



Distribución de *Vanilla planifolia* Jacks. ex Andrews y acciones para su conservación en la Huasteca Potosina

Vanilla planifolia Jacks. ex Andrews distribution and actions for its conservation in the *Huasteca Potosina*

Karina L. Trinidad García¹, Humberto Reyes Hernández^{2*}, Rosa I. Martínez Salazar² y Erika Galarza Rincón³

Abstract

Vanilla (*Vanilla planifolia*), one of the most widely used orchids since pre-Columbian times, is currently under threat and subject to special protection. The objectives of this research were to identify the current and potential distribution of wild vanilla in the *Huasteca Potosina*; and design actions for its conservation. For this purpose, consultations were made in herbaria, field trips, interviews with the vanilla producers, and participatory workshops with local inhabitants. A spatial analysis was carried out in order to get to know the environmental characteristics of the plots with the presence of vanilla, and their potential distribution was modeled. In the *Huasteca Potosina*, 28 sites were located with the presence of the taxon under study, most of them in traditional agroforestry systems and, to a lesser extent, in the relics of medium forest that still persist in the region, anchored to the tutors that provide them with the necessary support. Its potential distribution was estimated at 85.5 km² Germplasm without domestication processes and adapted to the environmental conditions that were identified, has the possibility of being conserved. The owners proposed wildlife management units for its conservation *in situ*.

Key words: Conservation, potential distribution, conservation strategies, Maxent, *Vanilla planifolia* Jacks. ex Andrews, *Huasteca Potosina*.

Resumen

La vainilla (*Vanilla planifolia*) es una de las orquídeas más ampliamente utilizada desde la época precolombina, actualmente, su estatus de conservación corresponde a la categoría de Sujeta a Protección Especial. Los objetivos de esta investigación fueron identificar su distribución actual y potencial en la Huasteca Potosina; y diseñar acciones para su conservación. Para ello, se realizaron consultas en herbarios, recorridos de campo, entrevistas con los productores de vainilla y talleres participativos con habitantes locales. Se llevó a cabo un análisis espacial basado en sistemas de información geográfica, para conocer las características ambientales de los sitios con presencia de la especie y se modelizó su distribución potencial. En la Huasteca Potosina, se ubicaron 28 sitios con presencia del taxón bajo estudio, la mayoría en sistemas agroforestales tradicionales y, menor proporción, en los relictos de selva mediana que aún persisten en la región, anclados a los tutores que les proveen el soporte necesario. Su distribución potencial se estimó en 85.5 km². El germoplasma sin procesos de domesticación y adaptado a las condiciones ambientales que se identificaron, tiene posibilidades de ser conservado. Los poseedores de este recurso genético consideran que una Unidad de Manejo de la Vida Silvestre sería la forma más adecuada para lograr su conservación *in situ*.

Palabras clave: Conservación, distribución potencial, estrategias de conservación, Maxent, *Vanilla planifolia* Jacks. ex Andrews, Huasteca Potosina.

Fecha de recepción/Reception date: 15 de junio de 2019

Fecha de aceptación/Acceptance date: 15 de agosto de 2019

¹Programa Multidisciplinario de Posgrado en Ciencias Ambientales, UASLP. México.

²Facultad de Ciencias Sociales y Humanidades, UASLP. México.

³Laboratorio de Sistemas de Información Geografía y Percepción Remota, Facultad de Ciencias Sociales y Humanidades, UASLP. México.

*Autor por correspondencia; correo-e: hreyes@uaslp.mx

Introducción

La vainilla (*Vanilla* spp.) es una de las orquídeas más cultivadas a nivel mundial (Flanagan y Mosquera, 2016). Su demanda abarca la industria alimentaria, farmacéutica, de perfumería y cosmética (Azofeifa-Bolaños *et al.*, 2014). Las especies: *Vanilla planifolia* Jacks. ex Andrews, *V. pompona* Schiede y *V. tahitensis* J.W. Moore., son las más importantes en el mundo, por ser productoras de vainillina natural (Flores *et al.*, 2017).

De los tres taxa antes citados, *V. planifolia* además de ser el más aprovechado para fines comerciales y el segundo saborizante natural más importante (Luna-Guevara *et al.*, 2016), tiene el estatus de Sujeta a Protección Especial en la NOM-059-SEMARNAT-2010 (Semarnat, 2010). Lo anterior, principalmente, se debe a la deforestación y fragmentación de su hábitat (selvas medianas perennifolias) y a la extracción ilegal de individuos para establecer plantaciones comerciales (Soto y Dressler, 2010). Además, la especificidad de sus polinizadores y dispersores naturales es un elemento que incrementa el riesgo de que sus poblaciones silvestres desaparezcan (Salazar *et al.*, 2014).

Las estrategias más empleadas para su conservación incluyen la creación de bancos de germoplasma, el mejoramiento de las condiciones en las plantaciones y la conservación *in vitro* (Bello-Bello *et al.*, 2015). Para ello, se requiere conocer el estado de sus poblaciones, definir acciones que integren valores comerciales, biológicos y culturales, así como diseñar programas específicos de conservación (Herrera-Cabrera *et al.*, 2012; Salazar *et al.*, 2014; Hernández-Ruíz *et al.*, 2016).

Una de las herramientas relevante en la protección y conservación de especies amenazadas es la aplicación de modelos de distribución de especies (MDE) (Baldwin, 2009; Cassini, 2011; Mateo *et al.*, 2011). Dichos modelos, basados en la presencia de los taxones, permiten determinar los factores ambientales que delimitan su distribución o redistribución (Cassini, 2011). Además, facilitan la implementación de procedimientos para la repoblación de especies vegetales y animales (Loiselle *et al.*, 2003; Benito y Peñas, 2007; Obregón *et al.*, 2014; Figueroa *et al.*, 2016).

En México, los MDE se han aplicado para identificar patrones de distribución y establecer zonas prioritarias para la conservación de avifauna (Jacinto-Flores *et al.*, 2017), reptiles (Paredes *et al.*, 2011) y plantas (Villaseñor y Téllez-Valdés, 2004; Peters *et al.*, 2014).

En virtud de la importancia económica y cultural de la vainilla para México y el mundo (Hernández, 2011), con este trabajo se busca aportar elementos sobre la distribución actual de *Vanilla planifolia* en el noreste del país, ya que a la fecha se carece de evidencias recientes que documenten su presencia en el estado de San Luis Potosí; además, tampoco existe información básica que fundamente el diseño de acciones para la conservación de su germoplasma.

Así, los objetivos de la presente investigación fueron identificar los sitios actuales de distribución de *Vanilla planifolia*, modelizar su distribución potencial y definir, de manera conjunta con habitantes locales, acciones para su conservación en la región de la Huasteca Potosina.

Materiales y Métodos

Área de estudio

La Huasteca Potosina se localiza en el estado de San Luis Potosí está integrada por dos subregiones denominadas Huasteca Norte y Huasteca Sur (Inegi, 2017). En esta última, ubicada en la porción de barlovento de la Sierra Madre Oriental, se sitúa la zona vainillera (Reyes *et al.*, 2018) (Figura 1). El clima predominante corresponde al semicálido subhúmedo; en una pequeña porción prevalece el cálido subhúmedo, al norte y noreste; y en un segmento del municipio Xilitla, el templado húmedo. La precipitación varía de 1 500 a 3 000 mm anuales, con una temperatura media anual de 16 a 24 °C (Inegi, 2017).

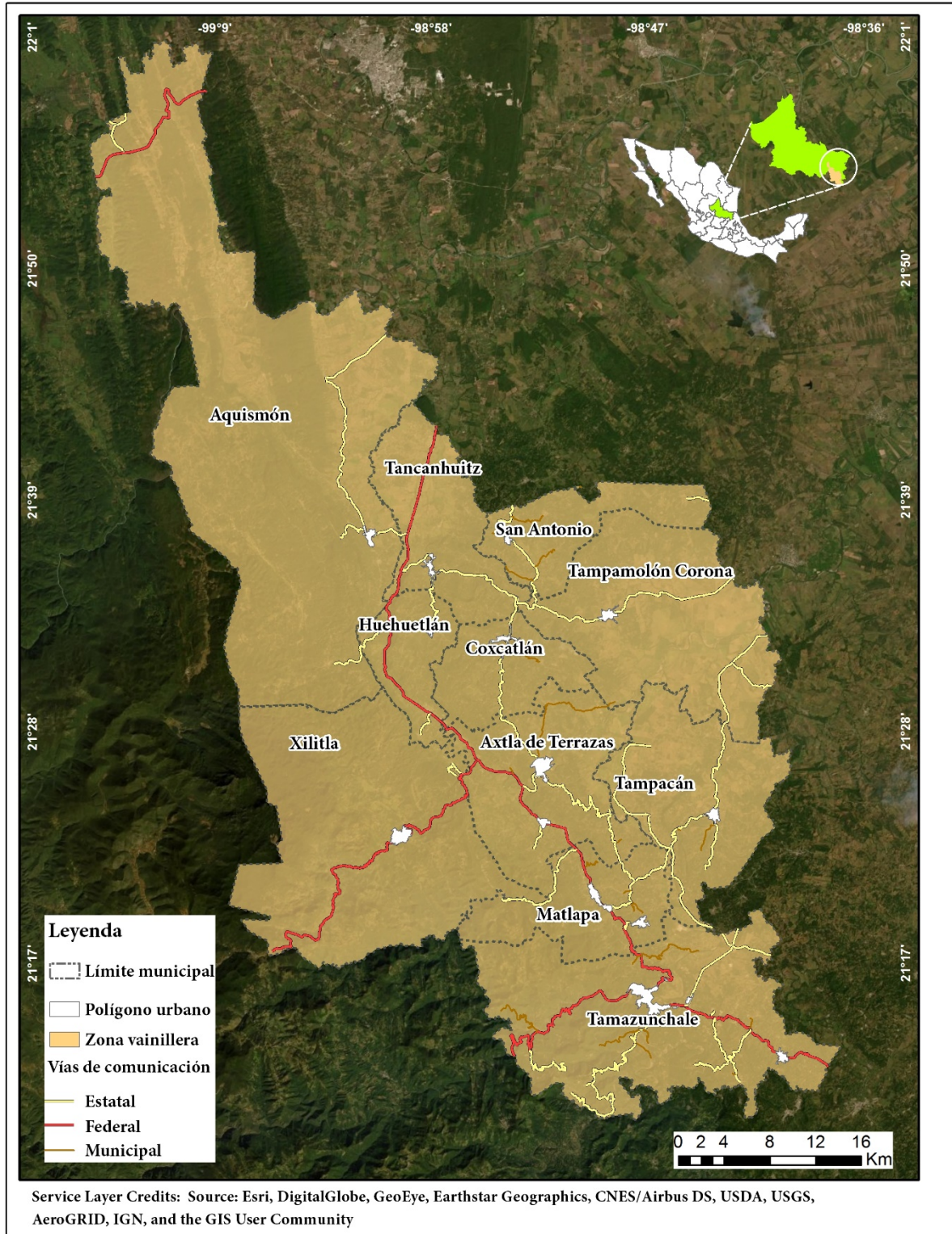


Figura 1. Zona vainillera del estado de San Luis Potosí.

Distribución actual y potencial

Para definir la distribución actual de la especie en la región de estudio, se hizo una búsqueda de registros en las colecciones: Herbario Nacional de México (MEXU), de la Universidad Nacional Autónoma de México; y Herbario Isidro Palacios del Instituto de Investigaciones de Zonas Desérticas (IIZD), perteneciente a la Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Además de, consultar la base de datos de la Red Mundial de Información sobre Biodiversidad (Remib, 2018). El resultado fue de dos registros de *Vanilla planifolia* para San Luis Potosí, correspondientes a una misma colecta, depositados en el MEXU y en el IIZD.

Asimismo, se obtuvo información de la base de datos del Macroproyecto de investigación aplicada para el fortalecimiento de la producción de vainilla en México 2013-2015, sobre productores que refieren la presencia de la especie en relictos de selva mediana, acahuales y en los sistemas agroforestales conocidos como *te'lom* y *cuayo* de la Huasteca; se identificaron 21 agricultores, a quienes se les aplicó un cuestionario con preguntas semiestructuradas. En este instrumento de carácter cualitativo, se incorporaron aspectos referentes (entre otros datos de interés de la especie) a la capacidad del entrevistado para distinguir diferentes tipos de vainilla, a su conocimiento de los sitios donde habita *V. planifolia* de forma silvestre y sobre la certeza de que eran poblaciones sin manejo previo (cultivada).

Para fines de la investigación, de acuerdo con lo señalado en la Ley General de Vida Silvestre, se consideró como especie silvestre a: "los organismos que subsisten sujetos a los procesos de evolución natural y que se desarrollan libremente en su hábitat, incluyendo sus poblaciones menores e individuos que se encuentran bajo el control humano, así como los ferales" (Semarnat, 2018).

A partir de las entrevistas, efectuadas entre febrero y septiembre de 2014, se llevaron a cabo recorridos de campo para verificar la presencia del taxon. Se identificaron 28 sitios, los cuales fueron georreferenciados con un GPS *Garmin Colorado 600*. Además de las coordenadas de cada lugar, se obtuvo información sobre el tipo de tutor que

sostiene a la planta, la altura del bejuco, el número de frutos, el porcentaje de sombra y las características ambientales predominantes.

Asimismo, se colectaron ejemplares botánicos (Ricker, 2014) los cuales fueron depositados en el Herbario IIZD para su posterior identificación, mediante el uso de claves taxonómicas (Soto, 2003; Soto y Dressler, 2010).

Los datos georreferenciados en campo (28) y el registro obtenido en los herbarios MEXU e IIZD fueron los insumos primordiales del MDE, el cual se basó en el algoritmo de Máxima Entropía, denominado *Maxent*. Dicho modelo permite inferir sitios de presencia de cierta especie, en función de registros reales de su existencia en localidades específicas y las condiciones ambientales predominantes (Cassini, 2011; Mateo *et al.*, 2011). Además, se incorporaron las capas bioclimáticas (BIO) de la base de datos *WorldClim-Global Climate Data* (<http://www.worldclim.org/>), de vegetación y uso de suelo serie V (VUS), altitud (MDT) y edafología serie V (EDA) de Inegi (<https://www.inegi.org.mx/datos/>); las cuales se transformaron a formato *raster* y se estandarizaron a un tamaño de celda de 30 × 30 m (Cuadro 1).



Cuadro 1. Variables bioclimáticas y físicas empleadas en el modelo de distribución potencial.

Clave	Variable
BIO1	Temperatura promedio anual
BIO2	Oscilación diurna de la temperatura
BIO3	Isotermalidad
BIO4	Estacionalidad de la temperatura
BIO5	Temperatura máxima promedio del periodo más cálido
BIO6	Temperatura mínima promedio del periodo más frío
BIO7	Oscilación anual de la temperatura
BIO8	Temperatura promedio del cuatrimestre más lluvioso
BIO9	Temperatura promedio del cuatrimestre más seco
BIO10	Temperatura promedio del cuatrimestre más cálido
BIO11	Temperatura promedio del cuatrimestre más frío
BIO12	Precipitación anual
BIO13	Precipitación del periodo más lluvioso
BIO14	Precipitación del periodo más seco
BIO15	Estacionalidad de la precipitación
BIO16	Precipitación del cuatrimestre más lluvioso
BIO17	Precipitación del cuatrimestre más seco
BIO18	Precipitación del cuatrimestre más cálido
BIO19	Precipitación del cuatrimestre más frío
VUS20	Vegetación
MDT21	Uso de suelo
EDA22	Elevación

Se hicieron repeticiones por medio de la alternancia de distintas capas, tanto cualitativas como cuantitativas y los *settings* se calibraron a 25 %, 50 % y 75 % para definir el porcentaje de evaluación (Benito y Peñas, 2007; Cassini, 2011). El principal criterio para elegir el mejor modelo fue un valor de la curva ROC² mayor a 75 % (Muñoz y Felicísimo, 2004). Los coeficientes, AUC de entrenamiento (0.953) y AUC de evaluación (0.939) fueron cercanos a 1, lo cual indica alta confiabilidad, por encima de la predicción al azar que garantizan la robustez del modelo.

El MDE resultante se exportó al programa *ArcGis* 10.2 sobre una imagen de satélite *SPOT* correspondiente a febrero de 2016, para cotejar su coincidencia con las áreas

ocupadas por las selvas (hábitat natural de la especie). Finalmente, se calculó la superficie donde potencialmente podría distribuirse *V. planifolia*.

Acciones para la conservación

Con el fin de intervenir en el territorio e involucrar a los pobladores locales en la conservación de la especie, se eligió la localidad de Jalpilla en Axtla de Terrazas para diseñar acciones de conservación, mediante procesos participativos orientados a la acción y al compromiso personal para la protección ambiental. El criterio de selección fue el respaldo de los agricultores para que el proyecto se llevara a cabo.

Las metodologías participativas son herramientas que ayudan a descifrar las razones por las cuales una comunidad que posee algún tipo de recurso toma sus decisiones y, permite, al mismo tiempo, delinear algunas acciones para su protección (Herlihy y Knapp, 2003). Dichas metodologías se basan en la intervención activa de los habitantes locales y se componen de dinámicas de grupo, sociodramas, rutas críticas, mapas y otros medios que propicien la participación, el análisis y la reflexión de los participantes. A diferencia de otros métodos, este enfoque no busca la representatividad, ya que cada caso de estudio suele ser único, además por su naturaleza cualitativa tampoco demandan de un análisis estadístico para su validación (Reyes *et al.*, 2013).

La metodología empleada incluyó la realización de talleres de evaluación participativa, recorridos de campo, aplicación de entrevistas semiestructuradas y observación participante. Las dos últimas actividades son instrumentos complementarios mediante los cuales fue posible triangular y cotejar la información obtenida en los talleres.

En Jalpilla, se realizaron tres talleres participativos, con una asistencia en promedio de 8 a 10 productores, entre ellos los dueños de los predios en los que se ubicaron individuos de *V. planifolia*.

El primero, de reconocimiento, tuvo la finalidad de identificar a los propietarios de los predios con presencia de la especie de interés; obtener información general del sistema de producción; sus usos e importancia económica. El segundo, de la conservación, se implementó para reconocer la percepción de los participantes sobre la conservación y las acciones implementadas para preservar el taxon. El tercero, acciones para la conservación, tuvo como objetivos identificar y definir sitios prioritarios para preservarlo mediante diferentes esquemas propuestos y discutidos con los asistentes.

Adicionalmente, se capacitó a los participantes sobre la valoración de los recursos genéticos, la importancia de la biodiversidad local y las posibilidades que ofrecen los nuevos programas de conservación.

Como resultado de la intervención, los participantes de los talleres propusieron y definieron, mediante un consenso, áreas de exclusión como medida principal para proteger la especie. Para ello, fue necesario contar con la anuencia de los poseedores legales de dichos terrenos y su consentimiento para implementar las acciones previamente acordadas. Para delimitar con mayor precisión las áreas propuestas, estas fueron georreferenciadas en campo con un GPS *Garmin Colorado 600*. Finalmente, toda la información se representó en una imagen de satélite *SPOT* de febrero de 2016, impresa en color verdadero y mostrada al grupo, para validar los resultados.

Resultados

Distribución actual y potencial de *Vanilla planifolia*

Los únicos registros de herbario para *Vanilla planifolia* en San Luis Potosí corresponden a Tanjasnec, San Antonio, en una selva mediana perennifolia, su fecha de colecta fue el 4 de mayo de 1979 y el colector Janis Alcorn. En esta investigación se identificó la presencia de la especie en 28 sitios pertenecientes a 17 localidades (incluida Tanjasnec), de los municipios: Aquismón, Axtla, Huehuetlan, Matlapa, San Antonio, Tancahuitz y Tamazunchale en la Huasteca Potosina (Figura 2).

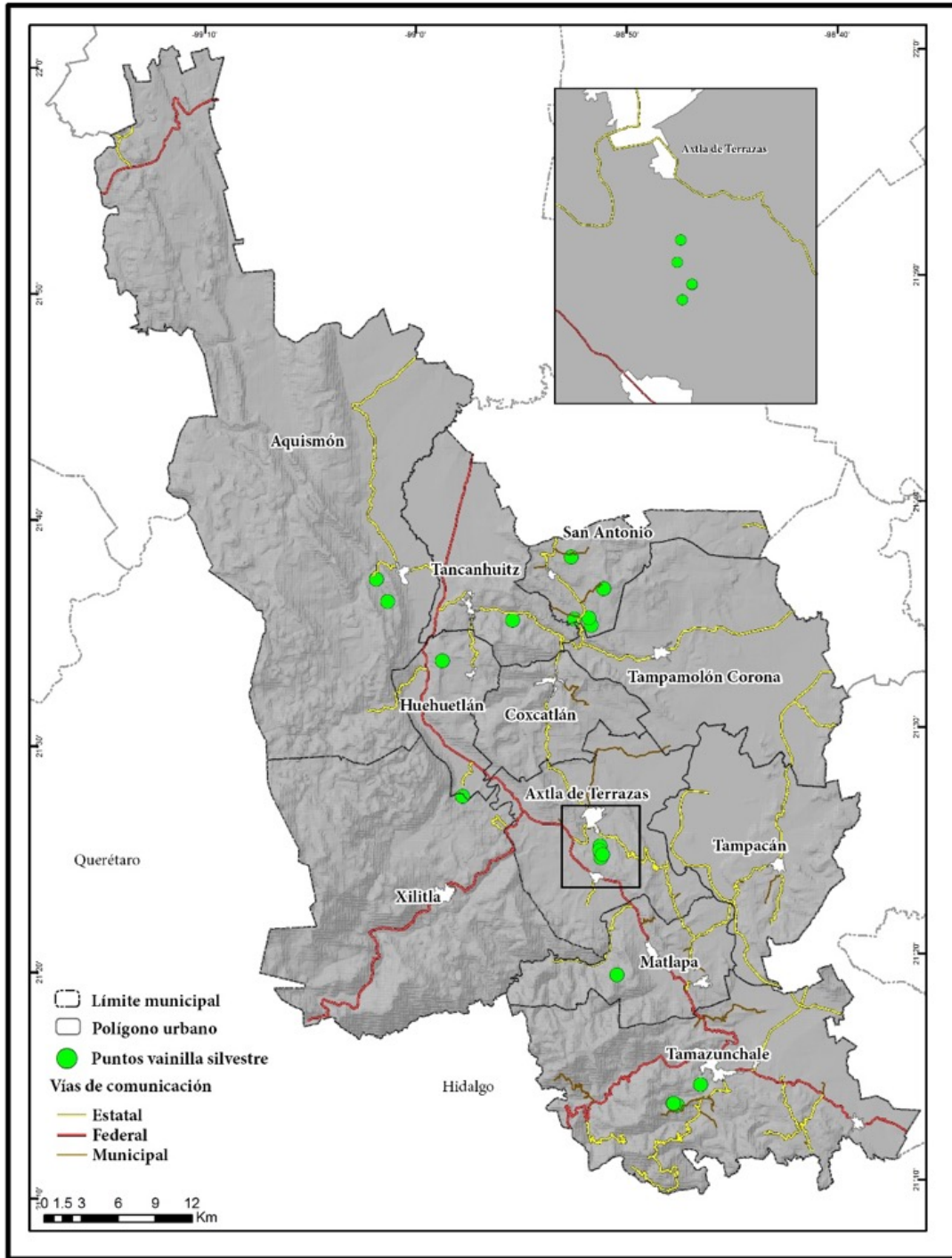


Figura 2. Sitios con presencia de *Vanilla planifolia* Jacks. ex Andrews, en la Huasteca Potosina.

Las características de estos lugares indican que *V. planifolia* se desarrolla en altitudes de 100 a 767 m, en terrenos con pendientes ligeras (5 %) a moderadas (>10 %). La temperatura mínima oscila entre 5 y 14 °C y la máxima de 26 a 36 °C. La precipitación varía de 1 600 a 2 500 mm anuales. En todos los sitios, el tipo de vegetación predominante corresponde a selva mediana (perennifolia y subperennifolia) (Figura 3).



Figura 3. Especímenes de *Vanilla planifolia* Jacks. ex Andrews, localizados en los relictos de selva (1) y sistemas agroforestales (2).

Los principales tutores asociados a la vainilla fueron: cafesillo (*Psychotria sp.*), palo vidrioso [*Dendropanax arboreus* (L.) Decne. & Planch.], aguacate (*Persea americana* L.), guácima (*Guazuma ulmifolia* Lam.) y capulín (*Prunus serotina* Ehrh.). En promedio, se observó un bejuco por árbol, con una longitud de cinco metros. Únicamente, se registraron dos plantas con frutos visibles durante toda la exploración. La ficha botánica de los ejemplares colectados puede ser consultada en la página virtual del Herbario Isidro Palacios del IIZD. (<http://slpm.uaslp.mx/DetalleEjemplar.aspx?id=8Uky0ajgzWU=>).

El modelo de distribución potencial definió una superficie de 85.5 km² (Figura 4), cuya zona con mayor probabilidad de presencia (71-87 %) correspondió a la porción central de los municipios Matlapa, Tamazunchale, Coxcatlán, San Antonio y Tancanhuitz; la parte oeste de Huehuetlán y el sureste de Aquismón.



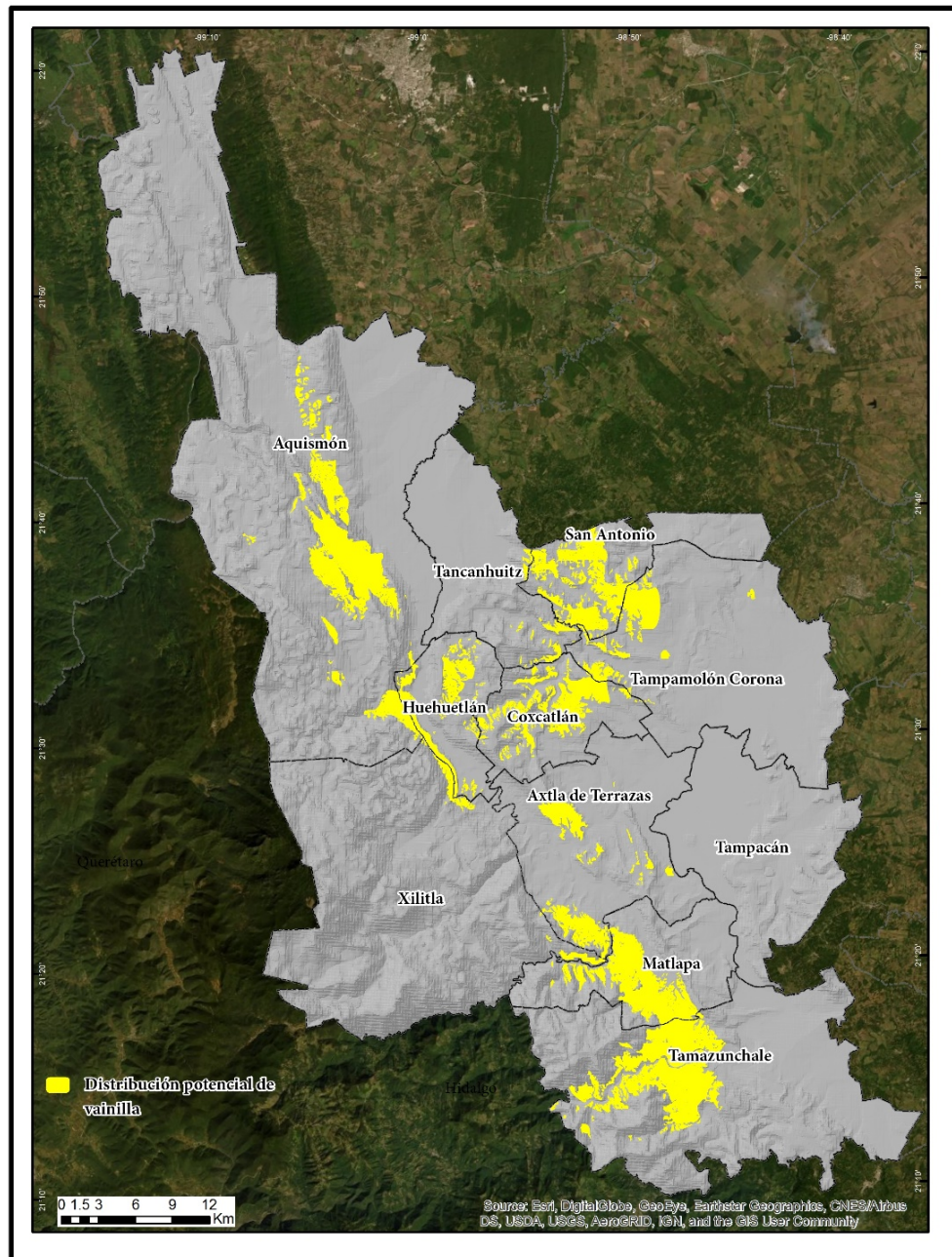


Figura 4. Distribución potencial de *Vanilla planifolia* Jacks. ex Andrews en la Huasteca Potosina.

Es importante aclarar que, si bien existen las condiciones ambientales propicias para el desarrollo de *V. planifolia* en el sur de la Huasteca Potosina, las escasas áreas con

vegetación arbórea nativa, debido a la fragmentación de las selvas en la región, impiden el desarrollo de la especie.

Las variables que contribuyeron en mayor proporción a la explicación del modelo de distribución potencial fueron: i) la precipitación anual (76.7 %); ii) el tipo de vegetación (9.4 %); y iii) el tipo de suelo (6.3 %). El resto de las variables tuvieron contribuciones menores a 5 %.

Acciones para la conservación de *Vanilla planifolia*

En la localidad de Jalpilla, los productores coincidieron en señalar que la especie habita en la zona de forma silvestre desde hace más de 100 años. Las plantas fueron descubiertas por sus abuelos, quienes las cosechaban de forma esporádica para comerciar sus vainas en los mercados locales. Asimismo, señalan que los primeros productores de vainilla propiciaban su desarrollo en los sistemas agroforestales tradicionales *te'lom* (*teenek*) y *cuayo* (Náhuatl), los cuales albergan una gran cantidad de especímenes silvestres.

Para los productores de vainilla, conservar consiste en la preservación de los individuos sin dejar de utilizarlos; 80 % de ellos realiza la selección de ciertos individuos, los cuida y reproduce para, posteriormente, aprovecharlos. Sin embargo, permiten que el clon original, en su condición silvestre, persista sin manejarlo, ni dañarlo.

La creación de áreas de exclusión donde se prohíban las actividades agrícolas y se evite la depredación de las poblaciones de *V. planifolia*, destaca como una de las primeras acciones para proteger la especie.

Las cuatro zonas propuestas comprenden una superficie de 12.8 ha y se ubican en terrenos poco accesibles para los productores, lo que constituye una limitante para el aprovechamiento agrícola, pero resultó ser una fortaleza para la conservación del taxon a escala local (Figura 5).

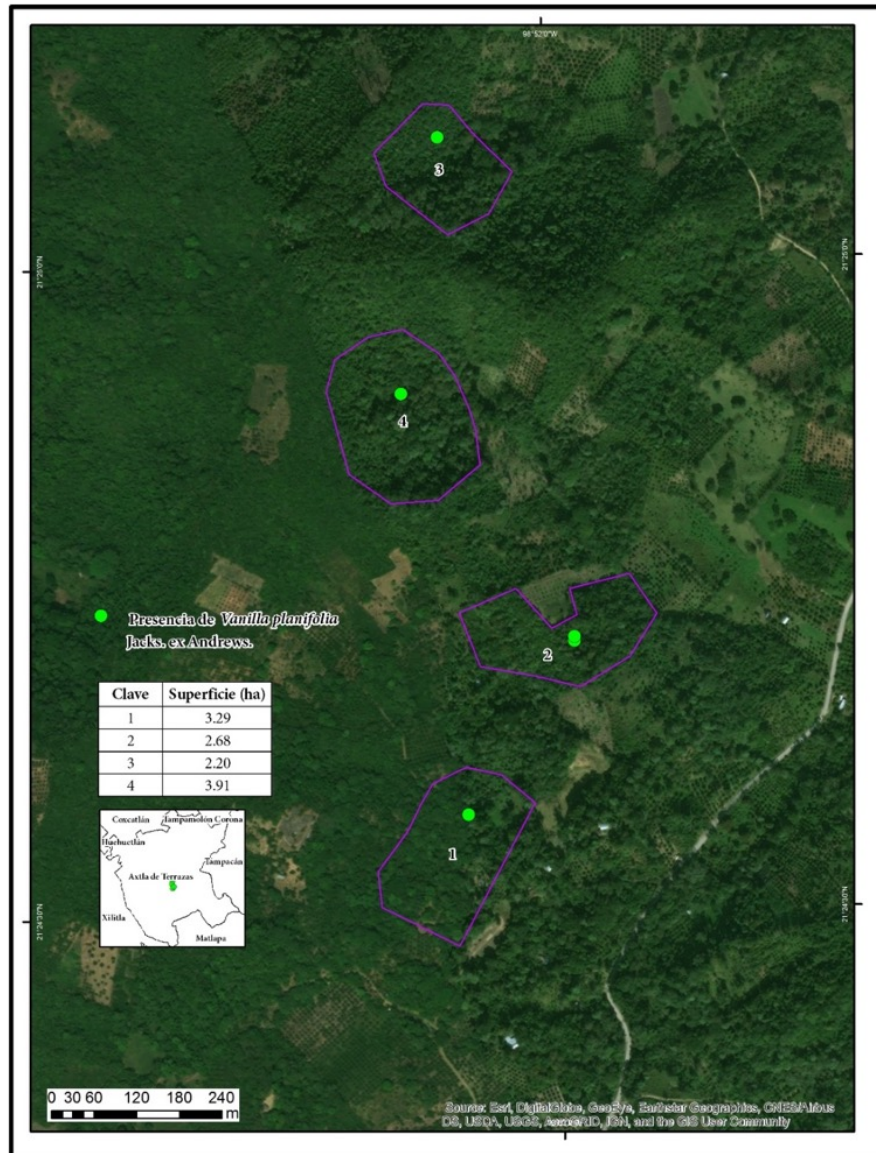


Figura 5. Áreas de exclusión y protección para *Vanilla planifolia* Jacks. ex Andrews, en Jalpilla, Axtla, San Luis Potosí.

Para lograr la conservación de la vainilla, de todas las opciones presentadas y discutidas con los productores, el establecimiento de una Unidad de Manejo para la Conservación de Vida Silvestre (UMA) fue la opción más viable. Aunque, no se definió el tipo de aprovechamiento (intensivo o extensivo), sí se estableció la ruta crítica para llevar a cabo esta iniciativa en el mediano y largo plazo (Figura 6).

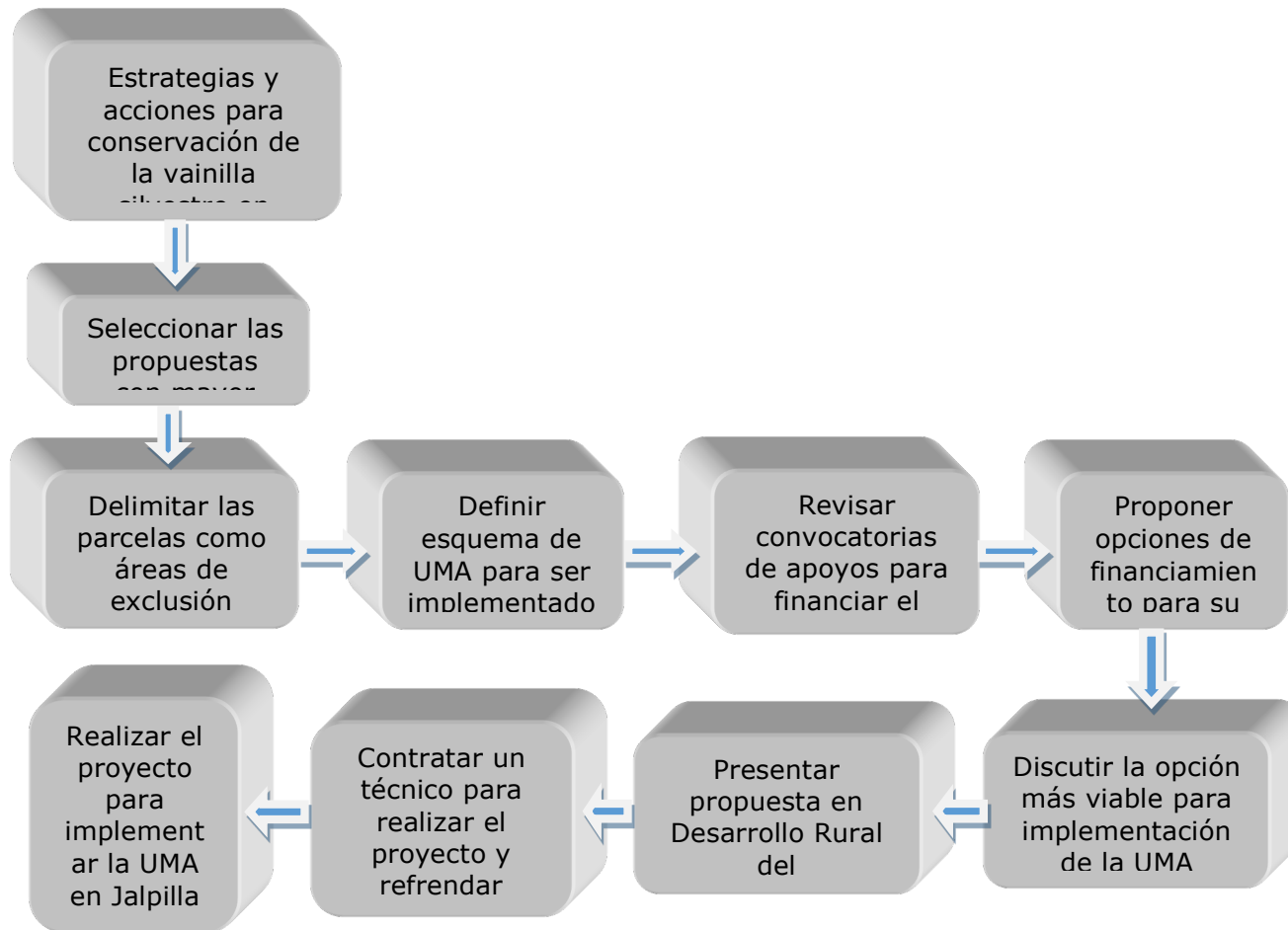


Figura 6. Ruta crítica para la implementación de una UMA propuesta como estrategia de conservación local para la protección de *Vanilla planifolia* Jacks. ex Andrews., en Jalpilla, Axtla, San Luis Potosí.

Discusión

A partir del 2003, se ha presentado un aumento en el interés por el cultivo de *V. planifolia* en la Huasteca Potosina, esto por su valor económico en el mercado (Sedarh, 2012; Reyes *et al.*, 2018); sin embargo, existen pocas iniciativas para lograr su conservación. Las principales amenazas que enfrenta la especie son el saqueo de sus poblaciones silvestres para establecer nuevas plantaciones y la deforestación (Soto y Dressler, 2010; Flanagan y Mosquera, 2016).

La disminución o desaparición de sus poblaciones silvestres se acentúa, principalmente, en lugares donde se intensificó su cultivo, predominan hábitats severamente fragmentados, o por la introducción de otros cultivos (Azofeifa-Bolaños *et al.*, 2014; Flores *et al.*, 2017).

En el ámbito nacional, los registros de *V. planifolia* corresponden a los estados de Oaxaca, Chiapas y Quintana Roo (Schlüter *et al.*, 2007; Conabio, 2010). Uno de los últimos trabajos de recolecta en campo, realizado entre 2008 y 2014 por Flores *et al.* (2017), ubica la mayoría de ellos en Quintana Roo. Aunque, incluyen dos colectas para San Luis Potosí: *Vanilla planifolia* y *V. odorata*, ambos son ejemplares de herbario. Si bien, los autores no indican a que herbarios corresponden las colectas, es muy probable que el registro de *Vanilla planifolia* sea el mismo de Tanjasnec encontrado en MEXU. Lo anterior se deduce a partir de la ubicación geográfica del sitio (región Huasteca) en la cartografía correspondiente. Caso contrario ocurre con *V. odorata*, cuya posición en la cartografía lo sitúa en la zona árida del estado, donde las condiciones ambientales de la región hacen imposible la presencia de esta especie en forma silvestre.

Es importante destacar que en la investigación que aquí se documenta se encontraron, después de 33 años del primer registro, ejemplares de *V. planifolia* en 28 sitios (Figura 2); aunque su presencia es muy escasa. Además de estos sitios, existe un área potencial mayor a 85 km² con características ambientales propicias para el desarrollo de la especie, de acuerdo con el MDE obtenido (Figura 4). Superficie

que contrasta con lo citado para Oaxaca (17 139 km²), así como con la calidad del hábitat (buena a moderada) (Hernández-Ruíz *et al.*, 2016). Lo anterior se explica por al alto grado de fragmentación y degradación de las selvas de la región Huasteca (Reyes *et al.*, 2006).

Hernández-Ruíz *et al.* (2016) señalan que la precipitación del cuatrimestre más lluvioso tiene un papel fundamental en la predicción del modelo, que coincide con los resultados obtenidos para la Huasteca Potosina. Al respecto, se consigna en la literatura que la cantidad de precipitación en épocas lluviosas, vinculada a un periodo seco bien marcado (canícula o sequía interestival) es determinante para la productividad de la vainilla (Exley, 2011).

Si bien, el principal interés de los habitantes en el área de estudio por la vainilla es de tipo económico, también es posible inferir un tipo de relación económico-cultural, ya que su conservación data, al menos, desde hace dos siglos (Alcorn, 1983; Moreno-Calles *et al.*, 2013). De acuerdo con los resultados obtenidos, la mayoría de las poblaciones sin manipulación humana destinadas a la conservación y recolección se ubican en el *te'lom/cuayo*, "agrobosques" donde el manejo de los recursos naturales se lleva a cabo a partir del conocimiento ancestral resguardado por los productores (Moreno-Calles *et al.*, 2013); además albergan la mayor cantidad de especímenes silvestres, comparados con el resto de los sistemas de producción presentes en la región.

Al respecto, existe un amplio consenso para lograr la conservación y el uso sostenible de los parientes silvestres de una especie, mediante la aplicación, en forma integrada, de estrategias *in situ* y *ex situ*. En el ámbito mundial, se hace referencia que además de conservar dichos taxa es necesario respetar, preservar y mantener los conocimientos indígenas y locales asociados (FAO, 2017).

En este sentido, el modelo de conservación conocido como *Circa Situm* o Conservación Basada en el Agricultor permite el aprovisionamiento del hábitat y el flujo de genes en paisajes agrícolas alterados, pero dentro de la esfera nativa de la especie (Boshier *et al.*, 2004; Dawson *et al.*, 2013). Dicho modelo, propuesto en países como Colombia (Flanagan

y Mosquera, 2016; Flanagan *et al.*, 2018) podría ser una alternativa para proteger a *Vanilla planifolia*; y así, contribuir al fortalecimiento de los medios de vida rurales. Un ejemplo es el programa de conservación para el germoplasma de vainilla en la región del Totonacapan, Veracruz (Herrera-Cabrera *et al.*, 2012; Salazar *et al.*, 2014).

En México, son insuficientes las estrategias para la conservación de vainilla silvestre (March *et al.*, 2009). Destacan algunas iniciativas de conservación *in situ* y *ex situ*, dirigidas por instituciones de educación superior. El Sistema Nacional de los Recursos Fitogenéticos (Sinarefi) propuso esquemas de conservación que incluían la formación de capacidades y el uso y potenciación de la vainilla. Sin embargo, todos con escasa participación de los habitantes locales.

La conservación *in situ* basada en el agricultor y combinada con esquemas de aprovechamiento como las UMA son opciones factibles de aplicarse para fortalecer la economía, la cultura y los sistemas de producción locales (Salazar *et al.*, 2014). Si se considera que *V. planifolia*, está presente en una buena parte del sur de la Huasteca Potosina, donde se concentra la producción de vainilla (Reyes *et al.*, 2018), dicha estrategia resultaría ser la más adecuada para su.

Una UMA, además de promover la participación social para la conservación de la vida silvestre, mejoraría el nivel de vida económico de los habitantes locales, a través de la extracción ordenada de los recursos naturales, en particular de la vainilla. Al mismo tiempo, se busca el empoderamiento de las comunidades mediante el manejo colectivo de la biodiversidad (Conafor, 2009).

Los nuevos programas de conservación que se aplican en el mundo, como las Directrices voluntarias para la conservación y el uso sostenible de parientes silvestres de cultivos, representan una oportunidad para los agricultores de la Huasteca Potosina, quienes han salvaguardado durante varios siglos las poblaciones de *V. planifolia* (FAO, 2017).

Conclusiones

Se documenta por primera vez para San Luis Potosí, después de cuarenta años, la presencia de *Vanilla planifolia* en 28 sitios pertenecientes a 17 localidades de ocho municipios de la Huasteca Potosina. Además de, los sitios georreferenciados, se identifica y cuantifica un área potencial superior a 85 km², que reúne las características ambientales propicias para el desarrollo de la especie. La relación economía-cultura-conservación de la vainilla en la región tiene una antigüedad de al menos dos siglos. Si bien, los habitantes realizan un manejo empírico de sus poblaciones, se requiere complementarlo con conocimientos científicos que permitan una mejor conservación de la especie. Además de, impulsar esquemas de aprovechamiento regulado que fortalezcan los medios de vida local y diversifiquen, al mismo tiempo, los sistemas de producción tradicionales.

Agradecimientos

A los productores y guías locales de los diferentes municipios de la Huasteca Potosina, al proyecto "Estrategia de Investigación aplicada para el fortalecimiento, innovación y competitividad de la producción de vainilla en México". SAGARPA-CONACYT: 2012-04-190442. Subproyecto SP01 Vainilla en la Huasteca Potosina. Al Fondo de Apoyo a la Investigación de la UASLP (C19-FAI-05-77.77) por el financiamiento complementario. La primera autora agradece al Conacyt por la beca otorgada para realiza los estudios de doctorado.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflictos de intereses.

Contribución por autor

Karina L. Trinidad García: consulta en herbarios, trabajo de campo, elaboración de MDE, escritura del documento; Humberto Reyes Hernández: diseño del estudio, apoyo en trabajo de campo, análisis de información, corrección del documento; Rosa I. Martínez Salazar: apoyo en los recorridos de campo, conducción de talleres; Erika Galarza Rincón: elaboración de cartografía.

Referencias

Alcorn, J. B. 1983. El Te'lom huasteco: Presente, pasado y futuro de un sistema de silvicultura indígena. *Biótica* 8:315-331.

Azofeifa-Bolaños, J. B., A. Paniagua-Vásquez y J. A. García-García. 2014. Importancia y desafíos de la conservación de *Vanilla* spp (Orquidaceae) en Costa Rica. *Agronomía Mesoamericana* 25(1):189-202.

Baldwin, R. 2009. Use of maximum entropy modeling in wildlife research. *Entropy* 11:854-866. Doi: 10.3390/e11040854.

Bello-Bello, J. J., G. G. García-García y L. Iglesias-Andreu. 2015. Conservación de vainilla (*Vanilla planifolia* Jacks.) bajo condiciones de lento crecimiento *in vitro*. *Revista Fitotecnia Mexica* 38(2):165-171.

Benito, B. y J. Peñas. 2007. Aplicación de modelos de distribución de especies a la conservación de la biodiversidad en el sureste de la Península Ibérica. *GeoFocus. Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica* 7:100-119.

Boshier, D., J. E. Gordon and A. J. Barrance. 2004. Chapter 16. Prospects for Circa Situm Tree Conservation in Mesoamerican Dry-Forest Agro-ecosystems. *In*: Frankie, G. W., A. Mata and S. Bradleigh V. (eds.). *Biodiversity conservation in Costa Rica, Learning the lessons in a seasonal dry forest*. University of California Press, Berkeley, CA, USA. pp. 210-226.

Cassini, M. H. 2011. Ecological principles of species distribution models: the habitat-matching rule. *Journal of Biogeography* 38(11):2057-2065. Doi: 10.1111/j.1365-2699.2011.02552.x.

Comisión Nacional Para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio). 2010. *Vanilla planifolia* (vainilla). Distribución conocida.

http://www.conabio.gob.mx/informacion/metadatos/gis/vanpla_dcgw.xml?_httpcache=yes&_xsl=/db/metadatos/xsl/fgdc_html.xsl&_indent=no (9 de enero de 2016).

Comisión Nacional Forestal (Conafor). 2009. Manejo de Vida Silvestre. Manual Técnico para Beneficiarios. Coordinación General de Educación y Desarrollo Tecnológico. Gerencia de Educación y Capacitación. Primera edición. Guadalajara, Jal., México. 34 p.

Dawson, I. K., M. R. Guariguata, J. Loo, J. C. Weber, A. Lengkeek, D. Bush, J. Cornelius, L. Guarino, R. Kindt, C. Orwa, J. Russell and R. Jamnadass. 2013. What is the relevance of smallholders' agroforestry systems for conserving tropical tree species and genetic diversity in *circa situm*, *in situ* and *ex situ* settings? A review. *Biodiversity and Conservation* 22(2):301-324. Doi :10.1007/s10531-012-0429-5.

Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat). 2018. Ley General de Vida Silvestre. Última reforma. Cámara de Diputados. Diario Oficial de la Federación. 19 de enero 2018. México, D.F. 68 p.

Exley, R. 2011. Vanilla production in Australia. *In*: Havkin-Frenkel, D. and F. Belanger (ed.). *Handbook of Vanilla Science and Technology*. Wiley-Blackwell, West Sussex, UK. pp. 69-78.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). 2017. Directrices voluntarias para la conservación y el uso sostenible de parientes silvestres de cultivos y plantas silvestres comestibles. Roma, Italia. 110 p.

Figuroa, J., M. Stucchi y R. Rojas, R. 2016. Modelación de la distribución del oso andino *Tremarctos ornatus* en el bosque seco del Marañón (Perú). *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 87:230-238. Doi: 10.1016/j.rmb.2016.01.008.

Flanagan, N. and A. Mosquera. 2016. An integrated strategy for the conservation and sustainable use of native *vanilla* species in Colombia. *Lankesteriana* 16(2):201-218. Doi: 10.15517/lank.v16i2.26007.

Flanagan, N., N. Ospina, L. García, M. Mendoza and H. Mateus. 2018. A new species of *Vanilla* (Orchidaceae) from the North West Amazon in Colombia. *Phytotaxa* 364(3):250–258. Doi: 10.11646/phytotaxa.364.3.4.

Flores J., A., D. Reyes L., D. Jiménez G., O. Romero A., J. A. Rivera T., M. Huerta L. y A. Pérez Silva. 2017. Diversidad y perfiles bioclimáticos de *Vanilla* spp. (Orchidaceae) en México. *Revista de Biología Tropical* 65(3):975-987. Doi: 10.15517/rbt.v65i3.29438.

Herlihy P. and G. Knapp 2003. Maps of, by, and for the Peoples of Latin America. Human Organization. *Journal of the society for applied anthropology* 62(4):303-314. Doi: 10.17730/humo.62.4.8763apjq8u053p03.

Hernández H., J. 2011. Mexican vanilla production. *In*: Havkin-Frenkel, D. and F. C. Belanger (ed.). *Handbook of Vanilla Science and Technology*. Wiley-Blackwell, West Sussex, UK. pp. 3-25.

Hernández-Ruíz, J., B. E. Herrera-Cabrera, A. Delgado-Alvarado, V. M. Salazar-Rojas, Á. Bustamante-Gonzalez, J. E. Campos-Contreras y J. J. Ramírez-Juarez. 2016. Distribución potencial y características geográficas de poblaciones silvestres de *Vanilla planifolia* (Orchidaceae) en Oaxaca, México. *Revista de Biología Tropical* 64(1):235-246. Doi: 10.13140/RG.2.1.2744.3601.

Herrera-Cabrera, B. E., V. M. Salazar-Rojas, A. Delgado-Alvarado, J. Campos-Contreras and J. Cervantes-Vargas. 2012. Use and conservation of *Vanilla planifolia* J. in the Totonacapan region, México. European Journal of Environmental Sciences 2(1):43-50. Doi: 10.14712/23361964.2015.37.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (Inegi). 2017. Anuario estadístico y geográfico del estado de San Luis Potosí. Aguascalientes, Ags., México. 623 p.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (Inegi). 2018. Metadatos geográficos. <https://www.inegi.org.mx/datos/?t=0150000000000000> (3 de mayo de 2018).

Jacinto-Flores, N. E., L. A. Sánchez-González and R. C. Almazán-Núñez. 2017. Patrones de distribución y zonas prioritarias para la conservación de la avifauna de la costa del Pacífico de Guerrero, México. Revista Mexicana de Biodiversidad 88(4):960–977. Doi: 10.1016/j.rmb.2017.10.038.

Luna-Guevara, J. J., H. Ruíz-Espinosa, E. B. Herrera-Cabrera, A. Navarro-Ocaña, A., A. Delgado-Alvarado y M. L. Luna-Guevara. 2016. Variedad de microflora presente en vainilla (*Vanilla planifolia* Jacks. ex. Andrews) relacionados con procesos de beneficiado. Agroproductividad 9(1)3-9. Doi: 10.1016/j.rmb.2017.10.038.

Loiselle, B. A., C. A. Howell, C. H. Graham, J. M. Goerck, T. Brooks, K. G. Smith and P. H. Williams. 2003. Avoiding pitfalls of using species distribution models in conservation planning. Conservation Biology 17:1591-1600. Doi: 10.1111/j.1523-739.2003.00233.x.

March, I. J., M. A. Carvajal, R. M. Vidal, J. E. San R. y G. Ruiz. 2009. Planificación y desarrollo de estrategias para la conservación de la biodiversidad. *In*: Dirzo, R, R. González e I. J. March. (comps.). Capital natural de México, vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio. Conabio. México, D.F., México. pp. 545-573.

Mateo, R. G., A. M. Felicísimo y J. Muñoz. 2011. Modelos de distribución de especies: una revisión sintética. *Revista Chilena de Historia Natural* 84:217-240. Doi: 10.4067/S0716-078X2011000200008.

Moreno-Calles, A. I., V. M. Toledo y A. Casas. 2013. Los sistemas agroforestales tradicionales de México: Una aproximación biocultural. *Botanical Sciences* 91(4):375-398. Doi: 10.17129/botsci.419.

Muñoz, J. and M. A. Felicísimo. 2004. A comparison between some statistical methods commonly used in predictive modeling. *Journal of Vegetation Science* 15:285–292. Doi:10.1111/j.1654-1103.2004.tb02263.x.

Obregón, R., S. Arenas, F. Gil, D. Jordano y J. Fernández. 2014. Biología, ecología y modelo de distribución de las especies del género *Pseudophilotes* Beuret, 1958 en Andalucía (Sur de España) (*Lepidoptera: Lycaenidae*). *SHILAP Revista de Lepidopterología* 42(168):501-516.

Paredes, D., A. Ramírez y M. Martínez. 2011. Distribución y representatividad de las especies del género *Crotalus* en las áreas naturales protegidas de México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 82(2):689-700. Doi: 10.22201/ib.20078706e.2011.2.464.

Peters, E., S. Arizaga, C. Martorell, R. Zaragoza y E. Ezcurra. 2014. Distribución geográfica y estado de conservación de las poblaciones de *Mammillaria pectinifera*. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85(3):942-952. Doi: 10.7550/rmb.36338.

Red Mundial de Información sobre Biodiversidad (Remib). 2018. Red Mundial de Información sobre Biodiversidad. Conabio. http://www.conabio.gob.mx/remib/doctos/remib_esp.html (26 de abril de 2018).

Reyes H., H., K. L. Trinidad G. y B. E. Herrera C. 2018. Caracterización del ambiente de los vainillales y área potencial para su cultivo en la Huasteca Potosina. *Biotecnia* 20 (3):49-57. Doi: 10.18633/biotecnia.v20i3.714.

- Reyes H., H., N. Montoya T., J. Fortanelli M. M. Aguilar-Robledo y J. García. 2013. Metodologías participativas aplicadas al análisis de la deforestación del bosque de niebla en San Luis Potosí, México. *Bios et forets des tropiques* 318(4):27-39. Doi:10.19182/bft2013.318.a20515.
- Reyes H., H., M. Aguilar R., J. R. Aguirre R. e I. Trejo V. 2006. Cambios en la cubierta vegetal y uso del suelo en el área del proyecto Pujal-Coy, San Luis Potosí, México. *Investigaciones Geográficas* 59:26-42. Doi:10.14350/rig.30019.
- Ricker, M. 2014. Manual para realizar las colectas botánicas del Inventario Nacional Forestal y de Suelos. Comisión Nacional Forestal. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Instituto de Biología, UNAM. México, D.F., México. 42 p.
- Salazar-Rojas, V. M., B. E. Herrera-Cabrera, A. Delgado y J. Campos. 2014. Planeación estratégica para la conservación del recurso genético vainilla (*Vanilla planifolia* Andrews. Orchidaceae) en su centro de domesticación, región Totonacapan, México. *In: Araya F., C., R. Cordero S., A. Paniagua V y J. B. Azofeifa B. (eds). Seminario Internacional de Vainilla. Promoviendo la investigación, la extensión y la producción de vainilla en Mesoamérica. Primera edición. INISEFOR. Heredia, Costa Rica. 194 p.*
- Schlüter, P. M., M. A. Soto A. and S. A. Harris. 2007. Genetic Variation in *Vanilla planifolia* (Orchidaceae). *Economic Botany* 61(4): 328-336. Doi: 10.1663/0013-0001(2007)61[328:GVIVPO]2.0.CO;2.
- Secretaria de Desarrollo Agropecuario y Recursos Hidráulicos (Sedarh). 2012. Plan Rector para la Competitividad del Sistema Producto Vainilla del estado de San Luis Potosí. Comité Estatal del Sistema Producto Vainilla del Estado de San Luis Potosí. San Luis Potosí, SLP., México. 95 p.
- Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Sermarnat). 2010. NORMA Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas

de México de flora y fauna silvestres.

http://dof.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=5173091

(4 de febrero de 2018).

Soto A., M. 2003. *Vanilla*. In: Pridgeon, A.M., P.J. Cribb, M.W. Chase y F.N. Rasmussen (eds.) *Genera Orchidacearum*. Oxford University Press. Oxford UK. pp. 321–334.

Soto A., M. and R. L. Dressler. 2010. A revision of the Mexican and Central American species of *Vanilla plumier* ex Miller with a characterization of their its region of the nuclear ribosomal DNA. *Lankesteriana* 9(3):285-354. Doi: 10.15517/LANK.V0I0.12065.

Villaseñor, J. L. y O. Téllez-Valdés. 2004. Distribución potencial de las especies del género *Jefea* (Asteraceae) en México. *Anales del Instituto de Biología, Serie Botánica* 75(2):205–220.



Todos los textos publicados por la **Revista Mexicana de Ciencias Forestales** –sin excepción– se distribuyen amparados bajo la licencia *Creative Commons 4.0 Atribución-No Comercial (CC BY-NC 4.0 Internacional)*, que permite a terceros utilizar lo publicado siempre que mencionen la autoría del trabajo y a la primera publicación en esta revista.