. CRC Press, Taylor and Francis group. USA.

Olivares Soto, H., 2010. Sombra artificial y aplicación de Thidiazurón en el crecimiento y fisiología de la vainilla (*Vanilla planifolia*). Tesis presentada como requisito parcial para obtener el grado de Maestro en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, México.

Organización de las Naciones Unidas Para la Agricultura y la Alimentación (FAO). 1999. Dirección de fomento de tierras y aguas. Guía para el manejo eficiente de la producción de plantas. Roma, Italia. Pp 20.

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). 2007. Volumen 1 Programa Mundial del Censo Agropecuario 2010. Un sistema Integrado de Censos y encuestas Agropecuarios. Colección FAO: Desarrollo Estadístico. Roma, Italia.

Parthasarathy, V.A. 2005. *Vanilla* (extensión pamphlet). Printers Castle, Kochi. 11pp.

Peña, D. 2002. Análisis de datos multivariantes. Mc Graw Hill. Interamericana de España S.L. Madrid. 539 p.

Perales, H.R., y J.R. Aguirre. 2008. Biodiversidad humanizada, en Capital natural de México, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad. CONABIO, México, pp. 565-603.

Pérez, P. E. y K. Geissert, 2006. Zonificación agroecológica de sistemas agroforestales: el caso café (*Coffea arabica* L.) – palma camedor (*Chamaedora elegans* Mart). Interciencia vol. 31, numero 08. Asociación interciencia. Caracas, Venezuela. 556- 562.

Pimienta Lastra, R., 2000. Encuestas probabilísticas vs. no probabilísticas. Política y cultura, núm. 13, 2000. Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco. México. Pp. 263-276.

Plan Rector del Sistema Producto Vainilla del estado de San Luis Potosí (PRSPVESLP), 2011. Comité estatal del sistema producto vainilla del estado de San Luis Potosí. Tamazunchale, SLP.

Plan Rector del Sistema Producto Vainilla del estado de San Luis Potosí (PRSPVESLP), actualización 2012. Comité estatal del sistema producto vainilla del estado de San Luis Potosí. Tamazunchale, SLP.

Plan Rector de Sistema Producto Vainilla del Estado de San Luis Potosí (PRSPVESLP), 2013. Sistema Producto Vainilla San Luis Potosí, 2013. <http://www.sistemaproductoslp.gob.mx/vainilla/index.php>

Ramírez y Rapidel, 1999. Principales factores agronómicos restrictivos en el cultivo de la vainilla y su alivio en la zona de Quepos, Costa Rica. XI Congreso Nacional Agronómico 1999. Costa Rica.

Ramos P, J.; Amo R., S.; Arévalo R., J. 1996. Diversidad y tipos de agroecosistemas: consideraciones para diseño. En: Trujillo, J.A., González, F.C., Torres, P.L. (Eds). Ecología aplicada a la agricultura: Temas selectos de México. UAM, México.

Rencher, A. 2002. Methods of multivariate analysis. Second edition. Bringham Young University. John Wiley&Sons, Inc. 714 p.

Repertorium Botanices Systematicae (RBS). 1842. *Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Walp. 1 (4): 679. 1842 (En línea) México, Pp 115-120. Consultado el 28 de abril de 2014. Disponible en: http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info_especies/arboles/doctos/29-legum19m.pdf

Rykiel, E.J., 1996. Testing ecological models: the meaning of validation, Ecological Modelling, 90. Pp 229-244.

Sánchez M., S., A.E. Becerril R., L. Tijerina C., J. A. Santizo R., 2001. Crecimiento y Desarrollo de Vainilla en tres Sistemas de Producción en Papantla, Veracruz. Rev. Fitotec. Mex. Vol. 24(1): 49-56 2001.

Soto Arenas, M.A., 1999. Filogeografía y recursos genéticos de las vainillas de México. Instituto Chinoin AC. Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. J101. México D. F. 106pp.

Soto Arenas, M. A., 2006. La vainilla: retos y perspectivas de su cultivo. CONABIO. Biodiversitas 66:1-9.

SPV, 2006. Sistema Producto vainilla. Logros y perspectivas de la vainilla en México.

Toledo, V.; Batis, A.I.; Becerra, R.; Martínez, E.; Ramos. C.H. 1995. La selva útil: etnobotánica cuantitativa de los grupos indígenas del trópico húmedo de México. Interciencia, 20(4): 177-187.

Turrent-Fernández A, R. J. Laird, J.I. Cortés, V. Volke. 2005. Un reencuentro con la productividad de agroecosistemas. Fundamentos y herramientas. Agrociencia, enero – febrero, año/vol 39, num 001. Colegio de postgraduados. Texcoco México. PP 29-39.

Uchida, J.Y. 2011. Farm and forestry production and marketing profile for Vanilla (*Vanilla planifolia*). En: Elevitch, C.R. (ed.). 2011. Specialty crops for Pacific Island agroforestry. Permanent Agriculture Resources (PAR), Holualoa, Hawai'i. Disponible en: <http://agroforestry.net/scps>

Varela, 1998. Análisis Multivariado de datos. Aplicación a las Ciencias Agrícolas. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, INCA. La Habana, Cuba.

Viveros Grajales B., 2007. Evaluación de la extracción de vainilla, mediante la adaptación de un dispositivo Soxhlet. Tesis presentada como requisito parcial para obtener el grado de Licenciatura en Ingeniería de Alimentos. Universidad de las Américas Puebla. San Andrés de Cholula, Puebla.

Werner, 2009. Standard Operating Procedure for Determining Canopy Closure using a Concave Spherical Densimeter – Model C for the Extensive Riparian Status and Trends Monitoring Program. Version 1. Washington State Department of Ecology. Washington. 10pp.

Wolgemuth, Minter, Hernández, Perez y Hurst. 2002. Diccionario Náhuatl de los municipios de Mecayapan y Tatahuicapan de Juárez, Veracruz. Instituto Lingüístico de Verano, A.C. Segunda edición electrónica. México, D.F.

Zare, C. 2011. Multivariate Analysis Techniques in Environmental Science, Earth and Environmental Sciences, Dr. Imran Ahmad Dar (Ed.).