



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

---

**FACULTAD DE CIENCIAS  
LICENCIATURA EN BIOLOGÍA**

**Treinta y dos especies con importancia  
etnobotánica del Valle de México:  
Del Códice de la Cruz-Badiano  
a propuestas para su conservación**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE  
BIÓLOGO**

**P R E S E N T A**

**RICARDO GONZÁLEZ HERNÁNDEZ**

**ASESOR**

**DR. ROBERT ARTHUR BYE BOETTLER**

**JARDÍN BOTÁNICO, IBUNAM**



**Ciudad de México**

**2019**



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.



## DEDICATORIA Y AGRADECIMIENTOS

A mis padres por todo su esfuerzo, apoyo, amor y paciencia.

A mis hermanos por mostrarme el camino.

A mis amigos y colegas por el tiempo compartido, tanto de trabajo como de locuras, especialmente a Zyanya, César, Daniel, Proo, Bren, Alejandrita, Annamari, Iri, mi tocayo, Adri y Mike.

A Vale que me dio ese empuje que todos necesitamos cuando creemos que no podemos, por su cariño y apoyo.

A Jannette, que me brindó un espacio para crecer y seguirme desarrollando en lo profesional y personal.

A Nader, que me mostró el camino a la biología e hizo que me terminara de apasionar en la ciencia.

A todas y todos los profesores de la licenciatura que contribuyeron a mi formación académica, profesional y personal.

Agradezco especialmente al Dr. Robert Bye, por su guía, su confianza y por el conocimiento compartido a lo largo de estos años.

También agradezco especialmente a la M. en C. Virginia por toda su paciencia y el aprendizaje personal y académico.

A las y los académicos que revisaron mi trabajo y aportaron con correcciones y comentarios: Dr. Ricardo Reyes Chilpa, Dra. María del Consuelo Bonfil Sanders, M. en C. Edelmira Linares Mazari y M. en Cc. Virginia Evangelista Oliva.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el apoyo económico brindado por medio del apoyo a ayudantes de investigador.

## RESUMEN

Hoy, el *Libellus de Medicinalibus Indorum Herbis*, también conocido como Códice de la Cruz-Badiano (CC-B), es uno de los documentos más importantes para entender el papel de las plantas medicinales mexicanas entre las culturas del pasado. Este texto resulta importante debido a que las plantas medicinales son un recurso biocultural amplio y valioso en México. El registro nacional de plantas medicinales indica que 15% de la flora vascular mexicana ha sido empleada en algún momento de la historia con fines medicinales.

Con el objetivo de determinar cuáles de las plantas medicinales distribuidas en el Valle de México (VM) mencionadas en el Códice de la Cruz-Badiano necesitan un plan de conservación, se seleccionaron 32 especies, considerando que se distribuyeran en el VM y que contaran con al menos diez registros de colectas dentro de esta área. Se elaboraron mapas de distribución potencial, empleando modelado de nicho ecológico. A partir de estos mapas, se realizaron mapas modelos de superposición. Se encontró que en la zona metropolitana de la Ciudad de México, podrían ocurrir un máximo de 22 especies dentro del polígono decretado para el Parque Nacional Lomas de Padierna y hasta 21 en la Zona Ecológica y Cultural Bosque de Tlalpan, siendo estos sitios dónde más concurrencia de especies hay en el VM según los modelos creados.

Se evaluaron los tres criterios propuestos por Primack (2010), endemismos, vulnerabilidad y utilidad, y un criterio de estatus de manejo de las plantas seleccionadas, se propone que, al cumplir los criterios, las especies seleccionadas deban ser integradas en el plan de manejo de alguna Área Natural Protegida (ANP) para su conservación.

Por otro lado, se encontró que los polígonos de las ANP, donde los modelos de distribución de las especies se superponen, han sido afectados significativamente por la mancha urbana de la zona metropolitana de la Ciudad de México, ocasionando inconvenientes en la conservación de las especies seleccionadas.

# ÍNDICE

<b>RESUMEN .....</b>	<b>4</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>6</b>
<b>II. OBJETIVOS .....</b>	<b>9</b>
<b>III. ANTECEDENTES .....</b>	<b>10</b>
<b>IV. MARCO TEÓRICO</b>	
<b>4.1 Descripción y delimitación del Valle de México .....</b>	<b>12</b>
<b>4.2 Cultura mexicana .....</b>	<b>14</b>
<b>4.3 El Códice de la Cruz-Badiano .....</b>	<b>16</b>
<b>4.4 Medicina tradicional mexicana .....</b>	<b>18</b>
<b>4.5 Etnobotánica .....</b>	<b>19</b>
<b>4.6 Etnobotánica histórica .....</b>	<b>20</b>
<b>4.7 Relación entre la población humana y las ANP .....</b>	<b>21</b>
<b>4.8 Conservación de la diversidad biológica .....</b>	<b>21</b>
<b>4.9 Biogeografía: aplicación del modelado de nicho ecológico .....</b>	<b>23</b>
<b>4.10 Áreas Naturales Protegidas .....</b>	<b>27</b>
<b>V. MÉTODOS .....</b>	<b>30</b>
<b>VI. RESULTADOS .....</b>	<b>33</b>
<b>VII. DISCUSIÓN .....</b>	<b>78</b>
<b>VIII. CONCLUSIONES .....</b>	<b>93</b>
<b>IX. REFERENCIAS .....</b>	<b>95</b>
<b>X. ANEXOS .....</b>	<b>104</b>

## I. INTRODUCCIÓN

El *Libellus de Medicinalibus Indorum Herbis* (*Libro de las Hierbas Medicinales de los Indios*), fue escrito en náhuatl en 1552 por Martín de la Cruz y traducido al latín el mismo año por Juan Badiano. Este manuscrito, también llamado Códice de la Cruz-Badiano (CC-B), fue elaborado por encargo de Francisco de Mendoza, quien fue hijo del virrey Antonio de Mendoza (Viesca, 1992).

El CC-B cuenta con una descripción resumida de la práctica médica de los mexicas, incluyendo plantas, animales y minerales; pero también incluye prácticas médicas europeas basadas en la teoría humoral de las enfermedades (Bejar *et al.*, 2000; Ríos-Castillo *et al.*, 2012). Es un auténtico compendio con referencia de 224 plantas medicinales usadas en el siglo XVI, destinado a la curación y el tratamiento de las múltiples enfermedades que afectaban en ese momento a los habitantes de la Nueva España (Kumate *et al.*, 1992; Bye y Linares, 2013).

A pesar de que el CC-B es el más antiguo y valioso herbolario mexicano y el primer libro-testimonio sobre medicina y botánica de América, la medicina herbolaria es una práctica milenaria en México. Desde las culturas prehispánicas, existe esta práctica, así como sistemas varios de salud, basados en la propia cosmovisión de la salud y la enfermedad. Este conjunto de sistemas es a lo que llamamos en la actualidad Medicina Tradicional (Valdés-Gutiérrez *et al.*, 1992).

Dentro de la medicina tradicional, las plantas medicinales son el recurso material más amplio y valioso en México. El registro nacional de plantas medicinales es de 3,352 especies, de las 25,000 especies de plantas vasculares descritas hasta el momento. Esto convierte a México en el segundo país a nivel mundial con más plantas medicinales registradas (Rodríguez y Betancourt, 2018), pues aproximadamente el 15% de la flora vascular mexicana ha sido empleada en algún momento de la historia con fines medicinales (Bye *et al.*, 1995).

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), en 2004, cerca del 80% de la población de los países en vías de desarrollo (como México), utilizaba las plantas medicinales como forma de atención primaria. La OMS en 2013 publicó la Estrategia de Medicina Tradicional 2014-2023. Esto significa que la medicina

tradicional tiene importancia médica y cultural actual; por lo que, a pesar de la tendencia a la urbanización y la aparición de los hospitales alópatas en áreas alejadas de las ciudades, es necesario un proceso de revalorización de este conocimiento.

Tanto México como el mundo atraviesa por una crisis de biodiversidad, que se refiere a la pérdida acelerada de la variedad genética de especies y ecosistemas (Cruz *et al.*, 2006). Debido a que hay una fuerte relación entre la disminución de diversidad biológica y la pérdida cultural, todos los sectores (gubernamental, privado, académico y de sociedad civil) han invertido esfuerzos y tiempo en crear estrategias para la conservación biológica, así como también para conservar el conocimiento de la medicina tradicional (Ramírez, 2007).

En la Estrategia Nacional sobre Biodiversidad de México, propuesta por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (2016), se plantea como Eje estratégico número uno: el conocimiento, que incluye “estudiar, rescatar, sistematizar y evaluar el conocimiento tradicional”, así como “evaluar el aprovechamiento tradicional y comercial de especies silvestres” (p. 92). Estos objetivos generales se pretenden cumplir a través de:

- 1) Compilar información y generar bases de datos de especies utilizadas tradicionalmente
- 2) Documentar las prácticas de conservación, uso y manejo de la biodiversidad
- 3) Impulsar investigación etnográfica para identificar las formas en las que se transmite el conocimiento tradicional
- 4) Rescatar, recopilar, sistematizar y proteger los conocimientos tradicionales de los pueblos indígenas y las comunidades locales, en particular el de las mujeres
- 5) Promover la transmisión intergeneracional del conocimiento tradicional
- 6) Considerar información biológica básica de las especies, así como los usos, volúmenes extraídos, procesos de recolección, producción y comercialización de especímenes

7) Definir los atributos ecológicos y biológicos en los que se sustentan las prácticas tradicionales de manejo y aprovechamiento

Las estrategias para resolver la crisis de la biodiversidad son complejas y deben entenderse a distintos niveles, desde lo local a lo nacional. En México, una estrategia es la designación de Áreas Naturales Protegidas (ANP). Estas áreas se han identificado como prioritarias para la conservación mediante parámetros como: riqueza de especies, presencia de endemismos, existencia de especies de distribución restringida, especies en peligro de extinción, diversidad de hábitats, ecosistemas restringidos, integridad funcional de ecosistemas, importancia de servicios ambientales generados y viabilidad de organizar la vida social para la conservación (Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, 2014).

Se han propuesto métodos formales y rigurosos para predecir áreas donde pudieran existir especies de interés. Los modelos de distribución potencial ayudan a determinar dónde se encuentran las condiciones ambientales más adecuadas para que la especie prospere, en función de parámetros obtenidos de recolectas previas. Dichos modelos han demostrado su utilidad en estudios que evalúen patrones de distribución de organismos como son algunos análisis biogeográficos, ecológicos o de conservación (Anderson *et al.*, 2003).

Por otro lado, a diferencia de otros países donde el establecimiento de un área protegida frecuentemente implica el desalojo de la población que en ella habita, en México las ANP reconocen la condición cultural, de forma que, las áreas de conservación se superponen a comunidades humanas, contemplando explícitamente la posibilidad de que la población local pueda realizar actividades de manejo de recursos naturales (Riemann *et al.*, 2011).

Este trabajo pretende cumplir con el primer objetivo mencionado en la Estrategia Nacional sobre Biodiversidad: *compilar información y generar bases de datos de especies utilizadas tradicionalmente* y, a partir de esto y el análisis generado con este trabajo biogeográfico, dar una propuesta de conservación con valor etnobotánico a poblaciones asociadas a regiones biológicamente importantes del Valle de México, a partir del conocimiento plasmado en el Códice de la Cruz-Badiano.

## **II. OBJETIVOS**

### **Objetivo general**

- Determinar cuáles de las plantas medicinales seleccionadas y distribuidas en el Valle de México mencionadas en el Códice de la Cruz Badiano necesitan un plan de conservación local, a partir del conocimiento biogeográfico, específicamente de distribución potencial y nicho ecológico; además del estatus de riesgo y de manejo.

### **Objetivos particulares**

1. Obtener, con datos de la colección del Herbario Nacional (MEXU), un modelo del área de distribución potencial del Valle de México para las especies de plantas medicinales seleccionadas del CC-B que se distribuyen en el Valle de México.
2. Analizar mediante los tres criterios de conservación biológica: endemismos, vulnerabilidad y utilidad; además de su estatus de manejo, las especies seleccionadas.
3. Obtener un mapa modelado de superposiciones de nicho ecológico con base en los mapas de distribución potencial de cada especie y proponer áreas de conservación para las especies seleccionadas de plantas medicinales distribuidas en el Valle de México mencionadas en el CC-B.

### III. ANTECEDENTES

Francisco de Mendoza, hijo de Antonio de Mendoza primer virrey de la Nueva España entre 1535-1550, solicitó en 1552 la elaboración del Códice de la Cruz-Badiano (CC-B) y lo trasladó desde México a España. El manuscrito se depositó en la biblioteca real de El Escorial. A principios del S. XVII, Diego de Cortavila y Sanabria, quien fue el farmacéutico del rey español Felipe IV, lo incorporó en su colección. Se cree que el cardenal Francesco Barberini, en su visita a España entre 1624-1625, adquirió el libro. En 1902, el CC-B fue transferido de la biblioteca del Cardenal a la Biblioteca del Vaticano (Bye y Linares, 2013).

En ese lugar, el manuscrito fue redescubierto en 1929 por el historiador Charles Upson Clark y diez años más tarde, se realizan las primeras publicaciones conocidas del CC-B. “*The de la Cruz Badiano aztec herbal of 1552*” por William Gates y “*The Badianus manuscript (Codex Latin 241) an Aztec herbal*”, por Emily Walcott Emmart; en 1939 y 1940 respectivamente. El primero consistía en una traducción, interpretaciones y comentarios del texto original; mientras que el segundo fue un análisis más detallado del manuscrito. Emily hacía referencia en su edición a prácticas egipcias, griegas, romanas y de otras culturas, así como comparaciones con prácticas y medicinas naturales de Europa (Bye y Linares, 2013; Gimmel, 2008; Degasper, s/f). Una publicación posterior fue la versión española de Francisco Guerra de 1952, que incluyó una selección de las ilustraciones del CC-B.

Es hasta 1964, que en México se publicó un facsímile con imágenes a color, traducciones al español y diversos estudios que requirieron un arduo trabajo de investigadores mexicano (Miranda y Valdés, 1964). Esa edición quedó a cargo del Instituto Mexicano del Seguro Social. En 1990, el Papa Juan Pablo II, obsequia al pueblo de México el original del CC-B. Este evento trae consigo la publicación de otra edición un año más tarde, en 1991, a cargo del Fondo de Cultura Económica.

Actualmente el Códice de la Cruz-Badiano permanece resguardado en la Biblioteca Nacional de Antropología e Historia en la Ciudad de México.

Debra Hassig (1989) publicó un estudio en la revista *Res* sobre el Códice de la Cruz Badiano, el Códice Florentino y la obra de Francisco Hernández. Donde

remarca el sincretismo entre la tradición médica mexicana y la tradición médica europea.

Diversos estudios más relacionados con las ciencias sociales fueron realizados sobre el CC-B en los años posteriores (López, 1998; Ortiz de Montellano, 1990; Viesca, 1992 y 1995).

En 1992, se publicó el libro “Estudios Actuales sobre el *Libellus Medicinalibus Indorum Herbis*”, a cargo de la Secretaría de Salud de México. En esta publicación, Valdés-Gutiérrez, Flores-Olvera y Ochoterena-Booth realizan un estudio minucioso del CC-B y proponen identificaciones taxonómicas de las plantas ilustradas en el Códice a partir de la ilustración, el nombre en náhuatl, la distribución geográfica y las propiedades curativas asociadas a la planta (Valdés-Gutiérrez *et al*, 1992).

Casi veinte años después de los “Estudios Actuales sobre el *Libellus Medicinalibus Indorum Herbis*”, Bye y Linares (2013) realizaron una publicación facsímile en dos tomos en la revista *Arqueología Mexicana*. En ella se da una introducción histórica y se publican imágenes de algunas páginas originales del CC-B (omitiendo únicamente las que no contienen información), a la vez que se agrega a cada página la identificación de la planta, su nombre en náhuatl (y su significado), la traducción de las glosas en latín y comentarios sobre aspectos botánicos, descripciones, distribución y usos actuales de las plantas.

Posterior a esta publicación de Bye y Linares –y bajo la asesoría de Bye–, Sonia Santillán Manjarrez (2014) realizó un estudio biogeográfico, especialmente de distribución potencial de 26 plantas del CC-B.

## IV. MARCO TEÓRICO

### 4.1 Descripción y delimitación del Valle de México

Se conoce como Valle de México a una cuenca hidrográfica endorreica situada en la porción central del país, ubicada en el Eje Volcánico Transversal. Tiene una extensión aproximada de 7500 Km<sup>2</sup> y su forma es ligeramente alargada en el sentido NNE-SSW; sus ejes mayores alcanzan 130 Km y 90 Km.

Los límites del Valle de México son: hacia el Norte, la Sierra de Pachuca; hacia el noroeste, las Sierras de Tezontlalpan y de Alcaparrosa; por el oeste, las serranías de Monte Bajo, Monte Alto y Las Cruces; por el sur, la Sierra del Ajusco; al sureste y este, la Sierra Nevada y la de Calpulalpan; y, por último, al noreste, el Cerro Xihuingo marca la colindancia con las cuencas de Singuilucan, Tecocomulco, Apan y Tochac (Figura 1).

Políticamente, el Valle de México (Figura 2), incluye toda la superficie de la Ciudad de México, cerca del 25% de la del Estado de México y aproximadamente 7% del estado de Hidalgo, además de extensiones diminutas de los estados de Tlaxcala, Puebla y Morelos (Rzedowski *et al*, 2010).

Aproximadamente 62% del Valle de México es plano y el restante corresponde a regiones montañosas. La parte plana en su mayor parte coincide con la zona lacustre, mientras que las regiones montañosas se sitúan a los márgenes, con pocas excepciones.

Actualmente, quedan restos de algunos lagos, como el de Zumpango, los canales de Xochimilco, Mixquic y Texcoco. Las corrientes interiores de agua se dividen en 1) entubados: Mixcoac, Churubusco, La Piedad y Consulado 2) no entubados o en proceso de serlo: Remedios, Tacubaya, Becerra, Santo Desierto, San Buenaventura, La Magdalena, Agua de Lobo, El Zorrillo, Oaxaixtla, los canales de Chalco, Apatlaco, General y canal Nacional, 3) cauces verdaderos de agua dulce: los de Monte Alto, Sierra de las Cruces y Sierra Nevada y río de las Avenidas de Pachuca.

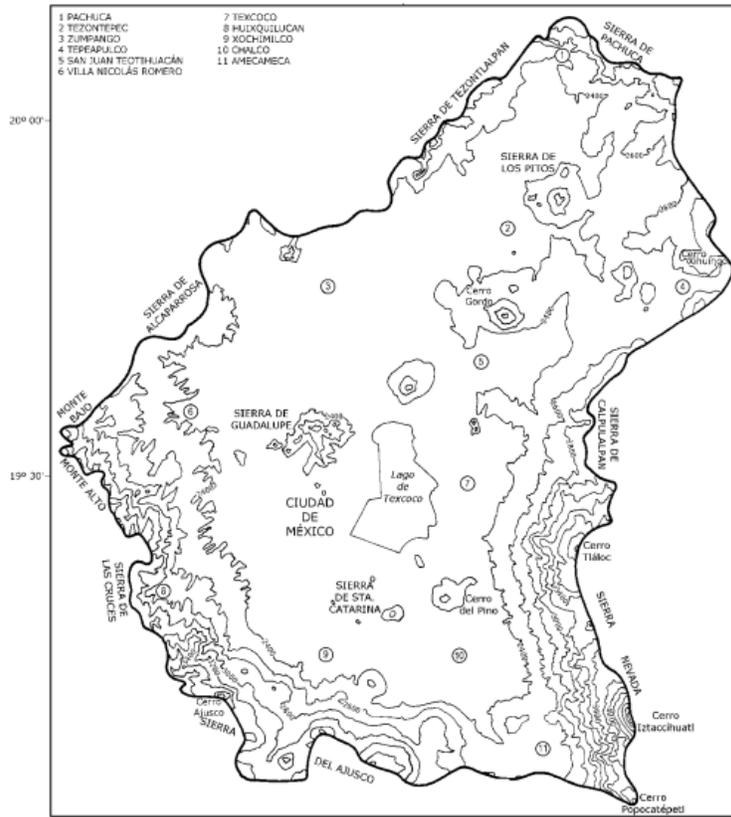


Figura 1. Mapa altimétrico del Valle de México (Rzedowski et al., 2010).



Figura 2. Ubicación del Valle de México (Rzedowski et al, 2010).

## 4.2 *Cultura mexica*

Los mexicas aparecen en los relatos históricos del siglo XII como una tribu nahuatlaca nómada. Este nomadismo duró más de 200 años, de 1113 a 1325, desde la partida de un sitio llamado Aztlán, hasta la fundación de Tenochtitlan, respectivamente (Domínguez, 2010).

A lo largo del tiempo, después de ser fundada México-Tenochtitlan, los mexicas se desarrollaron como una civilización militar-comerciante organizada; dividida en *calpulli* (grupos de familias con un ancestro divino común), tenían tierras productivas, sus oficios, su gobierno y su cultura.

La cultura mexica es considerada como una de las grandes civilizaciones mesoamericanas del Horizonte Posclásico (950 d.C.- 1519 d.C.), siendo su capital, México-Tenochtitlán, una de las ciudades más grandes de su época (Rovira, 2008). Los mexicas lograron el dominio político y económico casi total en Mesoamérica en tan solo 194 años (desde la fundación de México-Tenochtitlan hasta la entrada de Cortés a la misma ciudad). Fue durante el siglo XV que los mexicas, en alianza con Texcoco y Tlacopan, conquistaron Mesoamérica (Figura 3) mediante las armas y el comercio (Smith, 2000).

Los mexicas controlaban distintas rutas, desde el centro del país hacia el resto de su imperio, para mantener el control de sus provincias tributarias. Dado que su economía se basaba en los recursos obtenidos por medio de este sistema tributario, conocieron los recursos naturales no sólo de la zona del centro de México, sino de lugares alejados (Bueno-Bravo, 2012).

Las figuras 4 y 5 muestran caminos antiguos de la Nueva España, que a su vez fueron trazados sobre los caminos comerciales utilizados por los mexicas (Cramaussel, 2006).



Figura 3. Alcance del Imperio Mexica por sus provincias tributarias hacia principios del siglo XVI (Domínguez, 2010).



Figura 4. Rutas de la Nueva España (Cramaussel, 2006).



**Figura 5. Rutas comerciales desde México-Tenochtitlán hacia el sur del país (Bueno-Bravo, 2012; cortesía de Arqueología Mexicana).**

#### 4.3 *Códice de la Cruz-Badiano*

Como se mencionó anteriormente, los mexicas conocieron los recursos naturales no sólo de la zona del centro de México, sino de lugares alejados. El Códice de la Cruz-Badiano es una muestra de esto.

El Códice de la Cruz-Badiano (CC-B) o *Libellus de Medicinalibus Indorum Herbis* (*Libro de las Hierbas Medicinales de los Indios*) está escrito en latín y contiene ilustraciones sobre algunas plantas, además algunos conceptos en náhuatl.

Fue idea del fraile Jacobo de Grado hacer el CC-B. Esto con la idea de enviarlo como regalo al rey de España y así renovar la subvención real para el Colegio de Tlatelolco, ya que se encontraba en una situación precaria (Kumate *et al.*, 1992). De manera simultánea, el hijo del virrey, encomendó el CC-B como un

instrumento para legitimar la exportación de hierbas medicinales y especias a Europa (Santillán, 2014).

Otros estudios (De Ávila, 2012) suponen que Martín de la Cruz escogió para plasmar en el CC-B los remedios más refinados que conocía, puesto que el manuscrito estaba destinado al rey de España. Esta teoría puede aclarar la ausencia en el Códice de algunas especies comunes en el Valle de México que se usan en la actualidad y que probablemente tienen una larga historia medicinal entre gente de bajo estrato social, como el epazote (*Dysphania ambrosioides* (L.) Mosyakin & Clemants), el chipule (*Pinaropappus roseus* (Less.)), el maguey (*Agave* spp.) o el sauco negro (*Sambucus nigra* L.)

Sin aunar tanto en la razón, el CC-B fue escrito de manera apresurada en 1552 por Martín de la Cruz, un médico indígena de formación empírica y médico del Colegio de la Santa Cruz en Tlatelolco, quien diera cátedra a otros indígenas jóvenes. Se piensa que este médico, de edad avanzada y al no saber ni latín ni español, dictó el CC-B en náhuatl. La traducción al latín la hizo Juan Badiano, un joven xochimilca trilingüe (náhuatl, latín y español), profesor del mismo Colegio. Él concluyó su trabajo el 25 de julio de 1552 (Viesca, 1992).

El CC-B contiene 13 capítulos, en los cuales se agrupan las enfermedades de manera anatómica: de la cabeza a los pies (Valdés-Gutierrez *et al.*, 1992; Bye y Linares, 2013).

El CC-B menciona 224 nombres de plantas, de las cuales sólo 185 contienen ilustración y son viables para la identificación; de éstas: únicamente 83 han sido identificadas a nivel de especie (45%), 53 a nivel de género (29%), 21 a nivel de familia (11%) y 28 no han sido identificadas (15%).

De las 157 identificadas, predominan las familias Asteraceae y Fabaceae. Por otro lado, aproximadamente el 60% crece espontáneamente en el Valle de México, mientras que el resto son originarias de otra región y pudieron ser introducidas por su valor comercial, ornamental, o de estatus social; totalmente aparte de su valor medicinal (Bye y Linares, 2013).

#### 4.4 *Medicina tradicional mexicana*

Se considera medicina tradicional mexicana, al conjunto de sistemas de atención a la salud que tiene sus raíces en profundos conocimientos sobre la salud y la enfermedad que los diferentes pueblos indígenas de México han acumulado a través del tiempo. Este conocimiento se fundamenta en la propia cosmovisión de la salud y enfermedad, y ha incorporado elementos provenientes de otras medicinas, como la medicina antigua española, la medicina africana y la medicina occidental (CNI, s/f).

México ocupa el octavo lugar a nivel mundial entre los países con la mayor cantidad de pueblos indígenas y tiene la población indígena más numerosa del continente americano. (FUSDA, 2011). De acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), en 2015 existían 72 pueblos indígenas con 69 lenguas nacionales o indígenas (INEGI, 2015).

En México el uso de plantas medicinales es milenario; se remonta a los tiempos en que los humanos organizados en grupos de nómadas o seminómadas recorrían el territorio buscando cobijo temporal en cuevas y sustento en la práctica de la pesca, caza y recolección de plantas silvestres. Estos grupos, conocedores de las propiedades alimenticias y curativas de la vegetación, se convertirían en las culturas mesoamericanas (Juscafresa, 1995).

Aunque este conocimiento antiguo está presente principalmente gracias a la tradición oral, y aunque se ha escrito acerca de la flora medicinal indígena; mucho del conocimiento tradicional sigue sin asentarse en publicaciones científicas serias (OMS, 2013).

#### 4.5 *Etnobotánica*

Cuando hablamos de plantas con uso tradicional, nos referimos al uso que les da cierta comunidad, ya sea como recursos con importancia religiosa, alimento, medicina, ornato, materia prima, etc. Este conocimiento botánico ha interesado a muchos investigadores del mundo, haciendo que a partir de observaciones directas de la manera en la que la gente utiliza las plantas, se asentara una ciencia completa, con metodologías cualitativas y cuantitativas, llamada etnobotánica.

Etno- es un prefijo popular estos días, debido a que es una manera corta de decir “esa es la manera en la que otra gente mira el mundo”. Cuando se utiliza este prefijo con una disciplina académica como la botánica, implica que existen investigadores explorando la percepción de la gente sobre el conocimiento científico y cultural en torno a las plantas (Martin, 1995).

En la actualidad, la etnobotánica es una disciplina consolidada y se considera útil para la conservación de la biodiversidad (Benyei *et al.*, 2017); sin embargo, existe un debate en cuanto a su definición. En este trabajo se adoptó la definición de etnobotánica de Casas *et al.* (2014) (Lira *et al.*, 2016):

*Es el campo de estudio que busca documentar y entender qué sabe la gente sobre plantas; cómo forman parte de su sistema de creencias, explicaciones y concepciones del mundo; cómo son usadas y aprovechadas, así como los propósitos sociales y culturales relacionados con esas interacciones.*

De esta manera, se puede concebir la etnobotánica de una manera más amplia, pues no se limita a ningún tipo de sociedad.

Aunque las plantas se pueden encontrar en todos los aspectos de cualquier cultura, el trabajo etnobotánico se centra principalmente en los grupos humanos cuya relación con la naturaleza es más directa, como son los pueblos indígenas y rurales.

De igual manera, una perspectiva interdisciplinaria es necesaria para obtener un panorama amplio de nuestro campo de estudio. Al conjuntar objetivos y metodologías de distintas ciencias como: antropología, etnografía, botánica, ecología, biogeografía, entre otras, se logra una comprensión profunda del

fenómeno cultural que se desee estudiar (Pardo de Santayana y Gómez-Pellón, 2003).

La etnobotánica también es una útil herramienta de recopilación, descripción y estudio de la cultura botánica, que a su vez obtiene información sobre aspectos aplicados de enorme interés. Como parte de esta disciplina, es importante considerar como objetivo prioritario, el desarrollo social y económico; no debe olvidarse que los primeros beneficiarios de estos estudios deben ser quienes brindaron la información (Toledo, 1982). De esta manera, la etnobotánica puede ser una herramienta para el desarrollo de las comunidades en vulnerabilidad, estudiando tanto los recursos vegetales locales como su posible gestión sostenible (Pardo de Santayana y Gómez-Pellón, 2003).

Esta gestión sostenible está ligada directamente a la conservación del ambiente. Nadie duda de la importancia de la conservación de los recursos naturales; sin embargo, la importancia de la etnobotánica recae en que no sólo se ocupa de la conservación del patrimonio natural, sino también del patrimonio cultural, que se encuentra intrínseco en el conocimiento que una población tiene de su entorno. Bajo un concepto de *biodiversidad cultural*, se asume la importancia de los conocimientos tradicionales que afectan, de una u otra manera, al uso y manejo de la biodiversidad (Martín-Mateo, 2001).

#### 4.6 *Etnobotánica histórica*

La etnobotánica histórica es una subdisciplina de la etnobotánica que se basa en la utilización de fuentes históricas como principal recurso para comprender la relación que las sociedades establecieron con su entorno vegetal en una zona y tiempo determinados. Este tipo de estudios permite analizar las transformaciones en las prácticas, los usos, los conocimientos y los significados de una sociedad en relación con su entorno vegetal a lo largo del tiempo; de igual manera permite la identificación de especies botánicas, los usos y prácticas en un pasado puntual (Rosso, 2013).

#### 4.7 *Relación entre la población humana y las Áreas Naturales Protegidas*

En 2010, la población indígena del país representaba 15% del total de la población y habitaba una quinta parte (20%) del territorio nacional (INEGI, 2010). Por otro lado, el 12.5% del territorio nacional está decretada como ANP (SEMARNAT, 2006). Al usar en México el método de conservación “población local-ANP”, una importante fracción de esta riqueza biológica coincide con el 20% ocupado por territorios indígenas y rurales.

El aporte que estas comunidades generan al conocimiento y conservación del capital natural debe visibilizarse, al igual que valorarse las prácticas productivas compatibles con la conservación y uso sustentable de la vida silvestre que incrementen el bienestar social. Existen numerosos y notables ejemplos en nuestro país que demuestran que el manejo equilibrado de los recursos va de la mano del bienestar social de grupos rurales (Sarukhán *et al.*, 2012).

Mediante la investigación científica, la sociedad civil y el estado, se deben fijar metas concretas para lograr la conservación, el manejo y uso sustentable de la biodiversidad y la restauración de los ecosistemas naturales de México, mediante instrumentos regulatorios, económicos y de mercado que valoren la biodiversidad y los servicios de los ecosistemas.

Es posible un desarrollo económico más equitativo, y debe ser compatible, con la conservación y el uso sustentable de la biodiversidad. De esta manera podemos combinar exitosamente dos de los retos más importantes de México en el futuro: conservar nuestro patrimonio natural y cultural, mejorando el nivel de vida de la población rural del país.

#### 4.8 *Conservación de la diversidad biológica*

Debido a las amenazas antropogénicas mencionadas, y como respuesta al reto de la preservación de los ecosistemas y las especies, surge la llamada *biología de la*

*conservación*, que es la rama de la ciencia encargada de la conservación de la diversidad biológica.

Para entender la conservación de la diversidad biológica (o biodiversidad), debemos entender a la biodiversidad como el conjunto de especies y comunidades biológicas, así como las variaciones genéticas entre especies y a las diferentes interacciones de éstas con su entorno, que suceden en la Tierra (Primack, 2010).

La principal meta de la conservación biológica es mantener la biodiversidad para así mantener la salud ecosistémica. La estrategia ideal para la protección de la biodiversidad a largo plazo es la preservación de las comunidades y poblaciones silvestres, también llamada conservación *in situ*, que quiere decir “en el lugar”, debido a que se delimita el espacio original que ocupan las comunidades biológicas para la conservación de la biodiversidad. Sin embargo, en una situación en que el impacto de la actividad humana ejerce presión continua en un ecosistema específico (como destrucción de hábitat, cambio de uso de suelo, fragmentación, caza y tala excesiva, etc.), es necesaria una estrategia que implique extraer poblaciones biológicas y colocarlas en condiciones artificiales bajo supervisión humana, es decir, la conservación *ex situ*, que significa “fuera del lugar”.

En la actualidad, el mecanismo más común para designar áreas de conservación biológica *in situ* es mediante acciones del gobierno federal, regional o local y aunque la comunidad internacional para la conservación puede ofrecer pautas y encontrar oportunidades para proteger la diversidad biológica, finalmente es el gobierno quien determina las prioridades de conservación.

Es crucial para la conservación biológica el establecer prioridades de conservación, que generalmente se definen con base en tres criterios (Primack, 2010):

- 1) Endemismos: un ecosistema compuesto en su mayoría por especies endémicas, tiene atributos inusuales y lo que le da prioridad para ser conservado. De igual manera, se da más valor para ser conservada una especie taxonómicamente distintiva (si es la única especie del género o de la familia).

- 2) Vulnerabilidad: las especies en peligro de extinción tienen prioridad, al igual que los ecosistemas amenazados o en riesgo de destrucción.
- 3) Utilidad: las especies que tienen un valor real o potencial para la humanidad tienen prioridad sobre especies no utilizadas. En esta cualidad se incluyen especies con significado cultural o ecosistemas que representan un ingreso económico importante para una comunidad.

Tristemente, son muchas especies en peligro de extinción y es poco el financiamiento de los programas de conservación; por este motivo, deben hacerse estudios responsables para obtener datos que indiquen qué zonas deben protegerse. Con el fin de disminuir los sesgos en los datos originales, reducir los costos de exploración en el campo y contar con una aproximación del nicho ecológico, han sido desarrollados diversos métodos para encontrar los mejores sitios para la conservación biológica –con base en los tres criterios mencionados– (Sarukhán *et al.*, 2012).

#### 4.9 *Biogeografía: aplicación del modelado de nicho ecológico*

En la biogeografía, ecología y sistemática, la identificación de los factores causales, bióticos y abióticos que determinan la distribución de las especies, son temas centrales para el estudio. El principal problema al que se enfrentan estas disciplinas en la práctica es la delimitación de los contornos de área de distribución (Sánchez-Cordero *et al.*, 2001). Los métodos cuantitativos reúnen diferentes técnicas para delimitar el área de distribución geográfica de especies; y estos frecuentemente, se auxilian de los modelos de nicho ecológico.

El nicho ecológico de una especie se define como la descripción del conjunto de las condiciones ambientales que permiten a las especies satisfacer sus requerimientos mínimos, de tal manera que la tasa de natalidad de una población local es igual o mayor a su tasa de mortalidad, junto con un grupo de impactos *per cápita* para la especie en esas condiciones ambientales (Chase y Leibold, 2003).

Esto significa básicamente, que el nicho es el conjunto de las dimensiones que permiten la supervivencia de una especie en un sitio específico.

El modelado de nicho ecológico es un instrumento que permite analizar las condiciones ambientales asociados a distintas poblaciones de determinadas especies y que la influyen en distintos grados y modos. Estas condiciones se refieren específicamente a factores abióticos que influyen en los organismos, pero no son consumidos como recursos (Begon *et al.* 2006).

Para lograr ese modelado se usan diferentes tipos de algoritmos. Este modelado posibilita proyectar a nivel geográfico el área de distribución potencial que ocupa una especie con base en las condiciones ambientales.

De manera general, los factores que influyen en la distribución de las especies vegetales son: topografía, suelo y clima. Diversos componentes de estos factores han sido registrados por un tiempo en todo el mundo (cuadro 2), estandarizando así las capas bioclimáticas, las cuales nos permiten analizar el espacio ecológico de las especies y usarlas de insumo de un algoritmo de modelación que permita obtener el modelo del nicho ecológico de alguna especie (Soberón y Nakaruma, 2009).

Los análisis de distribución geográfica se basan en localidades individuales y registros/colectas puntuales, lo que presenta algunas restricciones, ya que, las colectas u observaciones, para la mayoría de las especies son insuficientes, además de que su identificación taxonómica puede presentar problemas. Debido a que los inventarios biológicos son fragmentarios, escasos e incompletos, se utilizan modelos predictivos para maximizar los datos de distribución disponibles en regiones escasamente muestreadas. Estos modelos utilizan algoritmos matemáticos para encontrar condiciones semejantes a las del sitio de colecta, para después predecir la distribución geográfica- con base en la aproximación al nicho ecológico que ocupan las especies, utilizando coberturas de condiciones ambientales (Peterson *et al.*, 2001).

Para comprender bien estos modelados, es importante definir dos conceptos: 1) el nicho fundamental de las especies, que se refiere a todos los aspectos del *hipervolumen* de  $n$  dimensiones, en la ausencia de otras especies” es decir, el área

geográfica dónde las condiciones ambientales son favorables para la presencia de la especie, pero no considera los factores bióticos del ecosistema ni los recursos ocupados y 2) el nicho realizado, que comprende parte del nicho fundamental en el cual las especies están restringidas debido a interacciones específicas, es decir, la superficie actual ocupada en dónde se presentan las interacciones con otras especies que es el que se puede observar en la naturaleza (Soberón y Peterson, 2005).

Existen diversos métodos para modelar distribuciones geográficas, uno de ellos es MAXENT (Máxima entropía). Éste es un método cuantitativo que hace una aproximación al nicho fundamental (figura 6). Utiliza datos de presencia (obtenidos de colectas previas) para hacer predicciones a otras áreas. De esta manera, modela estimando la probabilidad de distribución más uniforme de los puntos de ocurrencia en el área de estudio, es decir, en la que todos los elementos tienen la misma probabilidad de coincidir. Finalmente, se muestra un valor porcentual, que indica la probabilidad de que la especie esté presente en un punto geográfico de acuerdo con sus condiciones ambientales (Phillips *et al.*, 2006).

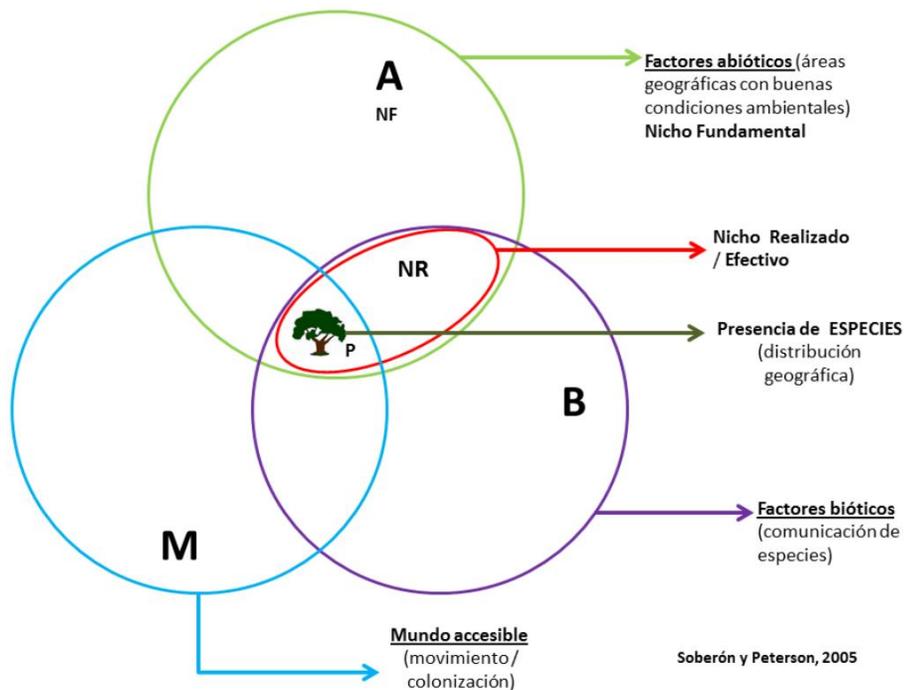


Figura 6. Esquematización del concepto nicho ecológico (Soberón y Peterson, 2005).

Tras haber depurado y analizado el modelo de nicho fundamental, obtenemos el área de distribución potencial de una especie, que es dónde ésta cuenta con las condiciones no sólo ambientales, sino ecológicas necesarias para que la especie potencialmente se distribuya en ese lugar.

Como se dijo anteriormente, estos métodos, son utilizados ampliamente para fines de conservación; se utilizan para establecer áreas donde convergen especies biológicas relevantes y de esta manera determinar, por ejemplo, la mejor localización de las Áreas Naturales Protegidas en México. Para este último objetivo, se utilizan los mapas de distribución potencial para realizar modelos de presencia/ausencia de las especies. Posteriormente estos modelos se empalman y se obtienen superposiciones de nicho, con base en el cual, se propone el sitio a conservar.

#### 4.9 *Las Áreas Naturales Protegidas*

Las Áreas Naturales Protegidas (ANP) son las zonas del territorio nacional sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción, en donde los ambientes originales no han sido significativamente alterados por la actividad del ser humano o que requieren ser preservadas y restauradas (SEMARNAT, 2016).

Las ANP se crean mediante un decreto presidencial y las actividades que pueden llevarse a cabo en ellas se establecen de acuerdo con la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, su reglamento, un programa de manejo y los programas de ordenamiento ecológico. Están sujetas a regímenes especiales de protección, conservación, restauración y desarrollo, según categorías establecidas en dicha ley.

Las ANP tienen como funciones principales la conservación y la protección de recursos naturales de importancia especial, ya sea especies de flora o fauna catalogadas en algún estatus de riesgo o algún ecosistema representativo a nivel local, regional, nacional o internacional.

La Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) administra actualmente 182 ANP que incluyen más de 25,394,779 ha. Este territorio se divide en nueve regiones principales: Península de Baja California y Pacífico Norte; Noroeste y Alto Golfo de California; Norte y Sierra Madre Occidental; Norte y Sierra Madre Oriental; Occidente y Pacífico Centro; Centro y Eje Neovolcánico; Planicie Costera y Golfo de México; Frontera Sur, Istmo y Pacífico Sur; y Península de Yucatán y Caribe Mexicano.

El territorio que comprende el Valle de México se encuentra en la región *Centro y Eje Neovolcánico*. En esta región existen un total de 36 ANP, entre las designadas a nivel federal y a nivel de gobierno local. Al interior del polígono del VM ocurren 30 ANP, que se enlistan en el siguiente cuadro con datos generales de ellas.

**Cuadro 1. ANPs del Valle de México.**

<b>Área Natural Protegida</b>	<b>Régimen</b>	<b>Vegetación predominante</b>	<b>Extensión (ha)</b>	<b>Estado(s)</b>
El Tepeyac	Federal	Matorral xerófilo y bosque artificial de eucalipto, pino y cedro	1,500	Ciudad de México y Estado de México
El Histórico Coyoacán	Federal	Vegetación inducida	39.77	Ciudad de México
Cerro de la Estrella	Federal	Bosque de eucalipto y cedro	1,183.34	Ciudad de México
Fuentes Brotantes de Tlalpan	Federal	Bosque de cedro y eucalipto	129	Ciudad de México
Lomas de Padierna	Federal	Bosque artificial de cedro	1,161.21	Ciudad de México
Los Remedios	Federal	Bosque inducido de eucalipto, cedro, pino y pastizal	400.16	Estado de México
Molino de Flores Netzahualcóyotl	Federal	Bosque inducido de eucalipto, pinos y plantas de ornato	45.66	Estado de México
Desierto de los Leones	Federal	Bosque de oyamel-pino-encino y pastizales	1,529	Ciudad de México
El Chico	Federal	Bosque de coníferas, Bosque de encino, bosque pino-encino	2,739.03	Hidalgo
Cumbres de Ajusco	Federal	Bosque de pino y oyamel	920	Ciudad de México
Insurgente Miguel Hidalgo y Costilla, La Marquesa	Federal	Bosque de oyamel y pino	1,889.97	Ciudad de México y Estado de México
Iztaccíhuatl-Popocatepetl	Federal	Bosque de pino y pastizal alpino	39,819.09	Estado de México, Puebla y Morelos
Sacromonte	Federal	Bosque de encino. Bosque inducido de fresno, casuarina y eucalipto	43.73	Estado de México
Parque Ecológico de la Ciudad de México	Local	Bosque de encino y matorral xerófilo	727.61	Ciudad de México
Bosques de las Lomas	Local	Bosque artificial de eucalipto-cedro	26.4	Ciudad de México
Ejidios de Xochimilco y San Gregorio Atlapulco	Local	Vegetación acuática, semiacuática y pastizales	2,522.43	Ciudad de México
Sierra de Guadalupe	Local	Matorral xerófilo y bosque artificial de	633.68	Ciudad de México

		eucalipto, pino y cedro.		
Sierra de Santa Catarina	Local	Pastizal y matorral xerófilo	528	Ciudad de México
Ecoguardas	Local	Bosque de encino y matorral xerófilo	132.63	Ciudad de México
La Armella	Local	Matorral xerófilo y bosque artificial de eucalipto, pino y cedro	193.38	Ciudad de México
La Loma	Local	Bosque de encino	77.33	Ciudad de México
Bosque de Tlalpan	Local	Bosque de encino, matorral xerófilo, bosque artificial de eucalipto, cedro y fresno	252.86	Ciudad de México
San Nicolás Totolapan	Local	Bosque de oyamel-pino-encino y pastizales	1,984.7	Ciudad de México
San Miguel Topilejo	Local	Bosque de oyamel, bosque de pino, pastizal	6,000.29	Ciudad de México
San Bernabé Ocoatepec	Local	Bosque de encino-pino-oyamel, bosque de oyamel, bosque de pino	240.38	Ciudad de México
San Miguel Ajusco	Local	Bosque de pino	1,175.99	Ciudad de México
Los Encinos	Local	Bosque de encino y matorral xerófilo	25.01	Ciudad de México
Milpa Alta	Local	Bosque de pino y pastizal	5,000	Ciudad de México
Metropolitano de Naucalpan (Parque Naucalli)	Local	Bosque inducido de eucalipto, pino, cedro y pastizal	157.07	Estado de México
Barrancas del Huizachal, del A. Santa Cruz y del A. Plan De La Zanja	Local	Bosque de encino y pastizales naturales con reforestaciones de eucalipto, cedro y pino.	61.40	Estado de México

(SEMARNAT, 2016; CEPANAF, s/f)

## V. MÉTODOS

Como primera fase de este estudio, de las 83 especies identificadas hasta el momento del CC-B, se seleccionaron las distribuidas en el Valle de México (VM) según el polígono definido por Rzedowski *et al.* (2010). Se realizó un mapa por especie con el SIG ArcMap 10.5®, observando si existían colectas en el interior del VM. Se obtuvo un listado total de 62 especies, es decir, 21 especies no se distribuyen (según las colectas presentes en el Herbario Nacional de México) en el VM.

Se construyó una base de datos con las 62 especies usando los programas Microsoft Access 2013 y Microsoft Excel 2013, incluyendo los siguientes datos: taxonómicos (familia, género, especie, variedad y autor), sitio de colecta (país, estado, municipio y localidad), datos de colecta (colector(es), número de colecta, fecha), datos biológicos (hábito y abundancia), nombre de quien determinó la colecta y, en caso de contenerlas, las coordenadas geográficas. Los ejemplares que no presentaron las coordenadas geográficas, se georreferenciaron con ayuda de bases de datos de localidades de INEGI, Google Maps® y Google Earth®. Las colectas donde no fue posible georreferenciar con un error menor a 1Km, no se incluyeron.

Una vez georreferenciados los puntos de colecta, se transformaron las coordenadas geográficas a decimales. Posteriormente la base fue depurada, evitando puntos de colectas duplicados, especies introducidas o cultivadas en huertos.

Se elaboró un mapa a nivel nacional para cada especie, utilizando las coordenadas en decimales y el SIG ArcMap 10.5®. Estos primeros mapas únicamente fueron para apreciar gráficamente los puntos de colecta y para entender los patrones de distribución.

Se utilizaron únicamente colectas realizadas dentro del VM, por lo que se buscó de entre las 62 especies los taxa que acumularan  $\geq 10$  colectas registradas en este polígono, debido a que en el modelado de nicho ecológico se requiere contar

al menos con 10 colectas. De las 62 especies, 30 no contaban con  $\geq 10$  colectas registradas en el VM, por lo que no fueron incluidas en el estudio.

Posteriormente, se realizó un modelado de nicho ecológico para cada una de las 32 especies con el programa de modelaje de máxima entropía MAXENT 3.4.1. Este programa, con base en los datos de presencia, estima la probabilidad de máxima entropía de cada especie de acuerdo con la información de 23 variables ambientales de las localidades de ocurrencia (Cuadro 1). Para ello, se introdujeron los registros de los puntos de colecta y las variables ambientales en un archivo Excel .csv, (delimitado por comas), con 10 réplicas para cada especie, utilizando el 75% de los registros para entrenamiento y el 25% para validación. Los parámetros de control para obtener los modelos fueron un multiplicador de regularización de 1, número máximo de puntos de fondo de 10,000 y 500 como número máximo de interacciones.

Posterior a este modelado, se realizaron los mapas modelos de presencia-ausencia en el SIG ArcMap 10.5®. Se usaron los archivos generados por MAXENT en formato ASCII (.asc); los cuales se transformaron en formato raster. Después, se obtuvo un mapa binomial, utilizando un promedio de los valores del umbral de Sensibilidad "Maximum training sensitivity plus specificity" (Sensibilidad máxima de formación más la especificidad), de las diez replicas por especie. Se reclasificaron obteniendo un mapa de sitios de presencia (1) y ausencia (0), donde 1 significa que a la especie puede encontrarse potencialmente en el lugar y donde 0 es su ausencia en el lugar.

Tras esto, se empalmaron los mapas mediante la sumatoria de los archivos raster (Raster calculator), obteniendo un único mapa final encontrando sobreposiciones de nicho (SN). Evaluando este mapa se distinguió qué especies podrían, según los modelos, distribuirse dentro de los polígonos de las ANP decretadas.

Se realizaron búsquedas bibliográficas que incluyeran los tres criterios para la conservación biológica propuestos por Primack (2010): vulnerabilidad, endemismos y utilidad. Para el criterio de vulnerabilidad, se buscaron las especies enlistadas en: 1) la NOM-059-SEMARNAT 2010, 2) la Lista Roja de la IUCN y 3) la

lista de CITES. Para el criterio de endemismos, se consultó sobre la distribución de cada especie en: 1) *Flora fanerogámica del Valle de México* (Rzedowski *et al.*, 2010) y en el Catálogo de las plantas vasculares nativas de México (Villaseñor, 2016). Para el criterio de utilidad, se hizo un análisis de continuidad de uso de las plantas, consultando las Ediciones Especiales de Revistas de Arqueología Mexicana del Códice De la Cruz-Badiano: medicina prehispánica números 50 y 51 (Bye y Linares, 2013 y Linares y Bye, 2013). Por último, al ser plantas con una utilidad cotidiana, se revisó su estatus de manejo para saber si son especies cultivadas o no cultivadas en el libro *Hortus Third* (Bailey y Bailey, 1976)

**Cuadro 2. Variables ambientales utilizadas para generar los mapas de distribución potencial.**

<b>Variable ambiental</b>	<b>Descripción de nombre de la variable</b>
bio01 =	Temperatura promedio anual
bio02 =	Oscilación promedio diurna (temperatura máxima-temperatura mínima)
bio03 =	Isotermidad (bio02/bio07)
bio04 =	Estacionalidad de temperatura (desviación estándar)
bio05 =	Temperatura máxima promedio del mes más cálido
bio06 =	Temperatura mínima del mes más frío
bio07 =	Rango de temperatura anual (bio05-bio06)
bio08 =	Temperatura promedio del cuatrimestre más lluvioso
bio09 =	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 mes más lluvioso
bio14 =	Precipitación del mes más seco
bio15 =	Estacionalidad de la precipitación (coeficiente de variación)
bio16 =	Precipitación del cuatrimestre más lluvioso
bio17 =	Precipitación del cuatrimestre más seco
bio18 =	Precipitación del cuatrimestre más cálido
bio19 =	Precipitación del cuatrimestre más frío
alt =	Altura
aspect =	Orientación del terreno
slope =	Pendiente del terreno
cti =	Índice Topográfico Compuesto

(Fick y Hijmans, 2017).

## VI. RESULTADOS

A partir de la colección del Herbario Nacional (MEXU), se obtuvieron 32 mapas de distribución potencial en el Valle de México (VM), uno por cada especie tratada en este estudio. Se decidió trabajar con las colectas de este herbario únicamente debido a que conserva duplicados de otros herbarios de México y permite para no utilizar datos repetidos, por lo que funciona como un primer filtro.

Se presenta el mapa promediado de diez réplicas del modelo de cada especie.

El cuadro 3 muestra datos generales de las 32 especies seleccionadas. En el cuadro 4 se referencian dos datos: AUC (área bajo la curva, por sus siglas en inglés) y la desviación estándar. Estos datos sirven para obtener el grado de confiabilidad de los resultados.

El AUC se mide en un rango de 0.5-1, donde 0.5 significa aleatoriedad, es decir, que se obtendría el mismo resultado con datos (colectas) aleatorios y 1 referiría una predicción perfecta tanto para presencias como para ausencias. Un AUC mayor a 0.7 es considerado un buen modelo (Leif-Matthias *et al.*, 2007; Rebelo, *et al.*, 2010). Bajo este criterio, los modelos hechos de las 32 especies seleccionadas estarían catalogados como un buen modelo.

En las figuras 7 a 38 se presentan los 32 mapas de distribución potencial (MDP). Cada mapa contiene las dos variables ambientales (cuadro 2) que más contribuyen a la posible presencia de esa especie en determinado punto geográfico.

**Cuadro 3. Datos generales de las 32 especies del Valle de México a partir del CC-B**

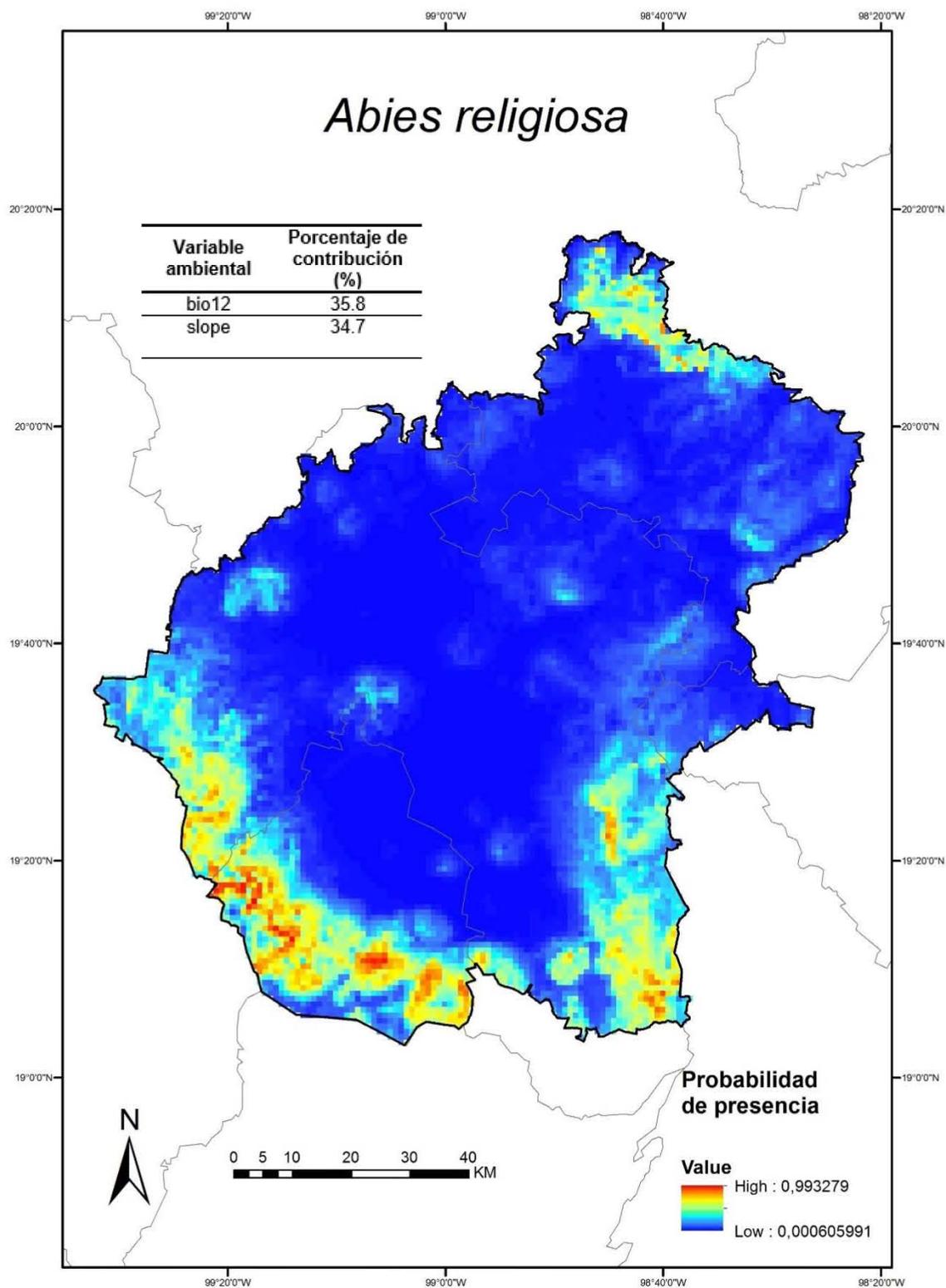
Especie	Nombre en el CC-B	Nombre común	Número de registros en VM
<i>Abies religiosa</i>	<i>Acxoyatl</i>	oyamel/abeto	41
<i>Achillea millefolium</i>	<i>Tlalquequetzal</i>	milenrama/plumajillo/tlaliztahyac	33
<i>Agastache mexicana</i>	<i>Tlalauetl</i>	toronjil morado/toronjil rojo	17
<i>Arctostaphylos pungens</i>	<i>Tomazquitl</i>	pingüica/manzanita	24
<i>Arracacia atropurpurea</i>	<i>Acocohtli</i>	acocote/comino/hierba del oso	11
<i>Asclepias linaria</i>	<i>Tezonpahtli / Tzitzicton</i>	algodoncillo/romerillo/talayote de coyote	51
<i>Barkleyanthus salicifolius</i>	<i>Quetzalatzoyatl</i>	jarilla/azomiate/jara/jarilla verde	13
<i>Begonia gracilis</i>	<i>Ohuaxocoyolin/ Cuauhtlaxcocoyolin</i>	xocoyol	42
<i>Cirsium ehrenbergii</i>	<i>Huitzquilitl/ Quauhtla huitzquilitl</i>	cardo santo	44
<i>Cissus verticillata</i>	<i>Tlayapaloni</i>	tripa de judas/tumba vaquero	20
<i>Clinopodium macrosternum</i>	<i>Cuecuetzpahtli</i>	té de monte/tabaquillo grande/tochil/té nurite	11
<i>Commelina coelestis</i>	<i>Matlalxochitl Cacamatlalin</i>	hierba de pollo/cielo azul	48
<i>Cupressus lusitanica</i>	<i>Tlatzcan</i>	cedro/cedro blanco	43
<i>Dioscorea galeottiana</i>	<i>Chipauac xihuitl</i>	chipahuaxihuite	33
<i>Endotropis serrata</i>	<i>Ahuatl tepiton</i>	capulincillo/tlalcapolin	11
<i>Gymnosperma glutinosum</i>	<i>Tzitzicton*</i>	tatalencho/escobilla/jarilla/pegarrosa/tezozonitla	27
<i>Ipomopsis pinnata</i>	<i>Ayauhtonan</i>	gilia	19
<i>Jaltomata procumbens</i>	<i>Xaltomatl</i>	jaltomata/titiliate	28
<i>Lepidium virginicum</i>	<i>Mexixquilitl/ Xoxouhcapahtli</i>	lentejilla/pierna de vieja/mexixi	24
<i>Loeselia mexicana</i>	<i>Quauhuitzitzilxochitl</i>	espinosilla/hierba de la virgen/huachichile/maraduz	69
<i>Mentzelia hispida</i>	<i>Cochizhuatl/ Huihuizmallotic</i>	pegarropa/amor seco/pegajosa	24
<i>Mirabilis jalapa</i>	<i>Chiyauaxihuitl</i>	Maravilla	41
<i>Muhlenbergia macroura</i>	<i>Malinalli</i>	pasto/zacate	12
<i>Oxalis tetraphylla</i>	<i>Quauhtla xoxocoyolin Tonatiuhxiuhpepetlaca</i>	trébol/agritos/xocoyoles	10
<i>Peperomia galioides</i>	<i>Tlatlanquaye</i>	verdolaguilla	10
<i>Phaseolus coccineus</i>	<i>Ayecohtli/Cimatl</i>	ayocote	16
<i>Polygonum hydropiperoides</i>	<i>Achilli</i>	chilillo	17
<i>Prunus serotina</i>	<i>Elocapolin</i>	capulín/elocapulín	19
<i>Sedum dendroideum</i>	<i>Tetzmitl</i>	siempreviva	19
<i>Sedum praealtum</i>	<i>Texiyotl</i>	siempreviva	10
<i>Tagetes lucida</i>	<i>Quauhiyauhtli</i>	pericón/hierbanís/santa maría	41
<i>Tigridia pavonia</i>	<i>Xiuhpatli</i>	oceloxóchitl/flor de tigre/jaguique/cocomite	10

(Valdés-Gutiérrez et al, 1992; Bye y Linares, 2013: Linares y Bye, 2013; Mata, 2009).

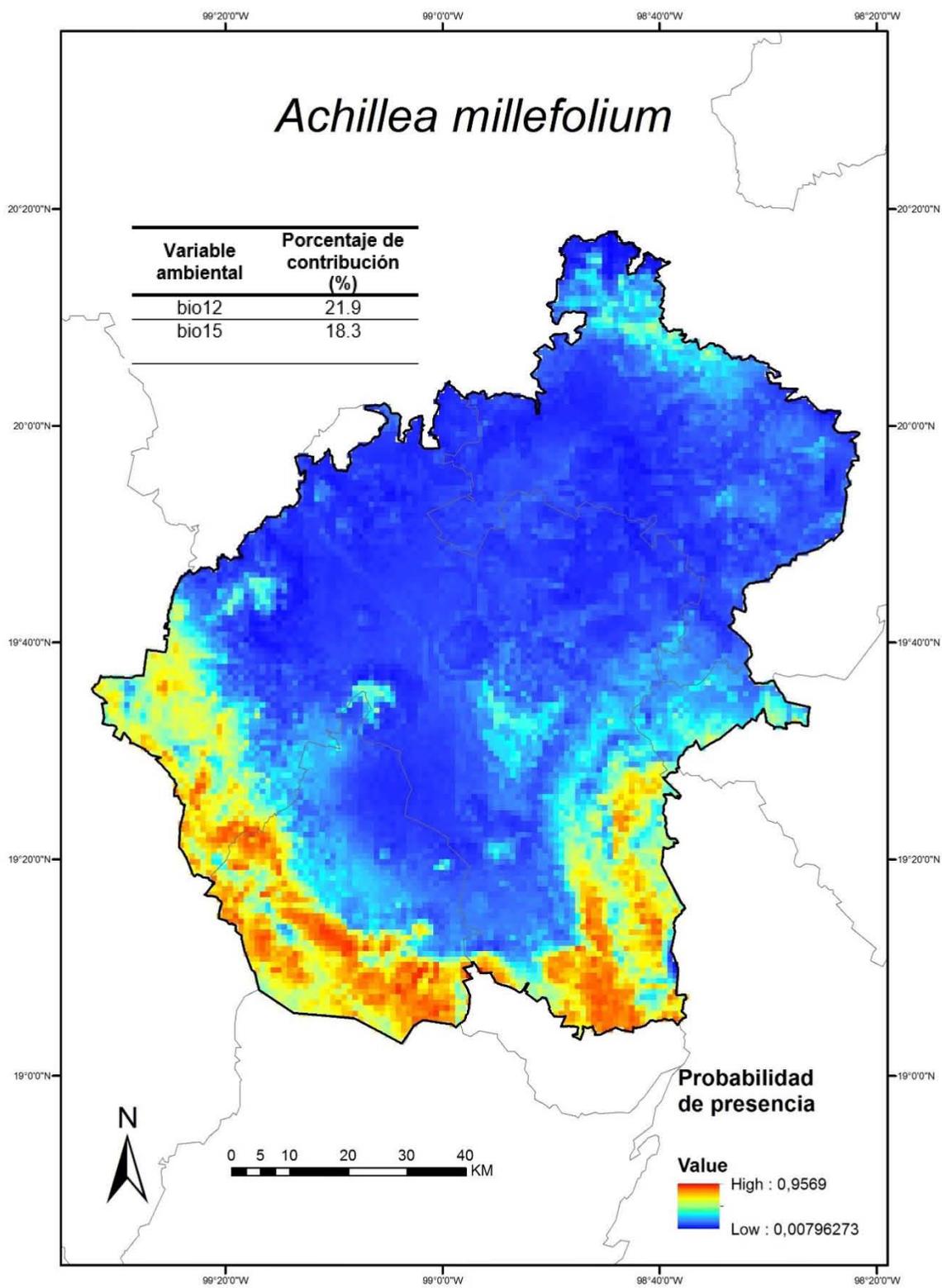
\* *tzitzicton* describe a dos especies distintas para distintos autores, por un lado, De Ávila refiere esta especie como *Asclepias linaria* y por otro, para Valdés et al. refiere a *Gymnosperma glutinosum*.

**Cuadro 4. AUC y desviación estándar de los MDP de las especies estudiadas.**

<b>Especie</b>	<b>AUC</b>	<b>Desviación estándar</b>
<i>Abies religiosa</i>	0.943	0.015
<i>Achillea millefolium</i>	0.902	0.012
<i>Agastache mexicana</i>	0.841	0.049
<i>Arctostaphylos pungens</i>	0.949	0.020
<i>Arracacia atropurpurea</i>	0.942	0.013
<i>Asclepias linaria</i>	0.968	0.007
<i>Barkleyanthus salicifolius</i>	0.906	0.065
<i>Begonia gracilis</i>	0.940	0.011
<i>Cirsium ehrenbergii</i>	0.959	0.017
<i>Cissus verticillata</i>	0.931	0.031
<i>Clinopodium macrostemum</i>	0.939	0.073
<i>Commelina coelestis</i>	0.957	0.011
<i>Cupressus lusitanica</i>	0.960	0.015
<i>Dioscorea galeottiana</i>	0.961	0.009
<i>Endotropis serrata</i>	0.816	0.077
<i>Gymnosperma glutinosum</i>	0.945	0.016
<i>Ipomopsis pinnata</i>	0.956	0.015
<i>Jaltomata procumbens</i>	0.799	0.061
<i>Lepidium virginicum</i>	0.865	0.122
<i>Loeselia mexicana</i>	0.952	0.008
<i>Mentzelia hispida</i>	0.977	0.013
<i>Mirabilis jalapa</i>	0.936	0.020
<i>Muhlenbergia macroura</i>	0.956	0.017
<i>Oxalis tetraphylla</i>	0.872	0.086
<i>Peperomia galioides</i>	0.935	0.029
<i>Phaseolus coccineus</i>	0.925	0.072
<i>Polygonum hydropiperoides</i>	0.873	0.044
<i>Prunus serotina</i>	0.857	0.059
<i>Sedum dendroideum</i>	0.795	0.048
<i>Sedum praealtum</i>	0.847	0.067
<i>Tagetes lucida</i>	0.934	0.017
<i>Tigridia pavonia</i>	0.930	0.104



**Figura 7. Mapa de distribución potencial de *Abies religiosa*.**



**Figura 8.** Mapa de distribución potencial de *Achillea millefolium*.

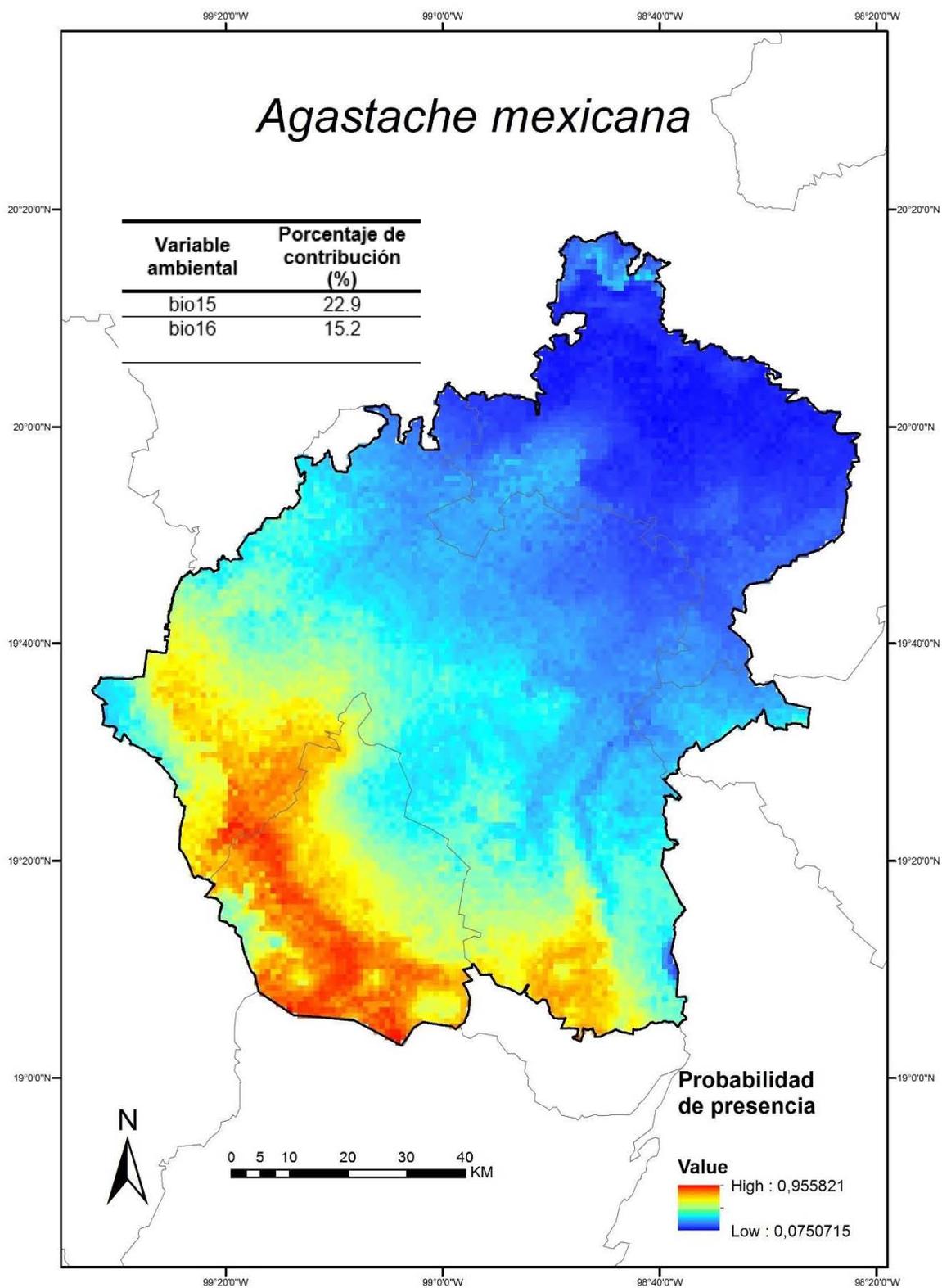


Figura 9. Mapa de distribución potencial de *Agastache mexicana*.

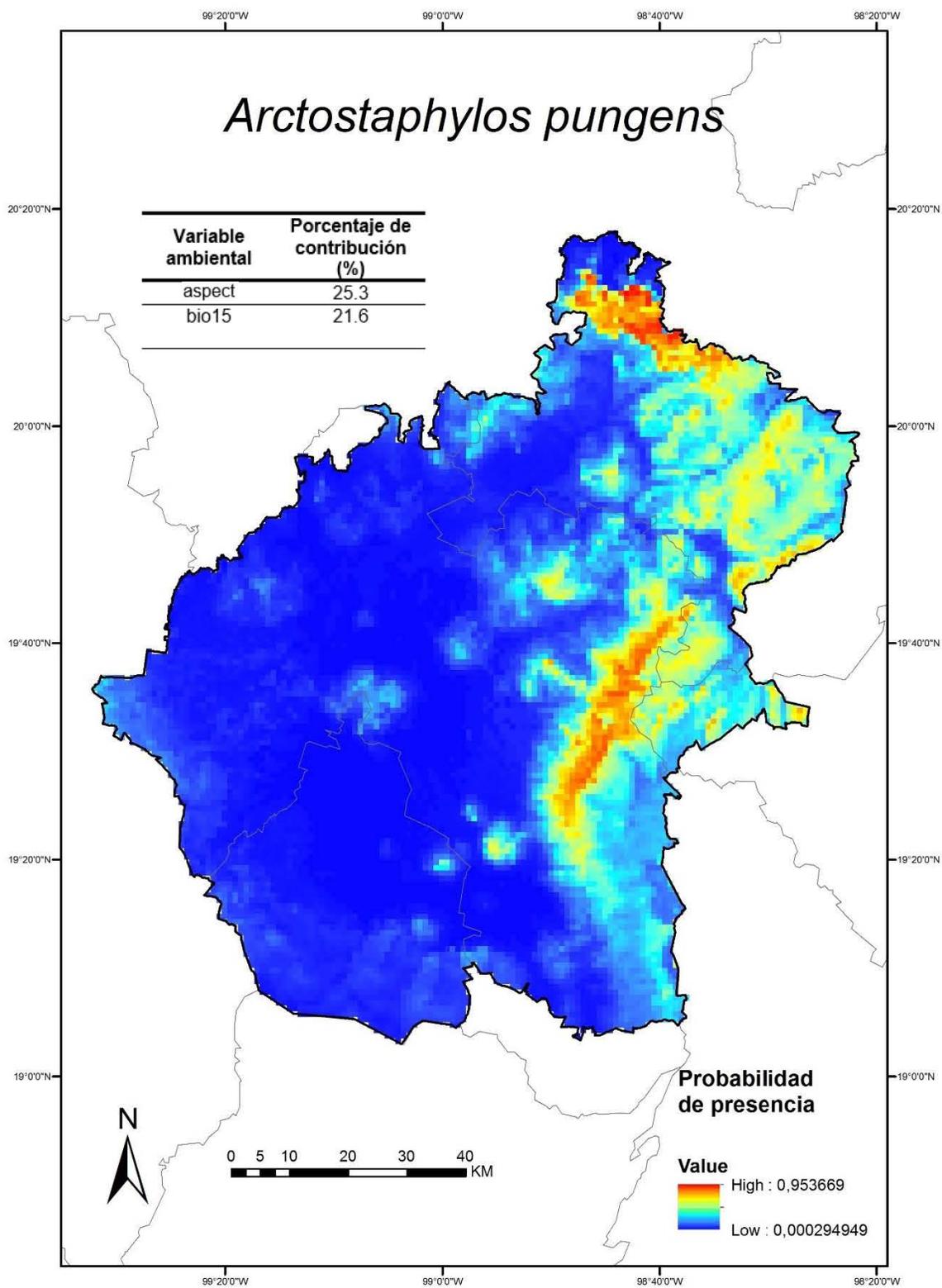


Figura 10. Mapa de distribución potencial de *Arctostaphylos pungens*.

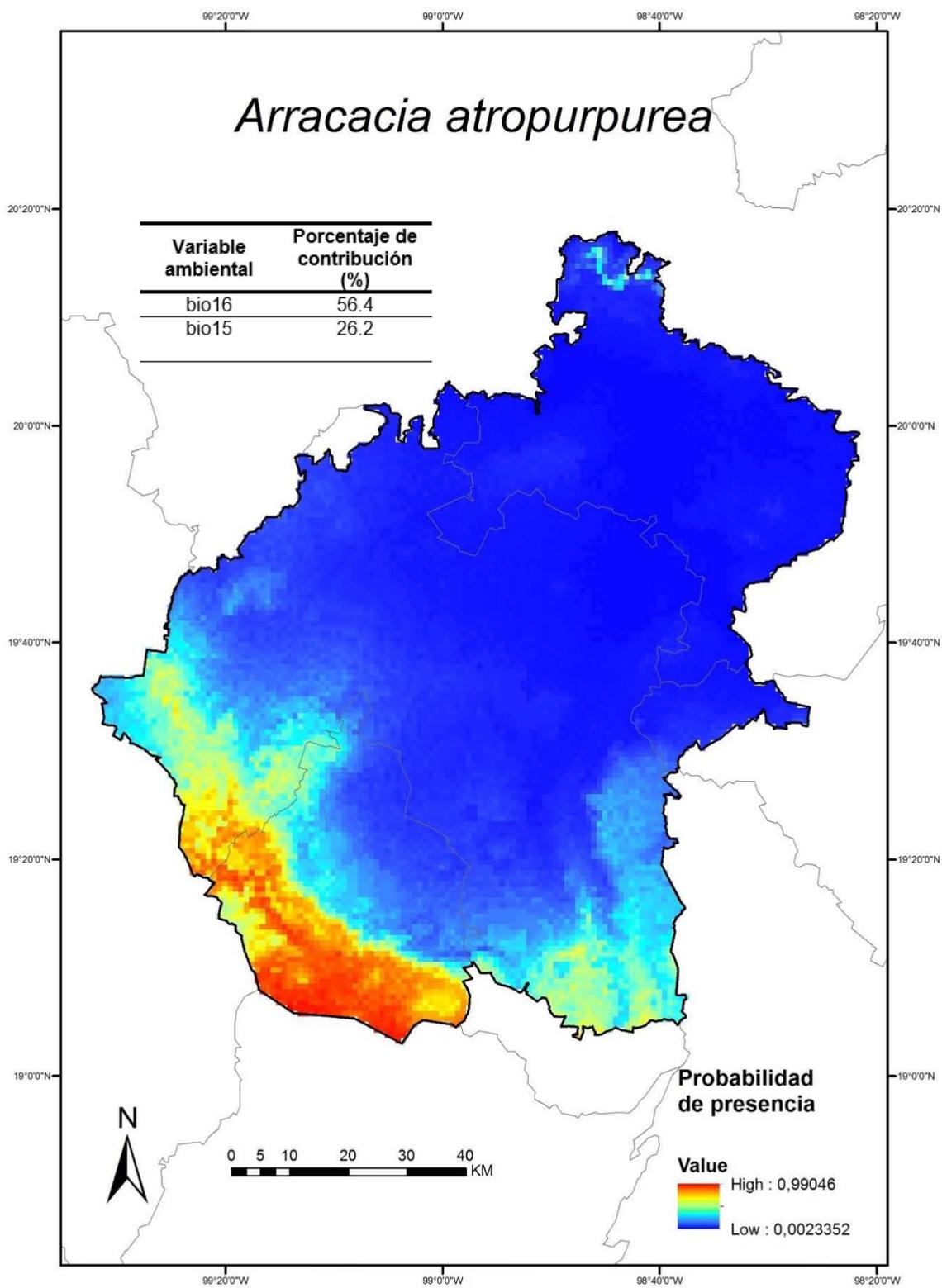


Figura 11. Mapa de distribución potencial de *Arracacia atropurpurea*.

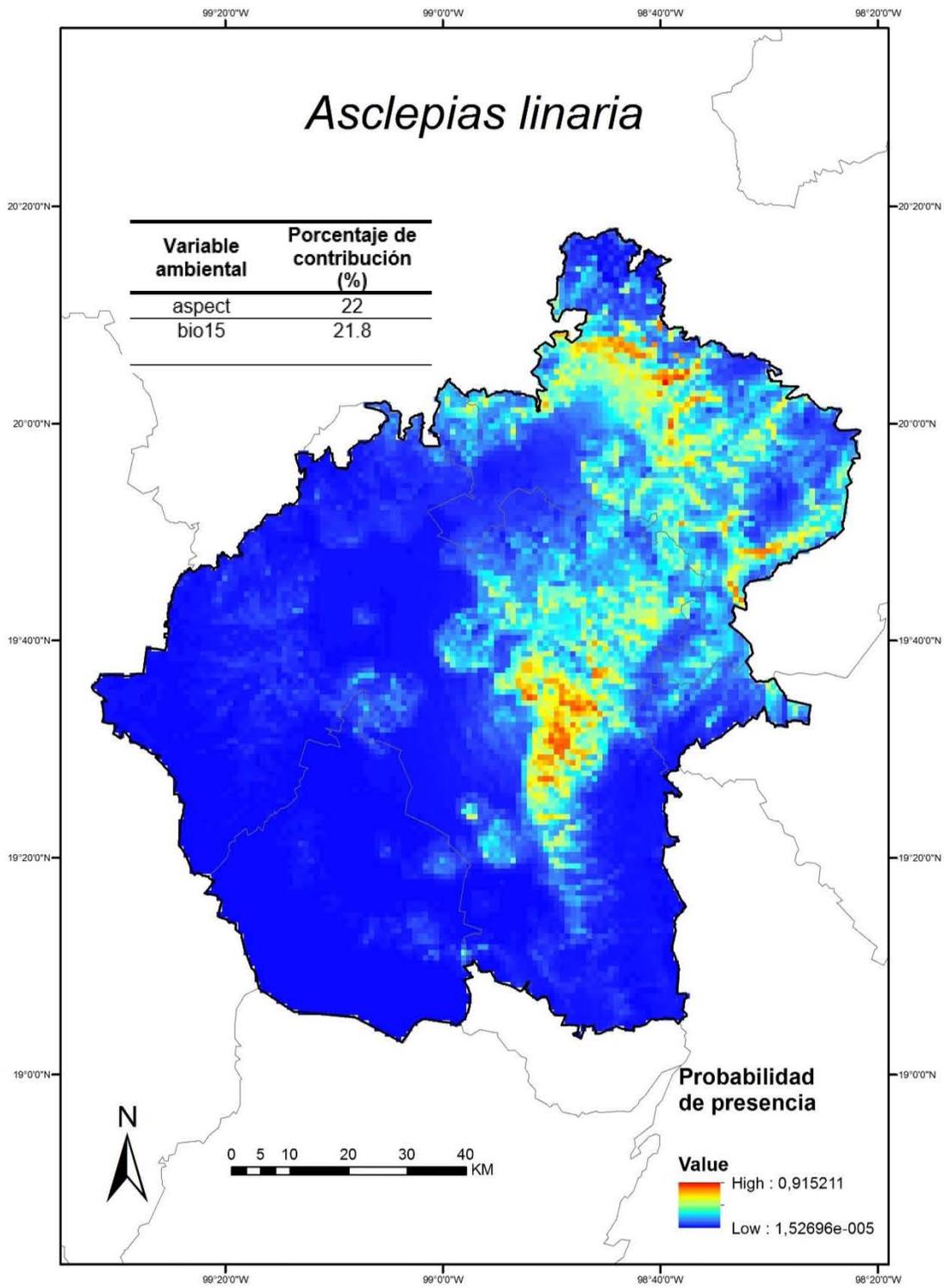


Figura 12. Mapa de distribución potencial de *Asclepias linaria*.

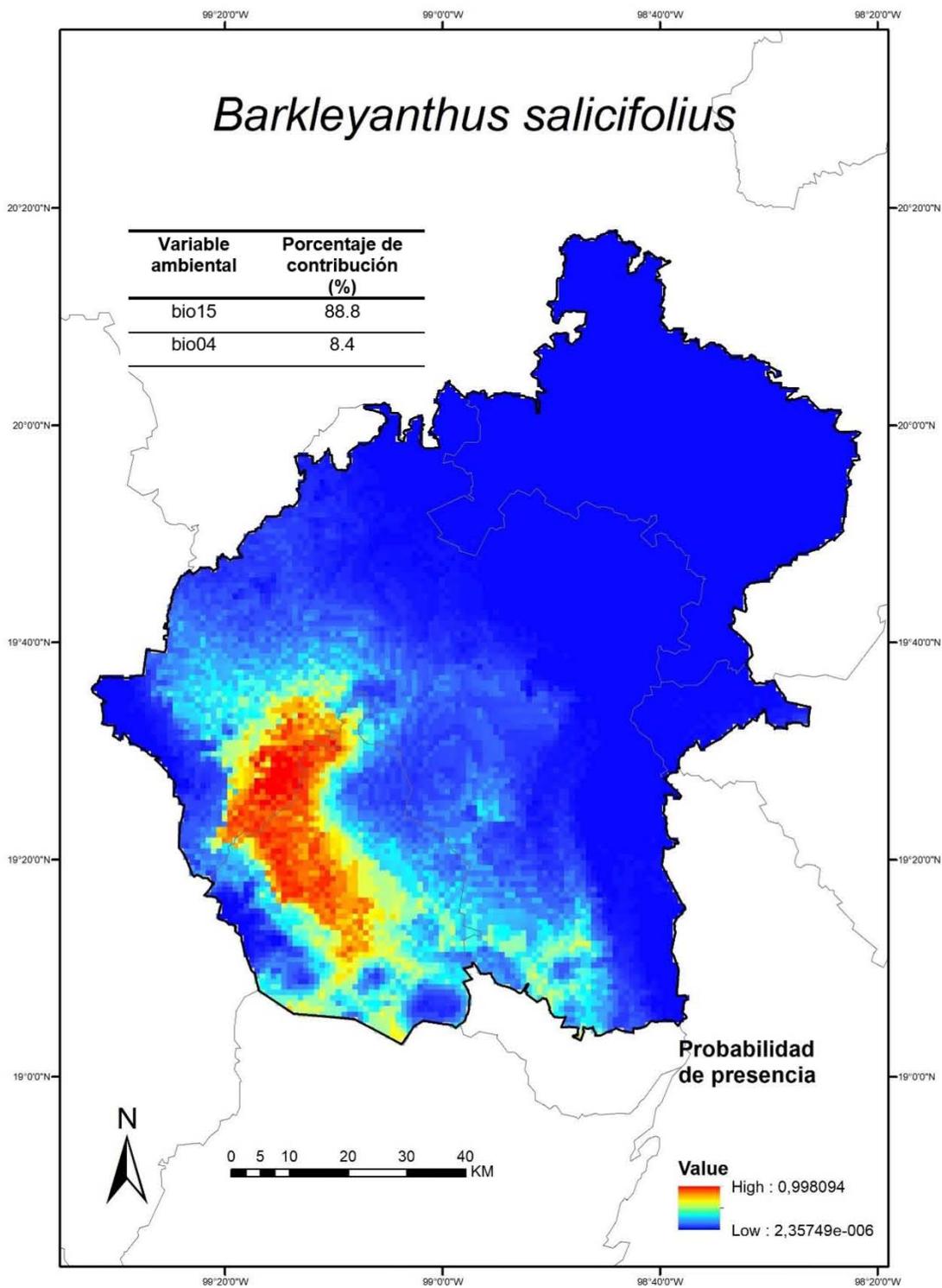


Figura 13. Mapa de distribución potencial de *Barkleyanthus salicifolius*.

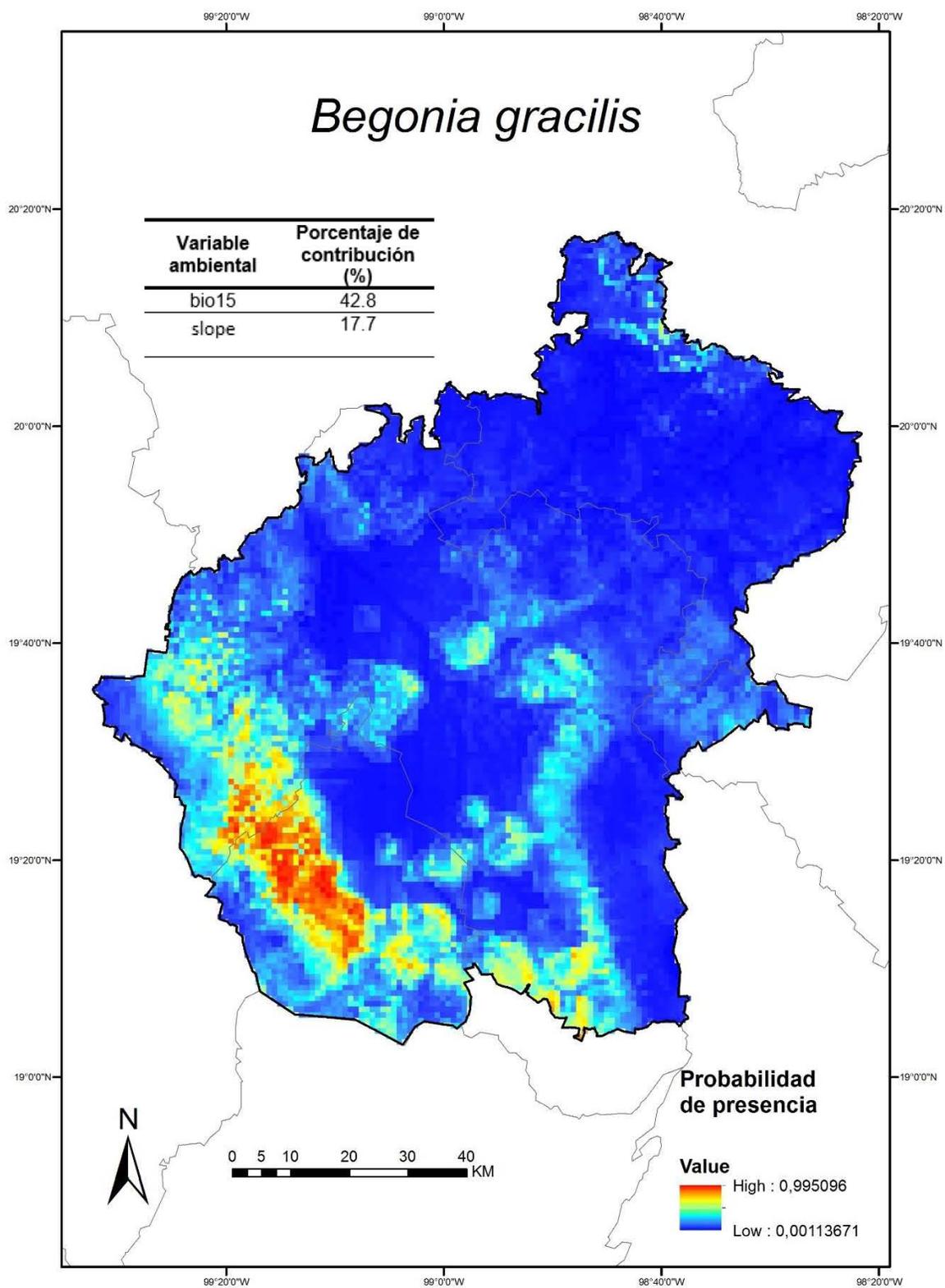


Figura 14. Mapa de distribución potencial de *Begonia gracilis*.

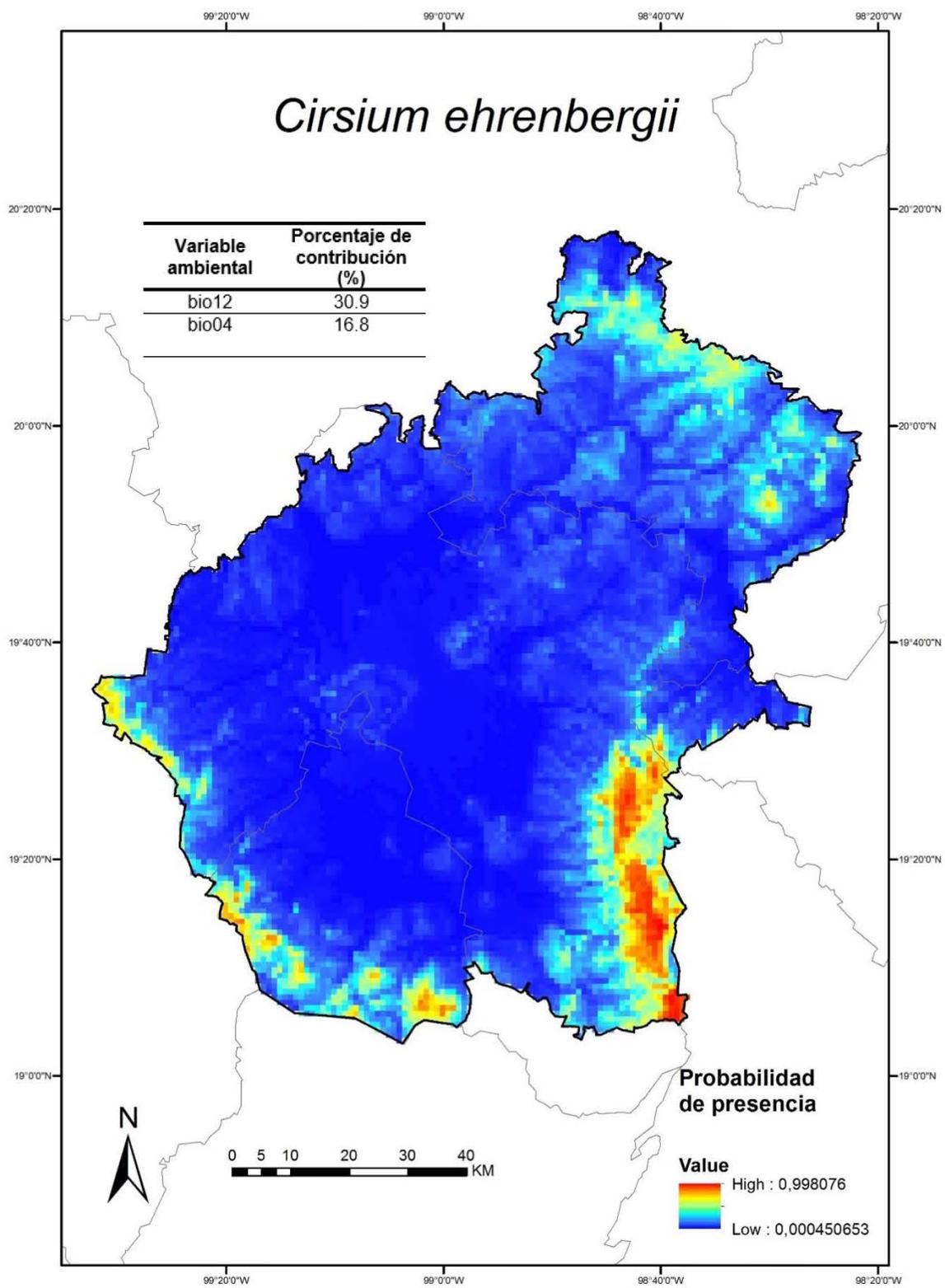


Figura 15. Mapa de distribución potencial de *Cirsium ehrenbergii*.

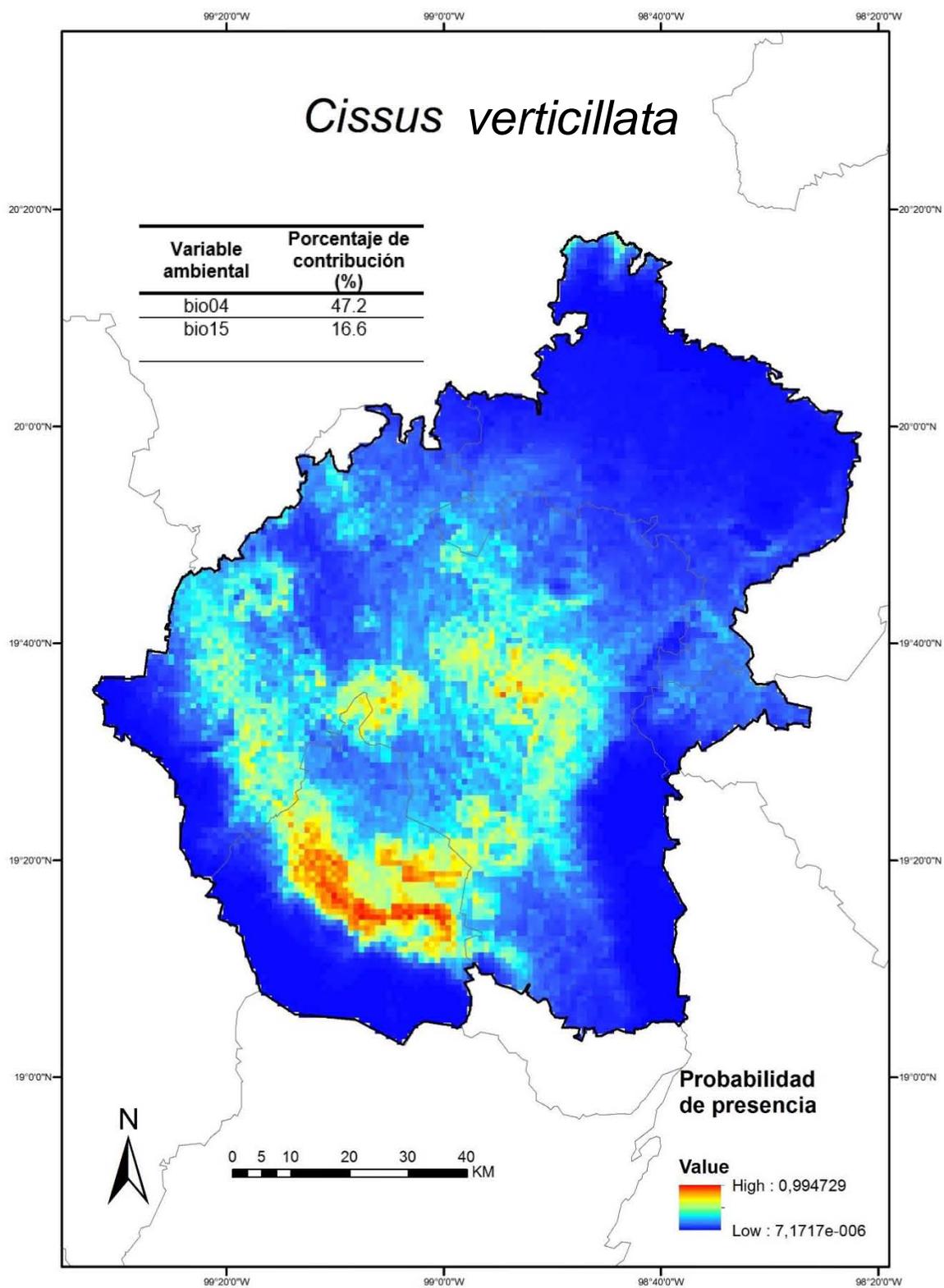


Figura 16. Mapa de distribución potencial de *Cissus verticillata*.

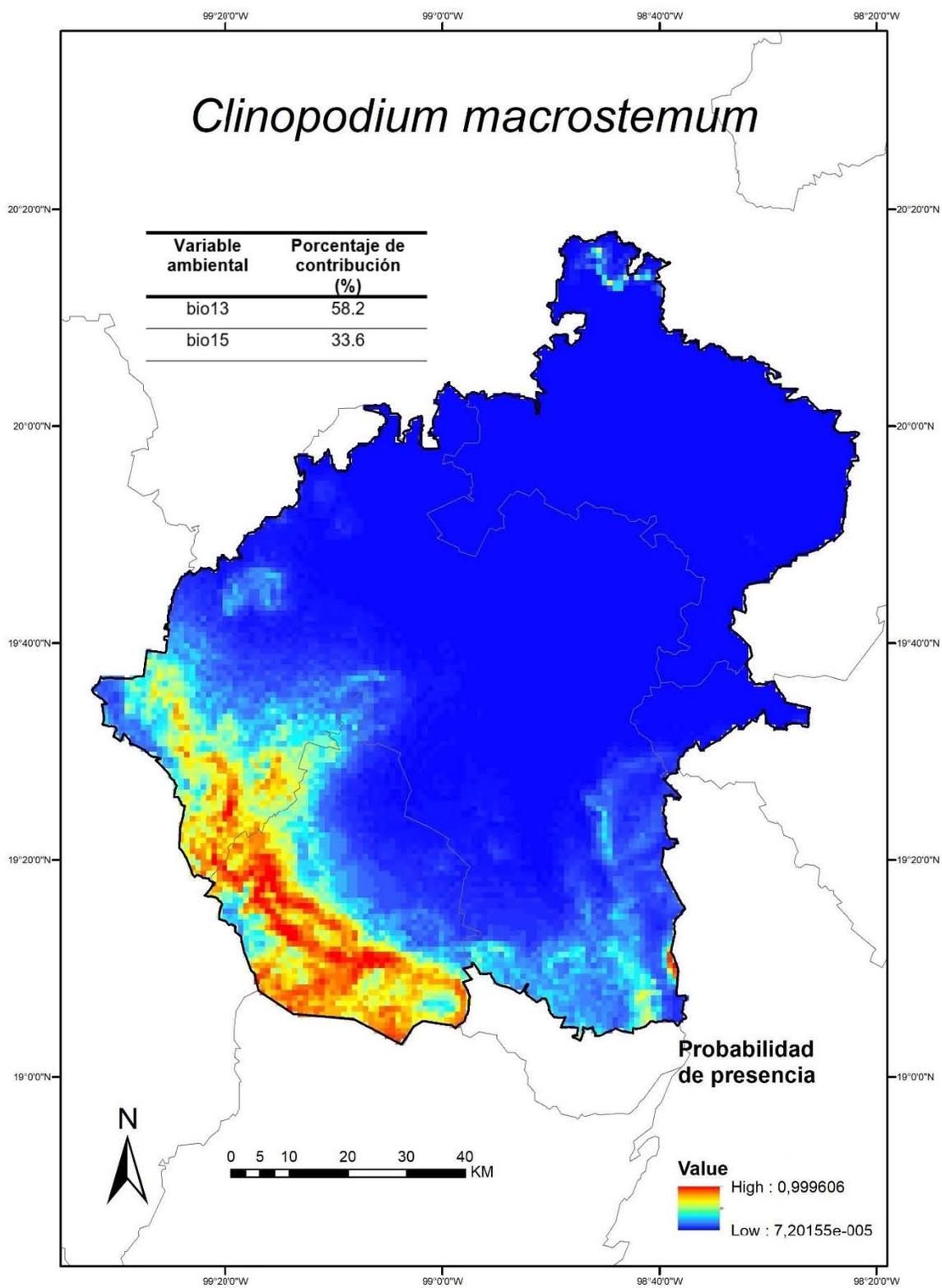


Figura 17. Mapa de distribución potencial de *Clinopodium macrostemum*.

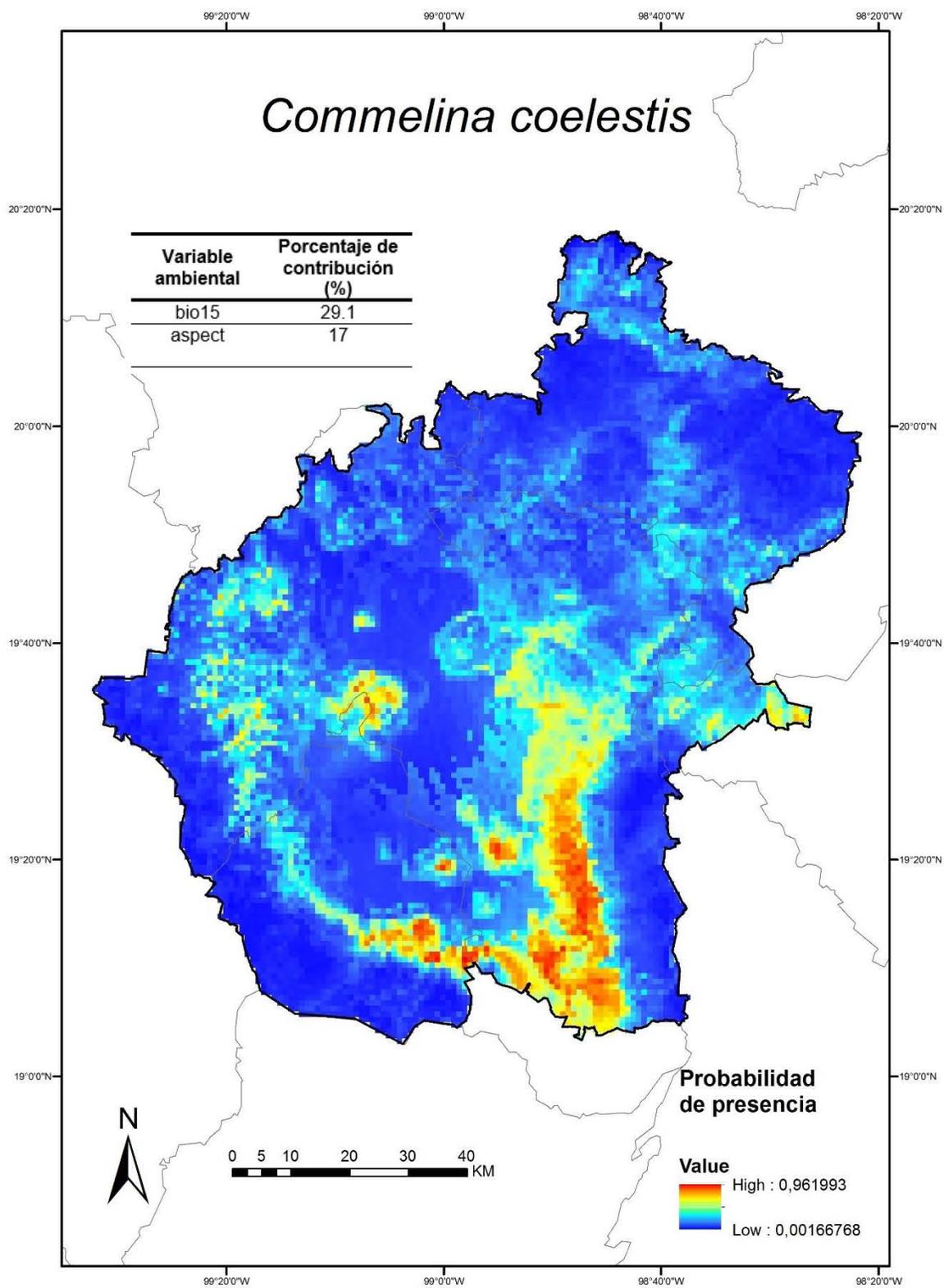


Figura 18. Mapa de distribución potencial de *Commelina coelestis*.

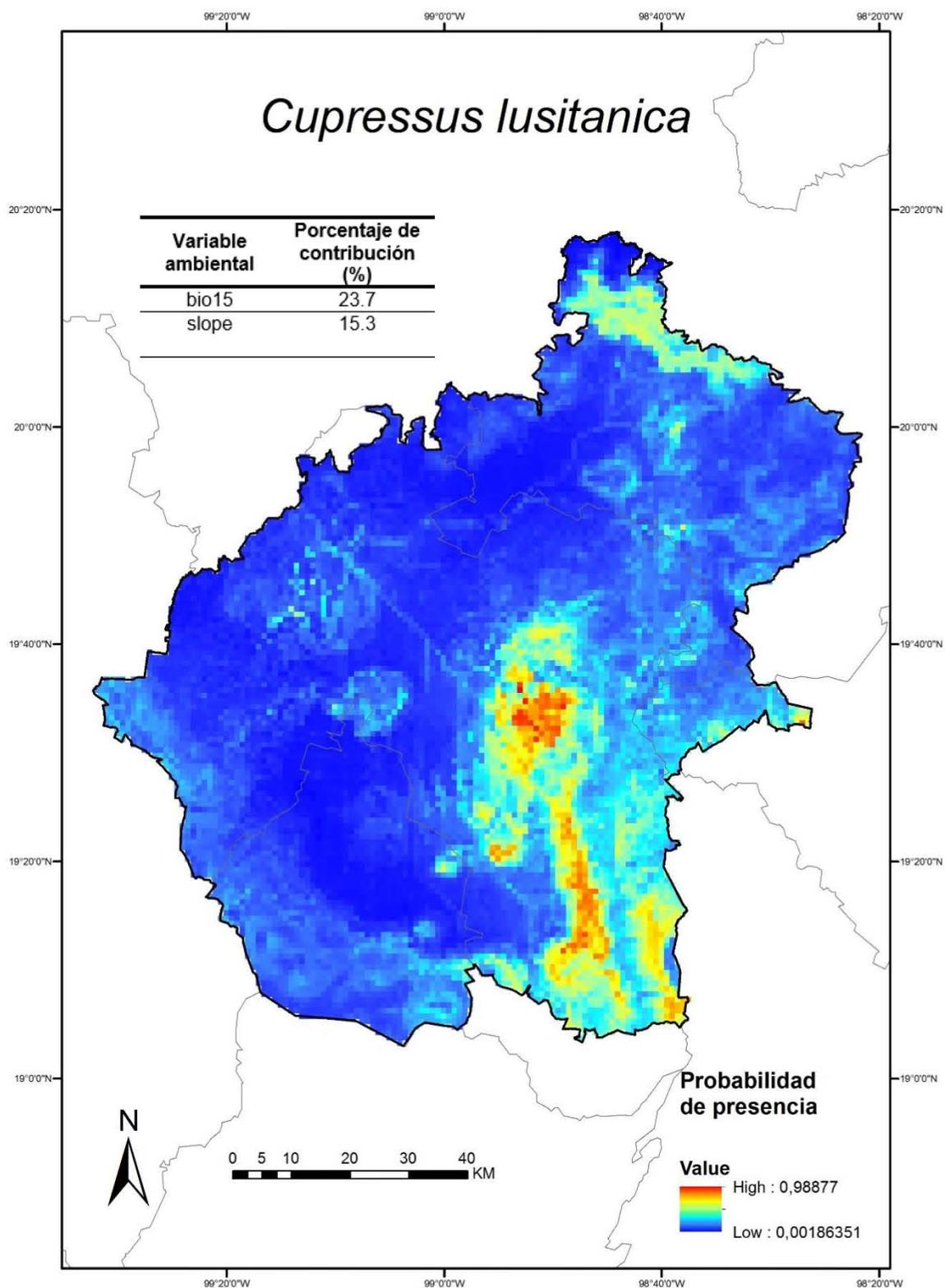


Figura 19. Mapa de distribución potencial de *Cupressus lusitanica*.

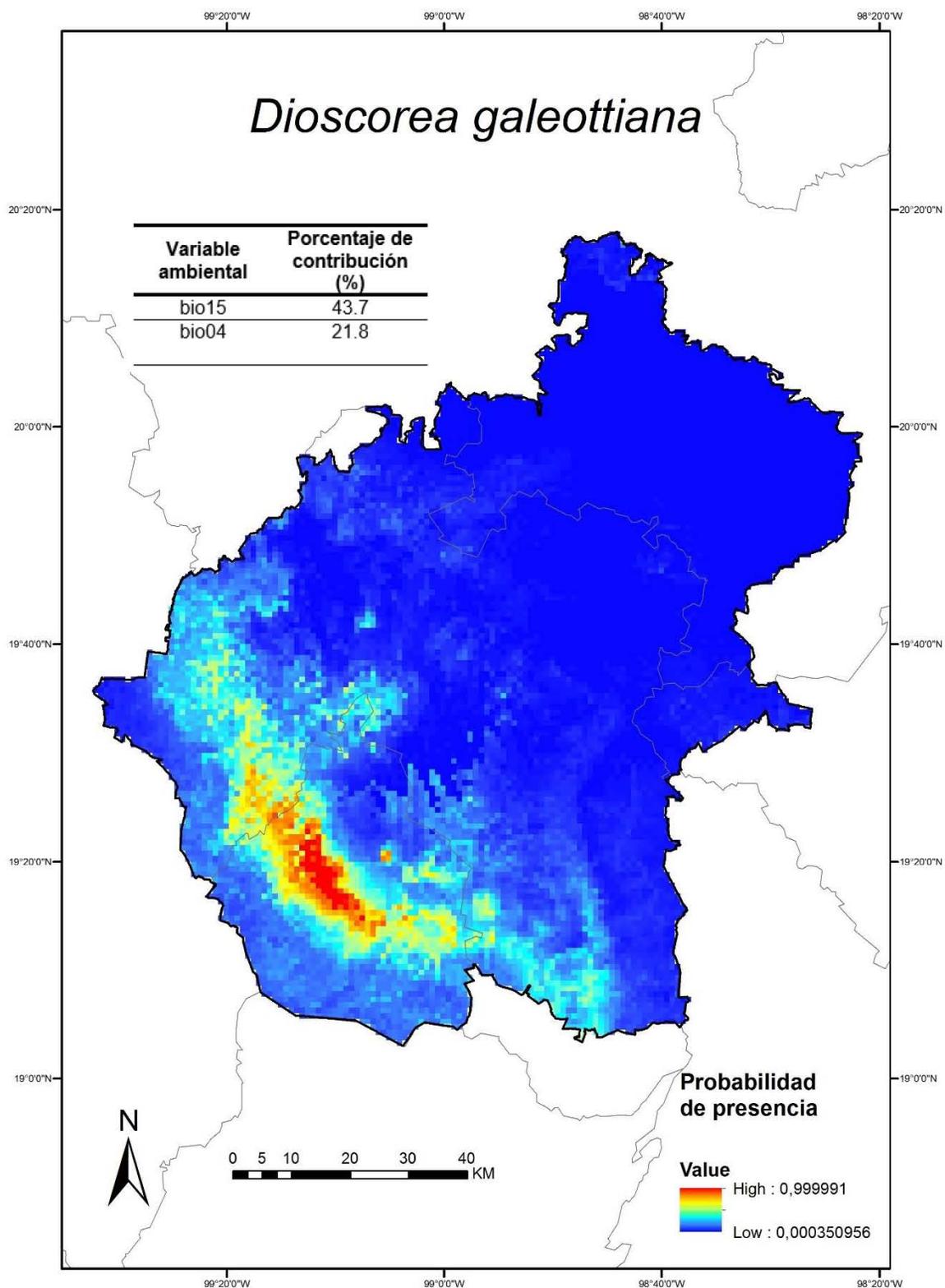


Figura 20. Mapa de distribución potencial de *Dioscorea galeottiana*.

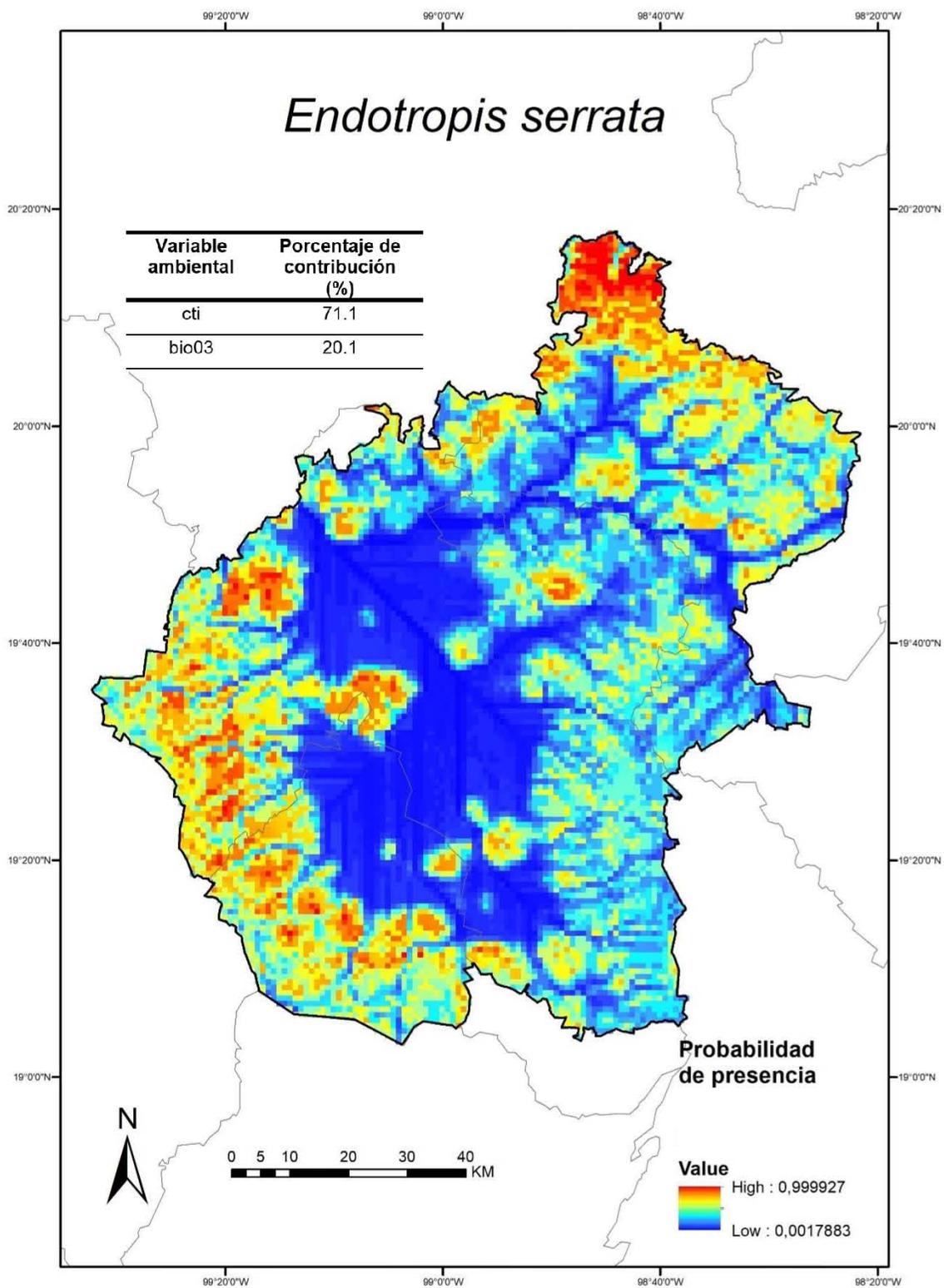


Figura 21. Mapa de distribución potencial de *Endotropis serrata*.

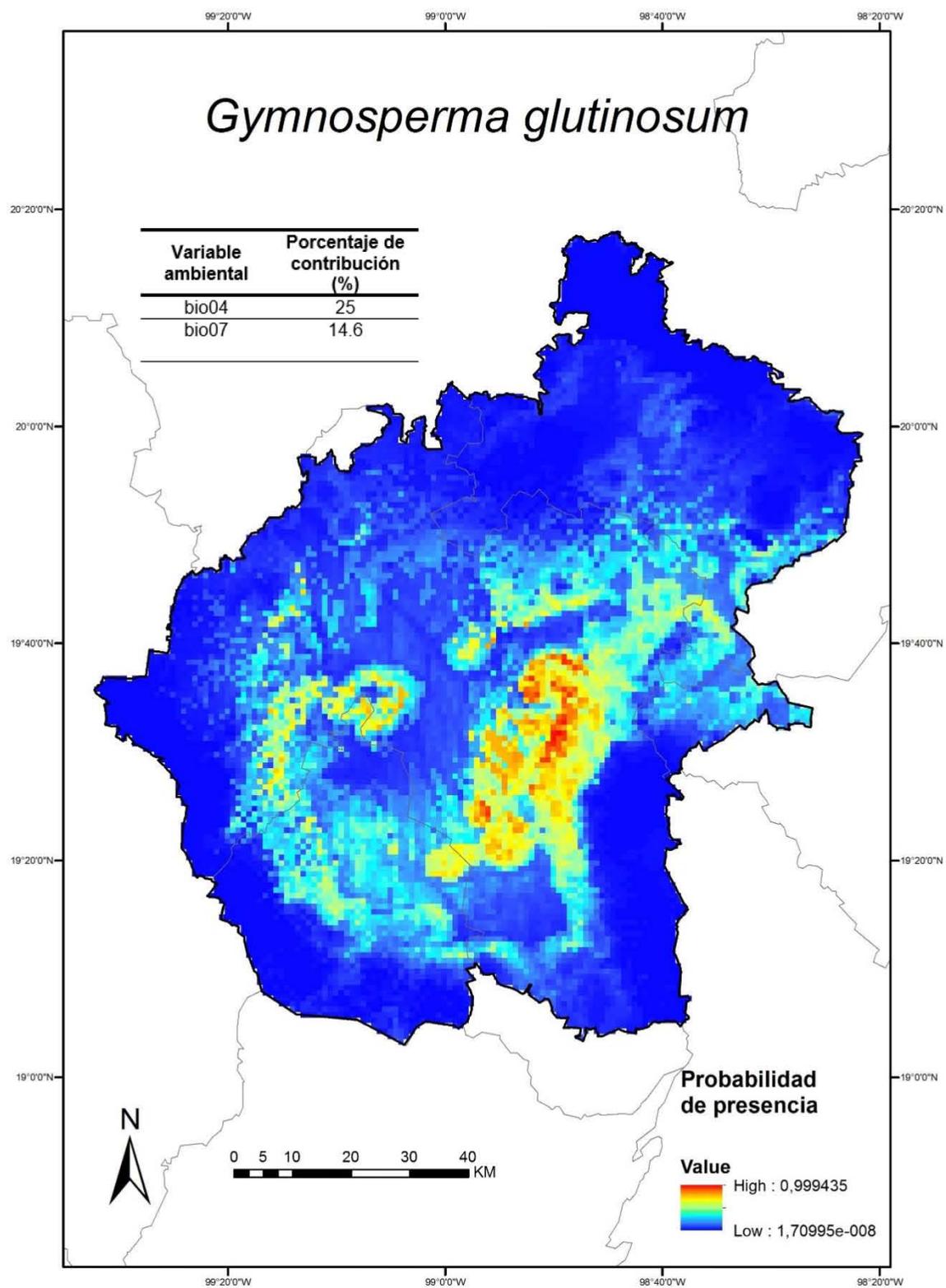


Figura 22. Mapa de distribución potencial de *Gymnosperma glutinosum*.

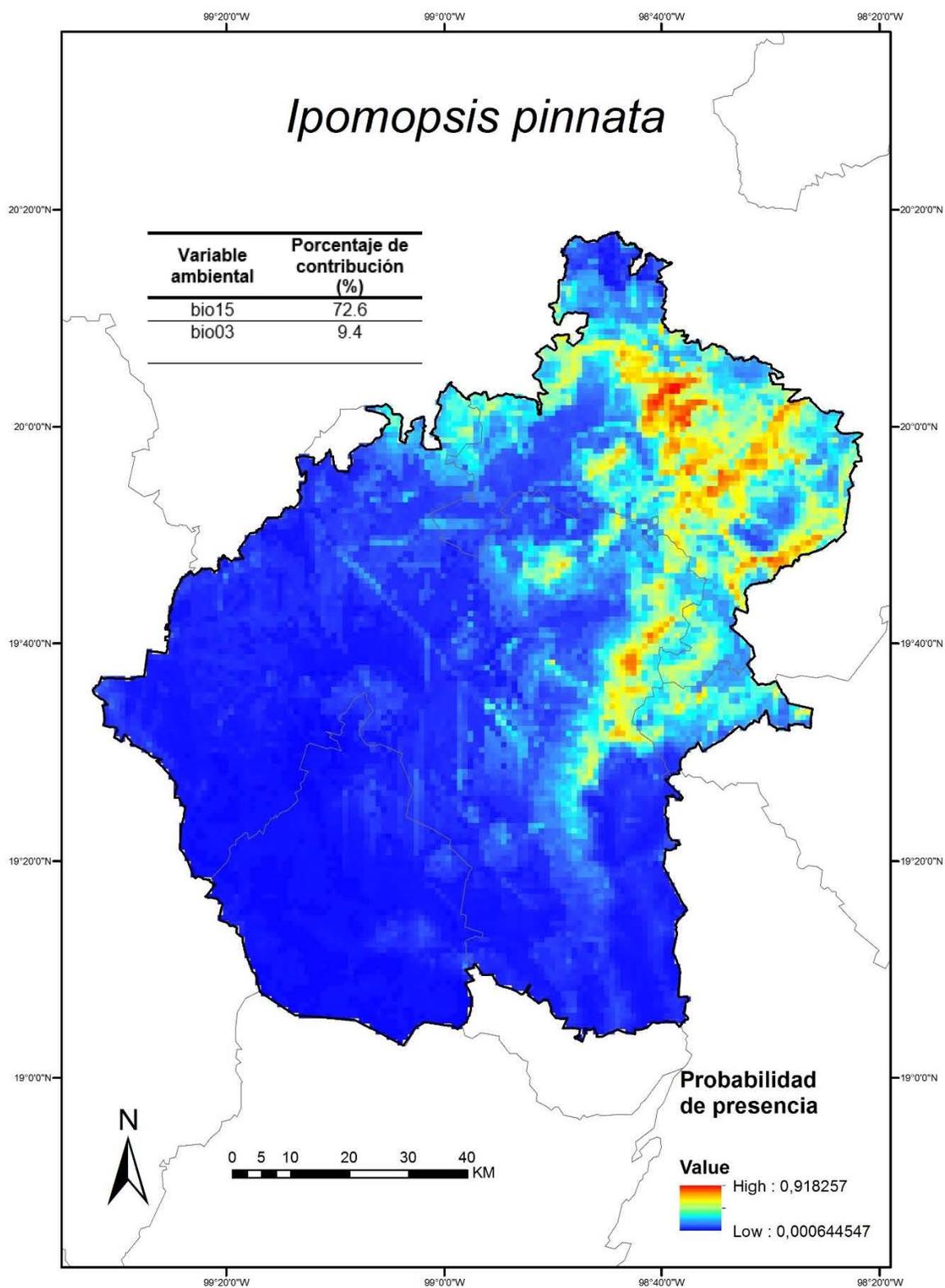


Figura 23. Mapa de distribución potencial de *Ipomopsis pinnata*.

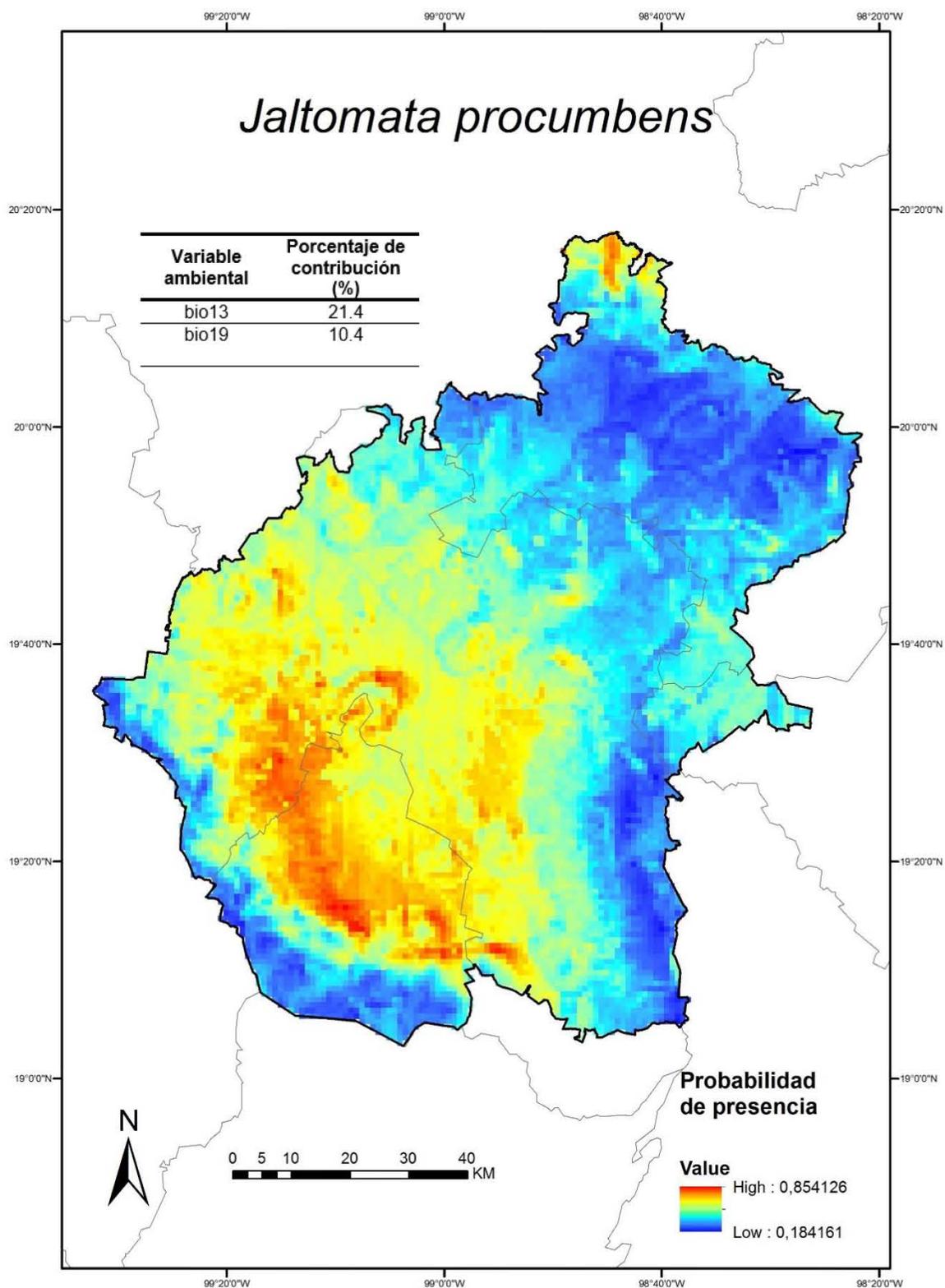


Figura 24. Mapa de distribución potencial de *Jaltomata procumbens*.

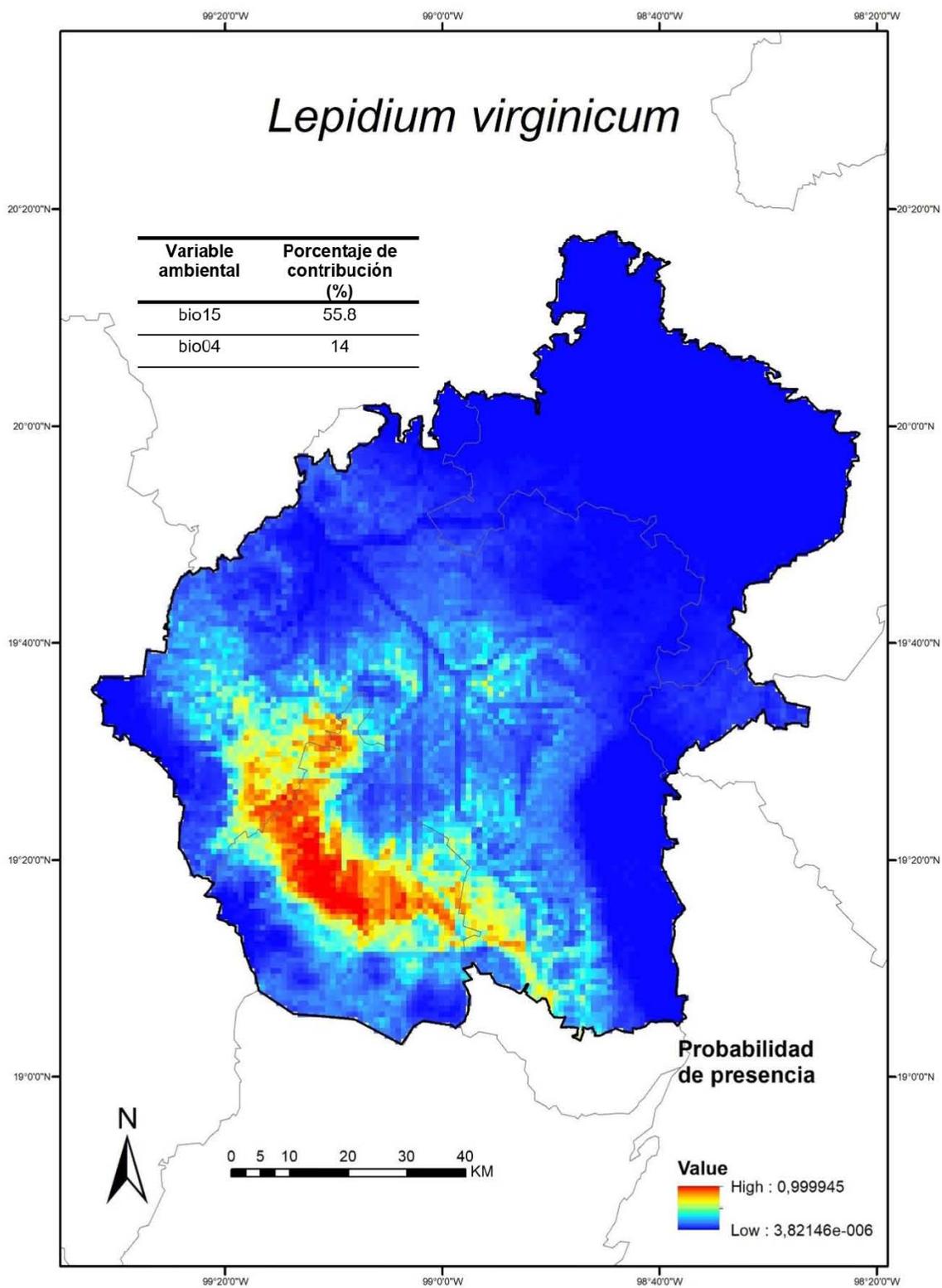


Figura 25. Mapa de distribución potencial de *Lepidium virginicum*.

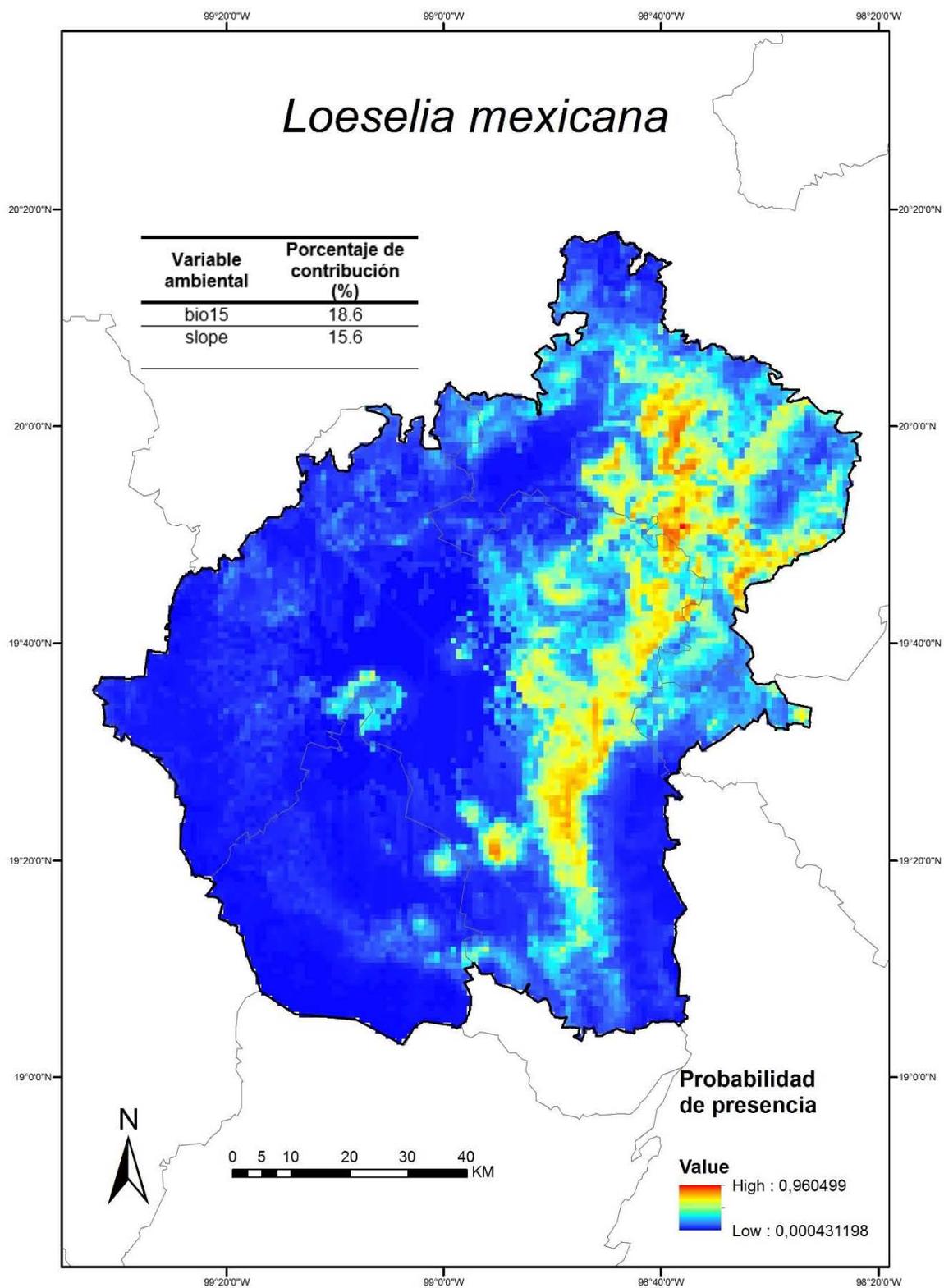


Figura 26. Mapa de distribución potencial de *Loeselia mexicana*.

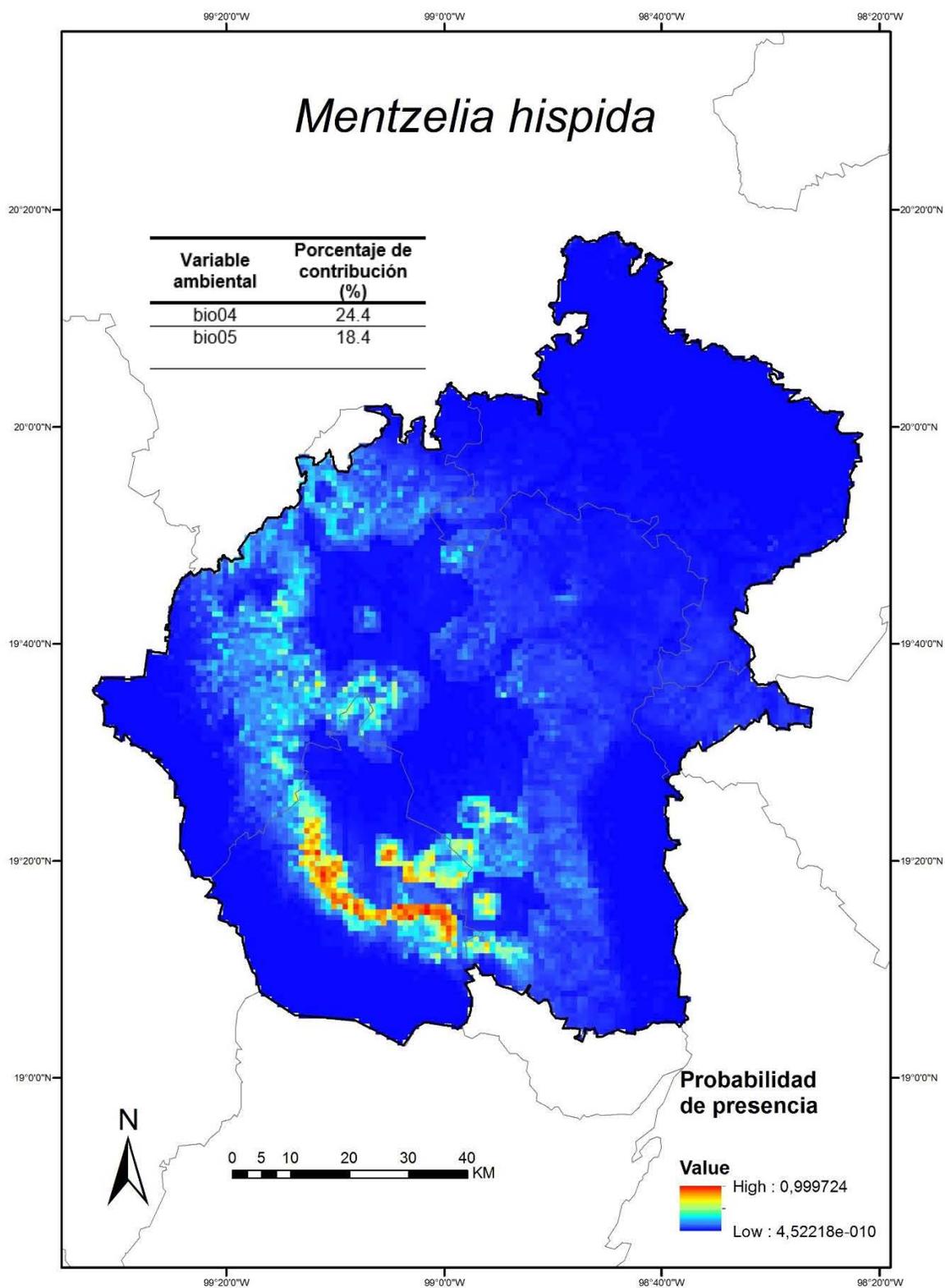


Figura 27. Mapa de distribución potencial de *Mentzelia hispida*.

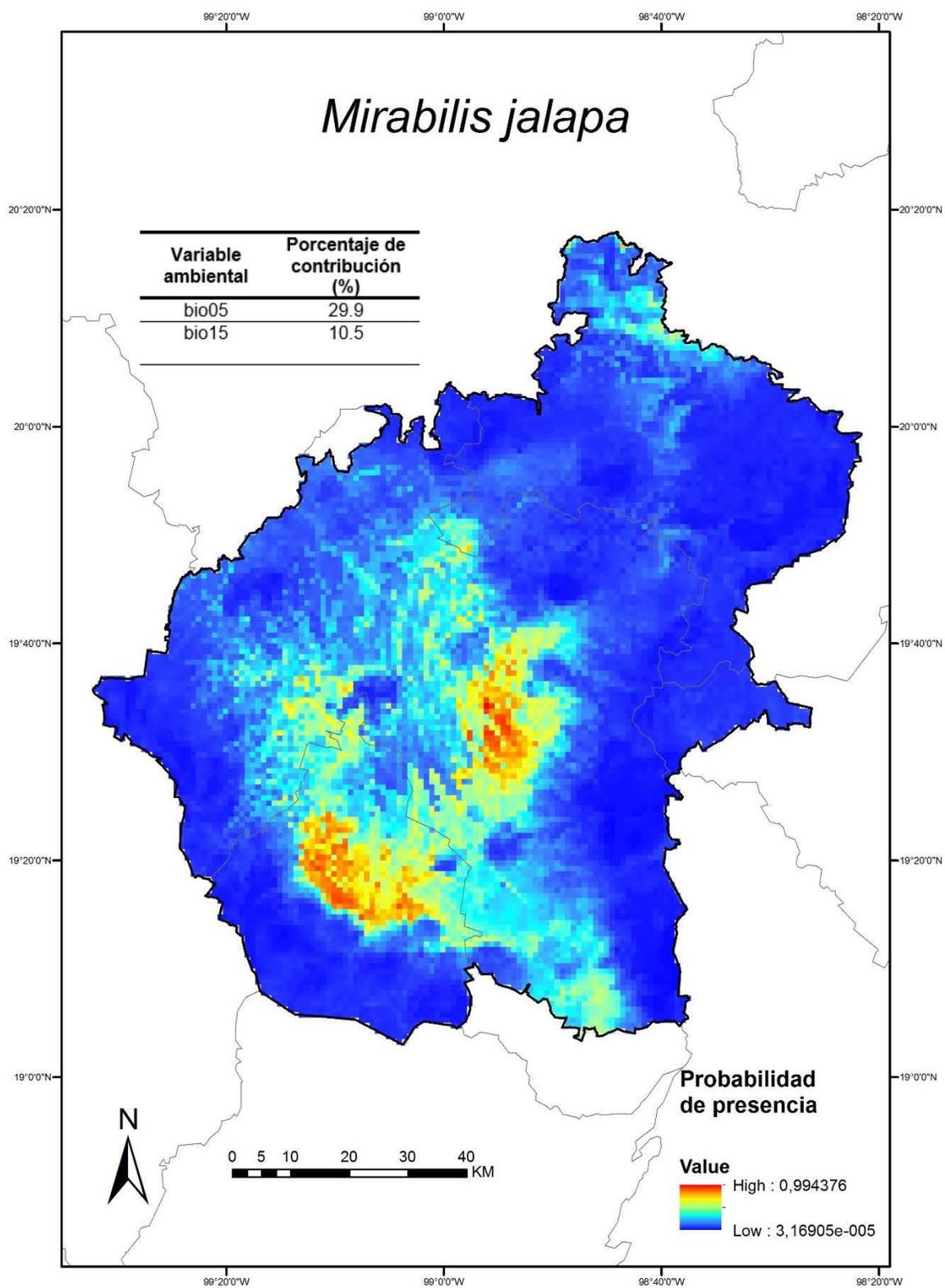


Figura 28. Mapa de distribución potencial de *Mirabilis jalapa*.

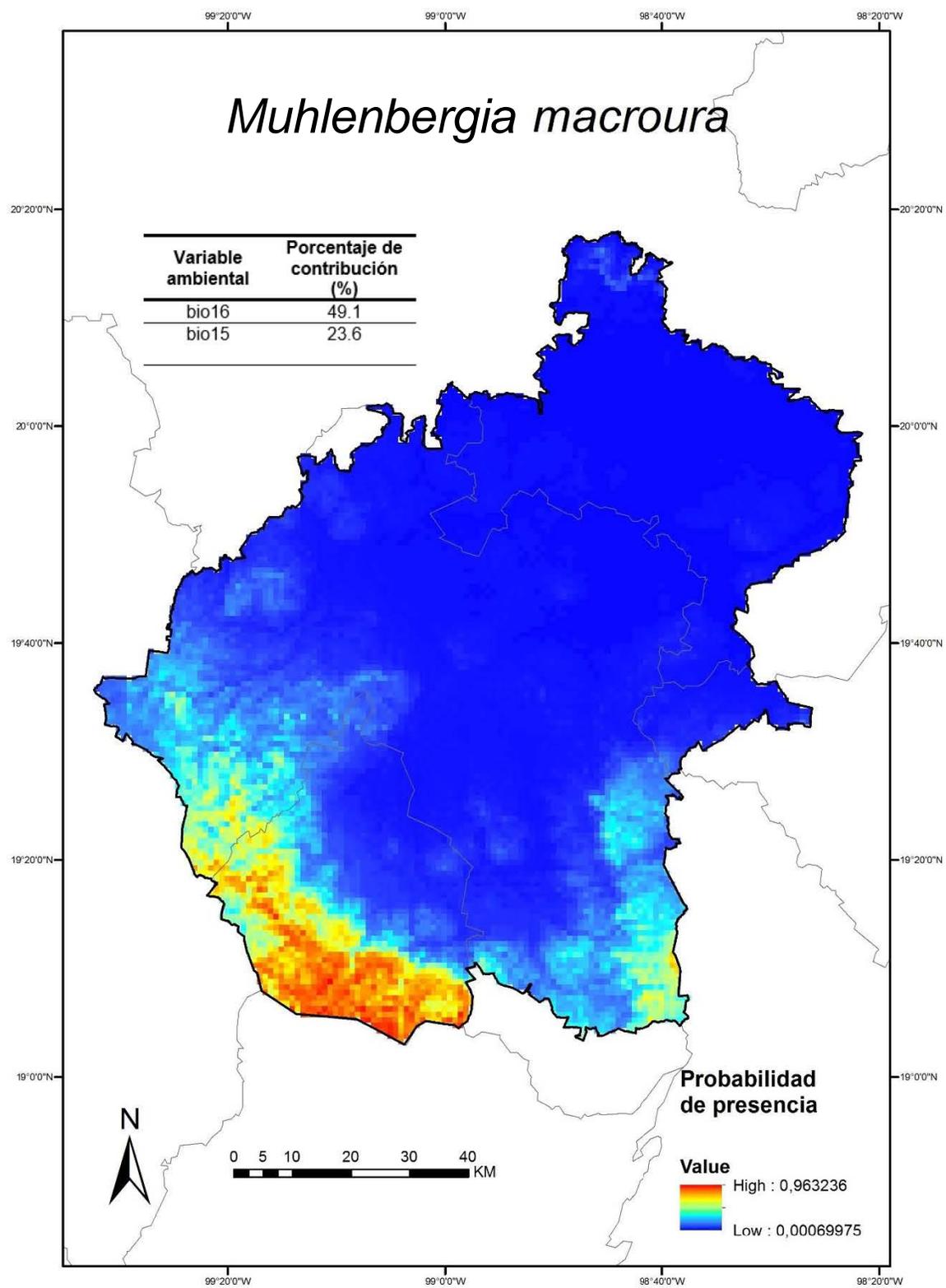


Figura 29. Mapa de distribución potencial de *Muhlenbergia macroura*.

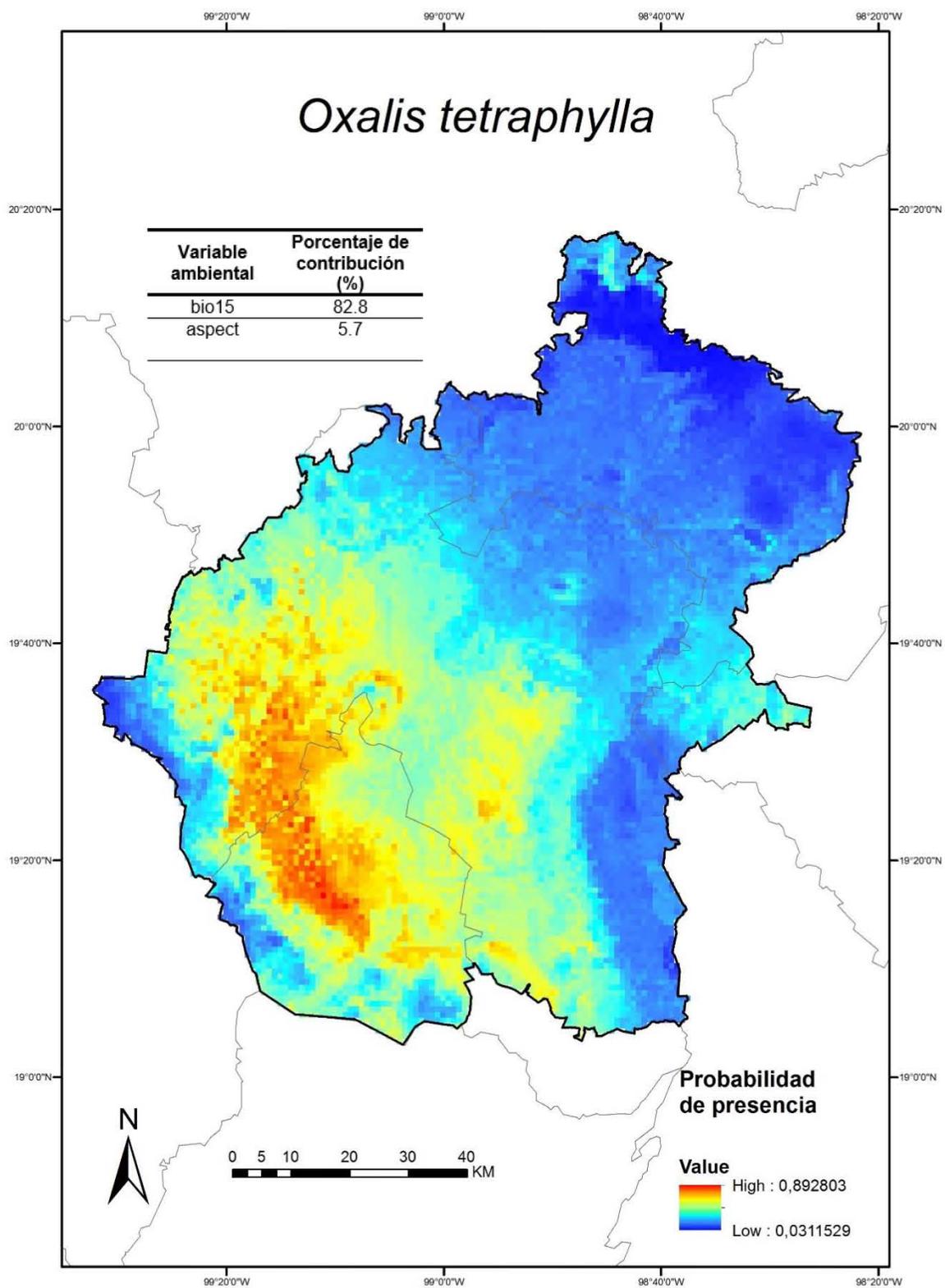


Figura 30. Mapa de distribución potencial de *Oxalis tetraphylla*.

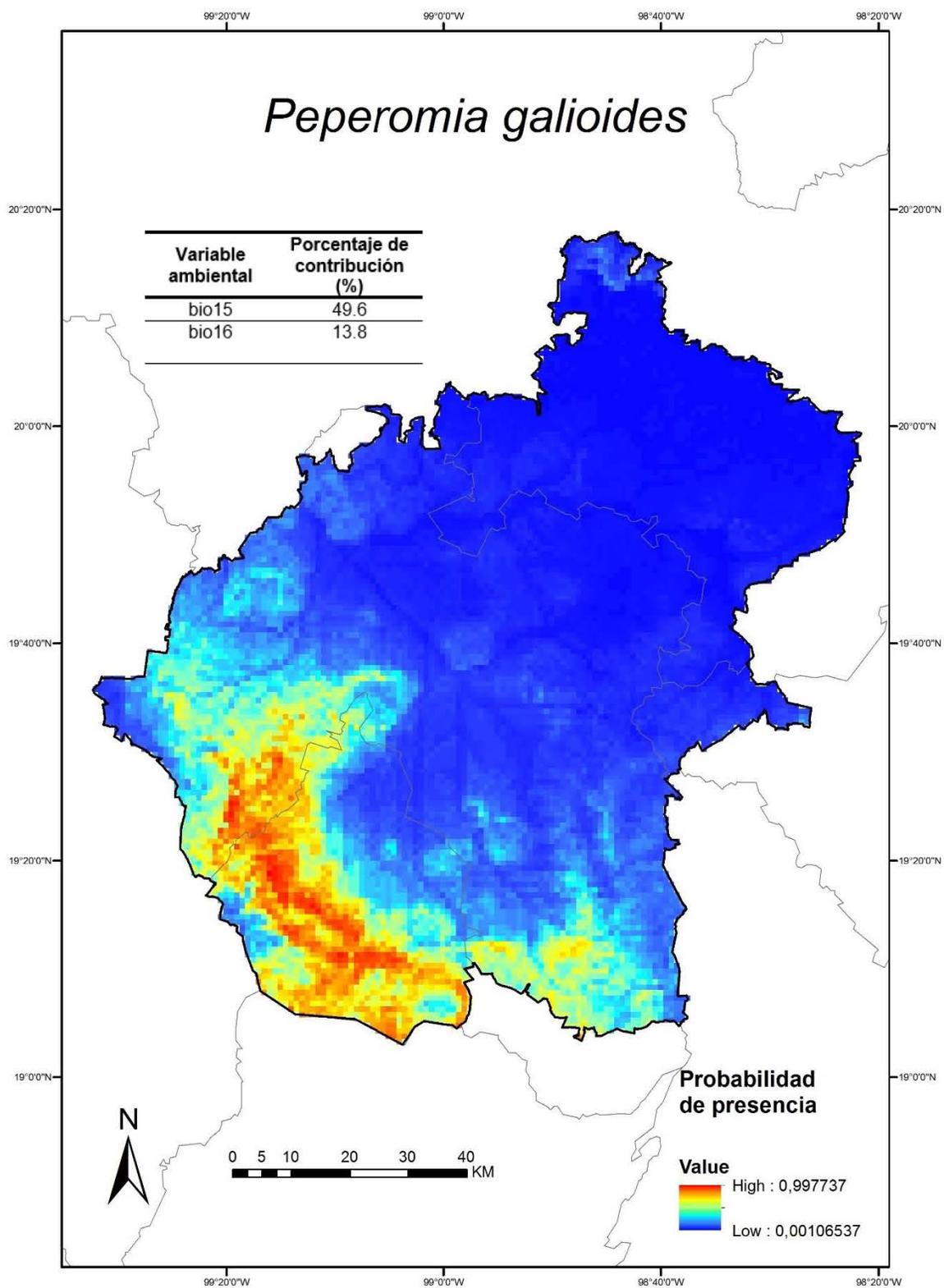


Figura 31. Mapa de distribución potencial de *Peperomia galioides*.

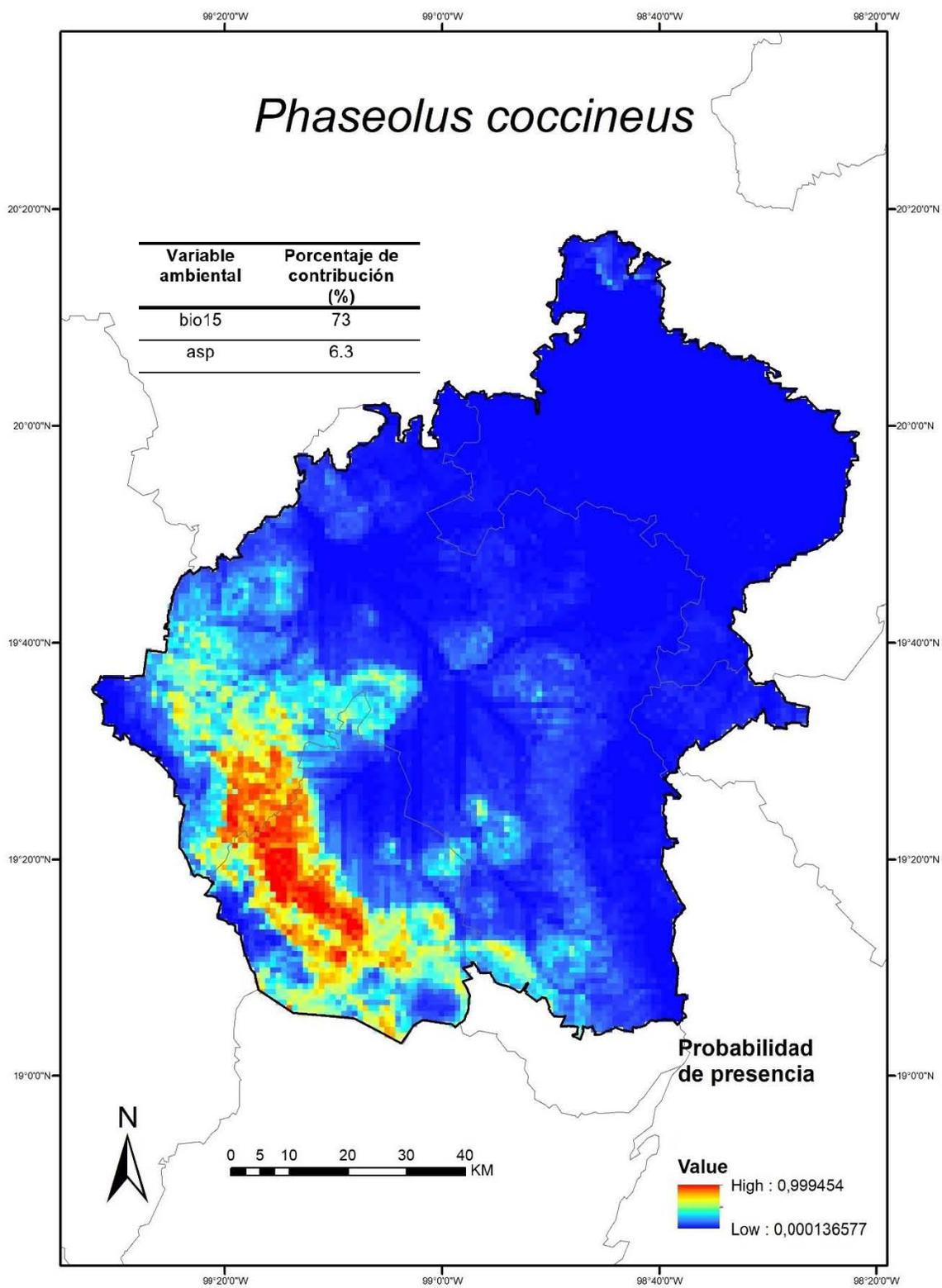


Figura 32. Mapa de distribución potencial de *Phaseolus coccineus*.

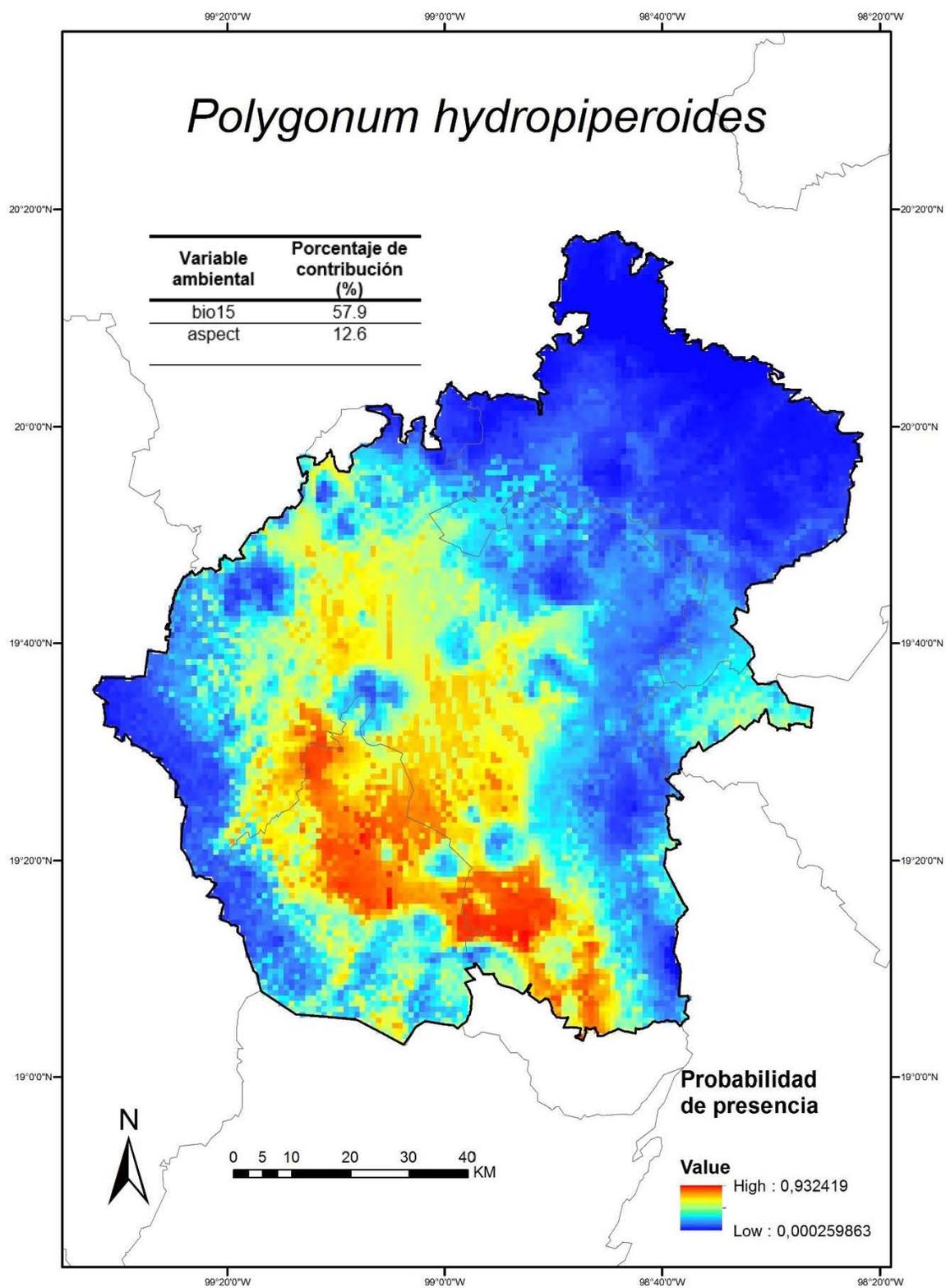


Figura 33. Mapa de distribución potencial de *Polygonum hydropiperoides*.

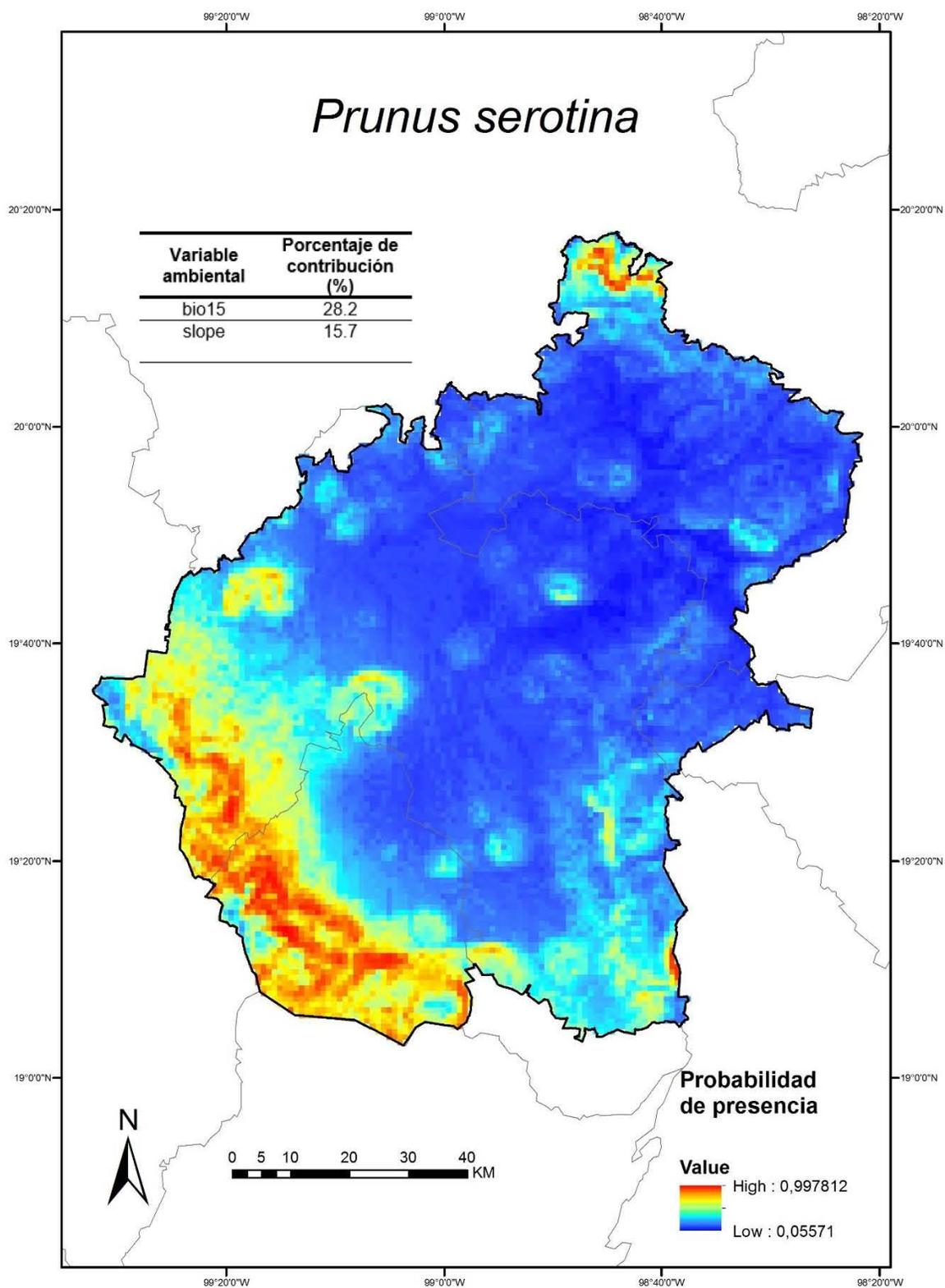
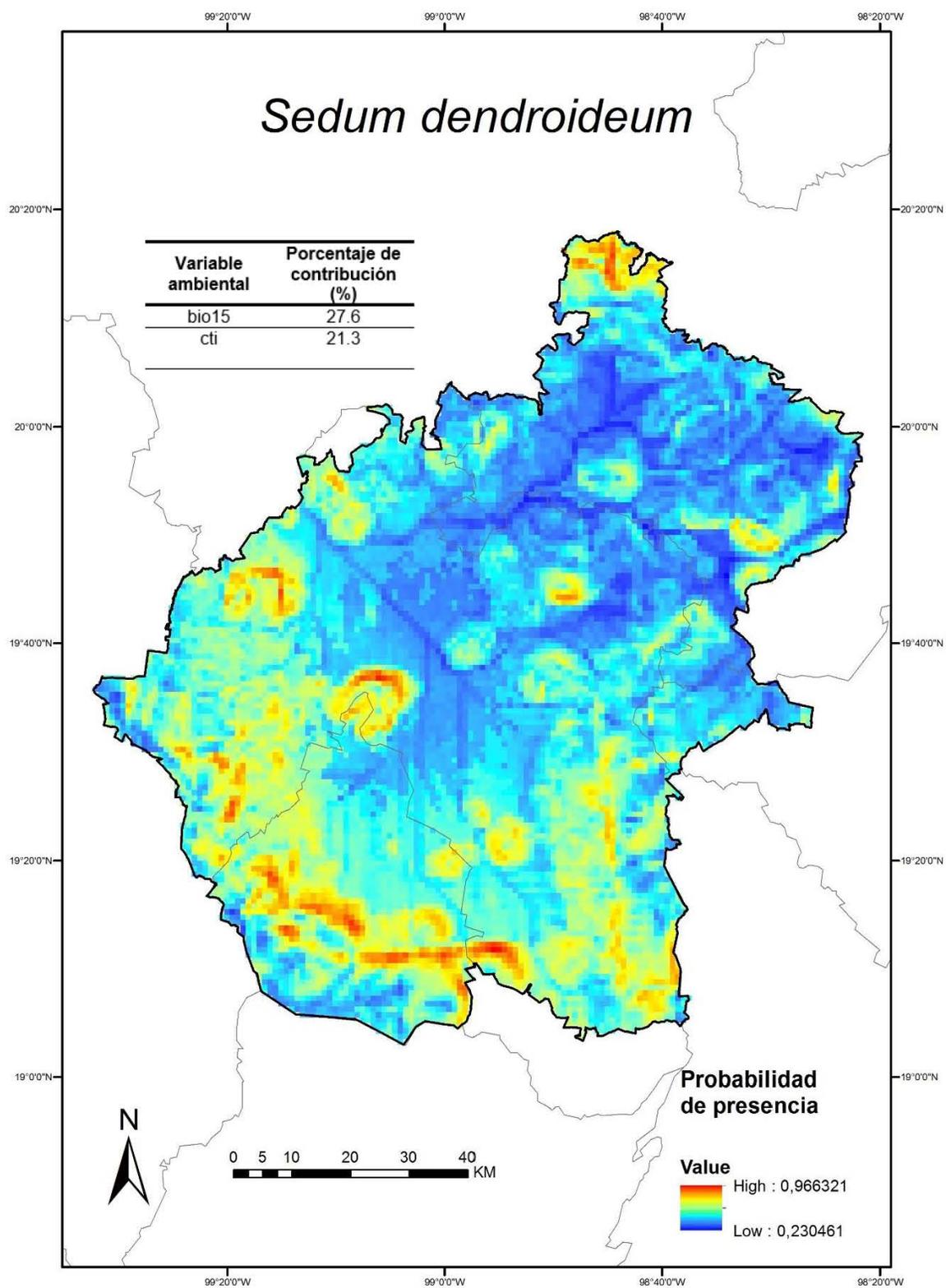


Figura 34. Mapa de distribución potencial de *Prunus serotina*.



**Figura 35. Mapa de distribución potencial de *Sedum dendroideum*.**

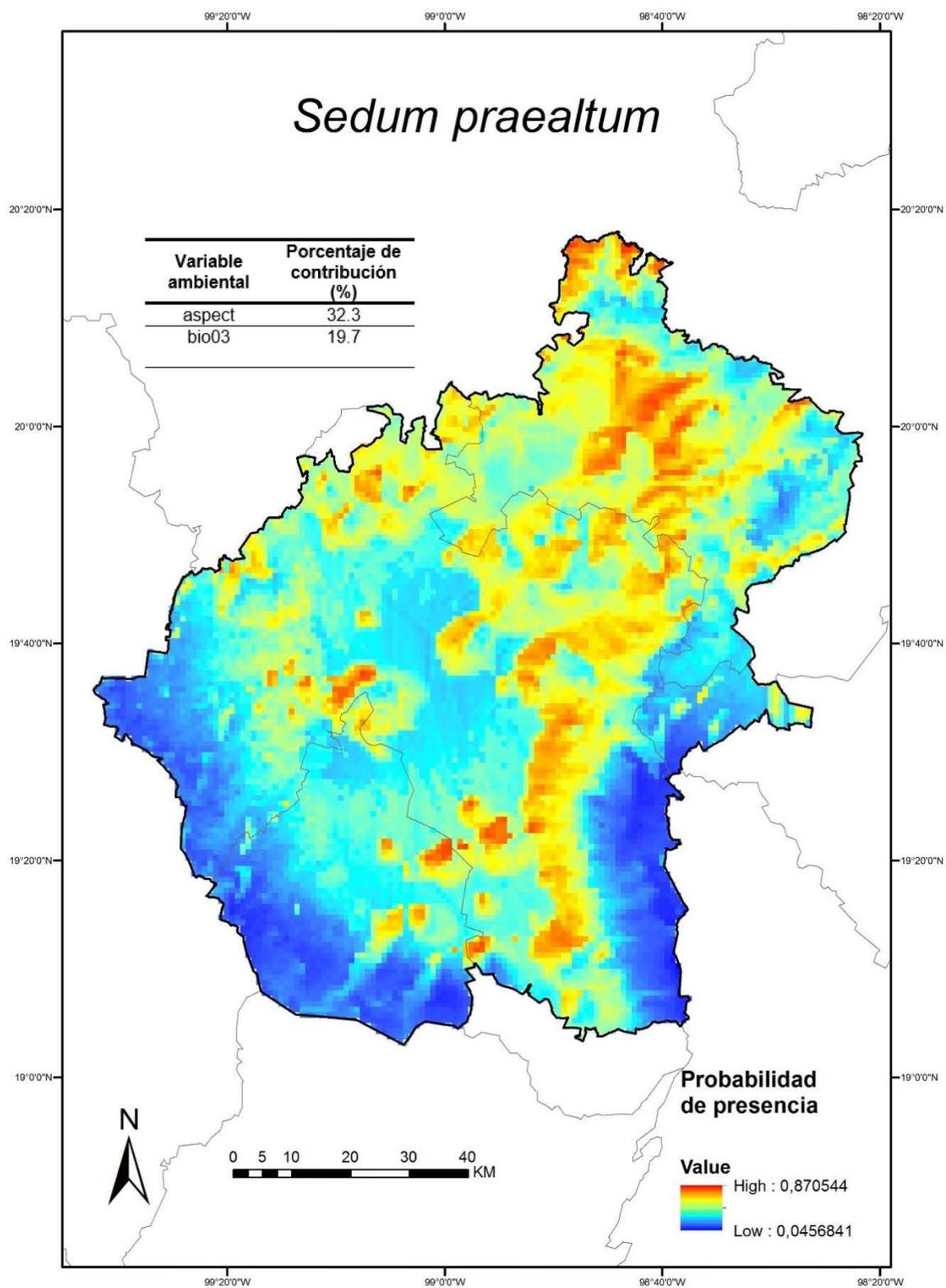


Figura 36. Mapa de distribución potencial de *Sedum praealtum*.

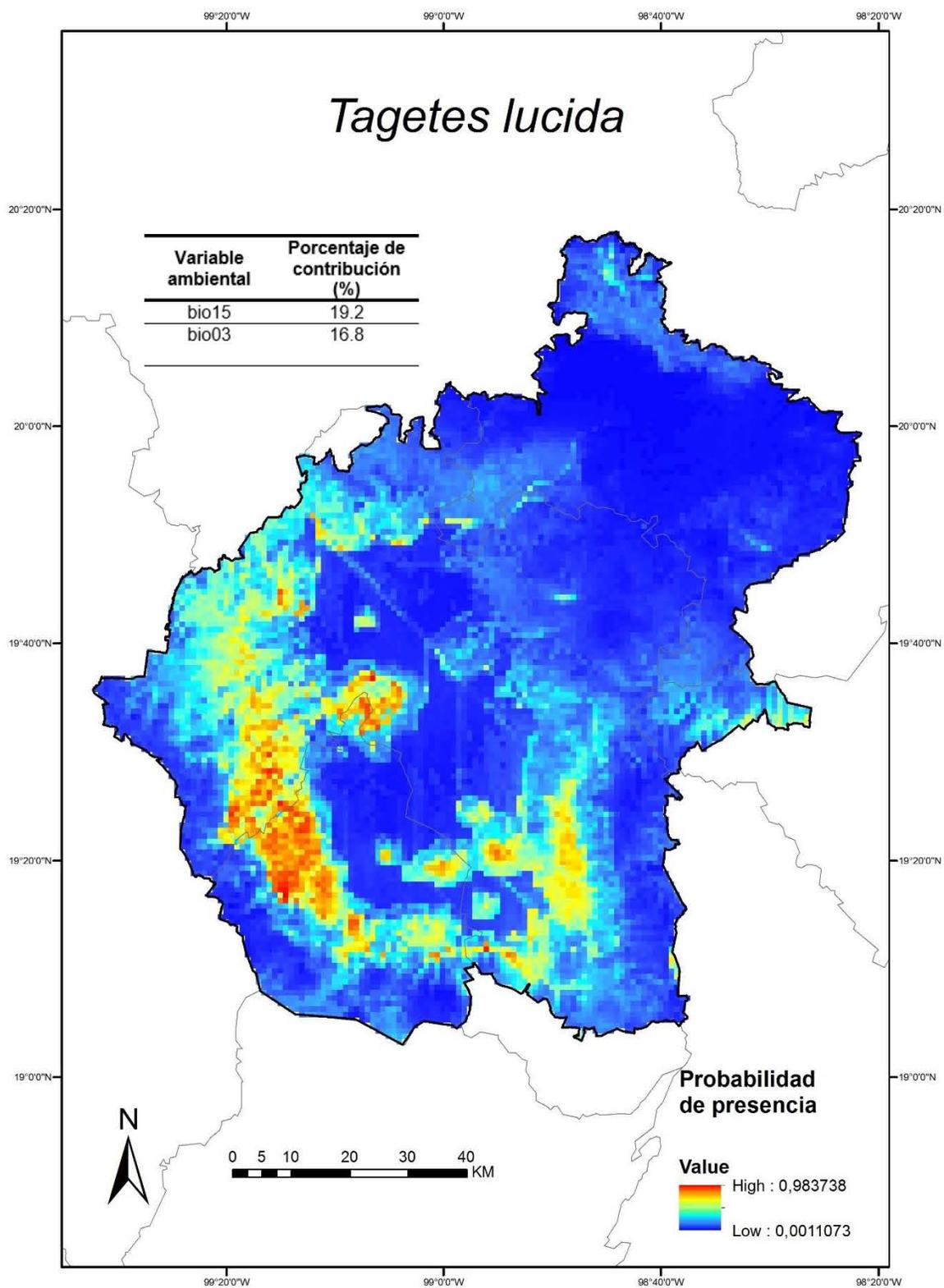


Figura 37. Mapa de distribución potencial de *Tagetes lucida*.

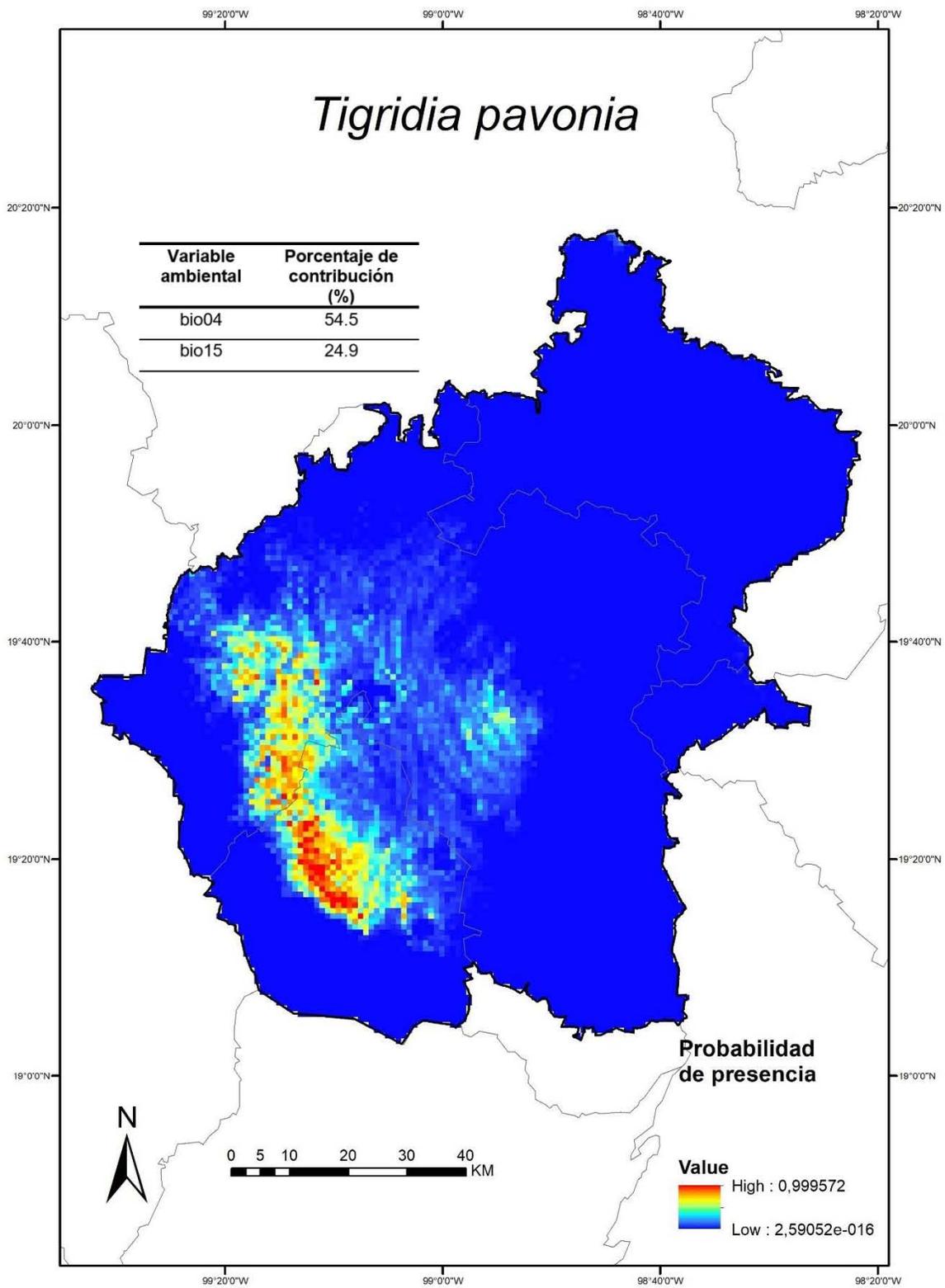


Figura 38. Mapa de distribución potencial de *Tigridia pavonia*.

Se revisó el estatus de riesgo de las 32 especies seleccionadas en tres fuentes distintas. En el siguiente cuadro, se muestran los criterios de vulnerabilidad.

**Cuadro 5. Estatus de riesgo de las 32 especies seleccionadas del Valle de México mencionadas en el CC-B.**

Especie	NOM-059- SEMARNAT- 2010	CITES	IUCN
<i>Abies religiosa</i>	S/R	S/R	LC
<i>Achillea millefolium</i>	S/R	S/R	S/R
<i>Agastache mexicana</i>	S/R	S/R	S/R
<i>Arctostaphylos pungens</i>	S/R	S/R	S/R
<i>Arracacia atropurpurea</i>	S/R	S/R	S/R
<i>Asclepias linaria</i>	S/R	S/R	S/R
<i>Barkleyanthus salicifolius</i>	S/R	S/R	S/R
<i>Begonia gracilis</i>	S/R	S/R	S/R
<i>Cirsium ehrenbergii</i>	S/R	S/R	S/R
<i>Cissus verticillata</i>	S/R	S/R	S/R
<i>Clinopodium macrostemum</i>	S/R	S/R	S/R
<i>Commelina coelestis</i>	S/R	S/R	S/R
<i>Cupressus lusitanica</i>	Pr	S/R	LC
<i>Dioscorea galeottiana</i>	S/R	S/R	S/R
<i>Endotropis serrata</i>	S/R	S/R	S/R
<i>Gymnosperma glutinosum</i>	S/R	S/R	S/R
<i>Ipomopsis pinnata</i>	S/R	S/R	S/R
<i>Jaltomata procumbens</i>	S/R	S/R	S/R
<i>Lepidium virginicum</i>	S/R	S/R	S/R
<i>Loeselia mexicana</i>	S/R	S/R	S/R
<i>Mentzelia hispida</i>	S/R	S/R	S/R
<i>Mirabilis jalapa</i>	S/R	S/R	S/R
<i>Muhlenbergia macroura</i>	S/R	S/R	S/R
<i>Oxalis tetraphylla</i>	S/R	S/R	S/R
<i>Peperomia galioides</i>	S/R	S/R	S/R
<i>Phaseolus coccineus</i>	S/R	S/R	S/R
<i>Polygonum hydropiperoides</i>	S/R	S/R	S/R
<i>Prunus serotina</i>	S/R	S/R	S/R
<i>Sedum dendroideum</i>	S/R	S/R	S/R
<i>Sedum praealtum</i>	S/R	S/R	S/R
<i>Tagetes lucida</i>	S/R	S/R	S/R
<i>Tigridia pavonia</i>	S/R	S/R	S/R

(NOM-059-SEMARNAT-2010: Diario Oficial de la Federación, 2010; CITES: UNEP-WCMC Checklist of CITES Species, 2010; IUCN: Red List of Threatened Species, 2018).

\*S/R = Sin riesgo. LC = Least concern (preocupación menor), Pr = Sujeta a protección especial.

En el siguiente cuadro se simplifican los patrones de distribución en la República Mexicana de las 32 especies seleccionadas. De igual manera se indica si se tratan de especies endémicas del país y el número de estados dónde se distribuyen.

**Cuadro 6. Patrones de distribución de las 32 especies seleccionadas del Valle de México mencionadas en el CC-B.**

<b>Especie</b>	<b>Endémica</b>	<b>Estados</b>	<b>No. de estados</b>
<i>Abies religiosa</i>		AGS, CHIS, COL, CDMX, DGO, GTO, GRO, HGO, JAL, MEX, MICH, MOR, NLE, OAX, PUE, QRO, SLP, SIN, TAMS, TLAX, VER, ZAC	22
<i>Achillea millefolium</i>		AGS, BCN, CHIS, CHIH, COAH, CDMX, DGO, GTO, GRO, HGO, JAL, MEX, MICH, MOR, NAY, NLE, OAX, PUE, QRO, QROO, SLP, SIN, SON, TAMS, TLAX, VER, ZAC	27
<i>Agastache mexicana</i>		CDMX, GTO, HGO, MEX, MICH, MOR, PUE, QRO, SLP, TAMS, TLAX, VER, ZAC	13
<i>Arctostaphylos pungens</i>		AGS, BCN, CHIS, CHIH, COAH, COL, CDMX, DGO, GTO, HGO, JAL, MEX, MICH, MOR, NAY, NLE, OAX, PUE, QRO, SLP, SIN, SON, TAMS, TLAX, VER, ZAC	26
<i>Arracacia atropurpurea</i>		AGS, CHIS, COAH, CDMX, DGO, GTO, GRO, HGO, JAL, MEX, MICH, MOR, NLE, OAX, QRO, SLP, SIN, TAMS, TLAX, VER, ZAC	21
<i>Asclepias linaria</i>		AGS, CHIS, CHIH, COAH, COL, CDMX, DGO, GTO, GRO, HGO, JAL, MEX, MICH, MOR, NLE, OAX, PUE, QRO, SLP, SIN, SON, TAMS, TLAX, VER, ZAC	25
<i>Barkleyanthus salicifolius</i>	x	AGS, CHIS, CHIH, COAH, COL, CDMX, DGO, GTO, GRO, HGO, JAL, MEX, MICH, MOR, NAY, NLE, OAX, PUE, QRO, SLP, SIN, SON, TAMS, TLAX, VER, ZAC	26
<i>Begonia gracilis</i>		AGS, CHIS, CHIH, COL, CDMX, DGO, GTO, GRO, HGO, JAL, MEX, MICH, MOR, NAY, NLE, OAX, PUE, QRO, SLP, SIN, SON, TAMS, TLAX, VER, ZAC	25
<i>Cirsium ehrenbergii</i>	x	COAH, COL, CDMX, DGO, GTO, GRO, HGO, JAL, MEX, MICH, MOR, NAY, NLE, OAX, PUE, QRO, SLP, SIN, TAMS, TLAX, VER, ZAC	22
<i>Cissus verticillata</i>		AGS, CAM, CHIS, CHIH, COL, CDMX, DGO, GTO, GRO, HGO, JAL, MEX, MICH, MOR, NAY, OAX, PUE, QRO, QROO, SLP,	28

		SIN, SON, TAB, TAMS, TLAX, VER, YUC, ZAC	
<i>Clinopodium macrostemum</i>	x	COL, CDMX, GTO, GRO, HGO, JAL, MEX, MICH, MOR, OAX, PUE, QRO, SIN, TLAX, VER	15
<i>Commelina coelestis</i>		AGS, BCS, CHIS, CHIH, COAH, COL, CDMX, DGO, GTO, GRO, HGO, JAL, MEX, MICH, MOR, NAY, NLE, OAX, PUE, QRO, SLP, SIN, SON, TAMS, TLAX, VER, ZAC	27
<i>Cupressus lusitanica</i>		AGS, CAM, CHIS, CHIH, COAH, COL, CDMX, DGO, GTO, GRO, HGO, JAL, MEX, MICH, MOR, NAY, NLE, OAX, PUE, QRO, QROO, SLP, SIN, SON, TAMS, TLAX, VER, YUC, ZAC	29
<i>Dioscorea galeottiana</i>	x	COL, CDMX, GTO, GRO, HGO, JAL, MEX, MICH, MOR, OAX, PUE, QRO, TLAX, VER	14
<i>Endotropis serrata</i>		CHIS, CHIH, COAH, CDMX, DGO, GTO, HGO, MEX, MOR, NLE, OAX, PUE, QRO, SLP, SON, TAMS, TLAX, VER	18
<i>Gymnosperma glutinosum</i>		AGS, CHIS, CHIH, COAH, CDMX, DGO, GTO, GRO, HGO, JAL, MEX, MOR, NLE, OAX, PUE, QRO, SLP, SON, TAMS, TLAX, VER, ZAC	22
<i>Ipomopsis pinnata</i>	x	AGS, CHIH, COAH, DGO, GTO, HGO, JAL, MEX, NLE, SLP, SON, TLAX, VER, ZAC	14
<i>Jaltomata procumbens</i>		AGS, BCS, CHIS, CHIH, COAH, COL, CDMX, DGO, GTO, GRO, HGO, JAL, MEX, MICH, MOR, NAY, NLE, OAX, PUE, QRO, SLP, SIN, SON, TAB, TAMS, TLAX, VER, ZAC	28
<i>Lepidium virginicum</i>		AGS, BCN, BCS, CAM, CHIS, CHIH, COAH, COL, CDMX, DGO, GTO, GRO, HGO, JAL, MEX, MICH, MOR, NAY, NLE, OAX, PUE, QRO, QROO, SLP, SIN, SON, TAMS, TLAX, VER, YUC, ZAC	31
<i>Loeselia mexicana</i>		AGS, CHIS, CHIH, COL, CDMX, DGO, GTO, GRO, HGO, JAL, MEX, MICH, MOR, NAY, OAX, PUE, QRO, SLP, SIN, SON, TAMS, TLAX, VER, ZAC	24
<i>Mentzelia hispida</i>		AGS, BCS, CHIS, CHIH, COAH, COL, CDMX, DGO, GTO, GRO, HGO, JAL, MEX, MICH, MOR, NLE, OAX, PUE, QRO, SLP, SON, TAMS, TLAX, VER, ZAC	25
<i>Mirabilis jalapa</i>		AGS, BCN, BCS, CAM, CHIS, CHIH, COAH, COL, CDMX, DGO, GTO, GRO, HGO, JAL, MEX, MICH, MOR, NAY, NLE, OAX, PUE, QRO, QROO, SLP, SIN, SON, TAB, TAMS, TLAX, VER, YUC, ZAC	32

<i>Muhlenbergia macroura</i>		AGS, CHIS, CHIH, COAH, COL, CDMX, DGO, GTO, HGO, JAL, MEX, MICH, MOR, NLE, OAX, PUE, QRO, SLP, SON, TAMS, TLAX, VER, ZAC	23
<i>Oxalis tetraphylla</i>		AGS, CHIS, CDMX, GRO, HGO, JAL, MEX, MICH, MOR, NAY, OAX, PUE, VER, ZAC	14
<i>Peperomia galioides</i>		AGS, CHIS, CDMX, GRO, HGO, JAL, MEX, MICH, MOR, NAY, OAX, PUE, VER, ZAC	14
<i>Phaseolus coccineus</i>		AGS, CHIS, CHIH, COAH, COL, CDMX, DGO, GTO, GRO, HGO, JAL, MEX, MICH, MOR, NAY, NLE, OAX, PUE, QRO, SLP, SIN, TAMS, TLAX, VER, ZAC	25
<i>Polygonum hydropiperoides</i>		AGS, BCN, BCS, CAM, CHIS, CHIH, COAH, COL, CDMX, DGO, GTO, GRO, HGO, JAL, MEX, MICH, MOR, NAY, NLE, OAX, PUE, QRO, QROO, SLP, SIN, SON, TAB, TAMS, TLAX, VER, YUC, ZAC	32
<i>Prunus serotina</i>		AGS, BCS, CHIS, CHIH, COAH, COL, CDMX, DGO, GTO, GRO, HGO, JAL, MEX, MICH, MOR, NAY, NLE, OAX, PUE, QRO, SLP, SIN, SON, TAMS, TLAX, VER, ZAC	27
<i>Sedum dendroideum</i>	x	CHIS, CDMX, GTO, HGO, MEX, MOR, OAX, PUE, QRO, TAMS, VER	11
<i>Sedum praealtum</i>		AGS, CHIS, CDMX, GRO, HGO, JAL, MEX, MICH, OAX, PUE, QRO, SLP, TLAX, VER	14
<i>Tagetes lucida</i>		AGS, CAM, CHIS, CHIH, COAH, COL, CDMX, DGO, GTO, GRO, HGO, JAL, MEX, MICH, MOR, NAY, NLE, OAX, PUE, QRO, QROO, SLP, SIN, SON, TAB, TAMS, TLAX, VER, ZAC	29
<i>Tigridia pavonia</i>		CHIS, CHIH, COAH, COL, CDMX, DGO, GTO, GRO, HGO, JAL, MEX, MICH, MOR, NAY, NLE, OAX, PUE, QRO, SLP, SIN, SON, TAMS, TLAX, VER, ZAC	25

(De Ávila, 2012; Villaseñor, 2016).

En el caso del criterio de utilidad, se presenta una correlación entre los usos registrados de las plantas en el CC-B y los usos actuales (cuadro 7), basándonos en las publicaciones *Códice De la Cruz-Badiano: medicina prehispánica* (Bye y Linares, 2013; Linares y Bye, 2013). Se hicieron búsquedas de basónimos y sinónimos (véase Anexo 1) con el fin de buscar en información no actualizada.

**Cuadro 7. Uso antiguo y usos actuales de las 32 especies seleccionadas del Valle de México mencionadas en el CC-B.**

	<b>Uso antiguo: Códice de la Cruz Badiano (Bye y Linares, 2013)</b>	<b>Uso actual (Bye y Linares, 2013)</b>
<i>Abies religiosa</i> <sup>M</sup>	Maltrato por un torbellino o viento malo	Para eliminar "los malos aires" de la casa
<i>Achillea millefolium</i> <sup>C</sup>	Comezón en la cabeza producido por la sarna	Afecciones de la piel
<i>Agastache mexicana</i> <sup>M</sup>	Forúnculos en la cabeza/Heridas	Estrés
<i>Arctostaphylos pungens</i> <sup>C</sup>	Fatiga	Problemas renales, dolor de estómago, empacho y tos
<i>Arracacia atropurpurea</i> <sup>M</sup>	Epilepsia	Para el "aire"/contra las lombrices/rozaduras/gonorrea/pa decimientos gastrointestinales
<i>Asclepias linaria</i> <sup>C</sup>	Comezón en la cabeza producido por la sarna	Dolores de muela, cicatrizante
<i>Barkleyanthus salicifolius</i> <sup>M</sup>	Epilepsia	Aire, mal de ojo, pérdida del alma, espanto, coraje/Reumas, heridas, torceduras/enfermedades renales
<i>Begonia gracilis</i> <sup>M</sup>	Caspa y alopecia/Glaucoma	Purgante
<i>Cirsium ehrenbergii</i> <sup>M</sup>	Comezón en la cabeza producido por la sarna/Frialdad del vientre	Tos
<i>Cissus verticillata</i> <sup>C</sup>	Forúnculos en la cabeza	Granos infectados
<i>Clinopodium macrostemum</i> <sup>C</sup>	Enfermedad recurrente	Enfermedad recurrente/problemas digestivos, menstruales y posparto
<i>Commelina coelestis</i> <sup>C</sup>	Ojos ardorosos/Difícil digestión	Hemorragias y hematomas/Afecciones del aparato digestivo
<i>Cupressus lusitanica</i> <sup>C</sup>	Sarna	Sarna/Problemas gastrointestinales/Dolores musculares
<i>Dioscorea galeottiana</i> <sup>M</sup>	Forúnculos en la cabeza	Reumas, dolor de cuerpo, "ciática"
<i>Endotropis serrata</i> <sup>C</sup>	Sarna	Sin uso medicinal

<i>Gymnosperma glutinosum</i> <sup>C</sup>	Dolores de pecho/Contracción incipiente de rodillas	Dolores de pecho, articulaciones y cabeza
<i>Ipomopsis pinnata</i> <sup>O</sup>	Hedor de los enfermos	Sin uso medicinal
<i>Jaltomata procumbens</i> <sup>M</sup>	Ojos ardorosos	Bilis
<i>Lepidium virginicum</i> <sup>M</sup>	Hipo/Dolor de rodillas	Problemas gastrointestinales, tos y asma.
<i>Loeselia mexicana</i> <sup>M</sup>	Fatiga	Fiebre, padecimientos del sistema respiratorio/Disentería/Caída del cabello y caspa
<i>Mentzelia hispida</i> <sup>M</sup>	Pérdida o interrupción del sueño/Destapar el conducto de la orina	Problemas ginecobstétricos
<i>Mirabilis jalapa</i> <sup>M</sup>	Mal olor de axilas	Inflamaciones, reumas y convulsiones
<i>Muhlenbergia macroura</i> <sup>O</sup>	Párpados torpes	Sin uso medicinal
<i>Oxalis tetraphylla</i> <sup>C</sup>	Desechar saliva reseca y mitigar la sed	Mitigar sed, agruras, hipo, expectorante
<i>Peperomia galioides</i> <sup>M</sup>	Melancolía (sangre negra)	Hemorragias, caída de matriz y aborto
<i>Phaseolus coccineus</i> <sup>O</sup>	Contra los animalejos que bajan al vientre del hombre/Remedio para pus con gusanos	Sin uso medicinal
<i>Polygonum hydropiperoides</i> <sup>C</sup>	Lesiones de los pies	Lesiones de los pies y piel en general/Hemorroides
<i>Prunus serótina</i> <sup>M</sup>	Dolor articular	Masaje a articulaciones en temazcal, limpias y problemas gastrointestinales
<i>Sedum dendroideum</i> <sup>C</sup>	Ojos hinchados	Ojos hinchados e irritados/Calor
<i>Sedum praealtum</i> <sup>C</sup>	Boca hinchada	Fuegos de la boca, aftas, encías inflamadas y caries
<i>Tagetes lucida</i> <sup>C</sup>	Herida del rayo	Herida de rayo, espanto/problemas digestivos/dolores menstruales, digestivos, de riñones/Resfríos
<i>Tigridia pavonia</i> <sup>O</sup>	Fatiga	Sin uso medicinal

**(Bye y Linares, 2013; Linares y Bye, 2013).**

<sup>C</sup> = Continuidad de uso, <sup>M</sup> = Uso medicinal distinto, <sup>O</sup> = Pérdida de uso medicinal

De esta manera, contamos con 14 especies con continuidad de uso (<sup>C</sup>); otras 14 perdieron el uso medicinal mencionado en el CC-B, sin embargo, siguen siendo utilizadas con fines medicinales (<sup>M</sup>) y cuatro especies perdieron su uso medicinal

por completo <sup>(0)</sup>. Sin embargo, entre estas cuatro, se encuentran: *Phaseolus coccineus*, que es utilizada como alimento y *Tigridia pavonia*, que es utilizada como planta de ornato.

Al tratarse de plantas medicinales y con algún uso atribuido, fue necesario realizar una búsqueda respecto a si se tiene registro de que se cultiven. Los resultados se muestran en el siguiente cuadro.

**Cuadro 8. Estatus de manejo de las 32 plantas seleccionadas.**

<b>Especie</b>	<b>Estatus de manejo según <i>Hortus Third</i></b>
<i>Abies religiosa</i>	Cultivada
<i>Achillea millefolium</i>	Cultivada
<i>Agastache mexicana</i>	Cultivada
<i>Arctostaphylos pungens</i>	Cultivada
<i>Arracacia atropurpurea</i>	No cultivada
<i>Asclepias linaria</i>	No cultivada
<i>Barkleyanthus salcifolius</i>	No cultivada
<i>Begonia gracilis</i>	Cultivada
<i>Cirsium ehrenbergii</i>	No cultivada
<i>Cissus verticillata</i>	Cultivada
<i>Clinopodium macrostemum</i>	No cultivada
<i>Commelina coelestis</i>	Cultivada
<i>Cupressus lusitanica</i>	Cultivada
<i>Dioscorea galeottiana</i>	No cultivada
<i>Endotropis serrata</i>	No cultivada
<i>Gymnosperma glutinosum</i>	No cultivada
<i>Ipomopsis pinnata</i>	No cultivada
<i>Jaltomata procumbens</i>	No cultivada
<i>Lepidium virginicum</i>	No cultivada
<i>Loeselia mexicana</i>	No cultivada
<i>Mentzelia hispida</i>	No cultivada
<i>Mirabilis jalapa</i>	Cultivada
<i>Muhlenbergia macroura</i>	No cultivada
<i>Oxalis tetraphylla</i>	Cultivada
<i>Peperomia galioides</i>	Cultivada
<i>Phaseolus coccineus</i>	Cultivada
<i>Polygonum hydropiperoides</i>	Cultivada
<i>Prunus serotina</i>	Cultivada
<i>Sedum dendroideum</i>	Cultivada
<i>Sedum praealtum</i>	Cultivada
<i>Tagetes lucida</i>	Cultivada
<i>Tigridia pavonia</i>	Cultivada

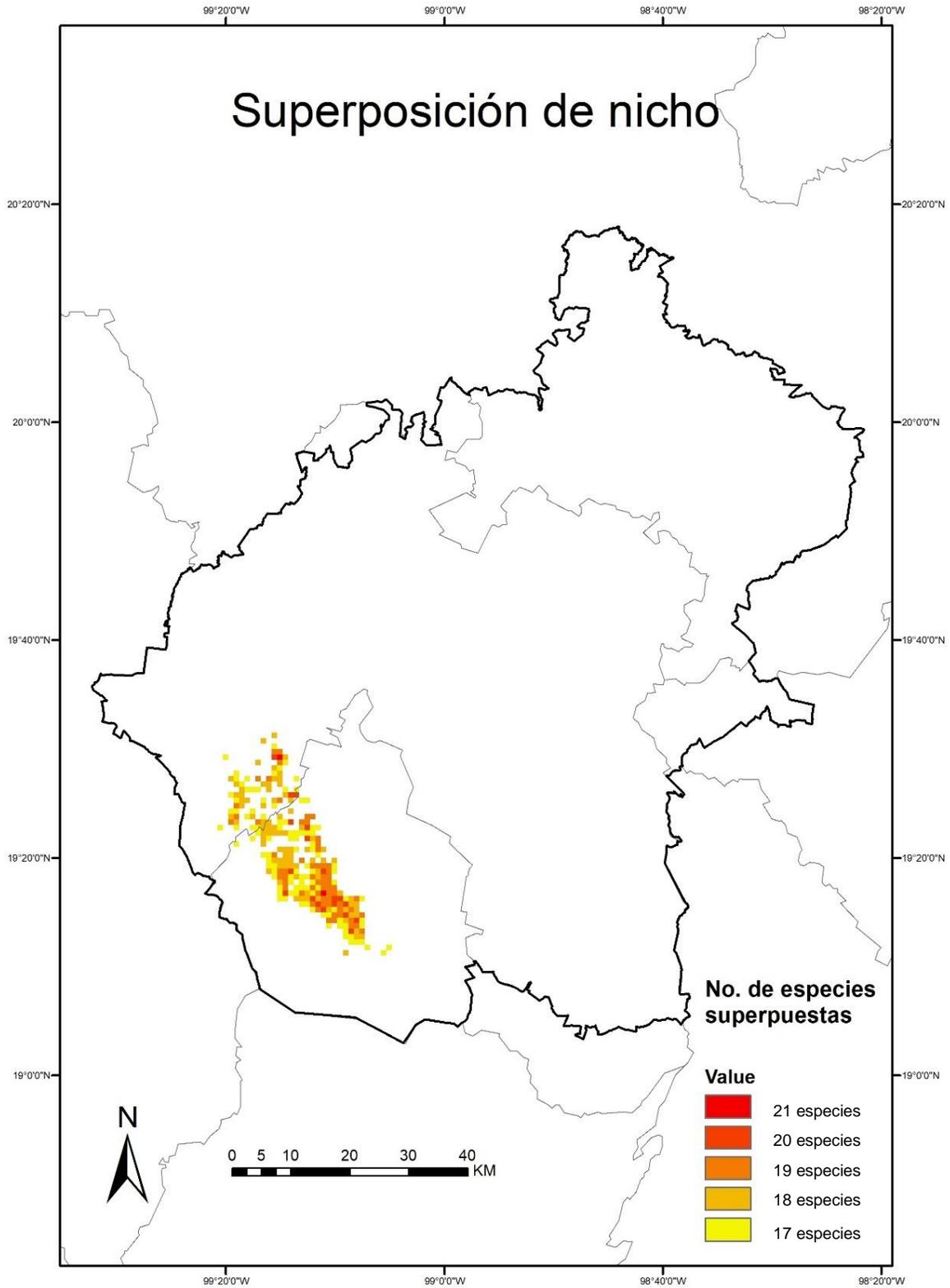
(Bailey y Bailey, 1976)

Por último, utilizando como base los mapas de distribución potencial, se obtuvieron los mapas modelo de ausencia y presencia utilizando un promedio de los valores del umbral de Sensibilidad “Maximum training sensitivity plus specificity” (Sensibilidad máxima de formación más la especificidad). Se obtuvo un único mapa final que muestra los sitios probables de superposición de nicho.

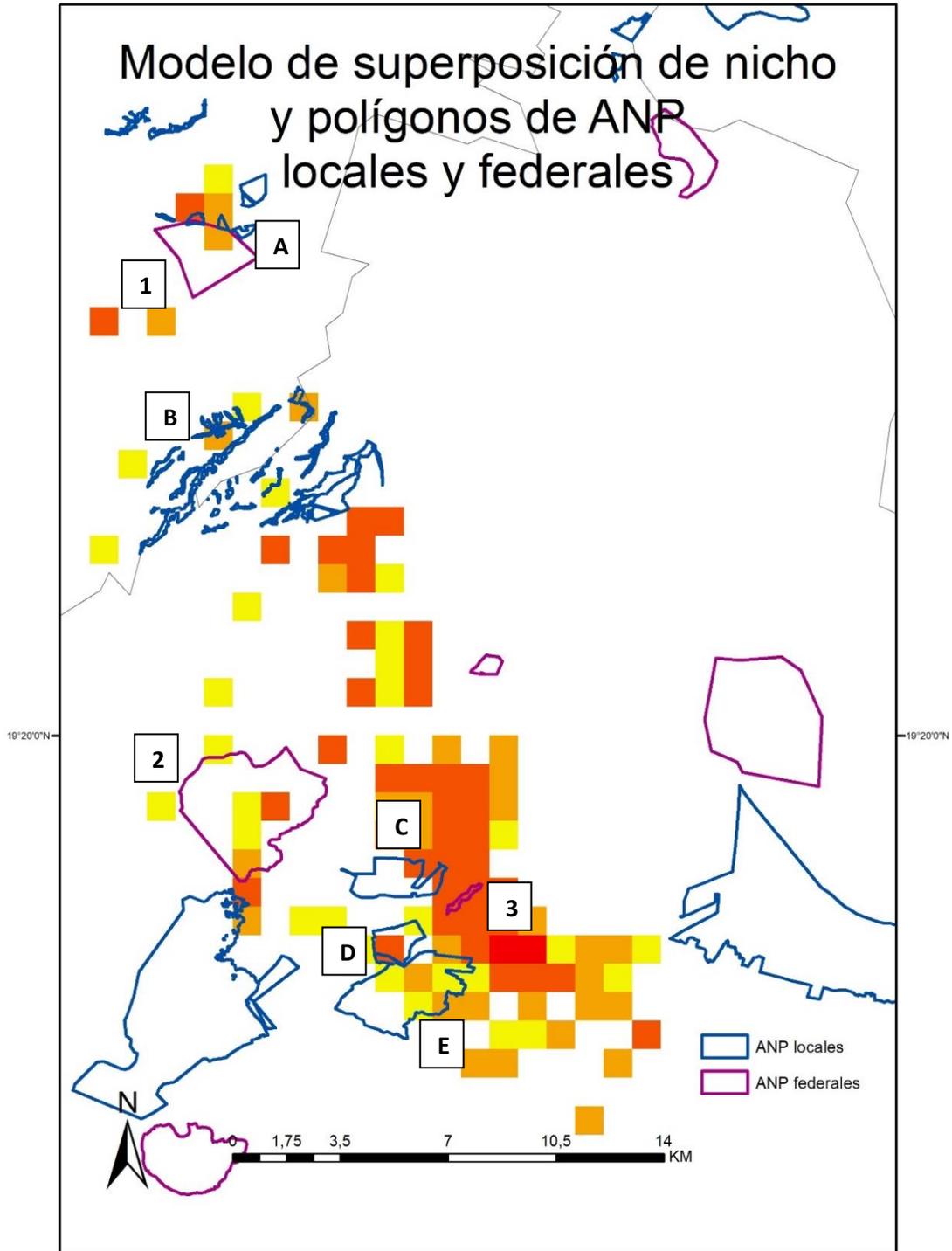
Se encontró que la zona dentro del polígono del VM donde más especies podrían presentarse es al suroeste de la Ciudad de México (figura 39), en la parte más baja de la ladera oriental de la Sierra de las Cruces y al oeste del Ajusco.

Superponiendo los polígonos de las Áreas Naturales Protegidas decretadas por la CONANP (2018) con la mancha creada por la superposición de nichos modelada, hay tres ANP federales que coinciden con esta área: 1) Parque Nacional (PN) Los Remedios, Edo. de México, 2) PN Lomas de Padierna, CDMX y 3) PN Fuentes Brotantes de Tlalpan, CDMX. De la misma manera, hay cinco ANP locales que coinciden con esta área: 1) Zona Sujeta a Conservación Ecológica (ZSCE) Ecoguardas, 2) Zona de Preservación Ecológica de la Población (ZSCEP) Bosque de Tlalpan, 3) ZSCE Parque Ecológico de la Ciudad de México, 4) Parque Estatal (PE) Metropolitano de Naucalpan y 5) Área Natural Protegida Sujeta a Conservación Ambiental Barrancas Huizachal, Arroyo Santa Cruz y A. Plan de Zanja.

El máximo valor alcanzado de superposición de nicho es de 21 especies (figura 39), que son: *Agastache mexicana*, *Barkleyanthus salicifolius*, *Begonia gracilis*, *Cissus verticillata*, *Clinopodium macrostemum*, *Dioscorea galeottiana*, *Endotropis serrata*, *Gymnosperma glutinosum*, *Jaltomata procumbens*, *Lepidium virginicum*, *Mentzelia hispida*, *Mirabilis jalapa*, *Muhlenbergia macroura*, *Oxalis tetraphyla*, *Peperomia galioides*, *Phaseolus coccineus*, *Polygonum hydropiperoides*, *Prunus serotina*, *Sedum dendroideum*, *Tagetes lucida* y *Tigridia pavonia*.



**Figura 39. Superposición de nichos de las 32 especies seleccionadas para el estudio, donde se observan las áreas únicamente donde se superponen  $\geq 17$  especies ( $>50\%$ ).**



**Figura 40. Acercamiento al área de superposiciones de nichos (figura 38) superpuesta a los polígonos de las ANP federales (violeta) y locales (azul).**

A= PE Metropolitano de Naucalpan, B= Conjunto de secciones de ANPSCA Barrancas Huizachal, Arroyo Santa Cruz y A. Plan de Zanja, C= ZSCEP Bosque de Tlalpan, D= ZSCE Ecoguardas, E= ZSCE Parque Ecológico de la Ciudad de México.

1= PN Los Remedios, 2= PN Lomas de Padierna, 3= PN Fuentes Brotantes de Tlalpan.

## VII. DISCUSIÓN

En este estudio se trabajó con 32 especies de plantas mencionadas en el CC-B que se distribuyeran en la actualidad en el Valle de México y cuyo registro se pudiera justificar con colectas preservadas en el Herbario Nacional de México (MEXU).

Se determinó así por su mención en el Códice, esperando que esto fuera debido a su colecta y uso dentro del mismo Valle de México, sin embargo, el artículo de De Ávila (2012) sugiere que a pesar de que la población de Tlatelolco y Tenochtitlán habitaba en esta zona, la mayor parte de las plantas mencionadas no pertenecían a esta zona –a pesar de que sí se distribuyeran las especies ahí—. Como se mencionó anteriormente, una teoría indica que Martín de la Cruz seleccionó los remedios más refinados, puesto que el Códice se le enviaría al rey de España. Esto podría explicar 1) la falta de algunas plantas distribuidas en el Valle de México con una historia medicinal notoria y 2) la aparición de plantas con distribución alejada al Valle de México.

Por otro lado, estas especies son de una complicada identificación debido a 1) variantes en las lenguas nahuas, así como frases y nombres posiblemente acuñados por el mismo Martín de la Cruz 2) las ilustraciones no son botánicamente precisas, además de que las ilustraciones fueron hechas por diferentes personas, con conocimientos y técnicas distintas y 3) al ser plantas que no necesariamente se obtenían del Valle de México, podrían provenir de casi cualquier lado. Esto ha ocasionado que los diferentes autores que han estudiado el CC-B no coinciden en algunas especies en las identificaciones taxonómicas de las plantas referidas en el escrito (De Ávila, 2012; Bye y Linares, 2013).

Habiendo dicho esto, con el análisis de las 32 plantas seleccionadas mencionadas en el CC-B, se obtuvieron los resultados esperados para el 38.5% de la totalidad de las plantas identificadas hasta especie (83) del CC-B, según Valdés-Gutiérrez *et al* (1992). De igual manera, se cuantifica en 62 las especies de plantas medicinales distribuidas en el Valle de México (74.7% del total de especies) mencionadas en el CC-B.

Con este estudio, se conocieron los datos de distribución potencial y nicho ecológico para el 51.7% de las plantas mencionadas en el CC-B distribuidas en el Valle de México.

En el cuadro 4 se aprecian valores de AUC obtenidos en cada mapa de distribución potencial, que fueron la base para la totalidad del estudio. Cabe mencionar que este valor es tan preciso, como lo sean las identificaciones taxonómicas de los ejemplares depositados en la colección científica.

El valor de área bajo la curva (AUC) mide la exactitud de predicción en la escala de 0.5 a 1, siendo 1 la predicción más precisa tanto para puntos de presencia como de ausencia. Podemos afirmar que las predicciones de distribución potencial obtenidos en este estudio para las 32 especies (AUC  $\geq 0.795$ ) son estadísticamente confiables (Rebelo, *et al.*, 2010). Valores de AUC  $> 0.900$  fueron obtenidos para 23 especies (71.9%), valores  $> 0.800$  para siete especies (21.9%) y valores  $\geq 0.795$  para dos especies (6.2%).

Se puede confirmar el dato apreciando la desviación estándar, cuyo intervalo va de 0.007-0.122.

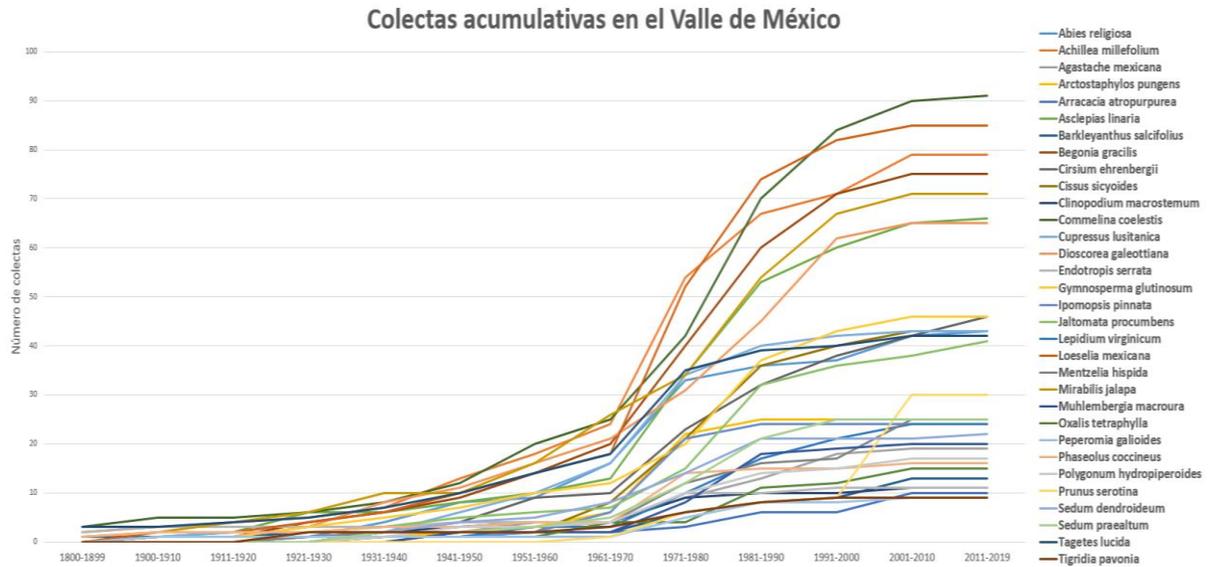
Como se aprecia en el cuadro 9, las variables ambientales que mejor explican la presencia de las plantas en determinados puntos del Valle de México son: *bio15*, *bio04*, *aspect* y *slope*; lo que significa que la estacionalidad de la precipitación, la estacionalidad de la temperatura, la orientación del terreno y su pendiente (respectivamente y en orden de importancia), son las variables que más contribuyen a la distribución de las 32 especies seleccionadas.

Observando el mapa de superposiciones de nichos (figura 39), las variables ambientales que más favorecen la presencia de las 21 especies con distribución superpuesta en el Valle de México coinciden en 34.5% con las variables ambientales más repetidas en la totalidad de especies.

**Cuadro 9. Variables ambientales que favorecen la posible distribución de las 21 especies con superposición de nicho en el Valle de México.**

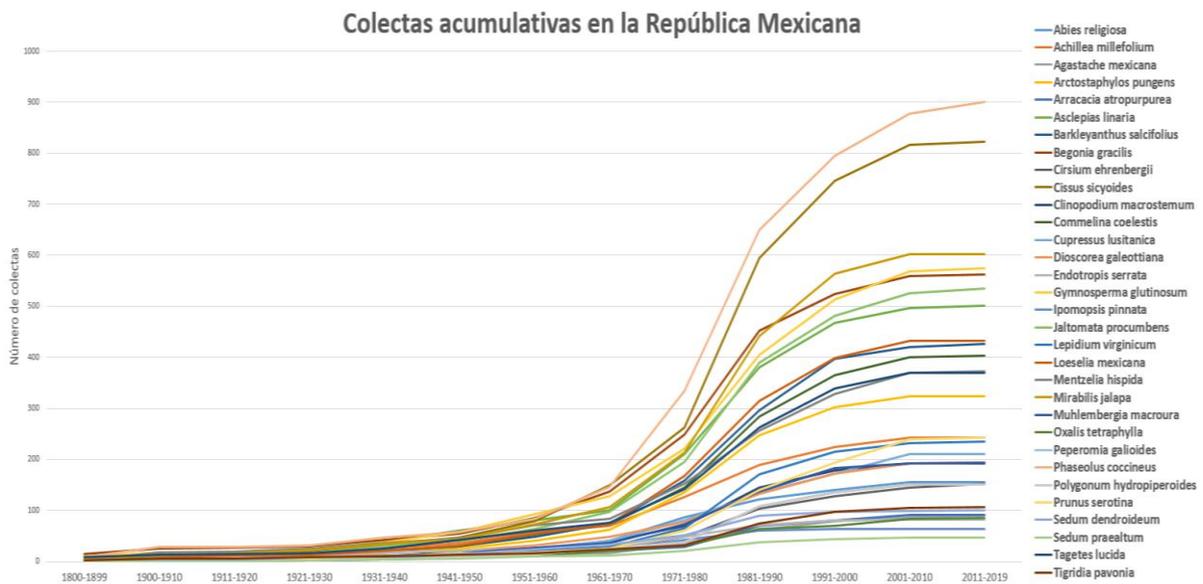
Especie	bio15	bio04	aspect	slope	Otra variable
<i>Agastache mexicana</i> (AUC=0.841)	x				bio16
<i>Barkleyanthus salicifolius</i> (AUC=0.906)	x	x			
<i>Begonia gracilis</i> (AUC=0.940)	x			x	
<i>Cissus verticillata</i> (AUC=0.931)	x	x			
<i>Clinopodium macrosternum</i> (AUC=0.939)	x				bio13
<i>Dioscorea galeottiana</i> (AUC=961)	x	x			
<i>Endotropis serrata</i> (AUC=0.816)					bio03, cti
<i>Gymnosperma glutinosum</i> (AUC=0.945)		x			bio07
<i>Jaltomata procumbens</i> (AUC=0.799)					bio13, bio19
<i>Lepidium virginicum</i> (AUC=0.865)	x	x			
<i>Mentzelia hispida</i> (AUC=0.977)		x			bio05
<i>Mirabilis jalapa</i> (AUC=0.936)	x				bio05
<i>Muhlenbergia macroura</i> (AUC=)	x				bio16
<i>Oxalis tetraphylla</i> (AUC=0.872)	x		x		
<i>Peperomia galioides</i> (AUC=0.935)	x				bio16
<i>Phaseolus coccineus</i> (AUC=0.925)	x		x		
<i>Polygonum hydropiperoides</i> (AUC=0.873)	x		x		
<i>Prunus serotina</i> (AUC=0.857)	x			x	
<i>Sedum dendroideum</i> (AUC=0.795)	x				cti
<i>Tagetes lucida</i> (AUC=0.934)	x				bio03
<i>Tigridia pavonia</i> (AUC=0.930)	x	x			

Por otro lado, en el cuadro 5, se puede apreciar observando que ninguna de las plantas evaluadas en este estudio se encuentra en alguna categoría de riesgo; sin embargo, al ser plantas de importancia médica y dado que en algunas especies se observa continuidad de uso desde la época del CC-B hasta ahora (cuadro 7; Santillán, 2014), se realizó una cuantificación de colectas resguardadas en el Herbario Nacional (MEXU) con el fin de apreciar numéricamente si las especies siguen siendo colectadas. Se realizó esto para las colectas del Valle de México (VM) (Rzedowski *et al.*, 2010) y a nivel nacional (N). En la figura 41 se presentan las gráficas concentradas.



**Figura 41. Colectas acumuladas de las 32 especies estudiadas dentro del Valle de México.**

En la figura 41, se puede observar que las curvas tienen una fase exponencial entre los años 1960-1990 y comienzan a entrar a su fase estacionaria, en algunos casos, desde la década de 1980-1990, siendo más apreciable a partir del año 2000.

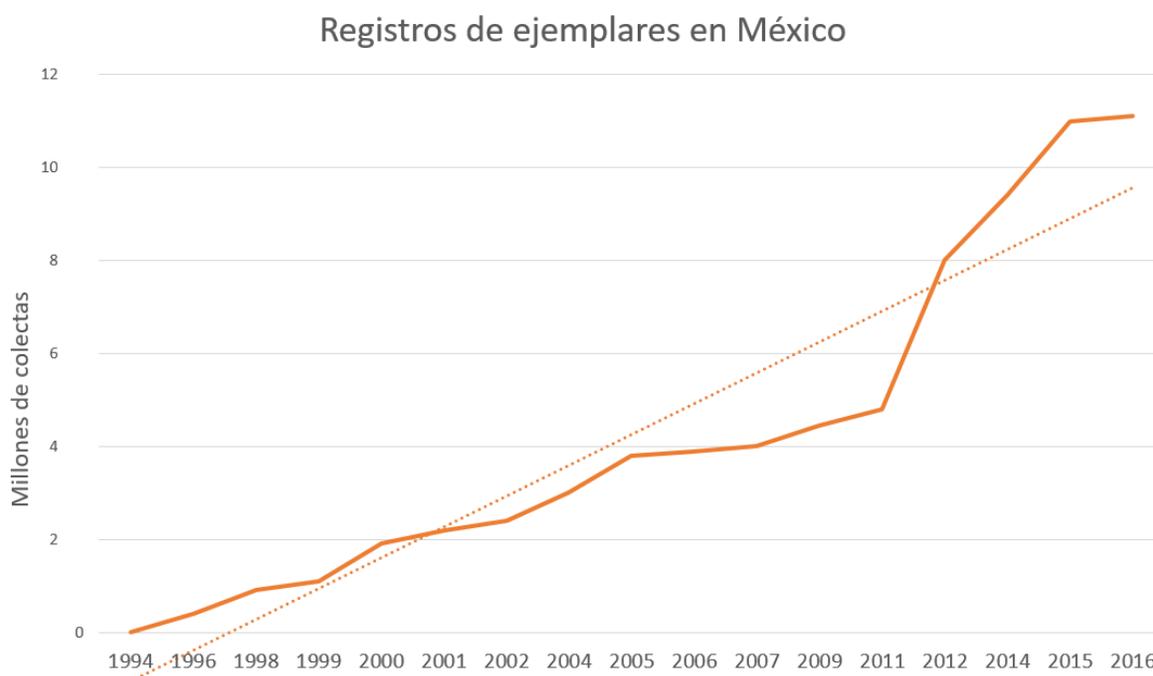


**Figura 42. Colectas acumuladas de las 32 especies estudiadas dentro de la República Mexicana.**

En la figura 42, se puede observar que, a nivel nacional, las curvas tienen también una fase exponencial entre los años 1981-1990 y comienzan a entrar a su fase estacionaria, en algunos casos, desde la década de 1980-1990, siendo más apreciable a partir del año 2000.

Tanto en los datos nacionales como en los regionales, las curvas de las colectas se comportan de manera similar: presentan su fase exponencial entre los años 1960-1980 para después entrar a su fase estacionaria, es decir, dejan de ser colectadas (en cuanto a datos oficiales, es decir, ejemplares depositados en el Herbario Nacional).

El crecimiento de colectas de estas especies no corresponde a la línea de tendencia de acumulación de colectas nacionales de los últimos años elaborada por la CONABIO en 2017 (figura 43); pues mientras las curvas de las colectas se encuentran en la actualidad en fase estacionaria, los registros de CONABIO continúan trazando una curva en fase exponencial.



**Figura 43. Registros de ejemplares en bases de datos de la CONABIO, 1994-2016 (CONABIO, 2017).**

A partir de estas gráficas podemos afirmar que, de acuerdo a las colectas realizadas, en algunos casos, incluso por más de cuatro décadas, estas plantas con importancia etnobotánica han disminuido su presencia tanto en el Valle de México como en la República Mexicana.

Numerosas colectas biológicas siguen realizándose tanto en el Valle de México como en el país. A pesar de que los datos expuestos en la publicación “25 años de evolución” de CONABIO (2017) indican que estas plantas no están colectándose; se siguen comercializando en los tianguis y mercados por los herbolarios. Sin embargo, como se mencionó anteriormente, al no estar registradas éstas en el Herbario Nacional (MEXU) –puesto que no son colectadas en su totalidad-, los datos oficiales no representan la realidad del uso contemporáneo de estas plantas (Comentario personal de E. Linares, 2019).

En el cuadro 6 observamos los patrones de distribución según dos fuentes (Rzedowski *et al*, 2010; Villaseñor, 2016), a pesar de que ninguna especie de las estudiadas está catalogada como endémica al Valle de México, si contamos con especies endémicas a la República Mexicana.

Andrewartha y Birch (1984), simplificaron la estructura espacial de las poblaciones biológicas en dos escalas: *población local* y *población natural*, que equivalen a una escala pequeña y a una escala regional, respectivamente. Debido a disturbios y variabilidad demográfica, las poblaciones locales suelen estar expuestas a la extinción, por lo que la supervivencia de las especies depende de la recolonización de esas áreas (Fahrig y Merriam, 1994).

Observando el mapa de superposición de nichos (figura 39), podemos apreciar que la zona sur del área metropolitana de la Ciudad de México, en lo más bajo de la ladera oriental de la Sierra de las Cruces y al oeste del Ajusco es dónde más superposición de nichos de las especies estudiadas pueden ocurrir. Esta zona no se encuentra incluida en el Suelo de Conservación de la CDMX.

Al estar las poblaciones locales de estas especies inmersas en un ambiente urbano, su área de distribución es menor y está fragmentada.

Al interior del VM, entre decretos federales y locales, ocho ANP tienen las condiciones ambientales para que –según los modelos– ocurra al menos una de las

32 plantas seleccionadas. Estas ANP son: PN Fuentes Brotantes de Tlalpan, ZEC Bosque de Tlalpan, ZSCE Ecoguardas, ZSCE Parque Ecológico de la Ciudad de México , PN Lomas de Padierna, PN Los Remedios, PE Metropolitano de Naucalpan y la ANPSCA Barrancas Huizachal, Arroyo Santa Cruz y A. Plan de Zanja (véase cuadro 10 para más información sobre las especies que se pudieran distribuir en cada ANP mencionada).

De las ocho ANP mencionadas (que tienen las condiciones ambientales para que pudieran – según los modelos– ocurrir alguna de las 32 especies seleccionadas), seis cuentan con bosques de especies exóticas (véase cuadro 1), siendo las únicas que conservan su vegetación nativa de manera completa o parcial, la ZSCE Parque Ecológico de la Ciudad de México, la ZSCE Ecoguardas y ZEC Bosque de Tlalpan.

presión que ejerce la infraestructura humana reduce cada vez más la posibilidad de

Es sabido que el área urbana ha tenido un aumento notable en el VM. Esta

Tabla 10. Presencia según modelo de las 32 especies seleccionadas en las ANP dentro del Valle de México.

Especie	FBdT	BdT	Ecoguardas	PECM	LdP	LR	MN	BHASCyAPdZ
<i>Abies religiosa</i>		X	X		X			
<i>Achillea millefolium</i>			X	X	X			
<i>Agastache mexicana</i>	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Arctostaphylos pungens</i>								
<i>Arracacia atropurpurea</i>			X	X	X	X	X	
<i>Asclepias linaria</i>								
<i>Barkleyanthus salcifolius</i>	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Beqonia gracilis</i>	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Cirsium ehrenbergii</i>								
<i>Cissus sicyoides</i>	X	X	X		X			X
<i>Clinopodium macrostemum</i>	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Commelina coelestis</i>				X				X
<i>Cupressus lusitanica</i>								
<i>Dioscorea galeottiana</i>	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Endotropis serrata</i>	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Gymnosperma glutinosum</i>	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Ipomopsis pinnata</i>								
<i>Jaltomata procumbens</i>	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Lepidium virginicum</i>	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Loeselia mexicana</i>								
<i>Mentzelia hispida</i>	X	X				X	X	
<i>Mirabilis jalapa</i>	X	X						X
<i>Muhlenbergia macrooura</i>			X	X	X		X	
<i>Oxalis tetraphylla</i>	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Peperomia galioides</i>	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Phaseolus coccineus</i>	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Polygonum hydropiperoides</i>	X	X			X	X	X	X
<i>Prunus serotina</i>		X	X	X	X	X	X	X
<i>Sedum dendroideum</i>	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Sedum praealtum</i>								
<i>Tagetes lucida</i>	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Tigridia pavonia</i>	X	X		X	X	X	X	X

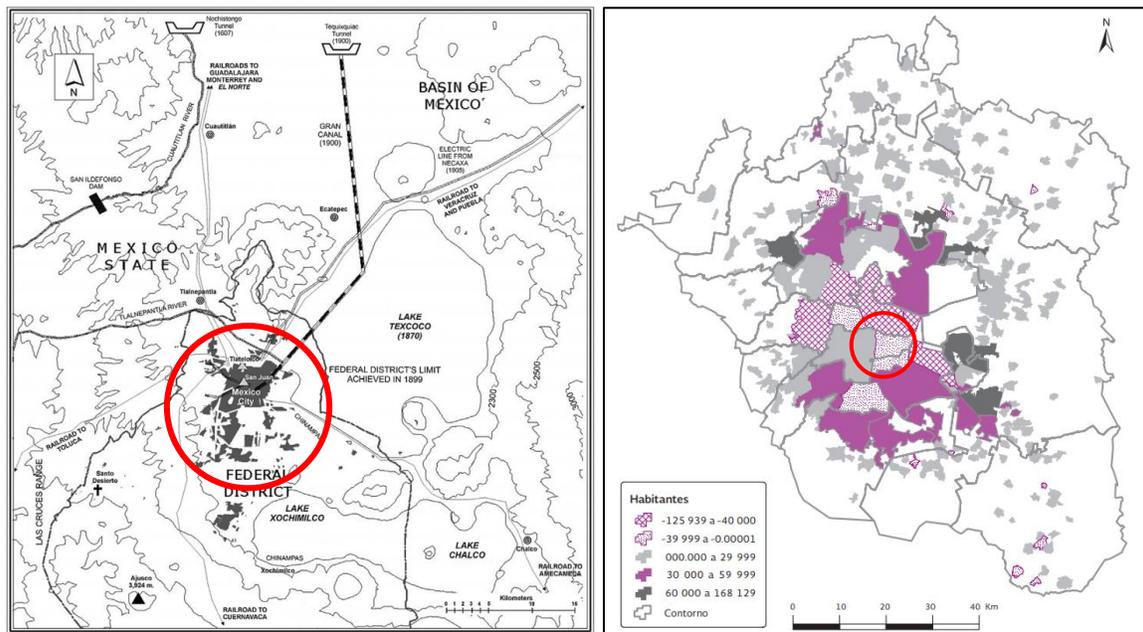
X= Probable presencia de especie en ANP según modelos.

FBdT= Fuentes Brotantes de Tlalpan, BdT= Bosque de Tlalpan, PECM= Parque Ecológico de la Ciudad de México, LdP= Lomas de Padierna, LR= Los Remedios, MN= Metropolitano de Naucalpan, BHASCyAPdZ= Barrancas Huizachal, Arroyo Santa Cruz y A. Plan de Zanja.

Azul= Veintiuna especies con probable superposición (fig.38); Rojo= Especies distribuidas dentro de los polígonos de alguna ANP sin superposición con otras especies

que existan áreas remanentes de vegetación nativa en el Valle de México y amenazan su supervivencia. Actualmente ya se están siendo ocupados para la construcción de casas-habitaciones incluso sitios dentro del Suelo de Conservación bajo un régimen legal (Escamilla, 2018).

Por esto, es necesario hacer uso del espacio decretado como Área Natural Protegida para propuestas de conservación en zonas urbanas, pues otros espacios alrededor de estas áreas, están siendo rápidamente urbanizadas.



**Figura 44. Área metropolitana de la Ciudad de México en el año 1920 (izquierda) (Garza-Merodio, 2006) y 2015 (derecha) (Almejo y Téllez, 2015).**

Dicho esto, es necesario insistir en la necesidad de realizar estudios biogeográficos y búsqueda de datos actualizados sobre taxa específicos para priorizarlos en términos de conservación biológica.

Continuando con el siguiente criterio dictado por Primack (2010), observando el cuadro 7 de comparación de usos antiguos (mencionados en el CC-B) y los usos actuales (Bye y Linares, 2013), se puede apreciar que 14 especies (43.75%) conservan su uso desde hace casi 500 años: *Achillea millefolium*, *Arctostaphylos pungens*, *Asclepias linaria*, *Cissus verticillata*, *Clinopodium macrostemum*, *Commelina coelestis*, *Cupressus lusitanica*, *Endotropis serrata*, *Gymnosperma*

*glutinosum*, *Oxalis tetraphylla*, *Polygonum hydropiperoides*, *Sedum dendroideum*, *Sedum praealtum* y *Tagetes lucida*.

Otra cantidad igual de especies, se sigue utilizando de manera tradicional, aunque con uso distinto: *Abies religiosa*, *Agastache mexicana*, *Arracacia atropurpurea*, *Barkleyanthus salicifolius*, *Begonia gracilis*, *Cirsium ehrenbergii*, *Dioscorea galeottiana*, *Jaltomata procumbens*, *Lepidium virginicum*, *Loeselia mexicana*, *Mentzelia hispida*, *Mirabilis jalapa*, *Peperomia galioides* y *Prunus serotina*.

Por último, cuatro especies (12.5%) han perdido su uso medicinal completamente: *Ipomopsis pinnata*, *Muhlenbergia macroura*, *Phaseolus coccineus* (comestible) y *Tigridia pavonia* (ornamental).

Para este último criterio, se da preferencia a las plantas que han conservado su uso, pues como indica Heinrich *et al.* (1998: 1859) “*las plantas medicinales no son seleccionadas de manera aleatoria, sino que exhiben patrones dentro de una cultura. La razón principal es el empirismo; es decir, las plantas son seleccionadas y usadas de manera consistente por su efectividad percibida—*.”

De esta manera, la efectividad de 14 de las plantas estudiadas está sustentada en la continuidad de uso por casi 500 años y, por otro lado, 16 especies siguen siendo aprovechadas con uso distinto al mencionado en el CC-B (14 de manera medicinal, una como alimentaria y una más como ornamental), así que se plantea considerarlas igualmente aprovechables para la sociedad humana.

Ya se han presentado todos los resultados para los tres criterios propuestos por Primack (2010), más el estatus de manejo de las especies seleccionadas. A continuación, se presenta el cuadro 11 que resume lo mejor posible lo obtenido en este trabajo; al mismo tiempo que genera una escala para priorizar taxa para generar propuestas de manejo de las especies en cuestión.

**Cuadro 11. Reporte de los tres criterios de conservación biológica y estatus de manejo para cada especie seleccionada del Valle de México mencionadas en el CC-B.**

<b>Especie</b>	<b>Vulnerabilidad</b>	<b>Endemismo</b>	<b>Utilidad</b>	<b>Manejo</b>
<i>Abies religiosa</i>	1	0	1	0
<i>Achillea millefolium</i>	1	0	2	0
<i>Agastache mexicana</i>	1	0	1	0
<i>Arctostaphylos pungens</i>	1	0	2	0
<i>Arracacia atropurpurea</i>	1	0	1	1
<i>Asclepias linaria</i>	1	0	2	1
<i>Barkleyanthus salcifolius</i>	1	0	1	1
<i>Begonia gracilis</i>	1	0	1	0
<i>Cirsium ehrenbergii</i>	1	1	1	1
<i>Cissus verticillata</i>	1	0	2	0
<i>Clinopodium macrostemum</i>	1	1	2	1
<i>Commelina coelestis</i>	1	0	2	0
<i>Cupressus lusitanica</i>	1	0	2	0
<i>Dioscorea galeottiana</i>	1	1	1	1
<i>Endotropis serrata</i>	1	0	2	1
<i>Gymnosperma glutinosum</i>	1	0	2	1
<i>Ipomopsis pinnata</i>	1	1	0	1
<i>Jaltomata procumbens</i>	1	0	1	1
<i>Lepidium virginicum</i>	1	0	1	1
<i>Loeselia mexicana</i>	1	0	1	1
<i>Mentzelia hispida</i>	1	0	1	1
<i>Mirabilis jalapa</i>	1	0	1	0
<i>Muhlenbergia macroura</i>	1	0	0	1
<i>Oxalis tetraphylla</i>	1	0	2	0
<i>Peperomia galioides</i>	1	0	1	0
<i>Phaseolus coccineus</i>	1	0	1	0
<i>Polygonum hydropiperoides</i>	1	0	2	0
<i>Prunus serotina</i>	1	0	1	0
<i>Sedum dendroideum</i>	1	1	2	0
<i>Sedum praealtum</i>	1	0	2	0
<i>Tagetes lucida</i>	1	0	2	0
<i>Tigridia pavonia</i>	1	0	1	0

**Azul= Veintiuna especies superpuestas (figura 38).**

**1= Cumple con el requisito del criterio de conservación, de acuerdo a resultados propios o es una planta registrada como cultivada en Norteamérica.**

**2= Continuidad de utilidad medicinal**

Bajo este sistema propio de evaluación, podemos apreciar en una escala de 0-5 una jerarquización de conservación con base en la suma de los valores de los cuatro criterios utilizados en el análisis.

Con mayor importancia: *Clinopodium macrostemum*; con cuatro puntos, *Asclepias linaria*, *Cirsium ehrenbergii*, *Dioscorea galeottiana*, *Endotropis serrata*, *Gymnosperma glutinosum* y *Sedum dendroideum*; con valor intermedio: *Achillea millefolium*, *Arctostaphylos pungens*, *Arracacia atropurpurea*, *Barkleyanthus salcifolius*, *Cissus verticillata*, *Commelina coelestis*, *Cupressus lusitanica*, *Ipomopsis pinnata*, *Jaltomata procumbens*, *Lepidium virginicum*, *Loeselia mexicana*, *Mentzelia hispida*, *Oxalis tetraphylla*, *Polygonum hydropiperoides*, *Sedum praealtum* y *Tagetes lucida*; y por último, con baja importancia, *Abies religiosa*, *Agastache mexicana*, *Begonia gracilis*, *Mirabilis jalapa*, *Muhlenbergia macroura*, *Peperomia galioides*, *Phaseolus coccineus*, *Prunus serotina* y *Tigridia pavonia*.

Por lo tanto, la conservación de estas especies con importancia etnobotánica se debe jerarquizar con base en esta medida, considerando los cuatro criterios utilizados, 23 de las 32 especies seleccionadas acumulan al menos tres puntos en nuestra escala, que corresponden a 71.87% de las especies estudiadas en esta tesis y 27.71% de la totalidad de las especies identificadas hasta nivel de especie mencionadas en el CC-B.

De las 23 especies que acumulan al menos tres puntos, 10 de ellas se podrían distribuir (según los modelos creados) en las ocho ANP que coinciden a la superposición de nicho ecológico al suroeste de la Ciudad de México. Por otro lado, tres especies más que no se encuentran en la lista de las 21 especies que se superponen (figura 39), se podrían distribuir en alguna de estas ocho ANP: *Achillea millefolium*, *Arracacia atropurpurea* y *Commelina coelestis*. De igual modo, *Abies religiosa*, aunque cuente con tan sólo dos puntos y no esté en la lista de las 21 especies con posible superposición, se puede llegar a distribuir en tres de las ocho ANP que coinciden en la mancha de superposición. Las ANP donde cada especie puede ser conservada (dentro de la mancha de superposición) se explica en el siguiente cuadro (12), se acomodan las especies por orden de prioridad de acuerdo al sistema propio de evaluación.

**Cuadro 12. Posibles ANP en el área de superposición dónde se puede llevar a cabo un programa de conservación de las especies seleccionadas, en orden de prioridad para conservación.**

<b>Especie</b>	<b>Áreas Naturales Protegidas dónde la especie puede distribuirse</b>
1. <i>Clinopodium macrostemum</i>	Todas
2. <i>Asclepias linaria</i>	Ninguna
3. <i>Cirsium ehrenbergii</i>	Ninguna
4. <i>Dioscorea galeottiana</i>	Todas
5. <i>Endotropis serrata</i>	Todas
6. <i>Gymnosperma glutinosum</i>	Todas
7. <i>Sedum dendroideum</i>	Todas
8. <i>Achillea millefolium</i>	Ecoguardas, PECM, LdP
9. <i>Arctostaphylos pungens</i>	Ninguna
10. <i>Arracacia atropurpurea</i>	Ecoguardas, PECM, LdP, LR, MN
11. <i>Barkleyanthus salcifolius</i>	Todas
12. <i>Cissus verticillata</i>	FBdT, BdT, Ecoguardas, LdP, BHASCyAPdZ
13. <i>Commelina coelestis</i>	PECM, BHASCyAPdZ
14. <i>Cupressus lusitanica</i>	Ninguna
15. <i>Ipomopsis pinnata</i>	Ninguna
16. <i>Jaltomata procumbens</i>	Todas
17. <i>Lepidium virginicum</i>	Todas
18. <i>Loeselia mexicana</i>	Ninguna
19. <i>Mentzelia hispida</i>	FBdT, BdT, LR, MN
20. <i>Oxalis tetraphylla</i>	Todas
21. <i>Polygonum hydropiperoides</i>	FBdT, BdT, LdP, LR, MN, BHASCyAPdZ
22. <i>Sedum praealtum</i>	Ninguna
23. <i>Tagetes lucida</i>	Todas
24. <i>Abies religiosa</i>	BdT, Ecoguardas, LdP
25. <i>Agastache mexicana</i>	Todas
26. <i>Begonia gracilis</i>	Todas
27. <i>Mirabilis jalapa</i>	FBdT, BdT, BHASCyAPdZ
28. <i>Muhlenbergia macroura</i>	Ecoguardas, PECM, LdP, MN
29. <i>Peperomia galioides</i>	Todas
30. <i>Phaseolus coccineus</i>	Todas
31. <i>Prunus serotina</i>	BdT, Ecoguardas, PECM, LdP, LR, MN, BHASCyAPdZ
32. <i>Tigridia pavonia</i>	FBdT, BdT, PECM, LdP, LR, MN, BHASCyAPdZ

FBdT= Fuentes Brotantes de Tlalpan, BdT= Bosque de Tlalpan, PECM= Parque Ecológico de la Ciudad de México, LdP= Lomas de Padierna, LR= Los Remedios, MN= Metropolitano de Naucalpan, BHASCyAPdZ= Barrancas Huizachal, Arroyo Santa Cruz y Arroyo Plan de Zanja. // Azul= Veintiuna especies con probable superposición (figura39). == (doble línea) = grupos por puntaje.

A pesar de tener una lista de jerarquización por especie y un análisis por Área Natural Protegida (tanto federales como locales), es preciso evaluar el estado real actual de cada ANP. Esto debido a que algunas se encuentran en un estado altamente urbanizado o han perdido la mayor parte de su extensión decretada (cuadro 13).

**Cuadro 13. Estado más reciente de la superficie de las ocho ANP que coinciden en la zona de superposición de nichos al suroeste de la Ciudad de México.**

Área Natural Protegida	Federal o local	Año de decreto	Superficie inicial (ha)	Superficie más reciente (ha)	Observaciones
Fuentes Brotantes de Tlalpan	Federal	1936	129	129 (100%)	En el interior del parque se encuentra una colonia de 5,583 habitantes
Bosque de Tlalpan	Local	1997	252	252 (100%)	Sin observaciones.
Ecoguardas	Local	2006	132.63	132.63 (100%)	Sin observaciones.
Parque Ecológico de la Ciudad de México	Local	1989	727.61	726 (99.7%)	Se presentan asentamientos humanos irregulares
Metropolitano de Naucalpan (Parque Naucalli)	Local	1979	157.07	53.23 (33.8%)	Reducción del área por la apertura de calles, invasión y lotificación. Áreas donde se tiran desperdicios industriales.
Los Remedios	Federal	1938	400	110 (27.5%)	En este parque se realiza la recepción ilegal de cascajo y chatarra. La vegetación predominante es bosque inducido de eucalipto.
Barrancas Huizachal, Arroyo Santa Cruz y Arroyo Plan de Zanja	Local	1994	61.40	11.08 (18%)	Sin observaciones.
Lomas de Padierna	Federal	1938	670	34.35 (5.1%)	ANP sin institución que la administre (abandonada).

(Vargas-Márquez, 1997; GODF, 2011; GOCDMX, 2016; CEPANAF, s/f; INECC, 2007; Periódico Oficial del Gobierno del Estado de México, 2004).

De ocho Áreas Naturales Protegidas, en tres de ellas no se ha reportado oficialmente pérdida en su superficie original decretada: Fuentes Brotantes de Tlalpan, Bosque de Tlalpan y Ecoguardas. Sin embargo, existe una colonia en el interior del polígono del Parque Nacional Fuentes Brotantes de Tlalpan, razón por la cual el área de conservación real no debe corresponder a 129 ha, sino, inclusive, no debería considerarse en la actualidad como un área de conservación.

El Parque Ecológico de la Ciudad de México, ha perdido oficialmente menos del 1% de su superficie debido a la presencia de asentamientos humanos irregulares, sin embargo la infraestructura humana continua adentrándose en esta área.

El Parque Metropolitano de Naucalpan o Parque Naucalli, se ha visto reducido casi a un tercio de su superficie original, debido a la invasión de territorios, es decir, asentamientos humanos irregulares que posteriormente se hicieron regulares.

El Parque Nacional Los Remedios perdió más de dos terceras partes de su superficie también debido a que estas áreas fueron ocupadas para construcción de casas-habitación.

Del ANP Barrancas Huizachal, Arroyo Santa Cruz y Arroyo Plan de Zanja sobrevive el 18.04% de su superficie original decretada. A pesar de haber sido ampliado el polígono de esta ANP en 2002 de 61.4 ha a 70.36 ha; dos años después, se decide por decreto reducir su área a la superficie actual de 11.08 ha (Periódico Oficial del Gobierno del Estado de México, 2004).

El Parque Nacional Lomas de Padierna es la ANP que más ha visto disminución en su superficie original decretada entre las ocho ANP analizadas. En la actualidad, sólo sobrevive el 5.12% del polígono original, también debido a la utilización de este terreno para la construcción de casas-habitación.

Es evidente que el problema al que más se ven enfrentadas las ANP es el crecimiento desmedido de la mancha urbana en tan sólo 100 años como se aprecia en la figura 44.

## VIII. CONCLUSIONES

Solo una de las 32 especies analizadas en este estudio está incluida en listas internacionales bajo un estatus de riesgo de amenaza o extinción (cuadro 5): *Cupressus lusitanica* (Pr). Esta especie no se distribuye en las zonas de nuestros modelos de superposición de nicho, por lo que, para hacer un plan de conservación en el Valle de México de esta especie tendría que ser al suroeste de la Ciudad de México. Por otro lado, su distribución si concuerda (según los modelos) con las ANP federales: PN El Chico y PN Iztaccíhuatl-Popocatepétl. También podría llegar a distribuirse en las ANP locales: Estatal Santuario del Agua y Forestal Manantiales Cascada Diamantes, Reserva Estatal Sistema Tetzcotzingo, Parque Estatal Sierra Patlachique y Parque Estatal Bosque El Hiloche (véase Anexo 2).

Al comparar los mapas de distribución potencial logrados (figuras 7-38), con las colectas registradas (figuras 41 y 42), podemos concluir que, bajo este criterio, se necesita un plan de conservación para las poblaciones del Valle de México no sólo de *C. lusitanica*, sino de las 32 especies seleccionadas.

De acuerdo a los cuadros 6 y 10, sería posible –en el mejor de los casos– conservar de manera *in-situ*, un máximo de 22 especies en una sola ANP dentro del VM: el Parque Nacional Lomas de Padierna. Sin embargo, esta ANP se ha visto disminuida su extensión en 94.88%; únicamente el Cerro del Judío continua como área verde y que no cuenta con personal que la administre. Por lo tanto, la siguiente ANP cuyo polígono cubre mejor las necesidades de conservación de las especies seleccionadas es la Zona Ecológica y Cultural Bosque de Tlalpan, donde podrían ocurrir un total de 21 de las especies estudiadas.

De acuerdo a nuestro criterio de utilidad, se tiene prioridad sobre 14 plantas medicinales ya mencionadas, ya que éstas conservan su uso desde 1552, no excluyendo la utilidad medicinal actual de las otras 14 especies, además del uso alimentario de una especie y la ornamental de otra.

En este estudio se comprueba que en la Ciudad de México podrían llegar a ocurrir en una misma ANP hasta 22 de las 32 especies estudiadas y que al

completar los estudios de nicho ecológico de las 30 especies restantes, podrían ser más.

También se comprueba que, a pesar de estar en una zona urbana, las condiciones ambientales del Valle de México se prestan completamente para la supervivencia de especies vegetales —como sucede en todo el mundo—. Es por ello importante que se procure respetar los decretos y planes de manejo de las Áreas Naturales Protegidas, así como ampliar los estudios que permitan la creación o recuperación de Áreas Naturales Protegidas.

De nada sirve que las ANP cumplan con las necesidades de conservación al momento de su creación, si la presión que ejerce la zona metropolitana de la Ciudad de México sobrepasa, en algunos casos, la eficiencia de las administraciones encargadas de estas Áreas Naturales Protegidas para contener los límites de los polígonos. Este problema se observa, sobre todo en las ANP de carácter federal.

Este estudio hace una llamada de atención a las autoridades para: 1) rescatar el Cerro del Judío, que representa un remanente del Parque Nacional Lomas de Padierna; 2) evitar que siga disminuyendo la superficie de las ANP decretadas y que se comience a realizar acciones de conservación de los taxa aquí presentados, bajo los criterios y jerarquías señaladas y a pesar de los datos discutidos; pues se demuestra que son 32 especies con importancia ecológica y etnobiológica.

## IX. REFERENCIAS

- Almejo, R. y Y. Téllez. 2015. Cambio demográfico en la Zona Metropolitana del Valle de México, 2000-2010. En: CONAPO. (Consejo Nacional de Población), *La situación demográfica de México 2015* (pp. 197-227). México.
- Anderson, R. P., Lew, D. y Peterson, A. T. 2003. Evaluating predictive models of species distributions: criteria for selection optimal models. *Ecological Modelling* 162: 211-232.
- Andrewartha, H.G. y Birch, L. 1984. *The ecological web*. University of Chicago Press, USA.
- Bailey, L.H. y E.Z. Bailey. 1976. *Hortus Thrid: A concise Dictionary of Plants Cultivated in the United States and Canada* Vol. I y Vol. II. Staff of the LH. Bailey Hortorium, Cornell University, USA.
- Begon, M., Townsend, C.R., y J.L. Harper. 2006. *Ecology: From Individuals to Ecosystems*, 4a ed. Blackwell Publishing, Oxford, UK.
- Bejar, E., Reyes-Chilpa, R. y M. Jiménez-Estrada. 2000. Bioactive Compounds from Selected Plants used in XVI Century Mexican Traditional Medicine. En Attar-Rahman, *Studies in Natural Products Chemistry. Vol. 24. Bioactive Natural Products, Parte E* (p. 799-843). Ámsterdam, Países Bajos: Elsevier Science Publishers
- Benyei, P., Gras, A., Calvet, L., Aceituno, L., Perdomo, A., López, D., di Masso Tarditti, M., Guadilla, S., Garnatje, T., Parada, M., Tardío, J., Pardo de Santayana, M., Vallès Xirau, J. y V. Reyes. 2017. Guía etnobotánica para principiantes. *Guía etnobotánica para principiantes*. Instituto de Ciencia y Tecnología Ambiental, Universidad Autónoma de Barcelona. Recuperado el 22 de marzo de 2019 de: [https://www.researchgate.net/publication/318672744\\_Guia\\_etnobotanica\\_para\\_principiantes](https://www.researchgate.net/publication/318672744_Guia_etnobotanica_para_principiantes)
- Brundtland, G.H. y miembros de la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo. 1987. *Nuestro Futuro Común*. Asamblea General de las Naciones Unidas. Recuperado el 15 de abril de 2018 de:

[http://www.ecominga.uqam.ca/PDF/BIBLIOGRAPHIE/GUIDE\\_LECTURE\\_1/CMMAD-Informe-Comision-Brundtland-sobre-Medio-Ambiente-Desarrollo.pdf](http://www.ecominga.uqam.ca/PDF/BIBLIOGRAPHIE/GUIDE_LECTURE_1/CMMAD-Informe-Comision-Brundtland-sobre-Medio-Ambiente-Desarrollo.pdf)

- Bueno-Bravo, I. 2012. Objetivos económicos y estrategia militar en el imperio azteca. *Estudios de cultura náhuatl* 44:136-163.
- Bye, R. y Linares, E. 2013. Códice De la Cruz-Badiano: medicina prehispánica. Primera Parte. Edición especial *Arqueología Mexicana* 50.
- Bye, R., Linares, E. y Estrada, E. 1995. Biological diversity of medicinal plants in Mexico. En: Arnason, J. T., Mata, R. y Romeo, J. T. *Recent advances in Phytochemistry: Phytochemistry of Medicinal Plants*. Plenum Press. U. S. A., pp. 65-82.
- Camacho, J.A. 1997. Repertorio Americano, n.e., 3: 20; en Morales, C.O. 2007. Etnobotánica: Estudio de las plantas por los pueblos tradicionales (Presentación de PowerPoint). Escuela de Biología. Universidad de Costa Rica. Recuperado el 3 de junio de 2018 de:  
<http://www.biologia.ucr.ac.cr/profesores/Morales%20Carlos/Etnobot%C3%A1nica-oct2017.pdf>
- Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. 2014. Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Áreas Naturales Protegidas. *Diario Oficial de la Federación* del 21 de mayo de 2014, p. 11.
- Casas, A. Camou, A., Rangel-Landa, S., Solís, L., Torres, I., Delgado-Lemus, A., Moreno, A.I., Vallejo, M., Guillén, S., Blancas, J., Parra, F., Aguirre, X., Farfán-Heredia, B., Arellanes, Y. y E. Pérez-Negrón. 2014. Manejo tradicional de biodiversidad y ecosistemas en Mesoamérica: El Valle de Tehuacán. *Investigación Ambiental, Ciencia y Política Pública*. 6(2): 23-44.
- Chase, J. y M.A. Leibold. 2003. *Ecological Niches: Linking Classical and Contemporary Approaches*. University of Chicago Press, USA.
- CNI. Año desconocido (sa). *Medicina Tradicional Indígena*. Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas. Disponible en:  
[http://www.cdi.gob.mx/participacion/dlupe/medicina\\_tradicional\\_indigena.pdf](http://www.cdi.gob.mx/participacion/dlupe/medicina_tradicional_indigena.pdf)

- Comisión Estatal de Parques Naturales y de la Fauna (CEPANAF). S/F. Fichas técnicas recuperadas el 29 de marzo de 2019 de: <http://cepanaf.edomex.gob.mx/>
- CONABIO. 2017. CONABIO, *25 años de evolución*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.
- Cramaussel, C. 2006. *Rutas de la Nueva España*. El Colegio de Michoacán. México. 436 p.
- Cruz, A., Solís, S.J., Zorrilla, M. y H. Benítez. 2006. Estrategia Nacional sobre Biodiversidad de México y plan de acción 2016 – 2030. CONABIO, p. 92
- Degasperi, A. s/f. *Codez Badianus: Un texto casi desconocido que viajó en el Nuevo y Viejo Mundo*. Historia de Gestión del Patrimonio Artístico, MUPART (Memoria, uso, pasado y arte), Ministerio de Economía y Competitividad, España. Recuperado el 21 de septiembre de 2018 de: <http://mupart.uv.es/ajax/file/oid/1160/fid/2446/Codex>
- 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*. Segunda sección. Jueves 30 de diciembre de 2010.
- Domínguez, H. 2010. *Los Mexicas*. Recuperado el 14 de abril de 2018 de: <https://portalacademico.cch.unam.mx/repositorio-de-sitios/historico-social/historia-de-mexico-1/HMI/Mexicas.pdf>
- Escamilla, I. 2018. *Entrevista sobre la mancha urbana en la Ciudad de México*. Recuperado el 29 de marzo de 2019 de: <https://www.jornada.com.mx/ultimas/2018/12/14/mancha-urbana-en-la-cdmx-ocupa-cada-vez-mas-suelo-de-conservacion-7558.html>
- Fahrig, L. y Merriam G. 1994. Conservation of Fragmented Populations. *Conservation Biology* 8(1):50-59. Recuperado el 5 de marzo de 2019 de: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1046/j.1523-1739.1994.08010050.x>
- Fick, S.E y R.J. Hijmans. 2017. *Worldclim 2: New 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas*. *Internacional Journal of Climatology* s/n.

- FUSDA Fundación por la Socialdemocracia de las Américas. 2011. México Multicultural en Cultura en México. *Nueva Visión Socialdemócrata* No. 25-26.
- GOCDMX. 2016. Gaceta Oficial de la Ciudad de México del 19 de septiembre de 2016. Aviso por el que se da a conocer el programa de manejo del área natural protegida con categoría de Zona Sujeta a Conservación Ecológica “Parque Ecológico de la Ciudad de México”. Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno de la Ciudad de México, México. Recuperado el 1 de abril de 2019 de:  
[http://data.consejeria.cdmx.gob.mx/portal\\_old/uploads/gacetas/2e3819baa55cccbde4d942a6557a16cf.pdf](http://data.consejeria.cdmx.gob.mx/portal_old/uploads/gacetas/2e3819baa55cccbde4d942a6557a16cf.pdf)
- GODF. 2011. Gaceta Oficial del Distrito Federal del 20 de junio de 2011. *Acuerdo por el que se expide el Programa de Manejo del Área Natural Protegida “Bosque de Tlalpan”*. Secretaria del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal, México. Recuperado el 1 de abril de 2019 de:  
[http://fbt.org.mx/coming\\_soon/2017/docs/MANEJO-DEL-AREA-NATURAL-PROTEGIDA-BOSQUE-DE-TLALPAN.pdf](http://fbt.org.mx/coming_soon/2017/docs/MANEJO-DEL-AREA-NATURAL-PROTEGIDA-BOSQUE-DE-TLALPAN.pdf)
- . 2006. Gaceta Oficial del Distrito Federal del 29 de noviembre de 2006. Decreto por el que se establece como Área Natural Protegida del Distrito Federal, con categoría de Zona de Conservación Ecológica, el área conocida con el nombre de “Ecoguardas”. Secretaria del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal, México. Recuperado el 2 de abril de 2019 de:  
<http://www.paot.org.mx/centro/normas/df/pdf/NAEDF-001-AMBT-2006.pdf>
- Garza-Merodio, G.G. 2006. Technological Innovation and the Expansion of Mexico City, 1870-1920. *Journal of Latin American Geography* 5(2):109-126.
- Gimmel, M. 2008. Hacia una reconsideración del Códice de la Cruz Badiano: nuevas propuestas para el estudio de la medicina indígena en el período colonial. *Colonial Latin American Review* 17(2): 273-283.
- Hassig, D. 1989. Transplanted medicine: Colonial Mexican Herbals of the sixteenth century. *RES: The Journal of Anthropology and Aesthetics* 17 y 18:30-53

- Heinrich, M., Ankli, A., Frei, B., Weimann, C. y O. Sticher. 1998. Medicinal Plants in Mexico: Healers' Consensus and Cultural Importance. *Social Science & Medicine*. 47(11): 1859-1871.
- INECC (Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático). 2007. *Decreto por el que se modifica el punto segundo del Decreto por el que se crea el Parque Estatal denominado "Parque Metropolitano de Naucalpan"*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Recuperado el 1 de abril de 2019 de: <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones2/libros/358/edomex04.html>
- INEGI. 2010. Censo de población y vivienda 2010. Informe sobre desarrollo humano de los Pueblos Indígenas 2010.
- . 2015. *Cuéntame... Hablantes de lengua indígena en México*. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. México. Disponible en: <http://cuentame.inegi.org.mx/poblacion/lindigena.aspx?tema=P>
- IUCN. 2018. *The IUCN Red List of Threatened Species. Versión 2018-1*. Recuperado el 24 de septiembre de 2018 de <http://www.iucnredlist.org>
- Juscáfresa, B. 1995. *Guía de la flora medicinal*. España, Grupo Mundi-Presa.
- Kumate, J., Pineda, Ma. E., Viesca, T. C., Sanfilippo, B. J., De la Peña-Páez, I., Valdés-Gutiérrez, J., Flores-Olvera, H., Ochoterena-Booth, H. y Lozoya, X. 1992. Estudios actuales sobre el *Libellus de Medicinalibus Indorum Herbis*. México, Secretaria de Salud.
- Leif-Matthias, H., Mandrak, N.E., Cudmore, B.C. and H.J. MacIsaac. 2007. Comparative distribution and invasion risk of snakehead (Channidae) and Asian carp (Cyprinidae) species in North America. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science*, 64: 1723-1735.
- Linares, E. 2019. Comentario personal en Jardín Botánico del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México el día 6 de julio de 2019.
- Linares, E. y R. Bye. 2013. Códice De la Cruz-Badiano: medicina prehispánica. Segunda Parte. *Arqueología Mexicana* 51.
- Lira, R., Casas, A., y Blancas, J. *Ethnobotany of Mexico: Interactions of People and Plants in Mesoamerica*. Nueva York, Springer.

- López, A. 1988. *The human body and ideology*, Vols. 1 y 2. Trad. Thelma y Bernar Ortiz de Montellano, Salt Lake City, University of Utah Press.
- Martin, G. 1995. *Ethnobotany: A Methods Manual*. Primera Edición, People and Plants' Conservation Manuals. UK, Springer Science Business Media.
- Martín-Mateo, R. 2001. Bienes culturales y bienes ambientales. En: C. Añon. *Naturaleza y Cultura*: 20-41. Santander.
- Mata, S. 2009. Biblioteca Digital de la Medicina Tradicional Mexicana. Universidad Nacional Autónoma de México. Disponible en: <http://www.medicinatradicionalmexicana.unam.mx>
- Miranda F. y J. Valdés. 1964. Comentarios Botánicos, En: de la Cruz, M. *Libellus de Medicinalibus Indorum Herbis*. IMSS, México.
- Organización Mundial de la Salud. 2013. *Estrategia de la OMS sobre medicina tradicional 2014-2023*. China, Biblioteca de la OMS.
- Ortiz de Montellano, B. 1990. *Aztec medicine, health and nutrition*. New Brunswick, N.J., Rutgers University Press.
- Pardo de Santayana, M. y Eloy Gómez. 2003. Etnobotánica: Aprovechamiento tradicional de plantas y patrimonio cultural. *Anales Jardín Botánico de Madrid* 60(1), 172-181.
- Periódico Oficial del Gobierno del Estado de México. 2004. *Gaceta del Gobierno del 24 de mayo del 2004. Declaratoria del Ejecutivo del Estado por la que se modifica la superficie del Área Natural Protegida sujeta a conservación ambiental de las Barrancas del Huizachal, del Arroyo Santa Cruz y del Arroyo Plan de Zanja, ubicadas en el municipio de Naucalpan de Juárez, Estado de México*. Recuperado el 1 de abril de 2019 de: <https://legislacion.edomex.gob.mx/sites/legislacion.edomex.gob.mx/files/files/pdf/gct/2004/may243.pdf>
- Peterson, A.T., Sánchez-Cordero, V. Soberón, J., Bartley, J., Buddemeier, R.H. y A.G. Navarro-Sigüenza. 2001. Effects of global climate change on geographic distributions of Mexican Cracidae. *Ecological Modelling* 144:21-30.
- Phillips, S.J. Anderson, R.P. y R.E., Shapire. 2006. Maximum Entropy Modelling Species Geographic Distributions. *Ecological Modelling* 190:231-259.

- Primack, R. 2010. *Essentials of Conservation Biology*. Sinauer, USA.
- Ramírez, C. 2007. Etnobotánica y la Pérdida de Conocimiento Tradicional en el Siglo 21. *Ethnobotany Research & Applications* 5:241-244.
- Rebelo, H., Tarroso, P. y G. Jones. 2010. Predicted impact of climate change on European bats in relation to their biogeographic patterns. *Global Change Biology* 16:561-576. Recuperado el 27 de marzo de 2019 de: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/j.1365-2486.2009.02021.x>
- Riemann, Hugo, Santes-Álvarez, Ricardo V., & Pombo, A. 2011. El papel de las áreas naturales protegidas en el desarrollo local: El caso de la península de Baja California. *Gestión y política pública*, 20(1):141-172. Recuperado el 10 de abril de 2018, de: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-10792011000100004&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-10792011000100004&lng=es&tlng=es)
- Ríos-Castillo, T., Quijano, L. y R. Reyes-Chilpa. 2012. Algunas reflexiones actuales sobre la herbolaria prehispánica desde el punto de vista químico. *Revista Latinoamericana Química*. 40(2): 41-64.
- Rodríguez y Betancourt, J.L. 2018. Conferencia magistral de Juana Leticia Rodríguez y Betancourt, Presidenta de la Academia Nacional de Ciencias Farmacéuticas, en el decimoséptimo Simposium de Plantas Medicinales. En: Nota periodística de Saavedra, D. 2018. México, segundo lugar en plantas medicinales. *Gaceta UNAM diciembre 13, 2018*. Recuperado el 31 de marzo de 2019 de <http://www.gaceta.unam.mx/mexico-segundo-lugar-en-plantas-medicinales/>
- Rosso, N. 2013. La etnobotánica histórica: el caso mocoví en la reducción de San Javier en el siglo XVIII. *Etnobiología*, 11(3):54-65. Recuperado el 26 de marzo de 2019 de: <http://asociacionetnobiologica.org.mx/revista/index.php/etno/article/view/37>
- Rovira, R. 2008. Mesoamérica: Concepto y Realidad de un Espacio Cultural. Universidad Complutense de Madrid. Recuperado el 14 de abril de 2018 de: <http://webs.ucm.es/info/arqueoweb/pdf/8-2/rovira.pdf>

- Rzedowski, G. C. de, J. Rzedowski y colaboradores. 2010. *Flora fanerogámica del Valle de México*. 2a. ed., 1a reimp. México, Instituto de Ecología, A.C. y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, 1406 pp.
- Sánchez-Cordero, V., Peterson, A.T. y P. Escalante-Pliego. 2001. El modelado de la distribución de especies y la conservación de la diversidad biológica. En: Hernández, H.M., García, A., Álvarez, F. y M. Ulloa. *Enfoques contemporáneos para el estudio de la biodiversidad*. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, pp. 359-379.
- Santillán, S. 2014. *Distribución potencial de 26 plantas medicinales del Códice De la Cruz-Badiano*. Tesis de Licenciatura (Biología), Universidad Autónoma Metropolitana.
- Sarukhán, J., et al. 2012. *Capital natural de México: Acciones estratégicas para su valoración, preservación y recuperación*. México, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
- SEMARNAT. CONANP. 2016. *Prontuario Estadístico y Geográfico de las Áreas Naturales Protegidas de México*. Primera edición. México.
- SIMEC. CONANP. 2010. Ficha Fuentes Brotantes de Tlalpan. Consultado el 21 de febrero de 2019 en: <https://simec.conanp.gob.mx/ficha.php?anp=75&reg=7>
- Smith, Michael E. & Marilyn Masson. 2000. *The Ancient Civilizations of Mesoamerica: A Reader*. Blackwell Publishing, Oxford & Maiden.
- Soberón, J. y Nakaruma, M. 2009. Niches and distributional areas: Concepts, methods, and assumptions. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 106: 19644-19650.
- Soberón, J. y A.T. Peterson. 2005. Interpretation of models of fundamental ecological niches and species distributional areas. *Biodiversity Informatics* 2:1-10.
- Toledo, V.M. 1982. La etnobotánica hoy: reversión del conocimiento, lucha indígena y proyecto nacional. *Biotica* 7(2): 141-150.
- Tropicos, Botanical Information System at the Missouri Botanical Garden. Recuperado de: [www.tropicos.org](http://www.tropicos.org) el 25 de abril de 2019.

- UNEP-WCMC (Comps.). 2018. The Checklist of CITES Species Website. CITES Secretariat, Geneva, Switzerland. Compilado por UNEP-WCMC, Cambridge, UK. Recuperado el 24 de septiembre de 2018 desde: <http://checklist.cites.org>
- Vargas-Márquez, F. 1997. *Parques Nacionales de México. Aspectos físicos, sociales, legales, administrativos, recreativos, biológicos, culturales, situación actual y propuestas en torno a los parques nacionales de México*. Instituto Nacional de Ecología, México.
- Valdés-Gutiérrez, J., Flores-Olvera, H. y Ochoterena-Booth, H. 1992. La botánica en el Códice De la Cruz en: Kumate, J. *et al. Estudios actuales sobre el Libellus de Medicinalibus Indorum Herbis*. Secretaria de Salud. México, pp. 129-180.
- Viesca, T. C. 1992. El *Libellus* y su contexto histórico. en: Kumate, J. *et al. Estudios actuales sobre el Libellus de Medicinalibus Indorum Herbis*. Secretaria de Salud. México, pp. 49-83.
- . 1995. Y Martín de la Cruz, autor del Códice de la Cruz Badiano, era un médico Tlatelolco de carne y hueso. *Estudios de Cultura Náhuatl* 25: 479-98.
- Villaseñor, J.L. 2016. Catálogo de las plantas vasculares nativas de México. *Revista mexicana de Biodiversidad*. 87:559-902. Recuperado el 26 de marzo de 2019 de: <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S1870345316300707?token=29C1192A3670FA487828E4C1B42777A7C735E6BF91EC27C7672B81E475103DFC741368D193A6720E1BAF5646D69B8557>

## X. ANEXOS

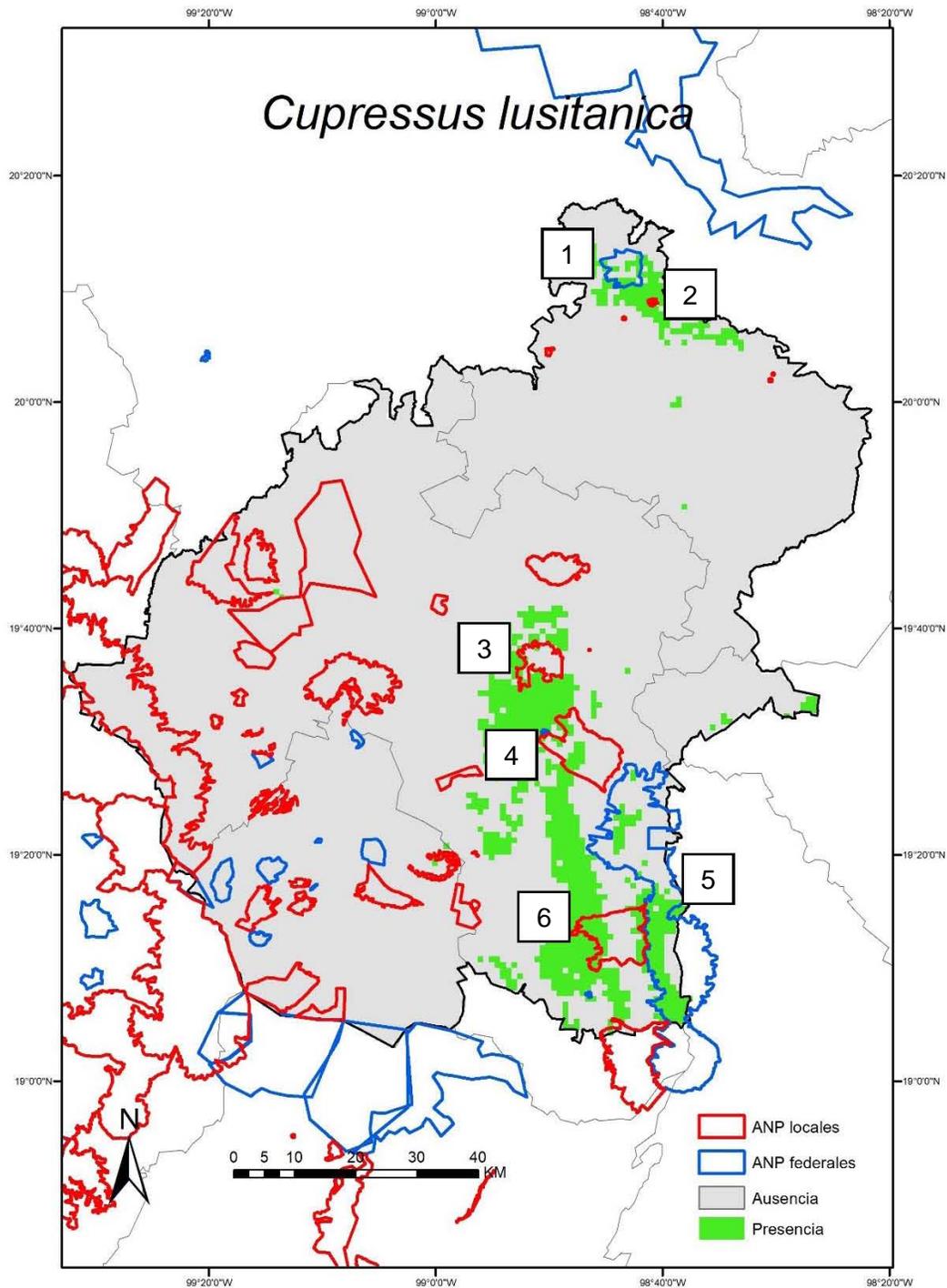
### Anexo 1. Información taxonómica de las 32 especies seleccionadas.

Espece	Autor	Sinónimos y Basónimos
<i>Abies religiosa</i>	Schltl. & Cham.	<i>Picea religiosa</i> , <i>Pinus religiosa</i>
<i>Achillea millefolium</i>	L.	<i>Chamaemelum millefolium</i>
<i>Agastache mexicana</i>	(H.B.K.) Lint & Epl.	<i>Brittonastrum mexicanum</i> , <i>Cedronella mexicana</i>
<i>Arctostaphylos pungens</i>	H.B.K.	<i>Daphnidostaphylis pungens</i> , <i>Uva-ursi pungens</i>
<i>Arracacia atropurpurea</i>	(Lehm.) Benth. & Hook.	<i>Pentacrypta atropurpurea</i>
<i>Asclepias linaria</i>	Cav.	-
<i>Barkleyanthus salicifolius</i>	H.B.K.	<i>Cineraria salicifolia</i> , <i>Senecio salignus</i>
<i>Begonia gracilis</i>	H.B.K.	<i>Begonia martiana</i> var. <i>gracilis</i>
<i>Cirsium ehrenbergii</i>	Sch. Bip	-
<i>Cissus verticillata</i>	L.	<i>Vitis verticillata</i> , <i>Irsiola verticillata</i> , <i>Vitis vitiginea</i> var. <i>verticillata</i>
<i>Clinopodium macrostema</i>	(Moc. & Sessé ex Benth.) Kuntze	<i>Melissa macrostema</i> , <i>Satureja macrostema</i> , <i>Calamintha macrostema</i>
<i>Commelina coelestis</i>	Willd.	-
<i>Cupressus lusitanica</i>	Mill.	<i>Callitropsis lusitanica</i> , <i>Hesperocyparis lusitanica</i> , <i>Neocupressus lusitanica</i> , <i>Cupressus lusitanica</i> var. <i>typica</i>
<i>Dioscorea galeottiana</i>	Kunth	<i>Dioscorea convolvulacea</i> var. <i>Galeottiana</i>
<i>Endotropis serrata</i>	(Humb. & Bonpl. ex Willd.) Hauenschild	<i>Rhamnus serrata</i> , <i>Ventia serrata</i>
<i>Gymnosperma glutinosum</i>	Less.	<i>Xanthocephalum glutinosum</i>
<i>Ipomopsis pinnata</i>	(Cav.) V. Grant	<i>Gilia pinnata</i>
<i>Jaltomata procumbens</i>	(Cav.) J. L. Gentry	<i>Saracha jaltomata</i> , <i>Bellinia procumbens</i> , <i>Saracha procumbens</i> , <i>Witheringia procumbens</i>
<i>Lepidium virginicum</i>	L.	<i>Lepidium intermedium</i> , <i>Lepidium médium</i> , <i>Conocardamum virginicum</i> , <i>Crucifera virginica</i> ,

		<i>Iberis virginica</i> , <i>Nasturtium virginicum</i> , <i>Thlaspi virginicum</i>
<i>Loeselia mexicana</i>	(Lam.) Brand	<i>Loeselia coccinea</i> , <i>Hoitzia mexicana</i>
<i>Mentzelia hispida</i>	Willd.	-
<i>Mirabilis jalapa</i>	L.	<i>Nyctago jalapa</i>
<i>Muhlenbergia macroura</i>	(H.B.K.) Hitchc.	<i>Epicampes macroura</i> , <i>Cinna macroura</i> , <i>Crypsinna macroura</i> , <i>Epicampes macroura</i> , <i>Muehlenbergua macroura</i> , <i>Phleum macrourum</i>
<i>Oxalis tetraphylla</i>	Cav.	<i>Ionoxalis tetraphylla</i> , <i>Acetosella tetraphylla</i>
<i>Peperomia galioides</i>	H.B.K.	<i>Peperomia galioides</i> var. <i>crassispica</i> , <i>Peperomia inaequalifolia</i> var. <i>Galioides</i> , <i>Piper galioides</i>
<i>Phaseolus coccineus</i>	L.	-
<i>Polygonum hydropiperoides</i>	Michx.	<i>Persicaria hydropiperoides</i>
<i>Prunus serotina</i>	Ehrh.	<i>Cerasus serotina</i> , <i>Padus serotina</i>
<i>Sedum dendroideum</i>	DC.	-
<i>Sedum praealtum</i>	DC.	<i>Sedum dendroideum</i> subsp. <i>praealtum</i>
<i>Tagetes lucida</i>	Cav.	<i>Tagetes florida</i>
<i>Tigridia pavonia</i>	(L.f.) DC.	<i>Moraea pavonia</i>

(Tropicos, 2019; Rwedoski et al., 2010).

**Anexo 2. Mapa modelado de presencia y ausencia de *Cupressus lusitanica*.**



**1. Parque Nacional El Chico, 2. Parque Estatal Bosque El Huiloche, 3. Parque Estatal Sierra Patlachique, 4. Reserva Estatal Sistema Tetzconzingo, 5. Parque Nacional Iztacchihuatl-Popocatépetl y 6. Estatal Santuario del Agua y Forestal Manantiales Cascada Diamantes**