



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA

**ÁREAS POTENCIALES PARA LA CONSERVACIÓN DE
FLORA ÚTIL DEL VALLE DE TEHUACÁN-CUICATLÁN,
MÉXICO**

TESIS

PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

BIÓLOGO

PRESENTA:

LEOBARDO MONTES LEYVA

DIRECTOR DE TESIS: DR. RAFAEL LIRA SAADE

TLALNEPANTLA, MÉXICO; ABRIL 2016





Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

AGRADECIMIENTOS

Dicen que somos el reflejo de las personas que nos rodean y lo que hacemos, en cierto modo, también es una obra de ellos, por eso quiero dar gracias a todas aquellas personas que para bien o mal han formado parte de mi vida y han contribuido en la formación de mi ser.

Este trabajo es resultado del apoyo en conjunto de muchas personas, todas contribuyendo en mayor o menor medida y en muy diferentes rubros:

A mis padres, Carmen y Leobardo, por ser quienes me han apoyado en todo momento y sentido, con consejos, dinero, amor, confianza, enseñanzas, regaños, alegrías, vida y mucho más. Esto es sólo una parte de mi eterna gratitud.

A mis hermanas, Janeth e Ivonne, ya que son mis más grandes heroínas y amigas, sin sus enseñanzas y días de felicidad no me sentiría lleno.

A mis sobrinos, Uriel y Emmanuel, pequeños traviesos con quienes me he encariñado y sensibilizado mucho.

A mi director de tesis, Dr. Rafael Lira, quien me guio y enseñó en todo momento para no perderme en la elaboración de la tesis, además de inspirarme y mostrarme confianza en el momento de la elección del trabajo.

A mis revisores: Dr. Oswaldo Téllez, por su apoyo en los temas de enfoque biogeográfico; al Dr. Luis Bojórquez por su disposición al iniciarme en la programación lineal; Dra. Isela Rodríguez y Dra. Tzasna Hernández por sus comentarios puntuales y correcciones sobre el trabajo escrito.

A la M. en C. Maribel Arenas, por el apoyo y la enseñanza al usar el lenguaje en R. Al M. en C. Ricardo Álvarez, por su ayuda y disposición con el PCA. A la Dra. Gabriela Mendoza, quien durante el servicio social me dio aliento y consejos para continuar con mis estudios.

Al Dr. Isidro Méndez por su ayuda durante la elaboración de la base de datos. A la Biól. Mónica Chico por sus enseñanzas en la utilización de SIG.

Al grupo Natanael, en donde he conocido excelentes personas y amigos, recordándome a cada momento que “para cambiar al mundo tú y yo somos suficientes”.

A los amigos de diversas procedencias por las grandes experiencias de diversión y desestrés, por ser acompañantes en mis momentos de estudio.

A la UNAM y todo el conjunto de personas que la hacen ser la mejor universidad.

El final es sólo la pauta para un nuevo comienzo...



ÍNDICE

RESUMEN	2
INTRODUCCIÓN	3
OBJETIVOS	8
Objetivo General	8
Objetivos Particulares.....	8
ÁREA DE ESTUDIO	9
MATERIALES Y MÉTODO	14
Especies útiles del Valle de Tehuacán-Cuicatlán (VTC)	14
Distribución conocida y potencial	14
Mínimo conjunto de Unidades Geográficas Operativas (UGO's)	16
RESULTADOS	17
Especies útiles del VTC.....	17
Distribución conocida y potencial	19
Mínimo conjunto de UGO's	20
DISCUSIÓN	24
CONCLUSIONES	30
LITERATURA CITADA	31
ANEXO I. ESPECIES ÚTILES SIN REGISTROS EN LA RBTC	39
ANEXO II. CUADRO DE RESULTADOS DE LOS MDE	40
ANEXO III. MÍNIMO CONJUNTO DE UGO'S	45

RESUMEN

El Valle de Tehuacán-Cuicatlán (VTC) es una región con inmenso valor dada su biodiversidad así como su importancia histórica y cultural. Dentro de él, se reconocen 1605 especies vegetales útiles, sin embargo son pocos los estudios enfocados a su conservación. Por ello el objetivo de este trabajo fue identificar áreas potenciales para la conservación de especies de flora útil dentro del VTC. Para ello se obtuvo un registro georeferenciado mediante la comparación de dos bases de datos referentes al VTC. Se identificó su distribución conocida y se estimó la distribución potencial de 272 especies utilizando MaxEnt. Las distribuciones se intersectaron con una rejilla de 153 unidades geográficas operativas (UGO's) para posteriormente construir matrices de presencia de especie. Se aplicó el algoritmo de optimización desarrollado por Possingham *et al.* (1993) tanto para la distribución conocida como para la potencial y se realizaron las respectivas curvas de acumulación de especies a las unidades seleccionadas. Se obtuvo un registro de 583 especies de flora útil para el VTC, que están distribuidas heterogéneamente en sólo 111 de las 153 UGO's que representan el área. Diez familias constituyen el 55.06% de la riqueza. El análisis llevado a cabo reveló que se necesitan al menos 13 UGO's para preservar cerca del 81% de la flora útil, lo que por otra parte equivale a casi el 30% de la flora en tan sólo 8.5% del área del VTC. Los sitios seleccionados coinciden con áreas donde se han reportado procesos incipientes de domesticación así como centros de endemismos y riqueza de plantas vasculares.

Palabras clave: flora útil, conservación, optimización, distribución de especies, Reserva de la Biosfera.

INTRODUCCIÓN

La biodiversidad se define con base en tres niveles de organización de la vida: 1) la variabilidad genética de todos los organismos, 2) la riqueza de especies y 3) los distintos ecosistemas donde habitan ([Convenio sobre la diversidad biológica, 1992](#)), además de considerarse también 4) el resultado de las relaciones que existen entre éstos mismos elementos y las sociedades, tales como procesos ecológicos, evolutivos y culturales ([Núñez *et al.*, 2003](#)).

México es reconocido como el tercer país a nivel mundial más megadiverso debido a que dentro de su territorio se ha reportado alrededor del 12% de la riqueza de especies del planeta como resultado de la interacción de diversos factores que generan una amplia variedad de hábitats ([Toledo, 1994](#); [CONABIO, 2006](#)).

La vegetación es uno de los grupos que más ha sido estudiado, de hecho México ocupa el cuarto lugar a nivel mundial en cuanto a especies vegetales se refiere, estimándose que existen entre 25,000 y 33,000 especies en su territorio de las cuales 23,522 son plantas vasculares ([Villaseñor, 2003](#); [Rzedowski, 2006](#)).

En razón de una amplia variedad de especies vegetales, las plantas han sido fundamentales para el desarrollo de las sociedades humanas, quienes las han utilizado para diversos fines como alimento, medicina, forraje, combustible, aromatizantes, utensilios, material de construcción, artesanías, etc. ([Caballero y Cortés, 2001](#)). A la riqueza de especies vegetales aprovechadas por personas en un área y tiempo determinados se le conoce como flora útil.

Se estima que en México la riqueza de flora útil es representada por alrededor de 7000 especies ([Caballero, 1987](#)). Asimismo las familias que cuentan con mayor número de especies de flora útil son Asteraceae y Fabaceae lo que muestra una predisposición de las comunidades humanas hacia las familias con mayor riqueza de flora vascular en el país ([Caballero y Cortés, 2001](#); [Villaseñor, 2003](#)).

Sin embargo, algunas actividades humanas como el aprovechamiento exhaustivo y desmesurado de los recursos naturales, la contaminación, el cambio de uso de suelo

así como la introducción de especies exóticas, han afectado negativamente los procesos naturales y causado una crisis ambiental (Velázquez *et al.*, 2002; Baena y Halffter-Salas, 2009). Así, se reporta que en los últimos siglos la humanidad ha provocado la extinción de varias especies de plantas y vertebrados. Como ejemplo se presenta que la tasa de extinción actual en mamíferos supera por mucho a la que naturalmente ocurriría, esto debido directa o indirectamente a las actividades humanas (Ceballos *et al.*, 2015).

A nivel nacional se tienen confirmadas 56 especies extintas de las cuales 20 son plantas (Baena y Halffter-Salas, 2009). Se desconocen las causas con exactitud, pero se ha observado que la deforestación, la introducción de ganado, la extracción ilegal y la desaparición de polinizadores disminuyen las poblaciones de algunas especies vegetales, principalmente aquellas con distribución restringida (Sosa *et al.*, 1998; Flores-Palacios y Valencia-Díaz, 2007).

Ante la pérdida de biodiversidad los científicos, intelectuales, gobiernos y ambientalistas han generado propuestas para disminuir y contrarrestar la problemática ambiental. Una de las acciones que se han utilizado desde 1864 con el decreto del Parque Estatal Yosemite, E.U.A. (de la Maza, 1999), es el establecimiento de sitios en los cuales se conserven los recursos naturales limitando las actividades humanas en ellos. En México se decretó oficialmente la primer zona destinada a la conservación en 1899 bajo la categoría de Bosque Nacional: el Monte Vedado de Mineral del Chico, Hidalgo (de la Maza, 1999).

En sus inicios las Áreas Naturales Protegidas (ANP) eran designadas de manera subjetiva ya sea por la belleza natural del sitio, la preservación de recursos específicos o la conservación de especies simpáticas, incluso, se dedicaba más discusión al diseño que debieran tener. Como ejemplo están las reglas desarrolladas por Diamond (1975) las cuales establecen criterios que buscan minimizar los porcentajes de extinción de especies en áreas restringidas partiendo de la teoría de biogeografía de islas (Diamond, 1975).

Fue hasta la década de los 80's que se comenzaron a desarrollar y utilizar algoritmos heurísticos y de optimización para la selección de sitios prioritarios para la conservación (Sarkar, 2012), los cuales identifican el mínimo conjunto de sitios que representen al menos una ocasión a todas las especies (Cocks y Baird, 1989; Vane-Wright *et al.*, 1991; Pressey *et al.*, 1993; Possingham *et al.*, 1993; Rebelo, 1994; Rodrigues y Gaston, 2002; Sarkar, 2012).

Durante la década de los 90's se discutió arduamente el uso de uno u otro de los algoritmos (Underhill, 1994; Sarkar, 2012). Por un lado, los heurísticos (o iterativos) que se basan en la complementariedad, resuelven el problema mediante aproximaciones sucesivas, dando una estimación del mejor resultado, mientras que los exactos fundamentados en la programación lineal de enteros, el cual es un método matemático que básicamente minimiza o maximiza una función objetivo en razón de las restricciones del problema y resuelve de manera óptima, eran criticados por no poder dar respuesta a problemas con datos reales utilizando las computadoras de la época, sin embargo Rodrigues y Gaston (2002) mostraron que la brecha tecnológica para la solución de los problemas ha sido reducida y que los algoritmos de optimización pueden ser utilizados ampliamente en contextos reales (Rodrigues y Gaston, 2002).

Para obtener respuestas exactas en los trabajos sobre conservación se necesitaría información completa sobre las especies, no obstante la complejidad del terreno, la falta de recursos humanos, tecnológicos y económicos hacen imposible conocer en su totalidad la distribución de las especies y los estudios se ven limitados a la información disponible, por lo que se han desarrollado métodos para estimar su distribución geográfica, ya que si se esperara a contar con conocimiento suficiente sobre los organismos quizá para ese entonces ya no habría nada que conservar.

Así, han surgido los modelos de distribución de especies (MDE) fundamentados en el concepto de nicho ecológico, prediciendo áreas donde las especies podrían habitar. La distribución está delimitada por cuatro factores: condiciones abióticas, bióticas,

accesibilidad de dispersión y capacidad adaptativa de las especies ([Soberón y Peterson, 2005](#)).

Una manera de aproximarse a la distribución de una especie es considerar los parámetros ambientales donde se han obtenido registros de la especie y a partir de ello predecir el área que conjunta las características climáticas adecuadas donde podría encontrarse. Estos métodos también son llamados de idoneidad de hábitat debido a que no consideran factores bióticos o de dispersión de las especies.

A ciertas escalas se puede medir la distribución de las especies utilizando algoritmos que reconocen las condiciones climáticas donde los organismos se pueden encontrar, sin embargo si se desea describir a una escala más fina se tienen que incluir variables como topografía, usos de suelo, tipo de suelos e interacciones biológicas ([Pearson y Terence, 2003](#)).

Existe una variedad de software que pueden estimar la distribución de las especies, cada uno con fundamentos diferentes. MaxEnt es un programa basado en el método de máxima entropía ([Phillips *et al.*, 2004](#)), el cual considera que la estimación más precisa a una distribución desconocida es aquella cuya entropía sea máxima, es decir que sea la más dispersa o cercana a la uniformidad, sujeta a ciertas restricciones, que son los valores bioclimáticos en los que la especie ha sido observada ([Elith *et al.*, 2011](#)).

MaxEnt ha sido más utilizado recientemente en estudios de distribución de las especies ya que posee cualidades frente a otros software que lo hacen preferible durante la elección, como por ejemplo que es gratuito, requiere sólo datos de presencia, puede trabajar tanto variables continuas como categóricas, entre otros ([Phillips *et al.*, 2006](#)), además es menos susceptible a errores en los datos ([Varela *et al.*, 2014](#)) y realiza mejores predicciones que otros programas usando datos de sólo presencias ([Elith *et al.*, 2006](#)).

Dado que generalmente los modelos no se pueden confirmar en campo por falta de recursos, necesitan validarse a través de métodos matemáticos. Uno de los valores

más comunes para validar los modelos es el “área bajo la curva ROC” (AUC, por sus siglas en inglés; ROC: Receiver Operating Characteristic), que relaciona la sensibilidad (proporción de presencias predichas correctamente) y la especificidad (proporción de ausencias predichas correctamente). Para los modelos que usan sólo presencias, deben considerarse como ausencias todos aquellos puntos donde no hay ocurrencia, incluso si se presentan las condiciones adecuadas para la especie (Phillips *et al.*, 2004).

Valores que sean menores a 0.5 significan que los modelos son peores que si se hubieran tomado valores al azar; entre 0.5 y 0.7 se interpreta que los modelos tienen rendimiento bajo; de 0.7 a 0.9 con rendimiento moderado y mayores a 0.9 de alto rendimiento (Villar-Hernández, 2014).

El Valle de Tehuacán-Cuicatlán (VTC) es un claro ejemplo de la relación que existe entre la diversidad biológica y las sociedades (Dávila *et al.*, 2002). En sus límites se estableció oficialmente la Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán (RBTC) (Diario Oficial de la Federación, 1998), sin embargo, a pesar de ser un área con elevada riqueza relativa de flora útil (Lira *et al.*, 2009), la mayoría de los estudios sólo se han enfocado en la elaboración de inventarios, sus usos y formas de manejo (Guízar *et al.*, 2005; Canales *et al.*, 2006; Paredes-Flores *et al.*, 2007; Albino-García *et al.*, 2011; Brena-Bustamante *et al.*, 2013), así como en los procesos incipientes de domesticación (Casas *et al.*, 2007), además de que dichos estudios son en regiones específicas como Zapotitlán Salinas, Coxcatlán, la región de Tierra Colorada, entre otros.

Aunado a lo anterior, la velocidad del cambio de uso de suelo, la inadecuada administración y en general la carencia de recursos económicos y de personal para la gestión adecuada de los recursos naturales de las ANP, hacen necesario establecer sitios prioritarios para la conservación de las especies (Wilson *et al.*, 2005; Gil y Moreno, 2007; Arponen, 2012), pero los estudios cuantitativos para la identificación de zonas prioritarias para conservación en el VTC son escasos y los existentes se basan en un grupo determinados de especies vegetales y endemismos (Méndez-Larios, 2005).

OBJETIVOS

Objetivo General

- Identificar áreas potenciales para la conservación de especies de flora útil dentro del VTC.

Objetivos Particulares

- Analizar la distribución conocida y potencial de las especies de flora útil dentro del VTC.
- Determinar el número mínimo de UGO's para conservar la totalidad de las especies utilizando su distribución conocida y la distribución potencial.

ÁREA DE ESTUDIO

El VTC está ubicado al noroeste del estado de Oaxaca y sureste de Puebla, entre los $17^{\circ}39'$ y $18^{\circ}53'$, y entre $96^{\circ}55'$ y $97^{\circ}44'$ (Dávila *et al.*, 2002); el área se dividió en 153 unidades geográficas operativas (UGOS's) de 5x5 min (Méndez-Larios *et al.*, 2004) (Fig. 1). En él se presentan superficialmente rocas de todas las eras geológicas, siendo en su mayoría del mesozoico. El tipo de roca sedimentaria es el que cubre en su mayoría el VTC, principalmente en la zona centro y norte. Caliza, lutita-arenisca son las de mayor extensión (INEGI, 2002).

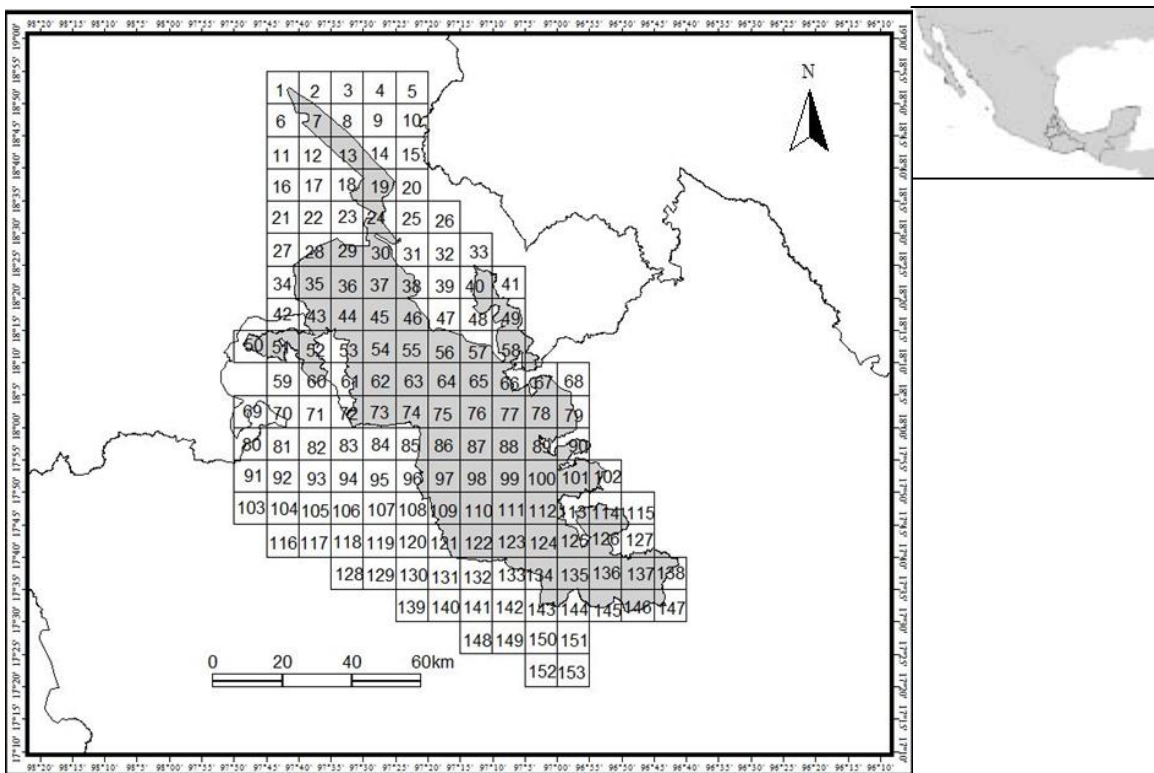


Figura 1. Ubicación de la RBTC (sombreado) y las 153 UGO's correspondientes al VTC.

Dos provincias fisiográficas se presentan en el VTC: Eje Neovolcánico transversal y Sierra Madre del Sur, esta última cubre el 82% del área. Asimismo, hay seis subprovincias, de las cuales las Sierras Centrales de Oaxaca ocupan gran parte del Valle (INEGI, 2001). En el VTC se reconocen 11 unidades de suelo (Fig. 2), siendo litosol, regosol y rendzina los que mayoritariamente se presentan (Ochoa, 2001; INIFAP – CONABIO, 1995).

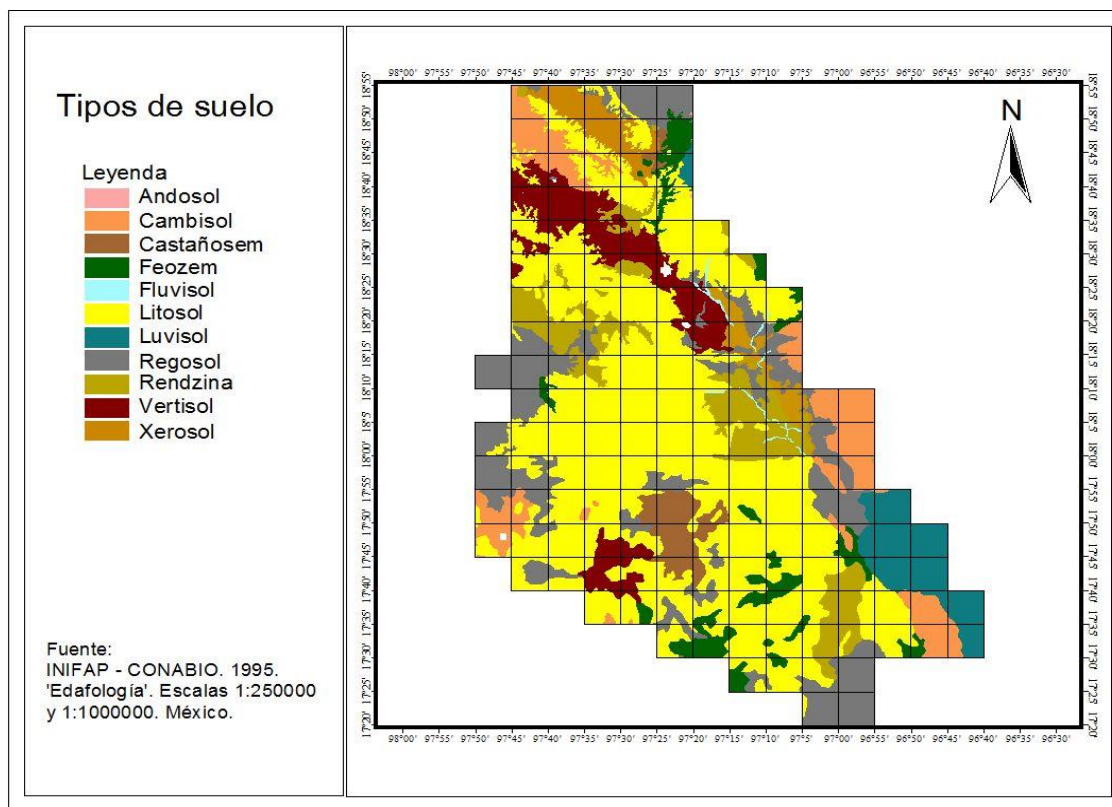


Figura 2. Tipos de suelo del VTC. Elaboración propia

Tres Regiones Hidrológicas abarca el VTC: Papaloapan N°28 (71.86 %), Balsas N°18 (25.56 %) y Costa Chica de Guerrero N° 20 (2.57 %). La primera vierte sus aguas al Golfo de México y las otras dos en el Océano Pacífico (Cuadro 1). El río Salado y el río Grande lo recorren principalmente, al unirse forman el Río Santo Domingo el cual es afluente del río Papaloapan (CONAGUA, 2007; INEGI, 2010b; CONANP, 2013).

Cuadro 1. Zonificación hidrológica del VTC

RH	Cuenca	Subcuenca
Balsas	R. Atoyac	R. Atoyac - Balcón del Diablo
Balsas	R. Atoyac	R. Mixteco
Balsas	R. Atoyac	R. Acatlán
Costa chica	R. Atoyac	R. Atoyac - Oaxaca de Juárez
Costa chica	R. Atoyac	R. Sordo
Papaloapan	R. Papaloapan	R. Petlapa
Papaloapan	R. Papaloapan	R. Salado
Papaloapan	R. Papaloapan	R. Quiotepec
R. Papaloapan	Papaloapan	R. Santo Domingo
R. Papaloapan	Papaloapan	R. Usila o Santa Rosa
R. Papaloapan	Papaloapan	R. Blanco

Las complejidad del relieve del VTC cuya altitud varía entre 400 m snm y 3200 m snm (Miguel-Talonia *et al.*, 2014) genera diferencias en la humedad, temperatura, precipitación y evaporación (CONANP, 2013), por ello en la zona se presenta una amplia variedad de climas (Fig. 3), resumidos en tropical lluvioso, seco y templado lluvioso de acuerdo a la clasificación de Köppen modificada por García (García, 1981). La zona xerofítica del VTC se ubica en la parte central provocada por la Sierras Orientales, que limitan el paso de los vientos alisios que arrastran humedad del Golfo de México. Básicamente el 54% de la superficie corresponde a climas muy áridos-áridos-semiáridos, el 39% a templados-semifríos y el 9% a cálidos-semicálidos (García y CONABIO, 1998).

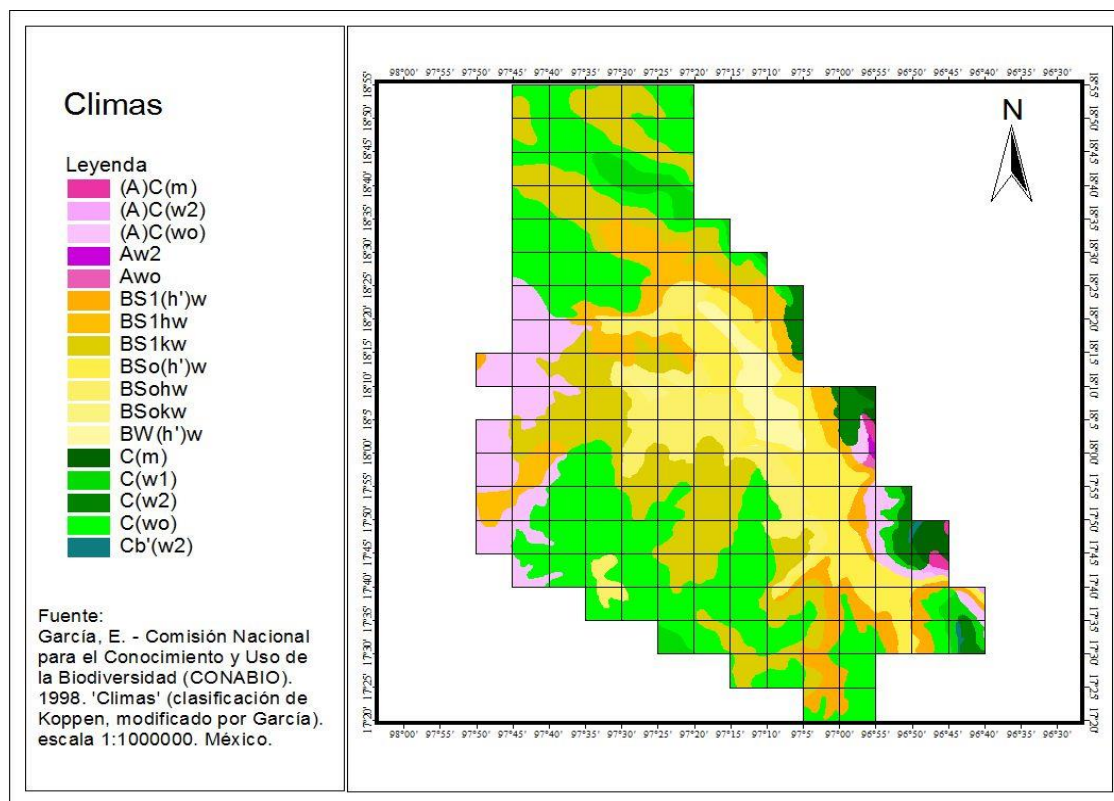


Figura 3. Tipos de clima del VTC. Elaboración propia

De manera general, los reportes sobre la fauna del VTC no son tan numerosos como la flora. Se han observado 14 especies de peces, 32 de anfibios, 85 de reptiles, 338 de aves y 102 de mamíferos, contando con 36 endemismos (Rojas-Martínez y Valiente-Banuet, 1996; Arizmendi y Espinosa de los Monteros, 1996; Briones-Salas, 2000;

Salazar-Torres, 2001; Botello *et al.*, 2006a, b; Domínguez-Canseco, 2008; Vázquez *et al.*, 2009; Canseco-Márquez y Gutiérrez-Mayén, 2010; Ortiz-Pulido *et al.*, 2012; CONANP, 2013). En cuanto a invertebrados, se conoce muy poco sobre estos, aunque se han reportado especies de diferentes órdenes (Ríos-Casanova *et al.*, 2004; Casasola-González *et al.*, 2013; Jiménez-Sánchez *et al.*, 2013).

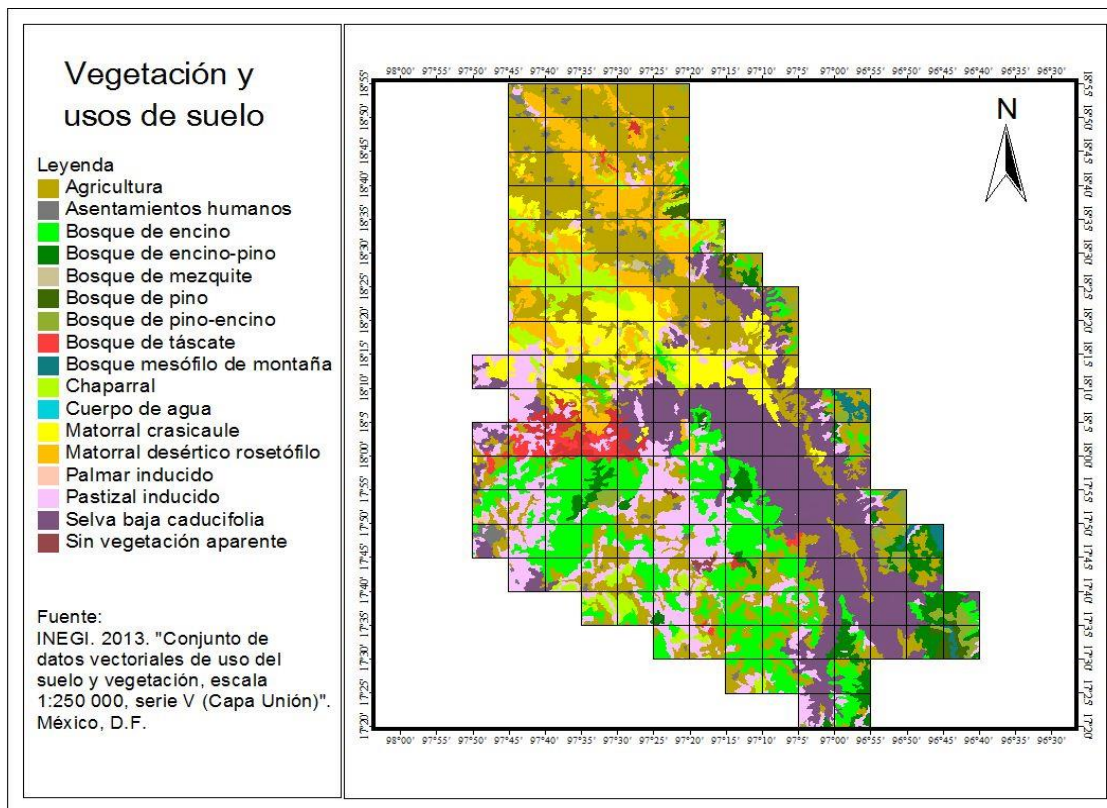


Figura 4. Tipos de vegetación y usos de suelo del VTC. Elaboración propia

Se han registrado 57 especies de musgos (Delgadillo y Zander, 1984) y 180 familias, 891 géneros y 2,621 especies de la flora vascular (Dávila *et al.*, 2002). El VTC, al ser comparado con ecosistemas similares, se muestra como el sitio con mayor diversidad de flora ya que presenta alrededor de 0.26 especies/km² y 207 taxa endémicos de plantas vasculares (Dávila *et al.*, 2002; Méndez-Larios *et al.*, 2004). Rzedowski (2006) la clasificó como provincia florística del Valle Tehuacán-Cuicatlán en la región xerofítica mexicana, dada su biodiversidad y gran porción de su territorio fue decretado como Reserva de la Biosfera (Diario Oficial de la Federación, 1998; Rzedowski, 2006) (Fig. 4).

Dentro de la provincia florística, 1605 especies fueron identificadas como plantas útiles (Casas *et al.*, 2001; Lira *et al.*, 2009). Además ocho grupos étnicos radican en el área (INEGI, 2005). De hecho, dado que en el área se han encontrado registros antropológicos sobre los primeros indicios de la agricultura en América, se ha propuesto que en el VTC se cultivó el maíz desde inicios de su domesticación y posteriormente el sitio sirvió como punto de transición para el resto del continente (MacNeish y Eubanks, 2000). Recientemente el VTC busca posicionarse como una de las regiones declaradas como Patrimonio Mixto de la Humanidad por la UNESCO.

En el VTC existen en total 1387 localidades (Fig. 5), de las cuales 760 corresponden al Estado de Oaxaca, 620 a Puebla y tan sólo siete a Veracruz. Las zonas más pobladas están en la parte norte del Valle. Clasificándolas de acuerdo al número de habitantes, se presenta que siete son mayores a 15 mil hab. (urbanas); 38 están entre 2500-14999 hab. (semiurbanas); 136 entre 500-2499 hab.; 346 de 100-499 hab. y 860 menores a 100 hab. (las últimos tres considerados rurales) (INEGI, 2010a).

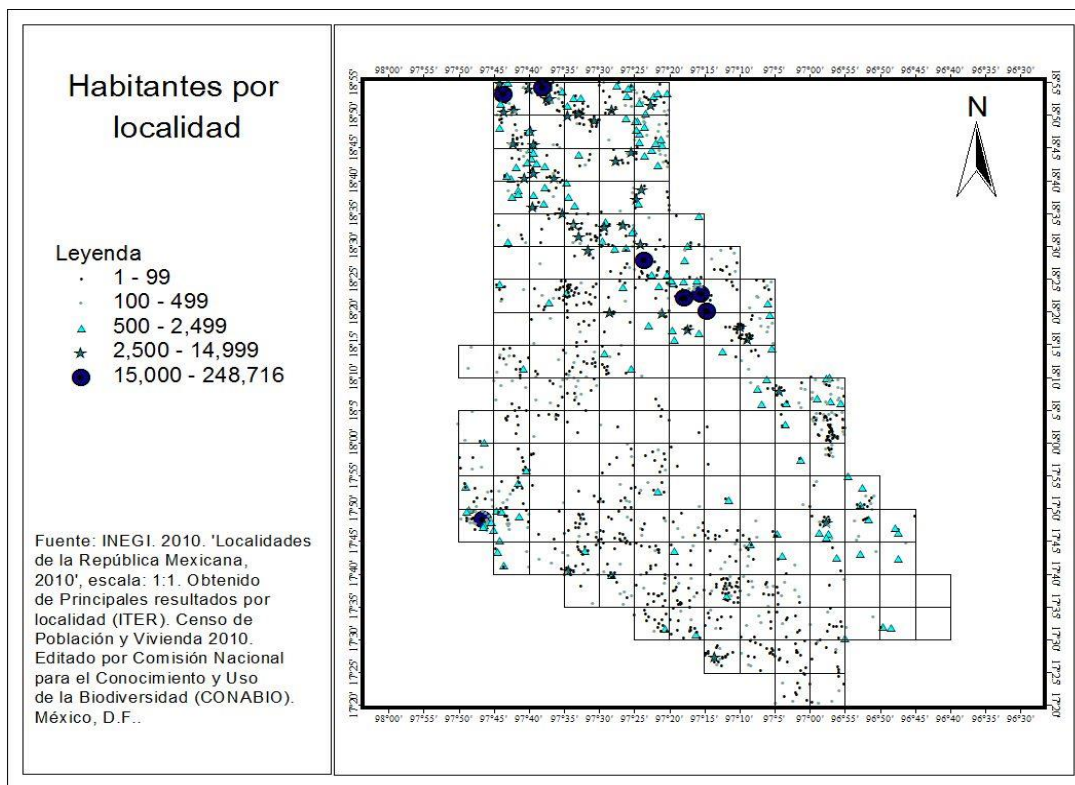


Figura 5. Habitantes por localidad del VTC. Elaboración propia

MATERIALES Y MÉTODO

Especies útiles del Valle de Tehuacán-Cuicatlán (VTC)

Se integró una base de datos de plantas aprovechadas en el VTC relacionando el banco de datos georeferenciado del VTC con 1549 especies vegetales y 17,513 registros (Téllez-Valdés, 2011) y el listado de flora útil del mismo sitio el cual considera 1605 especies y 31 categorías de usos (Lira *et al.*, 2009).

Distribución conocida y potencial

Para la distribución conocida, se intersectaron los registros de las especies, de acuerdo con la base de datos de flora útil del VTC conformada en este estudio, sobreponiendo la rejilla de 153 UGO's de 5x5 min que corresponden a la extensión de VTC, cuya extensión por unidad equivale aproximadamente a 81 km² (Méndez-Larios *et al.*, 2004), con ello se obtendrá una matriz de presencias donde 1 significa que se tiene registro de la especie para determinado UGO y 0 lo contrario.

Para la distribución potencial, primero se generaron los archivos de 19 variables bioclimáticas (Cuadro 2) usando el método de interpolación *thin-plate smoothing spline* mediante el paquete ANUSPLIN (Hutchinson y Gessler 1994; Hutchinson 1995) con base en un modelo digital de elevación de 60 m de resolución (INEGI, 2015) y los registros climáticos obtenidos de las estaciones climatológicas del área de estudio (IMTA, 1996).

Se utilizó el estimador de jackknife, mediante el programa MaxEnt, para identificar las variables climáticas que explicaban en mayor medida (>1%) la distribución de cada especie con las cuales posteriormente se estimó su distribución potencial. Cabe mencionar que únicamente se consideraron las especies que contaran con al menos siete registros para su modelación y que mostraran valores ≥ 0.5 en la AUC.

Dada la cantidad de especies que se modelaron, se utilizó un script con el lenguaje de programación R para automatizar la generación de los modelos (R Development Core Team, 2008).

Cuadro 2. Variables bioclimáticas utilizadas para estimar la distribución potencial

Parámetros bioclimáticos	unidades
1.- Temperatura promedio anual	C°
2.- Oscilación diurna de temperatura	C°
3.- Isothermalidad	C°
4.- Estacionalidad de la temperatura	coeficiente de variación en %
5.- Temperatura máxima promedio de la semana más cálida	C°
6.- Temperatura mínima promedio de la semana más fría	C°
7.- Oscilación anual de temperatura	C°
8.- Temperatura promedio del trimestre más lluvioso	C°
9.- Temperatura promedio del trimestre más seco	C°
10.- Temperatura promedio del trimestre más cálido	C°
11.- Temperatura promedio del trimestre más frío	C°
12.- Precipitación anual	mm
13.- Precipitación de la semana más lluviosa	mm
14.- Precipitación de la semana más seca	mm
15.- Estacionalidad de la precipitación	coeficiente de variación en %
16.- Precipitación del trimestre más lluvioso	mm
17.- Precipitación del trimestre más seco	mm
18.- Precipitación del trimestre más cálido	mm
19.- Precipitación del trimestre más frío	mm

Los archivos resultantes fueron transformados en modelos binarios usando como umbral de corte el *10 percentile training presence logistic threshold* de tal forma que sólo se mostrara la presencia o ausencia de cada especie en el VTC. Los archivos ascii fueron transformados a formato shape con el programa QGIS para posteriormente intersectarlos con la rejilla de 153 UGO's ([QGIS Development Team, 2015](#)).

Una vez realizado el cruce se generó una base de datos de presencias para las UGO's incluyendo los registros de las especies que no contaban con al menos siete registros o cuyos modelos presentaron valores menores a 0.5 en la AUC.

Mínimo conjunto de Unidades Geográficas Operativas (UGO's)

Para identificar el conjunto mínimo de sitios que representara a todas las especies de flora útil en el VTC al menos en una ocasión, se aplicó el algoritmo desarrollado por Possingham *et al.* (Possingham *et al.*, 1993), utilizando la herramienta OpenSolver (Mason, 2012). El algoritmo se aplicó tanto para la distribución conocida como para la potencial.

Con el fin de reconocer los sitios que concentran la mayor riqueza, se realizaron las respectivas curvas de acumulación de especies de las UGO's seleccionadas por el algoritmo. Para ello, se eligió la unidad que representara la mayor riqueza, posteriormente de los sitios restantes se seleccionó el que presentara la mayor riqueza complementaria al primero y así sucesivamente hasta abarcar la totalidad de especies. Si existían dos unidades que aportaran la misma cantidad de especies, se optó por elegir a la que tuviera la mayor riqueza inicialmente. Si aún existía un empate se eligió por orden numérico.

RESULTADOS

Especies útiles del VTC

Se encontraron 583 especies agrupadas en 335 géneros y 107 familias lo cual corresponde al 22.24% de la riqueza alfa de las plantas vasculares y el 36.32% de la flora útil reportadas para el VTC.

Las familias con mayor número de especies útiles en el VTC son Fabaceae (77 spp.), Asteraceae (66 spp.), Cactaceae (42 spp.) y Poaceae (33 spp.). Estas cuatro familias en conjunto representan el 37.38.% de la riqueza del VTC (Cuadro 3). Los géneros con más especies son *Quercus* con 23 spp. y *Bursera* con 13 spp. (Cuadro 4).

Cuadro 3. Riqueza y porcentaje de especies por familia

Familia	N° de especies	%
Fabaceae	77	13.20
Asteraceae	66	11.32
Cactaceae	42	7.20
Poaceae	33	5.66
Fagaceae	23	3.94
Euphorbiaceae	22	3.77
Solanaceae	18	3.08
Lamiaceae	14	2.40
Agavaceae	13	2.22
Burseraceae	13	2.22
		55.06

Cuadro 4. Riqueza y porcentaje de especies por género

Género	N° de especies	%
<i>Quercus</i>	23	3.94
<i>Bursera</i>	13	2.22
<i>Acacia</i>	12	2.05
<i>Opuntia</i>	11	1.88
<i>Salvia</i>	11	1.88
<i>Agave</i>	10	1.71
		13.72

Por otra parte es de igual importancia mencionar las especies que son únicas para cada familia o género ya que dichas especies representan a las vez un grupo

taxonómico supraespecífico y no pueden ser remplazadas por otras, lo cual implica un mayor reto en cuestiones de conservación.

Cuadro 5. Agrupación de familias por número de especies

Número de familias	Número de especies
42	1
25	2
10	3
5	4
1	5
2	6
4	7
3	8
1	9
2	10
2	11
2	13
1	14
1	18
1	22
1	23
1	33
1	42
1	66
1	77

Cuadro 6. Agrupación de géneros por número de especies

Número de géneros	Número de especies
237	1
53	2
19	3
11	4
4	5
2	6
3	9
1	10
2	11
1	12
1	13
1	23

En este estudio 83 familias están representadas por cinco o menos especies, siendo 42 familias las que sólo cuenta con una especie (Cuadro 5). A nivel genérico, 237 géneros están representados por sólo una especie lo que equivale al 70.74% de la riqueza a este nivel taxonómico (Cuadro 6). De manera general se observó que la mayoría de las

familias y los géneros contaban con pocas especies que, por lo anterior, adquieren un alto grado de irremplazabilidad.

Distribución conocida y potencial

Los registros conocidos presentan una distribución heterogénea, con mayor número de éstos en el noroeste y sureste del VTC. De hecho, 42 UGO's no tienen ningún registro, de ellas 17 se encuentran parcial (>1% del área del UGO) o totalmente dentro de la RBTC. En las 111 UGO's restante (30 fuera de la Reserva) se presentan registros variados que van desde uno hasta 1095 organismos y entre una a 174 especies. La UGO 44 es la que tuvo más registros con 1095 organismos y 137 especies, mientras que la UGO 45 a pesar de tener menor cantidad de registros (953) posee 174 especies, siendo así la que mayor riqueza presenta. De este modo las UGO's con mayor riqueza fueron la 45, 125, 53, 44, 19 y 37 con 174, 151, 148, 137, 134 y 121 especies respectivamente.

En cuanto a la distribución por especie, se encontró que 132 de ellas se encuentran restringidas al área de una UGO, contrastando con que sólo tres (*Gymnosperma glutinosum* (Spreng.) Less., *Lantana cámara* L. y *Tillandsia recurvata* L.) tienen una distribución en más del 26% de la rejilla utilizada. Asimismo 19 especies se encuentran fuera de los límites de la RBTC (Anexo I).

Para el caso de la distribución potencial, se modelaron 272 especies. El incremento mínimo en la distribución de las especies de acuerdo a su distribución potencial dentro de la rejilla fue de 0.33 veces y el máximo de 20.86 veces más que el número de UGO's originalmente ocupados, para *Acacia constricta* Benth. y *Malpighia mexicana* Adr. Juss. respectivamente (Anexo II), es decir, por ejemplo, que para *Acacia constricta* el número de UGO's paso de 21 con distribución conocida a 28 con distribución potencial. En promedio, las especies incrementaron 7.18 veces su distribución conocida dentro de los 153 UGO's.

No se observó una tendencia directa entre el número de UGO's ocupados inicialmente y el factor de incremento ya que, por ejemplo, *Agave triangularis* Jacobi ocupa 7 UGOs

con distribución conocida y su factor de incremento fue de 10.86 (83 UGO's en distribución potencial) mientras que *Neobuxbaumia macrocephala* (F. A. C Weber) Dawson tiene igualmente 7 UGO's en distribución conocida pero su factor de incremento fue de 1.0 (14 UGO's en distribución potencial) (Anexo II). En general, a mayor cantidad de UGO's en distribución conocida menores son los valores del factor de incremento dado que no podrían superar el límite máximo 153 UGO's.

En la evaluación de los modelos se calculó que el promedio de las AUC fue de 0.916. Fueron 14 las especies de las que se obtuvieron modelos de rendimiento bajo, 62 con rendimiento moderado y 196 con rendimiento alto (Anexo II).

La matriz de presencias con la distribución potencial mostró UGO's que contienen desde 20 hasta 283 especies. La UGO número 45 volvió a presentar la mayor riqueza seguida por la 64, 62, 63 y 44 con 283, 269, 268, 262 y 262 especies respectivamente.

Sólo las especies que fueron modeladas incrementaron su presencia en el número de UGO's. Así, mientras que en la distribución conocida sólo tres especies tienen registros en más de 40 UGO's, con la distribución potencial 254 de las especies modeladas superaron ese número. Incluso, en la distribución por especie se observó que *Chamaesyce dioica* (Kunth) Millsp., *Malpighia mexicana* Adr. Juss. y *Zea mays* L. mostraron distribución potencial (idoneidad de hábitat) para las 153 UGO's.

Mínimo conjunto de UGO's

A pesar de que los modelos de distribución potencial incrementaron la complejidad de la matriz de presencias, el algoritmo de optimización resolvió tanto para la distribución conocida como para la distribución potencial que se necesitan de al menos 60 UGO's (Anexo III) para representar a las 583 especies utilizadas en este estudio lo que representa el 39.21 % del área total del VTC.

De las UGO's seleccionadas, para el caso de distribución conocida, la número 45 es la que contuvo la mayor riqueza, seguida de la número 125, 53, 44 y 19. En el caso de la distribución potencial la número 45 representó la mayor riqueza seguida de la 62, 63,

44 y 37 con 283, 268 y 262 especies respectivamente (las tres últimas con la misma cantidad).

Por otro lado las unidades que contienen la menor riqueza con distribución conocida fueron la 139, 31, 25, 118 y 108 con 6, 4, 3, 2 y 2 especies respectivamente y con distribución potencial las UGO's 153, 118, 128, 139 y 117 con 75, 56, 49, 48 y 44 especies. La distribución de las unidades seleccionadas es heterogénea, mostrando una mayor concentración en el noroeste y sureste del área de estudio.

No obstante la similitud en la elección de las 60 UGO's para ambas distribuciones, las curvas de acumulación de especies muestran diferencias en el ordenamiento de las UGO's de acuerdo a su contribución con la riqueza de especies.

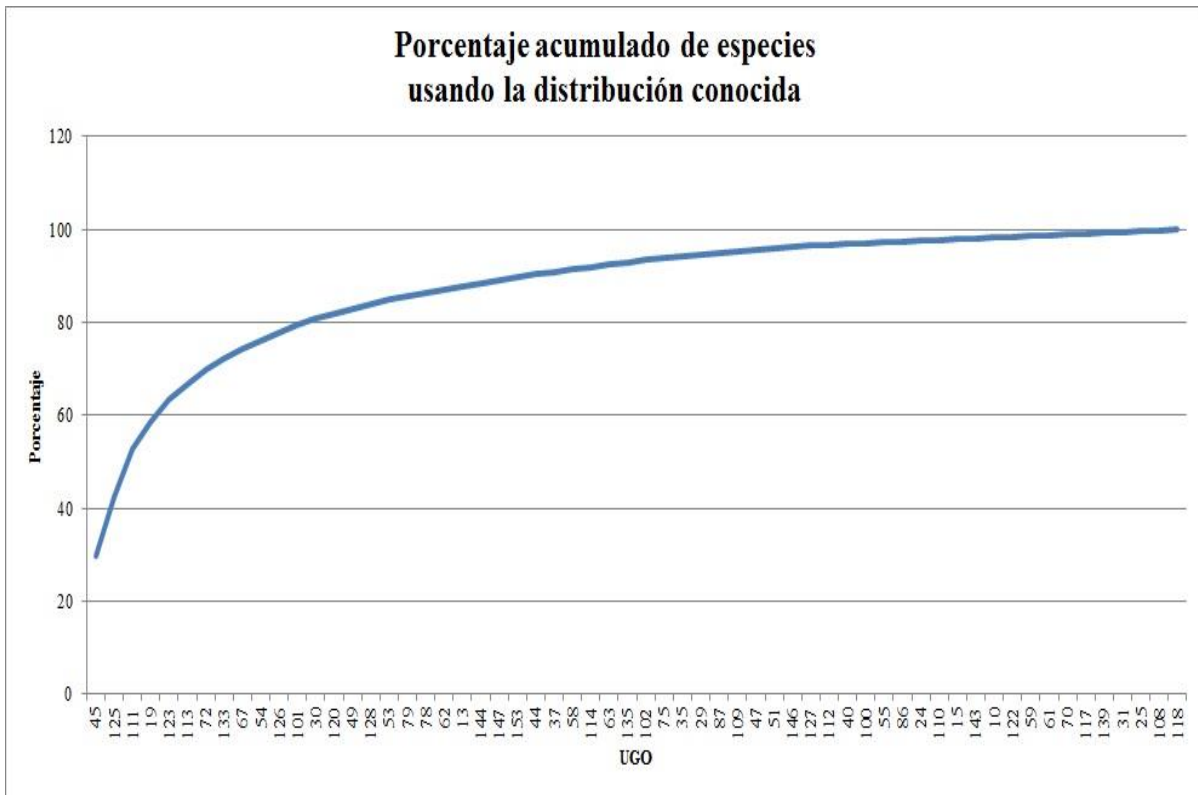


Figura 6. Curva de acumulación usando los registros de las 583 especies. Las primeras 13 UGO's contienen el 80.78% de las especies.

En la distribución conocida se obtiene que con tan solo 13 UGO's se cubre el 80.78% de las especies (Fig. 6), esto equivale a 471 especies representando el 29.34% de la flora útil (Lira *et al.*, 2009) y el 17.97% de la flora vascular reportada para el VTC (Dávila *et al.*, 2002).

El 19% restante de la riqueza se encuentra en 47 unidades las cuales aportan desde una hasta siete especies, cuyo porcentaje de cada contribución no supera el 2% de la riqueza total.

Mientras que con base en los modelos de distribución potencial se observó que con 13 UGO's se representa el 81.47% de las especies (Fig. 7), es decir a 475 especies lo que representa el 29.59 % de la flora útil (Lira *et al.*, 2009) y el 18.12% de la flora vascular del VTC (Dávila *et al.*, 2002).

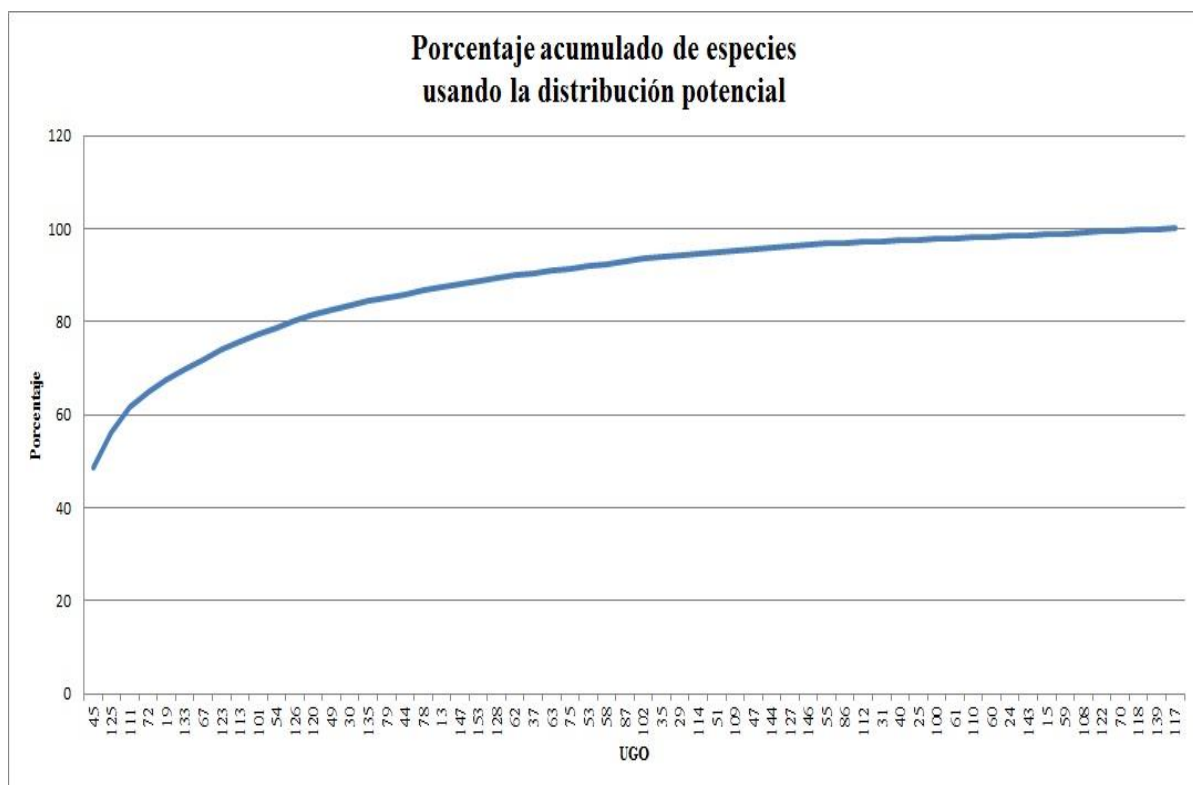


Figura 7. Curva de acumulación usando 272 MDE's y los registros de 311 especies. Las primeras 13 UGO's contienen el 81.47% de las especies.

Las restantes 47 UGO's aportan de una a seis especies, cuya contribución no supera el 2% de la riqueza total.

La comparación de las 13 UGO's seleccionadas con ambas distribuciones se muestra en la Figura 8. Cuatro de las UGO's se encuentran totalmente en el estado de Puebla, ocho en Oaxaca y dos son compartidas entre ambos estados.

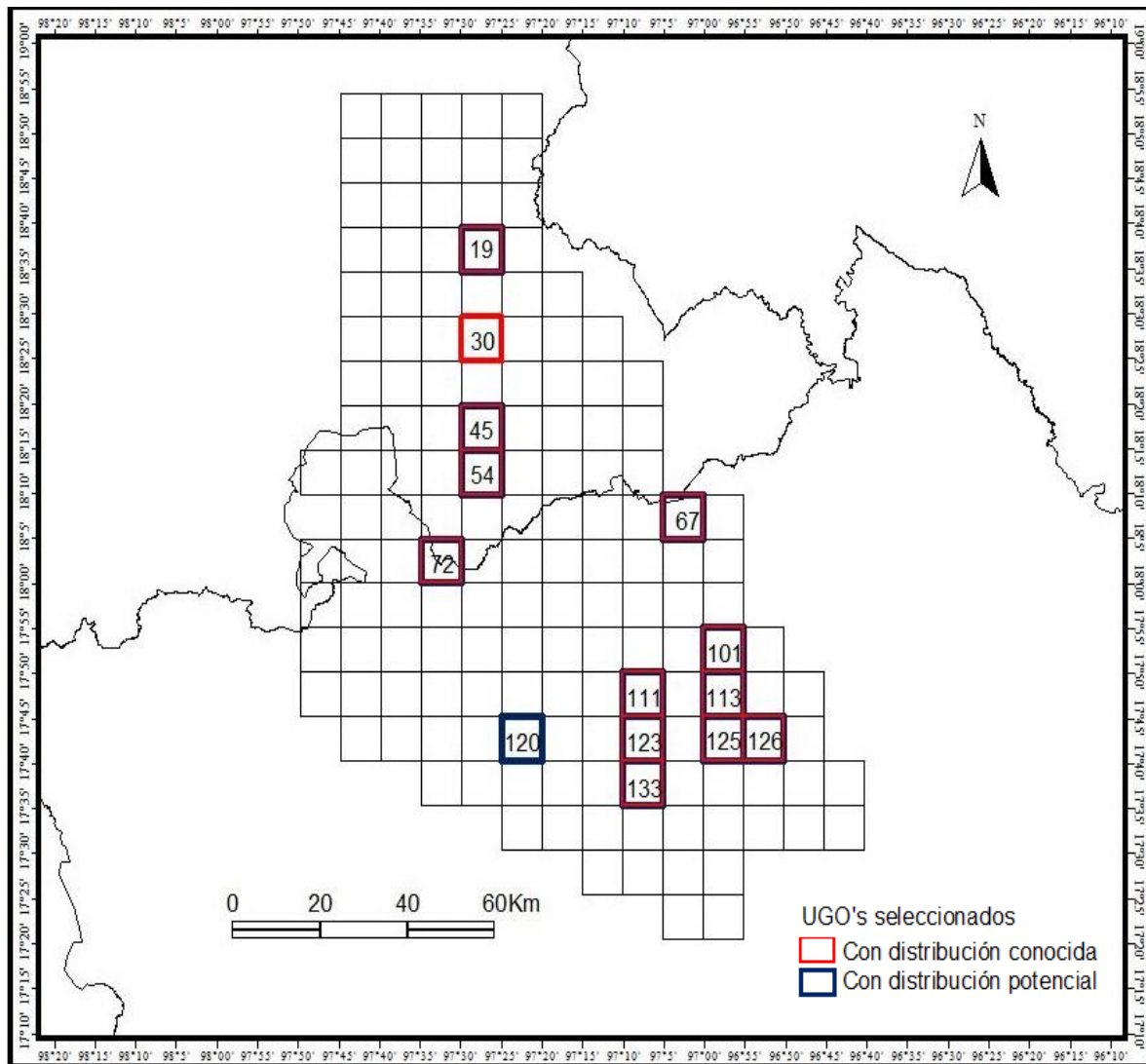


Figura 8. Mínimo conjunto de UGO's para conservar cerca del 80% de las especies utilizadas en este estudio.

DISCUSIÓN

De las 1605 especies de flora útil reportadas para el VTC (Lira *et al.*, 2009), sólo 583 presentan organismos georeferenciados (10,454 registros), lo que representa el 36.32% de las especies útiles y el 22.24% de las 2,621 especies de plantas vasculares de la región (Dávila *et al.*, 2002).

La poca coincidencia entre las bases de datos de flora útil (1605 spp.) y flora vascular (1549 spp.) puede deberse a que mientras un trabajo estudia la flora desde la perspectiva etnobotánica (Lira *et al.*, 2009), el otro lo hace desde la ecológica (Téllez-Valdés, 2011), luego ambas bases pueden ser complementarias y coincidir con el número total de especies (2621 spp.) reportadas para el VTC (Davila *et al.*, 2002).

El número de especies útiles está relacionado con la riqueza florística de cada Familia (Caballero y Cortés, 2001). Por ejemplo, en un estudio hecho por Lira *et al.* (2009) se reporta que Poaceae, Asteraceae, Cactaceae y Fabaceae, tienen un gran número de especies útiles en el VTC (Lira *et al.*, 2009), siendo las dos primeras familias representativas de la flora de México por su amplia distribución en el país (Rzedowski, 2006) y las cuatro mejor representadas en el VTC (Davila *et al.*, 2002), Además dichas familias cuentan con el mayor número de endemismos dentro del VTC (Méndez-Larios *et al.*, 2004), lo cual coincide con los resultados de este trabajo, ya que presentan la mayor cantidad de especies con registros en el área de estudio.

Mientras las especies de las familias con mayor riqueza son usadas mayoritariamente como forraje, las especies de *Bursera* y *Quercus*, son utilizadas principalmente como resinas, leña, materiales de construcción y cercas vivas (Casas *et al.*, 2001; Lira *et al.*, 2009). Sólo *Salvia* y *Agave* aparecen entre los géneros con mayor número de especies endémicas en VTC (Méndez-Larios *et al.*, 2004).

A nivel supraespecífico, los 335 géneros y las 107 familias representan el 37.59% y el 59.44% respectivamente de la riqueza total de dichos taxa reportada para el VTC (Dávila *et al.* 1993, 2002).

Por otro lado, en localidades que se encuentran dentro de las UGO's seleccionadas por el algoritmo (UGO's 30, 45, 49, 54, 58 y 102) se han identificado posibles procesos incipientes de domesticación de algunas de las 610 especies útiles que presentan algún tipo de manejo tanto *in situ* como *ex situ* (Blancas *et al.*, 2010), tal es el caso de *Stenocereus stellatus* (Pfeiffer) Riccob. (Casas *et al.*, 1997; Casas *et al.*, 1998); *S. pruinosus* (Otto) F. Buxb. (Parra *et al.*, 2008); *Pachycereus hollianus* (F. A. C. Weber) Buxb. (Rodríguez-Arévalo *et al.*, 2006); *Escontria chiotilla* (F. A. C. Weber) Rose (Arellano y Casas, 2003); *Polaskia chichi* (Gosselin) Backeb. (Otero-Arnaiz *et al.*, 2003; Carmona y Casas, 2005); *Myrtillocactus schenckii* (J. A. Purpus) Britton y Rose (Blancas *et al.*, 2009) *Sideroxylon palmeri* (Rose) T. D. Penn (González-Soberanis y Casas, 2004) y *Ceiba aesculifolia* (H. B. y K.) Britten y Baker f. subsp. *parvifolia* (Rose) P. E. Gibbs y Semir (Avedaño *et al.*, 2006, 2009), por lo que dichos sitios son de vital importancia en la conservación de procesos evolutivos derivados de la interacción de las poblaciones silvestres de especies vegetales con las poblaciones humanas.

Con respecto a las especies que por su unicidad representan a todo un taxón supraespecífico (familia y/o género), deben ser considerados como elementos importantes dada su irremplazabilidad. A nivel nacional se reconoce que existe un alto grado de endemismos a nivel genérico (Koleff *et al.*, 2008), es decir, un gran número de especies que representan todo un género, como ocurrió en el presente trabajo.

Una manera de valorar los sitios desde una perspectiva de unicidad, es ponderando cada especie de acuerdo a su relación filogenética con otra especie, debido a que en un entorno de prioridad, no todas deberían considerarse taxonómicamente equivalentes (Van Wright *et al.*, 1991). No obstante, en este estudio se observó que varias de estas especies se incorporaban con las primeras UGO's seleccionadas por el algoritmo, por lo que, tanto se representan especies de las familias con mayor riqueza como aquellas de familias con poca riqueza, resultando en una conservación más amplia y representativa de la biodiversidad.

De las 19 especies que están por fuera de la RBTC pero dentro de los límites del VTC (Anexo I), ninguna se encuentra bajo alguna categoría de amenaza por la NOM-059-

SEMARNAT-2010 o en la Lista Roja de Especies Amenazadas ([Diario Oficial de la Federación, 2010](#); [IUCN, 2015](#)), no obstante no debe perderse en cuenta su valor antropológico y por tanto su grado de amenaza, ya que todas han sido consideradas en alguna categoría de planta útil en el VTC ([Casas *et al.*, 2001](#); [Lira *et al.*, 2009](#)).

La orografía del valle, la variedad de ambientes y las carencias en la infraestructura carretera debido a que en una Reserva de la Biosfera podrían dificultar el acceso durante las recolectas científicas, lo cual explicaría el elevado número de UGO's (27.45%) que no presentan ningún registro. Aquellos sitios que se encuentran con mayor disponibilidad tendrán un mayor número de registros ([Miguel-Talonia *et al.*, 2014](#)). En este sentido, una gran cantidad de organismos referenciados dentro del VTC se encuentran en el noroeste del estado de Puebla, donde se encuentran algunas de los núcleos urbanos más grandes de la zona como Tehuacán y Zapotitlán Salinas.

Aunado a lo anterior, se puede considerar que existe un sesgo debido a la heterogeneidad de los registros obtenidos, ya que estos generalmente son realizados en áreas de fácil acceso tales como núcleos urbanos y vías de comunicación ([Gil y Moreno, 2007](#); [Miguel-Talonia *et al.*, 2014](#)). Al respecto se ha observado que MaxEnt es sensible a datos con sesgo, pero hace una mejor predicción aun teniendo datos con errores de georreferenciación ([Varela *et al.*, 2014](#)), lo anterior podría explicar en cierto grado los valores obtenidos en las AUC.

Para tener un perfil climático suficientemente representativo de las especies y por lo consiguiente un buen modelo de distribución, es necesario tener una buena muestra de las poblaciones del área. En el VTC se reporta que aún hace falta realizar más muestreos dado que algunas zonas no han sido estudiadas y con los registros que se cuenta reflejan que la riqueza estimada es diferente a la observada por lo que, teóricamente, aún faltan especies por descubrir ([Miguel-Talonia, 2011](#); [Miguel-Talonia *et al.*, 2014](#)). Sin embargo para el VTC se calculó que se tenía relativamente bien documenta la riqueza de plantas vasculares en comparación nacional ([Soberón *et al.*, 2007](#)).

Es imprescindible considerar que la escala afectará la precisión de los modelos. A niveles regionales, como la que se trabajó en este estudio, las variables climatológicas y topográficas tienen un papel importante en la explicación de la distribución de las especies, pero a escalas más finas deberán considerarse otros factores como el uso de suelo o las interacciones bióticas (Whittaker *et al.*, 2001; Pearson y Terence, 2003).

A pesar de que los modelos predicen una amplia distribución de las especies útiles en el VTC, no se sabe con certeza cuál será su extensión en futuros años, ya que esta podría variar por el cambio de uso de suelo o cambio climático, tal como se midió para algunas especies de la Familia Cactaceae, observándose una contracción en las áreas de distribución en tres distintos escenarios climáticos (Téllez-Valdés y Dávila-Aranda, 2003).

Por otra parte, las 60 unidades seleccionadas por el análisis de optimización representan el 39.21% del área del VTC. Sólo diez UGO's se encuentran fuera de los límites de la RBTC y entre ellas la número 120, la cual se encuentra dentro de las primeras 13 UGO's con mayor riqueza de acuerdo a la curva de acumulación de especies con distribución potencial, contando con un mayor grado de amenaza a pesar de su contribución con la riqueza de especies útiles.

Las UGO's número 45 y 125 (correspondientes a las dos primeras de ambas curvas de acumulación de especies) se encuentran en sitios muy distantes, una en el extremo noroeste del VTC y otra en el sureste, lo cual puede comprenderse si se consideran las composiciones vegetales encontradas en ambas zonas, dado que presentan características físicas y biológicas diferentes, por lo que se entiende que la flora sea complementaria (Gil y Moreno, 2007) entendiéndose con ello que probablemente haya una importante diversidad beta en la región como se ha reportado para mamíferos (Rodríguez *et al.*, 2003) y en general en México (Rodríguez y Arita, 2004; Koleff *et al.*, 2008; Rodríguez, 2009).

Los resultados obtenidos se asemejan a los reportados por de Mendez-Larios *et al.* (Méndez-Larios *et al.*, 2006), quienes, utilizando la misma cantidad y tamaño de UGO's y a pesar de usar métodos de complementariedad (Rebello, 1994; Margules *et al.*,

1998) encontraron que se necesitan 13 UGO's para conservar 448 especies de cuatro familias de plantas vasculares (Asteraceae, Cactaceae, Leguminosae y Poaceae). No obstante sólo seis UGO's son las coincidentes con el resultado de este estudio, las cuales son la 54, 67, 72, 111, 123 y 125. En una lista preliminar se mostró que las cuatro familias ya mencionadas además de ser distintivas de la riqueza del país, son representativas de la flora útil del VTC, por lo que la similitud entre ambos resultados es comprensible (Rzedowski, 2006; Davila *et al.*, 2002).

Sin embargo Méndez-Larios (2005) tras integrar análisis de complementariedad, de parsimonia de endemismos y de densidad poblacional, sugiere zonas núcleo en la RBTC, siendo coincidentes con este estudio las UGO's número 30, 54 y 67, teniendo la primera un gran número de endemismos (Méndez-Larios, 2005).

Los núcleos de Tehuacán y Cuicatlán se ubican mayoritariamente en las UGO's 31 y 113 en el mismo orden, ambas se encuentran dentro de la 60 UGO's reconocidas pero sólo la segunda fue seleccionada dentro de las 13 unidades representantes del 81% de la riqueza de flora útil, sin embargo cuenta con una gran cantidad de población (mayor a 4000 personas; INEGI, 2010a) lo que dificultaría la conservación más aun tratándose de especies útiles (Dávila *et al.*, 2002; Méndez-Larios *et al.*, 2006).

Existen algunos acercamientos para evaluar la calidad de las áreas seleccionadas, tal es el caso de la eficiencia (menor cantidad de área maximizando la riqueza de especies) y eficacia (enfatisa la persistencia de tales especies en un área a lo largo del tiempo) (Pressey *et al.*, 1993). Un equilibrio entre ambas sería lo ideal en un ámbito conservacionista. Desde una perspectiva de eficiencia, se calcula un valor de 0.60 (siendo el máximo 1) para la conservación de todas las especies, un valor relativamente bajo, lo que no es raro si se considera que la superficie de los 60 UGO's abarca casi el 40% del VTC. Sin embargo la eficacia aumenta si se considera conservar sólo el 81% de la riqueza (13 UGO's) además de que el área de cada UGO's es amplia (81 km²) lo que podría ayudar a incrementar la eficacia del resultado (Pressey *et al.*, 1993; Gil y Moreno, 2007).

Una limitación de este trabajo es que no se realizaron verificaciones en campo para determinar la precisión con que predijeron los modelos de distribución, además de que no se eliminaron áreas donde se sabe no se encuentran las especies como núcleos urbanos o cuerpos de agua, por ello, los resultados de este estudio deben tomarse como una aproximación emergente ante las necesidades de la conservación y ser complementados con estudios futuros.

El presente estudio es un avance en la selección de las áreas cuyas características, de naturaleza biótica como antropológica, les confieren un grado de potencialidad para la conservación en el VTC, sin embargo, es sólo una parte del conjunto de aspectos que se deben considerar para la determinación de los llamados sitios prioritarios para la conservación. Otras variables podrían ser integradas al problema para obtener resultados de mayor calidad y con un acercamiento más adecuado a la realidad, tal como la rareza, la irremplazabilidad, la cercanía a núcleos urbanos, la densidad poblacional, los costos de adquisición y mantenimiento, entre otros (Cocks y Baird, 1989; Vane-Wright *et al.*, 1991; Pressey *et al.*, 1993; Wilson *et al.*, 2005; Méndez-Larios *et al.*, 2006; Gil y Moreno, 2007; Squeo *et al.*, 2008).

CONCLUSIONES

Se reconocieron 583 especies de flora útil con registros georeferenciados dentro del VTC. Los registros están distribuidos heterogéneamente en sólo 111 UGO's (132 especies se encuentran restringidas a una sola UGO). Diez familias constituyen el 55.06% de la riqueza, pero se observó que una gran cantidad de especies no contaban con pares en sus géneros (237 spp.) o familias (42 spp.) correspondientes.

Se estimó la distribución potencial de 272 especies, incrementando en la distribución conocida desde 0.33 hasta 20.86 veces en el número de UGO's. Se observó que el número inicial de UGO's ocupados no influía en el incremento de la distribución potencial.

El análisis de optimización reveló que se necesitan al menos 60 UGO's para preservar 583 especies de la flora útil del VTC, sin embargo la curvas de acumulación de especies mostraron diferencias en la priorización de las unidades. Ambas coinciden que con 13 UGO's potencialmente se conservaría cerca del 81% de la flora útil del VTC lo que por otra parte equivale a casi 30% de la flora del VTC en tan sólo 8.5% del área total.

Sin embargo el orden de selección varía ligeramente. Para distribución conocida se conservarían 471 especies y distribución potencial 475 especies. Además utilizando la distribución potencial con sólo una UGO (número 45) se representan 283 especies, casi la mitad de las utilizadas en este estudio.

Sólo la UGO 120 está fuera de la RBTC, el resto se encuentra parcial o totalmente dentro por lo que habrían de realizarse más estudios que contribuyan al conocimiento de dichas áreas y así priorizar los recursos en las acciones enfocadas a la conservación de la biodiversidad.

LITERATURA CITADA

- Albino-García, C., H. Cervantes, M. López, L. Ríos-Casanova y R. Lira. 2011. Patrones de diversidad y aspectos etnobotánicos de las plantas arvenses del valle de Tehuacán-Cuicatlán: el caso de San Rafael, municipio de Coxcatlán, Puebla. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 82:1005-1019.
- Arellano, E. y A. Casas. 2003. Morphological variation and domestication of *Escontria chiotilla* (Cactaceae) under silvicultural management in the Tehuacán Valley, Central Mexico. *Genetic Resources and Crop Evolution* 50: 439-453.
- Arizmendi, M. C. y A. Espinosa de los Monteros. 1996. Avifauna de los bosques de cactáceas columnares del Valle de Tehuacán, Puebla. *Acta Zool. Mex.* (n.s.) 67: 25-46.
- Arponen A. 2012 Prioritizing species for conservation planning. *Biodiversity and Conservation* 21: 875-893.
- Avedaño A., A. Casas, P. Dávila y R. Lira. 2006. Use forms, management and commercialization of "pochote" *Ceiba aesculifolia* (H. B. y K.) Britten y Baker f. subsp. *parvifolia* (Rose) P. E. Gibbs y Semir (Bombacaceae) in the Tehuacán Valley, Central Mexico. *Journal of Arid Environments* 67: 15-35.
- Avedaño A., A. Casas, P. Dávila y R. Lira. 2009. In situ management and patterns of morphological variation of *Ceiba aesculifolia* subsp. *parvifolia* (Bombaceae) in the Tehuacán-Cuicatlán Valley. *Economic Botany* 63 (2): 138-151.
- Baena, M. L. y G. Halffter-Salas. 2009. Extinción de especies. En J. Soberón, G. Halffter y J. Llorente-Bousquets (Eds.). *Capital Natural de México, Vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad*. pp. 263-282. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
- Blancas, J., A. Casas, R. Lira y J. Caballero. 2009. Traditional management and morphological patterns of *Myrtillocactus schenckii* (Cactaceae) in the Tehuacán Valley, Central México. *Economic Botany* 63 (4): 375-387.
- Blancas, J., A. Casas, S. Rangel-Landa, A. Moreno-Calles, I. Torres, E. Pérez-Negrón, L. Solís, A. Delgado-Lemus, F. Parra. Y. Arellanes, J. Caballero, L. Cortés, R. Lira y P. Dávila. 2010. Plant management in the Tehuacán-Cuicatlán Valley, Mexico. *Economic Botany* 64 (4): 287-302.
- Botello, F., J. M. Salazar, P. I. Rangel, M. Linaje, G. Monroy, D. Duque y V. Sánchez-Cordero. 2006a. Primer registro de la nutria neotropical de río (*Lontra longicaudis*) en la Reserva de la Biósfera de Tehuacán-Cuicatlán, Oaxaca, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 77:133-135.
- Botello, F., P. Illoldi-Rangel, M. Linaje y V. Sánchez-Cordero. 2006b. Primer registro del tigrillo (*Leopardos wiedii*, Schinz 1821) y del gato montés (*Lynx rufus*, Kerr 1792) en la Reserva de la Biósfera Tehuacán-Cuicatlán, Oaxaca, México. *Acta Zoológica Mexicana* (n.s) 22: 135-139.
- Brena-Bustamante, P., R. Lira-Saade, E. García-Moya, A. Romero-Manzanares, H. Cervantes-Maya, M. López-Carrera y S. Chávez-Herrera. 2013. Aprovechamiento del

escapo y los botones florales de *Agave kerchovei* en el Valle de Tehuacán-Cuicatlán, México. *Botanical Sciences* 91(2): 181-186.

- Briones-Salas, M. 2000. Lista anotada de los mamíferos de la región de la Cañada, en el Valle Tehuacán-Cuicatlán, Oaxaca, México. *Acta Zoológica Mexicana* 81: 83-103.
- Caballero. 1987. Etnobotánica y Desarrollo: La Búsqueda de Nuevos Recursos Vegetales. En V. M. Toledo. (Ed.). *Hacia una Etnobotánica Latinoamericana*. Colombia. Asociación Latinoamericana de Botánica.
- Caballero, J. y L. Cortés. 2001. Percepción, uso y manejo tradicional de los recursos vegetales en México. En B. Rendón, S. Rebollar, J. Caballero y M. A. Martínez (Eds.). *Plan cultura y sociedad: estudio sobre relación entre seres humanos y plantas en los albores del siglo XXI*. pp. 79-100. México. Universidad Metropolitana.
- Canales, M., T. Hernández, J. Caballero, A. Romo de Vivar, A. Durán y R. Lira. 2006. Análisis cuantitativo del conocimiento tradicional de las plantas medicinales en San Rafael, Coxcatlán, Valle de Tehuacán-Cuicatlán, Puebla, México. *Acta Botánica Mexicana* 75:21-43.
- Canseco-Márquez, L. y M. G. Gutiérrez-Mayén. 2010. *Anfibios y reptiles del Valle de Tehuacán-Cuicatlán*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Fundación para la Reserva de la Biosfera Cuicatlán A. C., Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. México, D. F.
- Carmona, A. y A. Casas. 2005. Management, domestication and phenotypic patterns of *Polaskia chichipe* (Cactaceae) in the Tehuacán Valley, Central Mexico. *Journal of Arid Environments* 60: 115-132.
- Casas, A., B. Pickersgill, J. Caballero y A. Valiente-Banuet. 1997. Ethnobotany and domestication in *Stenocereus stellatus* (Cactaceae), in the Tehuacan Valley and La Mixteca Baja, Mexico. *Economic Botany* 51:279-292.
- Casas, A., A. Valiente-Banuet y J. Caballero. 1998. La domesticación de *Stenocereus stellatus* (Pfeiffer) Riccobono (Cactaceae). *Bol. Soc. Bot. México* 62: 129-140.
- Casas, A., A. Valiente-Banuet, J. L. Viveros, J. Caballero, L. Cortés, P. Dávila, R. Lira y I. Rodríguez. 2001. Plants Resources of the Tehuacán-Cuicatlán Valley, Mexico. *Economic Botany* 55 (1): 129-166.
- Casas, A., A. Otero-Arnaiz, E. Pérez-Negrón y A. Valiente-Banuet. 2007. *In situ* management and domestication of plants in Mesoamerica. *Annals of Botany* 100: 1101-1115.
- Casasola-González, J. A., A. N. García-Aldrate, M. del C. Herrera-Fuentes. 2013. Psocoptera (Psocoptera: Insecta) from Zapotitlán Salinas, Puebla, Mexico: distribution of abundance and seasonality. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 84(2): 612-621.
- Ceballos G., P. R. Ehrlich, A. D. Barnosky, A. García, R. M. Pringle y T. M. Palmer. 2015. Accelerated modern human-induced species losses: Entering the sixth mass extinction. *Sci. Adv.* e1400253

- Cocks, K. D. y I. A. Baird. 1989. Using mathematical programming to address the multiple reserve selection problem: an example from the Eyre Peninsula, South Australia. *Biol. Conserv.* 49: 113-30.
- CONAGUA. 2007. 'Regiones Hidrológicas, escala 1:250000. República Mexicana'. Subdirección General Técnica. México, D.F.
- CONABIO. 2006. *Capital natural y bienestar social*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.
- CONANP. 2013. *Programa de Manejo Reserva de la Biosfera Tehuacán Cuicatlán*. Talleres Litografía Mier y Concha, S.A. de C.V. México. pp. 329
- Convenio sobre la diversidad biológica. 1992. Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). Nairobi, Kenia. pp. 30
- Dávila, P., J. L. Villaseñor, R. Medina, A. Ramírez, A. Salinas, J. Sánchez-Ken y P. Tenorio. 1993. *Listado Florístico del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. Listados florísticos VIII*. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Mexico
- Dávila, P., M. del C. Arizmendi, A. Valiente-Banuet, J. L. Villaseñor, A. Casas y R. Lira. 2002. Biological diversity in the Tehuacán-Cuicatlán Valley, Mexico. *Biodiversity and Conservation* 11: 421-442.
- de la Maza R. 1999. Una breve historia de las áreas naturales protegidas de México. *Gaceta ecológica* 51:15-34.
- Delgadillo, C. y R. H. Zander. 1984. The mosses of the Tehuacan Valley, Mexico, and notes on their distribution. *Bryologist* 87: 319-322.
- Diamond, J. M. 1975. The island dilemma: Lessons of modern biogeographic studies for the design of nature reserves. *Biological Conservation* 7: 129-146.
- Diario Oficial de la Federación. 1998. Decreto por el que se declara área natural protegida con el carácter de reserva de la biosfera, la región denominada Tehuacán-Cuicatlán ubicada en los estados de Oaxaca y Puebla. Estados Unidos Mexicanos. Presidencia de la República, México, D.F. viernes 18 de septiembre de 1998, pp. 8-20.
- Diario Oficial de la Federación. 2010. NORMA Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. Estados Unidos Mexicanos. Presidencia de la República, México, D.F. jueves 30 de diciembre de 2010, pp. 77
- Domínguez-Canseco, L. 2008. *Determinación de Áreas Importantes para la Conservación de las Aves en el Valle de Zapotitlán Salinas, Puebla: Un enfoque Bioclimático*. México. Tesis de maestría. Facultad de Estudios Superiores Iztacala. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Elith, J., C. H. Graham, R. P. Anderson, M. Dudík, S. Ferrier, A. Guisan, R. J. Hijmans, F. Huettmann, J. R. Leathwick, A. Lehmann, J. Li, L. G. Lohmann, B. A. Loiselle, G. Manion, C. Moritz, M. Nakamura, Y. Nakazawa, J. McC. Overton, A. T. Peterson, S. J. Phillips, K. S. Richardson, R. Scachetti-Pereira, R. E. Schapire, J. Soberón, S. Williams, M. S. Wisz y N.

- E. Zimmermann. 2006. Novel methods improve prediction of species distributions from occurrence data. *Ecography* 29: 129-151.
- Elith, J., S. J. Phillips, T. Hastie, M. Dukiv, Y. E. Chee y C. J. Yates. 2011. A statistical explanation of Maxent for ecologists. *Diversity and Distributions* 17:43-57.
- Flores-Palacios, A. y S. Valencia-Díaz. 2007. Local illegal trade reveals unknown diversity and involves a high species richness of wild vascular epiphytes. *Biological Conservation* 136: 372-387.
- García, E. 1981. *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen*. (3ª ed.). México.
- García, E. - CONABIO. 1998. 'Climas' (clasificación de Köppen, modificado por García). escala 1:1000000. México.
- Gil, G. y C. E. Moreno. 2007. Los análisis de complementariedad aplicados a la selección de reservas de la biosfera: efecto de la escala. En G. Halffter, S. Guevara y A. Melic (Eds.). *Hacia una cultura de conservación de la diversidad biológica*. pp. 63-70 España. Monografías tercer milenio.
- González-Soberanis, C. y A. Casas. 2004. Traditional management and domestication of tempequistle, *Sideroxylon palmeri* (Sapotaceae) in the Tehuacán-Cuicatlán Valley, Central Mexico. *Journal of Arid Environments* 59: 245-258.
- Guízar, E., C. Mota y R. Ortega. 2005. Vegetación y plantas útiles en la subregión Filo de Tierra Colorada, Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán, México. *Revista de Geografía Agrícola* 35: 67-90.
- Hutchinson, M. F. 1995. Stochastic space-time weather models from ground-based data. *Agricultural and Forest Meteorology* 73: 237-264.
- Hutchinson, M. F. y P. E. Gessler. 1994. Splines: more than just a smooth interpolator. *Geoderma* 62:45-67.
- IMTA. 1996. 'Estaciones climatológicas'. Extraído de ERIC (Extractor rápido de información climatológica). México.
- INEGI. 2001. "Conjunto de Datos Vectoriales Fisiográficos. Continuo Nacional". escala 1:1'000,000. Serie I. Aguascalientes, Ags., México.
- INEGI. 2002. "Conjunto de Datos Vectoriales Geológicos. Continuo Nacional". escala 1:1'000,000. México, D.F.
- INEGI. 2005. II Censo de Población y Vivienda 2005. Tabulados básicos. Estados Unidos Mexicanos.
- INEGI. 2010a. 'Localidades de la República Mexicana, 2010', escala: 1:1. Obtenido de Principales resultados por localidad (ITER). Censo de Población y Vivienda 2010. Editado por Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). México, D.F.
- INEGI. 2010b. 'Subcuencas Hidrológicas de México, escala: 1:50000". edición: 2. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Continuo de subcuencas del territorio Mexicano,

basado en las cartas de la Red Hidrológica escala 1:50000 generadas por INEGI. Aguascalientes, Ags., México.

- INEGI. 2013. "Conjunto de datos vectoriales de uso del suelo y vegetación, escala 1:250 000, serie V (Capa Unión)". México, D.F.
- INEGI. 2015. "Continuo de elevaciones mexicano 3.0". Resolución a 60 metros. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México, D.F.
- INIFAP - CONABIO. 1995. 'Edafología'. Escalas 1:250000 y 1:1000000. México.
- IUCN. 2015. IUCN Red List of Threatened Species. Versión 2015.4. <www.iucnredlist.org>. Consultado el 29 de Enero de 2016.
- Jiménez-Sánchez, E., R. Quezada-García y J. Padilla-Ramírez. 2013. Diversidad de escarabajos necrófilos (Coleoptera: Scarabaeidae, Silphidae, Staphylinidae y Trogidae) en una región semiárida del valle de Zapotitlán de las Salinas, Puebla, México. *Rev. Biol. Trop.* 61(3):1475-1491.
- Koleff, P., J. Soberón, H. T. Arita, P. Dávila, O. Flores-Villela, J. Golubov, G. Halffter, A. Lira-Noriega, C. E. Moreno, E. Moreno, M. Munguía, A. G. Navarro-Sigüenza, O. Téllez, L. Ochoa-Ochoa, A. T. Peterson, P. Rodríguez. 2008. *Patrones de diversidad espacial en grupos selectos de especies*. En Capital natural de México, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad. Conabio, México, pp. 323-364.
- Lira, R., A. Casas, R. Rosas-López, M. Paredes-Flores, E. Pérez-Negrón, S. Rangel-Landa, L. Solís, I. Torres y P. Dávila. 2009. Traditional knowledge and useful plant richness in the Tehucán-Cuicatlán Valley, México. *Economic Botany* 20(10): 1-17.
- MacNeish, R. S. y M. W. Eubanks. 2000. Comparative Analysis of the Río Balsas and Tehuacán Models for the Origins of Maize. *Latin American Antiquity* 11 (1): 3-20.
- Margules, C. R., A. O. Nicholls y R. L. Pressey. 1998. Selecting networks of reserves to maximize biological diversity. *Biol. Conserv.* 43:63-76.
- Mason, A. J. 2012. OpenSolver - An Open Source Add-in to Solve Linear and Integer Programmes in Excel. En D. Klatte, H.-J. Lüthi y K. Schmedders. *Operations Research Proceedings 2011. Selected Papers of the International Conference on Operations Research (OR 2011), August 30 - September 2, 2011, Zurich, Switzerland*. pp. 407-412. Berlin, Springer. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-29210-1_64, <http://opensolver.org>
- Méndez-Larios, I. 2005. *Zonificación de la Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán: un enfoque fitogeográfico*. México. Tesis de Doctoral. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Estudios Superiores Iztacala.
- Méndez-Larios, I., E. Ortiz y J.L. Villaseñor. 2004. Las Magnoliophytas endémicas de la porción xerofítica de la provincia florística del Valle de Tehuacán-Cuicatlán, México. *Anales del Instituto de Biología* 75(1): 87-104.
- Méndez-Larios, I., R. Lira, H. Godínez-Alvarez, P. Dávila y E. Ortiz. 2006. Proposal for the establishment of the core zones in the Biosphere Reserve of Tehuacán-Cuicatlán, México. *Biodiversity and Conservation* 15: 1627-1659.

- Miguel-Talonia, C. 2011. Análisis fitográfico del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Miguel-Talonia, C., O. Téllez-Valdés y M. Murguía-Romero. 2014. Las cactáceas del Valle de Tehuacán-Cuicatlán, México: estimación de la calidad de muestreo. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85: 436-444.
- Núñez, I., E. Gonzáles y A. Barahona. 2003. La biodiversidad: historia y contexto de un concepto. *Interciencia* 28(7): 387-393.
- Ochoa, V. 2001. *Geomorfología, clima y vegetación del Valle de Tehuacan-Cuicatlán Pue.-Oax. México*. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Ortiz-Pulido, R., S. Anaid-Díaz, O. I. Valle-Díaz y A. D. Fisher. 2012. Hummingbirds and plants they visit in the Tehuacán-Cuicatlán Biosphere Reserve, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 83: 152-163.
- Otero-Arnaiz, A., A. Casas, M. C. Bartolo, E. Pérez-Negrón y A. Valiente-Banuet. 2003. Evolution of *Polaskia chichipe* (Cactaceae) under domestication in the Tehuacán Valley, Central Mexico: Reproductive biology. *American Journal of Botany* 90:593-602.
- Paredes-Flores, M., R. Lira, P. Dávila. 2007. Estudio etnobotánico de Zapotitlán Salinas, Puebla. *Acta Botánica Mexicana* 79: 13-61.
- Parra, F., N. Pérez-Nasser, R. Lira, D. Pérez-Salicrup y A. Casas. 2008. Population genetics and process of domestication of *Stenocereus pruinosus* (Cactaceae) in the Tehuacán Valley, México. *Journal of Arid Environments* 72: 1997-2010.
- Pearson, R. G. y P. D. Terence. 2003. Predicting the impacts of climate change on the distribution of species: are bioclimate envelope models useful? *Global Ecology and Biogeography* 12: 361-371.
- Phillips, S. J., M. Dudik, y R. E. Schapire. 2004. A maximum entropy approach to species distribution modeling. En *Proceedings of the 21st International Conference on Machine Learning*, Banff, Canada.
- Phillips, S. J., R. P. Anderson y R. E. Schapire. 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling* 190: 231-259.
- Possingham, H. P., J. Day, M. Goldfinch y F. Salzborn. 1993. The mathematics of designing a network of protected areas for conservation. En D. Sutton, E. Cousins, y C. Pierce (Eds.). *Decision sciences: Tools for today*. pp. 536-545 Proceedings of the 12th Australian Operations Research Conference, Australian Society for Operations Research, Adelaide, Australia.
- Pressey, R., C. Humphries, C. Margules, R. Vane-Wright y P. Williams. 1993. Beyond opportunism: Key principles for systematic reserve selection. *Trends in Ecology and Evolution* 8:124-128.
- QGIS Development Team. 2015. QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project. <http://qgis.osgeo.org>

- R Development Core Team (2008). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org>.
- Rebelo, A. G. 1994. *Iterative selection procedures: Centers of endemism and optimal placement of reserves*. *Strelitzia* 1: 231-257.
- Ríos-Casanova, L., A. Valiente-Banuet y V. Rico-Gray. 2004. Las hormigas del Valle de Tehuacán (Hymenoptera: Formicidae): Una comparación con otras zonas áridas de México. *Acta Zoológica Mexicana* (n.s.) 20(1):37-54.
- Rodrigues, A. S. L. y K. J. Gaston. 2002. Optimisation in reserve selection procedures-why not? *Biological Conservation* 107: 123-129.
- Rodríguez-Arévalo, I., A. Casas, R. Lira y J. Campos. 2006. Uso, manejo y procesos de domesticación de *Pachycereus hollianus* (F. A. C. Weber) Buxb. (Cactaceae), en el Valle de Tehuacán-Cuicatlán, México. *Interciencia* 31(9): 677-685.
- Rodríguez, P. 2009. La diversidad beta de México: Avances e implicaciones en la conservación de la biodiversidad. CONABIO. *Biodiversitas* 84: 6-10.
- Rodríguez, P., J. Soberón y H. T. Arita. 2003. El componente Beta de la diversidad de mamíferos de México. *Acta Zoológica Mexicana* (n.s.) 89: 241-259.
- Rodríguez, P. y H. T. Arita. 2004. Beta diversity and latitude in North American mammals: testing the hypothesis of covariation. *Ecography* 27: 547-556.
- Rojas-Martínez, A. y A. Valiente-Banuet. 1996. Análisis comparativo de la quiropterofauna del Valle de Tehuacán-Cuicatlán, Puebla-Oaxaca. *Acta Zoológica Mexicana* 67: 1-23.
- Rzedowski, J. 2006. *Vegetación de México*. Edición digital, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. pp. 504
- Salazar-Torres, J. M. 2001. Registro de guacamaya verde (*Ara militaris*) en los cañones del Río Sabino y Río Seco, Santa María Tecomavaca, Oaxaca. *Huitzil* 2:18-20.
- Sarkar, S. 2012. Complementarity and the selection of nature reserves: algorithms and the origins of conservation planning 1980-1995. *Arch. Hist. Exact Sci.* 66: 397-426.
- Soberón, J. y A. T. Peterson. 2005. Interpretation of models of fundamental ecological niches and species' distributional areas. *Biodiversity Informatics* 2: 1-10.
- Soberón, J., R. Jiménez, J. Golubov y P. Koleff. 2007. Assessing completeness of biodiversity databases at different spatial scales. *Ecography* 30: 152-160.
- Sosa, V., A. P. Vovides y G. Castillo-Campos. 1998. Monitoring endemic plant extinction in Veracruz, Mexico. *Biodiversity and Conservation* 7: 1521-1527.
- Squeo, F. A., L. Letelier, R. A. Esteves, L. A. Cavieres, M. Mihoc, D. López y G. Arancio. 2008. En F. A. Squeo, G. Arancio y J. R. Gutiérrez (Eds). *Libro Rojo de la Flora Nativa y de los Sitios Prioritarios para su Conservación: Región de Atacama*. pp. 137-163. Chile. Ediciones Universidad de La Serena.
- Téllez-Valdés, O. 2011. Base de datos de la distribución de la flora de la Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán. Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de

Estudios Superiores Iztacala. Base de datos SNIB-CONABIO proyecto No. BK029. México D. F.

- Téllez-Valdés, O. y P. Dávila-Aranda. 2003. Protected Areas and Climate Change: a Case Study of the Cacti in the Tehuacán-Cuicatlán Biosphere Reserve, México. *Conservation Biology* 17(3):846-853.
- Toledo, V. 1994. La diversidad biológica de México. Nuevos retos para la investigación en los noventas. *Ciencias* 34:45-58.
- Underhill, L. G. 1994. Optimal and suboptimal reserve selection algorithms. *Biological Conservation* 70: 85-87.
- Vane-Wright, R., C. Humphries y P. Williams. 1991. What to protect-systematics and the agony of choice. *Biological Conservation* 55: 235-254.
- Varela, S., R. G. Mateo, R. García-Valdés, F. Fernández-González. 2014. Macroecología y ecoinformática: sesgo, errores y predicciones en el modelado de distribuciones. *Ecosistemas* 23(1): 46-53.
- Vázquez, L., H. Moya y M. del C. Arizmedi. 2009. Avifauna de la selva baja caducifolia en la cañada del río Sabino, Oaxaca, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 80:535-549.
- Velázquez, A., J. F. Mas, J. R. Díaz-Gallegos, R. Mayorga-Saucedo, P. C. Alcántara, R. Castro, T. Fernández, G. Bocco, E. Ezcurra y J. L. Palacio. 2002. Patrones y tasas de cambio de uso del suelo en México. *Gaceta Ecológica* 62: 21-37.
- Villar-Hernández, B. de J. 2014. *Modelos bayesianos para la distribución de especies con registros de sólo presencias*. México. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados, Institución de enseñanza e investigación en ciencias agrícolas, Campus Montecillo.
- Villaseñor, J. L. 2003. Diversidad y distribución de las Magnoliophyta de México. *Interciencia* 28(3):160-167.
- Wilson, K., R. Pressey, A. Newton, M. Burgman, H. Possingham y C. Weston. 2005. Mesuring and incorporating vulnerability into conservation planning. *Enviromental Management* 35(5): 527-543.
- Whittaker, R. J., K. J. Willis y R. Field. 2001. Scale and species richness: towards a general, hierarchical theory of species diversity. *Journal of Biogeography* 28: 453-470.

ANEXO I. Especies útiles sin registros en la RBTC

Especies útiles sin registros en la RBTC

Acacia sericea Mart. y Gal.

Bouteloua radicata (Fourn.) Griffiths

Bursera mirandae Tol.

Cordia spinescens L.

Chloris submutica Kunth

Dahlia merckii Lehm.

Echeveria gibbiflora DC.

Epidendrum longipetalum A. Rich. y Gal.

Gaura coccinea Nutt.

Helenium mexicanum Kunth

Hibiscus rosa-sinensis L.

Ipomoea tricolor Cav.

Mirabilis glabrifolia (Ortega) I. M. Johnst.

Pachyrhizus erosus (L.) Urb.

Penstemon campanulatus (Cav.) Willd.

Physalis foetens Poir.

Quercus mexicana Hunm. y Bonpl.

Quercus peduncularis Nee

Salix bonplandiana Kunth

ANEXO II. Cuadro de resultados de los MDE

especie	Número de UGO's			Factor de incremento	Valor de AUC
	Distribución potencial	Distribución conocida	Adquiridas		
<i>Acacia acatensis</i> Benth.	116	15	101	6.73	0.961
<i>Acacia angustissima</i> (Miller) Kuntze	139	13	126	9.69	0.962
<i>Acacia bilimekii</i> Macbr.	22	6	16	2.67	0.997
<i>Acacia cochliacantha</i> Humb. & Bonp. ex Willd.	55	21	34	1.62	0.986
<i>Acacia constricta</i> Benth.	28	21	7	0.33	0.981
<i>Acacia coulteri</i> Benth.	76	7	69	9.86	0.972
<i>Acacia farnesiana</i> (L.) Willd.	123	16	107	6.69	0.910
<i>Acacia macracantha</i> Humb. & Bonp. ex Willd.	68	16	52	3.25	0.960
<i>Acacia schaffneri</i> (S. Watson) F. J. Herm.	87	9	78	8.67	0.976
<i>Acacia subangulata</i> Rose	72	20	52	2.60	0.975
<i>Acalypha hederacea</i> Torrey	93	12	81	6.75	0.939
<i>Acourtia scapiformis</i> (Bacigal) B. Turner	110	9	101	11.22	0.657
<i>Actinocheita potentillifolia</i> (Turcz.) Bullock	84	22	62	2.82	0.950
<i>Aeschynomene compacta</i> Rose	69	24	45	1.88	0.977
<i>Aeschynomene fascicularis</i> Schldl.	92	8	84	10.50	0.994
<i>Aeschynomene purpusii</i> Brandegee	75	6	69	11.50	0.914
<i>Agave karwinskii</i> Zucc.	30	10	20	2.00	0.977
<i>Agave kerchovei</i> Lem.	75	23	52	2.26	0.954
<i>Agave macroacantha</i> Zucc.	66	15	51	3.40	0.871
<i>Agave marmorata</i> Roezl	57	15	42	2.80	0.935
<i>Agave peacockii</i> Croucher	8	2	6	3.00	0.998
<i>Agave potatorum</i> Zucc.	102	31	71	2.29	0.961
<i>Agave salmiana</i> Otto & Salm-Dyck	111	24	87	3.63	0.975
<i>Agave stricta</i> Salm-Dyck	71	12	59	4.92	0.997
<i>Agave triangularis</i> Jacobi	83	7	76	10.86	0.998
<i>Ageratina espinosarum</i> (A. Gray) King & H. Rob.	122	7	115	16.43	0.902
<i>Ageratum tehuacanum</i> King & H. Rob.	117	26	91	3.50	0.932
<i>Alnus firmifolia</i> Fern.	18	5	13	2.60	0.970
<i>Amaranthus hybridus</i> L.	120	16	104	6.50	0.975
<i>Amelanchier denticulata</i> (Kunth) Koch	80	24	56	2.33	0.879
<i>Anagallis arvensis</i> L.	90	6	84	14.00	0.800
<i>Anemone mexicana</i> Kunth	57	8	49	6.13	0.994
<i>Anoda cristata</i> (L.) Schldl.	109	8	101	12.63	0.946
<i>Antiphytum heliotropioides</i> DC.	59	5	54	10.80	0.990
<i>Aralia humilis</i> Cav.	142	19	123	6.47	0.873
<i>Arbutus xalapensis</i> Kunth	66	14	52	3.71	0.981
<i>Arctostaphylos pungens</i> Kunth	125	12	113	9.42	0.895
<i>Asclepias linaria</i> Cav.	103	16	87	5.44	0.867
<i>Baccharis conferta</i> Kunth	120	7	113	16.14	0.960
<i>Barkleyanthus salicifolius</i> (Kunth) H. Rob. & Brettell	128	8	120	15.00	0.768
<i>Beaucarnea gracilis</i> Lem.	85	25	60	2.40	0.938
<i>Bouvardia longiflora</i> (Cav.) Kunth	81	22	59	2.68	0.922
<i>Bouvardia ternifolia</i> (Cav.) Schldl.	134	30	104	3.47	0.893
<i>Brahea dulcis</i> (Kunth) Martius	94	17	77	4.53	0.983
<i>Brahea nitida</i> André	78	4	74	18.50	0.986
<i>Brassica oleracea</i> L.	111	17	94	5.53	0.868
<i>Brickellia veronicifolia</i> (Kunth) A. Gray	114	12	102	8.50	0.806
<i>Brongniartia oligosperma</i> Baillon	46	10	36	3.60	0.986
<i>Buddleja parviflora</i> Kunth	86	10	76	7.60	0.894
<i>Bursera aloexylon</i> Engelm.	116	8	108	13.50	0.982
<i>Bursera aptera</i> Ramírez	90	35	55	1.57	0.965
<i>Bursera arida</i> (Rose) Standley	97	16	81	5.06	0.965
<i>Bursera biflora</i> (Rose) Standley	96	26	70	2.69	0.923

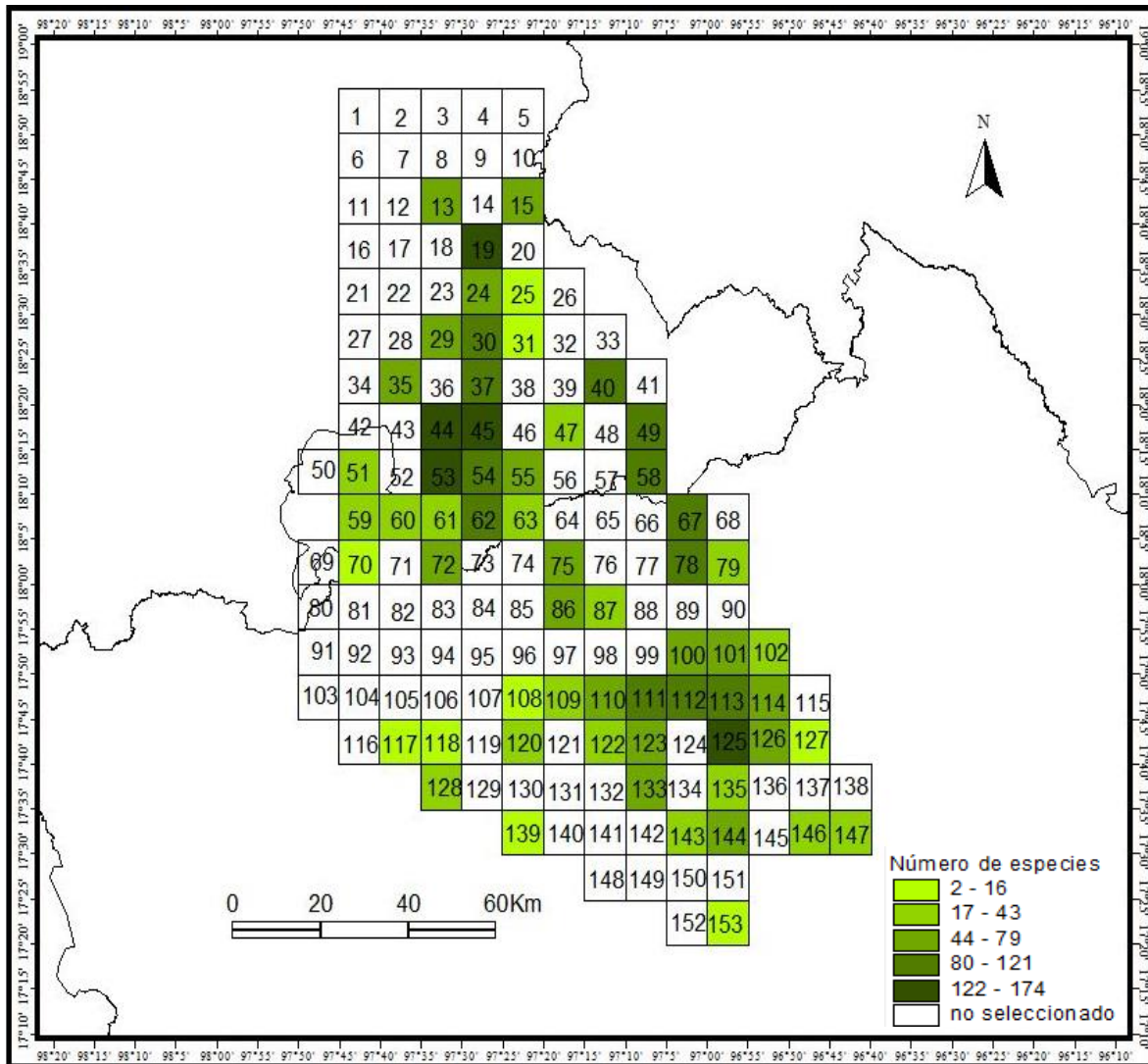
<i>Bursera cinerea</i> Englem.	115	10	105	10.50	0.915
<i>Bursera fagaroides</i> (Kunth) Englem.	105	23	82	3.57	0.908
<i>Bursera galeottiana</i> Englem.	134	14	120	8.57	0.953
<i>Bursera glabrifolia</i> (Kunth) Englem.	63	12	51	4.25	0.909
<i>Bursera morelensis</i> Ramírez	73	21	52	2.48	0.896
<i>Bursera schlechtendalii</i> Englem.	80	25	55	2.20	0.968
<i>Bursera submoniliformis</i> Englem.	64	22	42	1.91	0.954
<i>Caesalpinia melanadenia</i> (Rose) Standley	47	14	33	2.36	0.996
<i>Calia secundiflora</i> (Ortega) Yakovlev	77	12	65	5.42	0.901
<i>Calliandra eriophylla</i> Benth.	70	9	61	6.78	0.962
<i>Calliandra grandiflora</i> (L'Hér.) Benth.	82	14	68	4.86	0.840
<i>Calliandropsis nervosus</i> (Britton & Rose) H. Hern. & Guinet	85	13	72	5.54	0.987
<i>Callisia navicularis</i> (Ortega) D. Hunt	122	6	116	19.33	0.908
<i>Canavalia villosa</i> Benth.	75	9	66	7.33	0.964
<i>Capparis incana</i> Kunth	31	9	22	2.44	0.996
<i>Cardiospermum halicacabum</i> L.	80	21	59	2.81	0.976
<i>Carlowrightia neesiana</i> (Schauer ex Ness) T. Daniel	59	13	46	3.54	0.867
<i>Castela erecta</i> Turpin	55	22	33	1.50	0.988
<i>Ceiba aesculifolia</i> (H. B. & K.) Britten & Baker f.	53	25	28	1.12	0.988
<i>Ceiba parvifolia</i> Rose	38	10	28	2.80	0.979
<i>Celtis pallida</i> Torrey	49	16	33	2.06	0.980
<i>Cenchrus echinatus</i> L.	44	6	38	6.33	0.814
<i>Cephalocereus columna-trajani</i> (Karw.) Schum.	60	13	47	3.62	0.969
<i>Chamaesyce dioica</i> (Kunth) Millsp.	153	8	145	18.13	0.956
<i>Chrysactinia mexicana</i> A. Gray	91	6	85	14.17	0.996
<i>Cissus tuberosa</i> DC.	70	16	54	3.38	0.981
<i>Cnidoscolus tehuacanensis</i> Breckon	83	30	53	1.77	0.970
<i>Cologania angustifolia</i> Kunth	140	7	133	19.00	0.789
<i>Comarostaphylis polifolia</i> (Kunth) Zucc. ex Klotz	67	16	51	3.19	0.914
<i>Commelina coelestis</i> Willd.	133	17	116	6.82	0.830
<i>Commelina diffusa</i> Burmann f.	135	14	121	8.64	0.808
<i>Commelina erecta</i> L.	114	11	103	9.36	0.646
<i>Commelina tuberosa</i> L.	63	11	52	4.73	0.807
<i>Commicarpus scandens</i> (L.) Standley	128	6	122	20.33	0.969
<i>Conopholis alpina</i> Liebm.	124	15	109	7.27	0.940
<i>Conzattia multiflora</i> (Robinson) Standley	134	15	119	7.93	0.947
<i>Cordia curassavica</i> (Jacq.) Roemer & Schultes	75	34	41	1.21	0.938
<i>Coryphantha pallida</i> Britton & Rose	112	30	82	2.73	0.952
<i>Coryphantha pycnantha</i> (Mart.) Lem.	28	3	25	8.33	0.685
<i>Cyrtocarpa procera</i> Kunth	30	15	15	1.00	0.949
<i>Dahlia coccinea</i> Cav.	111	10	101	10.10	0.935
<i>Dalea carthagenensis</i> (Jacq.) Macbr.	89	21	68	3.24	0.972
<i>Dalea tomentosa</i> Willd.	89	10	79	7.90	0.916
<i>Dasyllirion serratifolium</i> Karw.	79	10	69	6.90	0.837
<i>Desmanthodium ovatum</i> Benth.	42	4	38	9.50	0.984
<i>Desmodium molliculum</i> (Kunth) DC.	45	5	40	8.00	0.988
<i>Desmodium orbiculare</i> Schldl.	104	15	89	5.93	0.863
<i>Desmodium subsessile</i> Schldl.	46	7	39	5.57	0.950
<i>Dodonaea viscosa</i> (L.) Jacq.	131	33	98	2.97	0.938
<i>Dyssodia papposa</i> (Vent.) Hitchc.	112	9	103	11.44	0.850
<i>Echinocactus platyacanthus</i> Link & Otto	32	16	16	1.00	0.976
<i>Ephedra compacta</i> Rose	91	6	85	14.17	0.966
<i>Erodium cicutarium</i> (L.) L'Hér.	92	5	87	17.40	0.604
<i>Escontria chiotilla</i> (F. A. C. Weber) Rose	72	21	51	2.43	0.976
<i>Euphorbia antisiphilitica</i> Zucc.	33	10	23	2.30	0.992
<i>Euphorbia heterophylla</i> L.	111	7	104	14.86	0.653
<i>Euphorbia schlechtendalii</i> Boiss.	38	12	26	2.17	0.999
<i>Euphorbia tricolor</i> Greenman	150	7	143	20.43	0.669
<i>Eysenhardtia polystachya</i> (Ortega) Sarg.	136	25	111	4.44	0.927
<i>Ferocactus robustus</i> (Pfeiffer) Britton & Rose	51	18	33	1.83	0.992
<i>Ferocactus flavovirens</i> (Scheidw.) Britton & Rose	58	16	42	2.63	0.969

<i>Ferocactus latispinus</i> (Haw.) Britton & Rose	55	17	38	2.24	0.993
<i>Ferocactus recurvus</i> (Miller) G. Lindsay	113	29	84	2.90	0.950
<i>Flaveria trinervia</i> (Sprengel) C. Mohr	50	6	44	7.33	0.965
<i>Florestina simplicifolia</i> B. Turner	103	9	94	10.44	0.948
<i>Fouquieria formosa</i> H.B. & K.	66	24	42	1.75	0.972
<i>Fraxinus purpusii</i> Brandegee	82	11	71	6.45	0.898
<i>Galactia brachystachys</i> Benth.	102	11	91	8.27	0.715
<i>Galphimia glauca</i> Cav.	95	22	73	3.32	0.922
<i>Garrya ovata</i> Benth.	127	8	119	14.88	0.872
<i>Gibasis consobrina</i> D. Hunt	138	7	131	18.71	0.554
<i>Gochnatia hypoleuca</i> (DC.) A. Gray	108	19	89	4.68	0.972
<i>Gomphrena decumbens</i> Jacq.	117	26	91	3.50	0.930
<i>Gymnosperma glutinosum</i> (Sprengel) Less.	109	49	60	1.22	0.953
<i>Hechtia glomerata</i> Zucc.	58	6	52	8.67	0.983
<i>Hechtia podantha</i> Mez	61	15	46	3.07	0.964
<i>Heliotropium angiospermum</i> Murray	112	12	100	8.33	0.976
<i>Indigofera konzattii</i> Rose	131	10	121	12.10	0.931
<i>Ipomoea arborescens</i> G. Don	103	21	82	3.90	0.978
<i>Ipomoea konzattii</i> Greenman	122	12	110	9.17	0.879
<i>Ipomoea murucoides</i> Roemer & Schultes	117	9	108	12.00	0.880
<i>Ipomoea pauciflora</i> Mart. & Gal.	97	36	61	1.69	0.933
<i>Ipomoea purpurea</i> (L.) Roth.	138	10	128	12.80	0.829
<i>Iresine calea</i> (Ibáñez) Standley	93	7	86	12.29	0.870
<i>Iresine discolor</i> Greenman	67	9	58	6.44	0.944
<i>Iresine schaffneri</i> S. Watson	44	7	37	5.29	0.620
<i>Jatropha dioica</i> Sessé	147	11	136	12.36	0.932
<i>Jatropha neopauciflora</i> Pax	76	18	58	3.22	0.955
<i>Juniperus deppeana</i> Steudel	82	9	73	8.11	0.815
<i>Juniperus flaccida</i> Schldl.	121	16	105	6.56	0.878
<i>Justicia gonzalezii</i> (Greenman) Henrickson & Hiriart	147	9	138	15.33	0.974
<i>Justicia mexicana</i> Rose	61	10	51	5.10	0.998
<i>Karwinskia humboldtiana</i> (Roemer & Schultes) Zucc.	98	31	67	2.16	0.966
<i>Krameria cytisoides</i> Cav.	87	18	69	3.83	0.958
<i>Lamourouxia dasyantha</i> (Cham. & Schldl.) Ernst	76	19	57	3.00	0.878
<i>Lamourouxia nelsonii</i> Rob. & Greenm.	110	11	99	9.00	0.807
<i>Lamourouxia viscosa</i> Kunth	121	12	109	9.08	0.908
<i>Lantana camara</i> L.	106	41	65	1.59	0.914
<i>Lantana involucrata</i> L.	100	16	84	5.25	0.956
<i>Leucaena esculenta</i> (Mociño & Sessé ex DC.) Benth.	116	16	100	6.25	0.934
<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit	59	6	53	8.83	0.984
<i>Lippia graveolens</i> Kunth	80	38	42	1.11	0.920
<i>Lippia oaxacana</i> Rob. & Greenm.	132	10	122	12.20	0.836
<i>Loeselia caerulea</i> (Cav.) G. Don.	119	32	87	2.72	0.921
<i>Lysiloma acapulcense</i> (Kunth) Benth.	96	8	88	11.00	0.910
<i>Lysiloma divaricata</i> (Jacq.) Macbr.	110	14	96	6.86	0.856
<i>Macroptilium atropurpureum</i> (Sessé & Mociño ex DC.) Urban	88	14	74	5.29	0.926
<i>Malpighia galeottiana</i> Adr. Juss.	68	9	59	6.56	0.896
<i>Malpighia mexicana</i> Adr. Juss.	153	7	146	20.86	0.896
<i>Mammillaria sphaelata</i> C. Martius	73	26	47	1.81	0.975
<i>Mammillaria carnea</i> Zucc. ex Pfeiffer	88	26	62	2.38	0.973
<i>Mammillaria haageana</i> Pfeiffer	58	26	32	1.23	0.973
<i>Manihotoides pauciflora</i> (Brandegee) Rogers & Appan	69	7	62	8.86	0.924
<i>Marsdenia parvifolia</i> Brandegee	67	7	60	8.57	0.962
<i>Mascagnia parvifolia</i> Griseb.	73	21	52	2.48	0.976
<i>Melochia pyramidata</i> L.	49	12	37	3.08	0.984
<i>Melochia tomentosa</i> L.	69	9	60	6.67	0.927
<i>Mentzelia hispida</i> Willd.	100	24	76	3.17	0.976
<i>Mimosa lacerata</i> Rose	122	7	115	16.43	0.825
<i>Mimosa luisana</i> Brandegee	52	25	27	1.08	0.961
<i>Mitrocereus fulviceps</i> (F. A. C. Weber) Backeb.	87	10	77	7.70	0.955
<i>Morkillia mexicana</i> (Mociño & Sessé) Rose & Painter	82	12	70	5.83	0.958

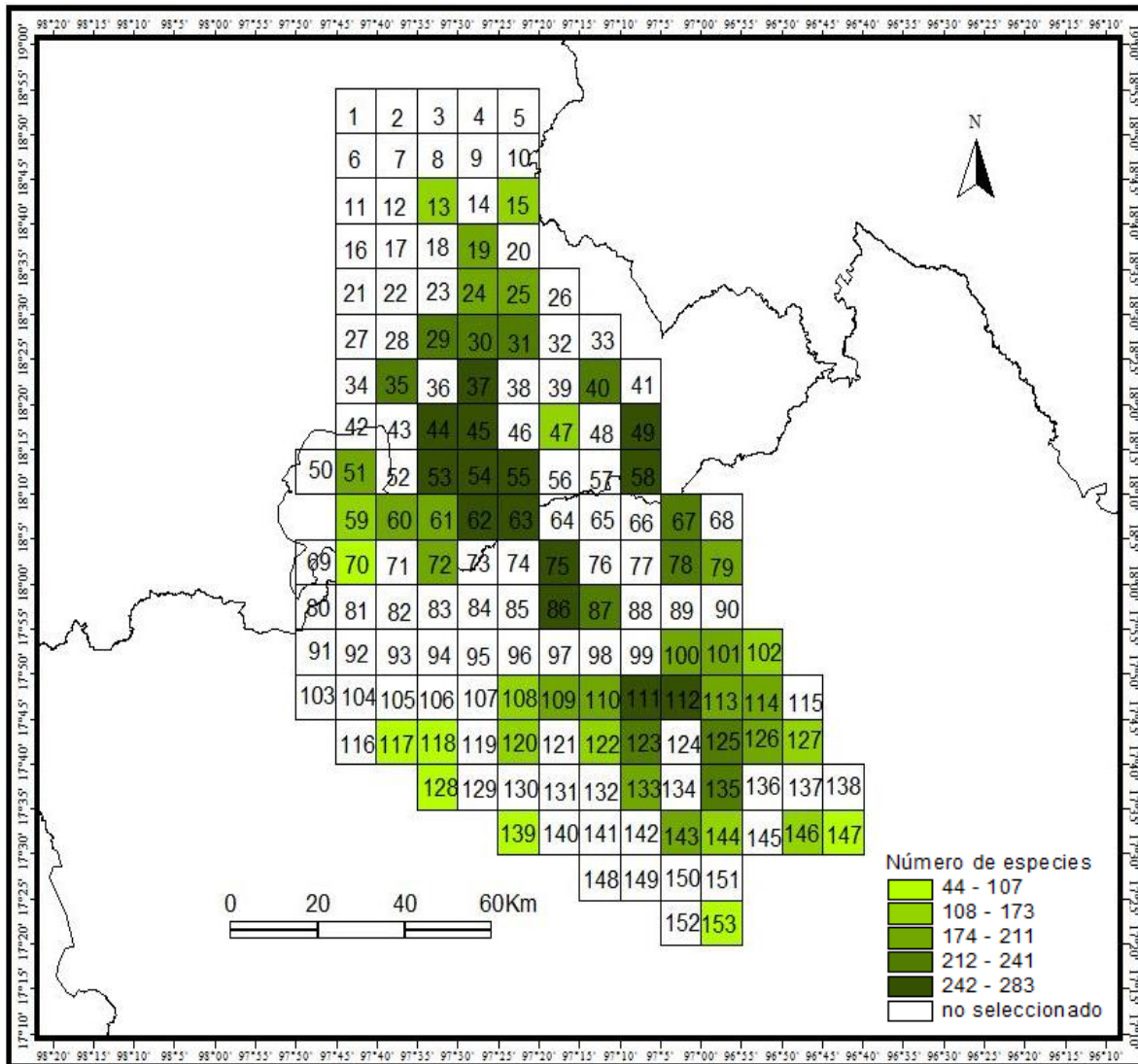
<i>Myrtillocactus geometrizans</i> (C. Martius) Console	66	30	36	1.20	0.943
<i>Neobuxbaumia macrocephala</i> (F. A. C. Weber) Dawson	14	7	7	1.00	0.991
<i>Neobuxbaumia tetetzo</i> (F. A. C. Weber) Backeb.	52	17	35	2.06	0.986
<i>Nicotiana glauca</i> Graham	98	22	76	3.45	0.928
<i>Nissolia microptera</i> Poiret	104	8	96	12.00	0.923
<i>Opuntia decumbens</i> Salm-Dyck	60	14	46	3.29	0.981
<i>Opuntia huajuapensis</i> H. Brav.-Holl.	96	10	86	8.60	0.958
<i>Opuntia pilifera</i> F. A. C. Weber	91	39	52	1.33	0.946
<i>Opuntia depressa</i> Rose	76	23	53	2.30	0.945
<i>Pachycereus hollianus</i> (F.A.C.Weber) Buxb.	22	15	7	0.47	0.979
<i>Pachycereus marginatus</i> (DC.) Britton & Rose	88	19	69	3.63	0.762
<i>Pachycereus weberi</i> (J.Coulter) Backeb.	62	23	39	1.70	0.973
<i>Parkinsonia praecox</i> (Ruiz & Pav.) Hawkins	43	17	26	1.53	0.947
<i>Parthenium bipinnatifidum</i> (Ortega) Rollins	93	23	70	3.04	0.967
<i>Parthenium hysterophorus</i> L.	141	12	129	10.75	0.892
<i>Parthenium tomentosum</i> DC.	99	15	84	5.60	0.945
<i>Pedilanthus cymbiferus</i> Schldl.	75	11	64	5.82	0.980
<i>Peperomia campylotropa</i> Hill	115	6	109	18.17	0.946
<i>Perymenium discolor</i> Schrader	105	11	94	8.55	0.938
<i>Perymenium mendezii</i> DC.	104	18	86	4.78	0.983
<i>Phaseolus coccineus</i> L.	143	7	136	19.43	0.896
<i>Phytolacca icosandra</i> L.	145	9	136	15.11	0.845
<i>Pilosocereus chrysacanthus</i> (Lag. & Rodr.) N.P.Taylor	73	19	54	2.84	0.937
<i>Pinaropappus roseus</i> Less.	97	6	91	15.17	0.591
<i>Pinguicula moranensis</i> Kunth	83	8	75	9.38	0.947
<i>Piqueria trinervia</i> Cav.	117	12	105	8.75	0.799
<i>Pithecellobium dulce</i> (Roxb.) Benth.	33	7	26	3.71	0.970
<i>Plocosperma buxifolium</i> Benth.	29	12	17	1.42	0.996
<i>Plumbago scandens</i> L.	86	8	78	9.75	0.885
<i>Plumeria rubra</i> L.	61	22	39	1.77	0.925
<i>Polaskia chichipe</i> (Gosselin) Backeb.	81	8	73	9.13	0.970
<i>Porophyllum linaria</i> DC.	123	18	105	5.83	0.767
<i>Portulaca pilosa</i> L.	100	7	93	13.29	0.870
<i>Prosopis laevigata</i> (Humb. & Bonpl. ex Willd) M. C. Johnston	73	37	36	0.97	0.981
<i>Pseudosmodium multifolium</i> Rose	71	31	40	1.29	0.961
<i>Ptelea trifoliata</i> L.	59	21	38	1.81	0.960
<i>Pterostemon rotundifolius</i> Ramírez	100	13	87	6.69	0.936
<i>Quercus acutifolia</i> Née	84	16	68	4.25	0.921
<i>Quercus castanea</i> Née	72	8	64	8.00	0.919
<i>Quercus crassifolia</i> Humb. & Bonpl.	49	6	43	7.17	0.891
<i>Quercus deserticola</i> Trel.	90	6	84	14.00	0.699
<i>Quercus glaucoides</i> Mart. & Gal.	142	10	132	13.20	0.874
<i>Quercus laurina</i> Humb. & Bonpl.	85	5	80	16.00	0.928
<i>Quercus magnoliifolia</i> Née	65	7	58	8.29	0.932
<i>Quercus obtusata</i> Humb. & Bonpl.	86	10	76	7.60	0.964
<i>Quercus rugosa</i> Née	107	9	98	10.89	0.804
<i>Quercus sebifera</i> Trel.	62	16	46	2.88	0.959
<i>Quercus urbanii</i> Trel.	55	5	50	10.00	0.898
<i>Randia capitata</i> DC.	126	7	119	17.00	0.889
<i>Ranunculus petiolaris</i> Kunth ex DC.	33	5	28	5.60	0.988
<i>Rhus chondroloma</i> Standley	98	16	82	5.13	0.997
<i>Rhus standleyi</i> Barkley	111	26	85	3.27	0.897
<i>Rhus virens</i> Lindh.	125	9	116	12.89	0.927
<i>Rhynchelytrum repens</i> (Willd) C. E. Hubb.	104	36	68	1.89	0.908
<i>Rhynchosia senna</i> Gill. ex Hook.	113	7	106	15.14	0.624
<i>Rivina humilis</i> L.	55	6	49	8.17	0.894
<i>Russelia obtusata</i> S. F. Blake	108	7	101	14.43	0.996
<i>Salvia amarissima</i> Ortega	144	14	130	9.29	0.608
<i>Salvia aspera</i> Mart. & Gal.	89	18	71	3.94	0.960
<i>Salvia candicans</i> Mart. & Gal.	73	23	50	2.17	0.947
<i>Salvia oaxacana</i> Fern.	66	10	56	5.60	0.822

<i>Salvia purpurea</i> Cav.	144	7	137	19.57	0.974
<i>Salvia thymoides</i> Benth.	91	30	61	2.03	0.959
<i>Sanvitalia fruticosa</i> Hemsley	69	20	49	2.45	0.986
<i>Sanvitalia procumbens</i> Lam.	112	19	93	4.89	0.866
<i>Satureja mexicana</i> (Benth.) Briq.	108	8	100	12.50	0.728
<i>Schinus molle</i> L.	97	18	79	4.39	0.889
<i>Senna holwayana</i> (Rose) Irwin & Barneby	80	21	59	2.81	0.940
<i>Senna unijuga</i> (Rose) Irwin & Barneby	133	8	125	15.63	0.970
<i>Senna wislizenii</i> (A. Gray) Irwin & Barneby	55	21	34	1.62	0.980
<i>Solanum americanum</i> Miller	151	7	144	20.57	0.544
<i>Solanum erianthum</i> D. Don.	103	9	94	10.44	0.941
<i>Solanum lanceolatum</i> Cav.	106	20	86	4.30	0.922
<i>Solanum rostratum</i> Dunal	137	11	126	11.45	0.968
<i>Solanum tridynamum</i> Dunal	80	17	63	3.71	0.984
<i>Sonchus oleraceus</i> L.	129	10	119	11.90	0.868
<i>Stenocereus dumortieri</i> (Scheidw.) F. Buxb	59	4	55	13.75	0.952
<i>Stenocereus pruinosus</i> (Otto) F. Buxb.	78	22	56	2.55	0.965
<i>Stenocereus stellatus</i> (Pfeiffer) Riccob.	77	14	63	4.50	0.978
<i>Tagetes lucida</i> Cav.	84	9	75	8.33	0.937
<i>Tagetes micrantha</i> Cav.	117	18	99	5.50	0.723
<i>Taraxacum officinale</i> Wigg.	90	9	81	9.00	0.962
<i>Tecoma stans</i> (L.) Juss. ex Kunth	138	37	101	2.73	0.892
<i>Tillandsia recurvata</i> L.	106	61	45	0.74	0.945
<i>Tillandsia usneoides</i> L.	127	27	100	3.70	0.950
<i>Tradescantia crassifolia</i> Cav.	129	14	115	8.21	0.801
<i>Tridax coronopifolia</i> (Kunth) Hemsley	87	13	74	5.69	0.911
<i>Trixis pringlei</i> Rob. & Greenm.	81	7	74	10.57	0.971
<i>Turnera diffusa</i> Willd.	73	17	56	3.29	0.950
<i>Vallesia glabra</i> (Cav.) Link	44	13	31	2.38	0.978
<i>Viguiera dentata</i> (Cav.) Sprengel	31	17	14	0.82	0.988
<i>Waltheria americana</i> L.	97	6	91	15.17	0.956
<i>Wigandia urens</i> (Ruiz & Pavón) Kunth	113	19	94	4.95	0.931
<i>Wimmeria microphylla</i> Radlk.	73	13	60	4.62	0.943
<i>Yucca periculosa</i> Becker	45	21	24	1.14	0.971
<i>Zea mays</i> L.	153	8	145	18.13	0.608
<i>Zinnia peruviana</i> (L.) L.	110	31	79	2.55	0.896

Anexo III. Mínimo conjunto de UGO's



AIII-1. Mínimo conjunto de UGO's para conservar el 100% de las especies utilizadas en este estudio ocupando la distribución conocida.



AIII-2. Mínimo conjunto de UGO's para conservar el 100% de las especies utilizadas en este estudio ocupando la distribución potencial.