



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA

Estimación de la distribución potencial de la quiroptero fauna del Centro
para la Conservación e Investigación de la Vida Silvestre (CIVS) San
Cayetano en el Edo. de México

T E S I S

Que para obtener el título de:

BIÓLOGA

P R E S E N T A

Katia Estephanie Juárez Tejada

Asesor: Dr. Raymundo Montoya Ayala



Los Reyes Iztacala, Estado de México, 2013



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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.

DEDICADA

A MIS PADRES

*Miguel Á. Juárez y
Juana Ma. Tejada*

*Por toda una vida de apoyo, y enseñanzas,
por su comprensión, confianza y paciencia,
y por todo lo que han dejado y seguirán dejando en mí...*

A MIS HERMANOS

*Iván Juárez
Miguel A. Juárez y
Karla G. Juárez*

*Por lo que he aprendido y compartido a su lado,
por su compañía y todas las experiencias vividas,
y por todos esos momentos de risas interminables...*

A MIS SOBRINOS

*Iván Juárez e
Isaac Juárez*

*Por alegrar mis días con sus sonrisas,
por sus travesuras, sus ocurrencias y su compañía...*

A MI PRIMA

Diana Morales

*Por estar conmigo en todo momento,
por ser mi cómplice de planes e ideas,
y por su apoyo en todo momento...*

Por todo su amor, apoyo, comprensión... y por ser una pieza importante en mi vida y formación... a todos ustedes gracias.

Agradecimientos

- Al MVZ Fernando Cortes Villavicencio, responsable de la Dirección General de Vida Silvestre de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales por permitir la realización de este trabajo dentro del CIVS.
- Al MVZ Jorge Yáñez Carrera, encargado del CIVS San Cayetano, por su apoyo durante la elaboración de este trabajo.
- A mi asesor el Dr. Raymundo Montoya Ayala, por permitirme realizar este proyecto, por todo su apoyo, paciencia y enseñanza.
- A la M. en C. Mónica Chico Avelino, mi segunda asesora, por su todo su apoyo, ayuda y enseñanza durante mi estancia en el laboratorio de SIG, por sus aportaciones, correcciones y comentarios en la elaboración de esta tesis, no tengo palabras para agradecer todo su incondicional apoyo, muchas gracias.
- A los Biólogos Juan Antonio Sánchez Mejía, Arturo Ambrosio Santana y Leonardo Nazul Vega Flores, por su ayuda y compañía durante los muestreos en Campo.
- Al Biol. Rogelio Frank Jiménez Ortega por su ayuda en la elaboración de la prueba de ANOVA.
- A todos mis sinodales por sus acertadas correcciones y observaciones a este trabajo.

ÍNDICE

1.0 Introducción	6
1.1 Análisis biogeográficos	8
1.2 Sistemas de Información Geográfica (SIG)	9
1.3 Modelos de Distribución Potencial	10
2.0 Antecedentes	12
2.1 Centro para la Conservación e Investigación de la Vida Silvestre (CIVS) San Cayetano	12
2.2 Distribución potencial	13
3.0 Área de Estudio	14
3.1 Localización	14
3.2 Vegetación y uso de suelo	15
3.3 Edafología	15
3.4 Geología	15
3.5 Topografía	16
3.6 Climatología	16
4.0 Objetivos	17
4.1 Objetivo general	17
4.2 Objetivos particulares	17
5.0 Materiales y Métodos	18
5.1 Elaboración del listado taxonómico	18
5.2 Categorías de conservación	19
5.3 Elaboración del SIGMA	19
5.4 Modelado de la distribución espacial	20
5.5 Modelado de la distribución potencia <i>Arcview</i>	20
5.6 Modelado de la distribución potencial <i>Maxent</i>	24
6.0 Resultados	25
6.1 Listado taxonómico	25
6.2 Categorías de conservación	27
6.3 SIGMA	28
6.4 Modelado de la distribución espacial	29
6.5 Modelado de la distribución potencial	30

6.5.1	Modelado del CIVS	30
6.5.2	Modelado del Estado de México	31
7.0	Discusión	36
7.1	Listado taxonómico	36
7.2	Categorías de conservación	38
7.3	Modelado de la distribución espacial	38
7.4	Modelado de la distribución potencial	39
7.4.1	Modelado del CIVS	39
7.4.2	Modelado del Estado de México	39
8.0	Conclusiones	41
9.0	Literatura citada	43
10.0	Anexos Cartográficos	51
10.1	Anexo cartográfico I. Cartografía temática del CIVS	51
10.2	Anexo cartográfico II. Distribución espacial	61
10.3	Anexo cartográfico III. Distribución potencial CIVS (Arcview)	63
10.4	Anexo cartográfico IV. Distribución potencial del Estado de México (Arcview)	68
10.5	Anexo cartográfico V. Distribución potencial del Estado de México (Maxent)	73

1.0 Introducción

México es considerado un país megadiverso pues alberga aproximadamente 10% de la biodiversidad terrestre de todo el planeta y casi el 70% de la biodiversidad mundial en conjunto con otras naciones (Llorente-Bousquets y Ocegueda, 2008; Mittermeier y Goettsch, 1992). Posee una alta riqueza biológica y elevado índice de endemismos resultado directo de su dinámica historia geológica, la unión de dos regiones biográficas dentro de su territorio (Neártica y Neotropical), su heterogeneidad topográfica y la variedad de sus ambientes (Ceballos *et al.*, 2005; 1998; Mittermeier y Goettsch, 1992; Neyra y Durand, 1998; Toledo, 1988).

Es el país del continente americano con el mayor porcentaje de vertebrados terrestres y uno de los más ricos en mamíferos, ocupando el tercer lugar a nivel mundial y manteniendo alrededor del 11% con un total de 525 especies, de las cuales 161 son endémicas (Ceballos *et al.*, 2005; Escalante *et al.*, 2002; Toledo, 1988).

En el estado de México se han registrado 125 especies de mamíferos silvestres, que constituyen el 26% del total de las especies reportadas para todo el país, siendo los quirópteros uno de los órdenes mejor representados (Chávez y Ceballos, 1998; Chávez *et al.*, 2009).

Los quirópteros conforman el orden más variado, diverso y abundante después de los roedores, hoy en día se reconocen más de 1,116 especies de murciélagos en el mundo (Álvarez *et al.*, 1994; Medellín *et al.*, 2009) ocupando México el quinto lugar con 138 y 15 endemismos, de las cuales el Estado de México posee 48 con 29 géneros pertenecientes a 6 familias y 5 endemismos (Chávez y Ceballos, 1998; Chávez *et al.*, 2009; Medellín *et al.*, 2008).

La gran variedad y abundancia de estos organismos se ve reflejada en el importante papel que desempeñan en la estructura y función de los ecosistemas, sumado a su valor biológico y económico; los murciélagos insectívoros juegan un importante papel en el control de plagas agrícolas y otros insectos, pues se estima que una colonia de 20 millones de *Tadarida brasiliensis* puede comer hasta 200 toneladas en una sola noche y, el guano producido en grandes cantidades por especies coloniales es utilizado como un fertilizante natural; aquellos que se alimentan de polen y néctar son polinizadores esenciales de muchas flores, principalmente de aquellas que poseen hábitos nocturnos con adaptaciones específicas para

los quirópteros, siendo los principales responsables de polinizar plantas como el maguey, el agave y la pitahaya; mientras que aquellos que se alimentan de frutos cumplen una importante función en la dispersión de semillas, dispersando de 2 a 5 veces más semillas que las aves (Álvarez *et al.*, 1994; Ceballos *et al.*, 2005; Medellín *et al.*, 2008).

Sin embargo y a pesar de su evidente importancia, desde hace algunas décadas los murciélagos enfrentan amenazas severas a causa de la destrucción de sus refugios, la devastación de sus hábitats, corredores migratorios y sitios de invernación y estivación, así como el uso de plaguicidas y la destrucción directa, esta última, como consecuencia de mitos e información errónea acerca de estos organismos, lo que ha causado la extinción de varias especies de murciélagos en México (Medellín *et al.*, 2008).

Si bien existe un marco jurídico de protección a la biodiversidad como lo es la Ley General de Vida Silvestre (LGVS), la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LEGEEPA) y la Norma Oficial Mexicana, que en su conjunto han desarrollado estrategias de protección como la última publicación de la NOM-059-SEMARNAT-2010 en la que algunas especies de murciélagos ya se encuentran bajo alguna categoría de riesgo, la dinámica poblacional de otras especies se está viendo afectada en forma alarmante. Para el caso de este grupo, de las 138 especies de murciélagos presentes en México, 38 figuran en la lista de especies amenazadas, de las cuales 17 se encuentran sujetas a protección especial, 17 amenazadas y 4 en peligro de extinción (SEMARNAT, 2010).

La disminución y desaparición de poblaciones y especies debido a la perturbación por las actividades humanas constituye uno de los conflictos ambientales más graves que debemos enfrentar (Lobo, 2000), lo que conlleva a la urgente necesidad de evitar la pérdida de la riqueza biológica dado que cualquier grupo zoológico por pequeño o grande que sea tiene una importancia científica, cultural y ecológica (Álvarez *et al.*, 1994; Mittermeier y Goettsch, 1992).

Por esta razón es necesario fomentar y desarrollar investigaciones ecológicas y nuevas líneas de investigación que den las pautas para la generación de conocimiento para su protección y conservación. Algunos de estos enfoques consideran a la biogeografía, que sin duda alguna, es uno de los instrumentos de mayor utilidad con que cuenta la investigación científica, para diseñar estrategias de conservación apropiadas en el conocimiento de los patrones de distribución de las especies o grupos de ellas (Toledo, 1988).

1.1 Análisis biogeográficos

Uno de los primeros abordajes del estudio de la biodiversidad en relación con el espacio, se logra mediante la delimitación de su distribución geográfica, esto es, los lugares, regiones o zonas en donde puede encontrarse (Toledo, 1994). La biogeografía es, precisamente, una disciplina de la biología y la geografía que se encarga del estudio de la distribución geográfica de los seres vivos en el tiempo y el espacio, tomando en cuenta los factores que dieron lugar a tal distribución, lo que la convierte en una disciplina de valor explicativo, que estudia el dinamismo de las áreas de distribución como parte del proceso evolutivo y que busca regularidades en la forma, tamaño, posición y otras características de las distribuciones (Contreras, 2006; Lobo, 2000).

Tiene como principales objetivos elaborar estrategias generales de inventario e identificación rápidas y eficaces, obtener una información de base extensa mediante la compilación y cartografía del conocimiento disponible sobre la diversidad biológica y, buscar modelos capaces de predecir el número de especies u otra característica relacionada con la biodiversidad en ausencia de datos exhaustivos (Lobo, 2000).

El análisis biogeográfico parte del conocimiento de la distribución geográfica del grupo o grupos que se desean estudiar y, la obtención de información puede provenir de diferentes fuentes como ejemplares depositados en colecciones científicas, de la literatura, o bien de material recolectado por el mismo investigador (Contreras, 2006).

Actualmente, la biogeografía se ha visto favorecida por el desarrollo de potentes herramientas informáticas, en especial, de los Sistemas de Información Geográfica (SIG), que facilitan enormemente la recopilación y cartografía de la información biológica, lo que permite llevar a cabo el análisis espacial de la información de manera más eficiente (Contreras, 2006; Gámez *et al.*, 2012; Lobo, 2000).

1.2 Sistemas de Información Geográfica (SIG).

En los últimos años se ha producido un gran desarrollo en las técnicas aplicadas a la generación de modelos de distribución de especies, gracias a la amplia oferta de lenguajes de programación, la amplia difusión de información geoespacial y el desarrollo de las técnicas SIG (Benito y Peñas, 2007).

Los SIG se encuentran dentro de la familia de los Sistemas de Información, que son programas o conjuntos de programas diseñados para representar y gestionar grandes volúmenes de datos sobre ciertos aspectos del mundo real (Ordoñez y Martínez, 2003). Tienen como propósito básico ser una tecnología aplicada a la resolución de problemas territoriales como inventarios de recursos naturales y humanos, control y gestión de datos catastrales, planificación y gestión urbana entre otros (Bosque, 1997)

Son un tipo especializado de bases de datos georeferenciadas capaces de manejar datos geográficos como imágenes o mapas, permitiendo combinar esta información básica para obtener información derivada que haga posible analizar las características espaciales y temáticas de una zona concreta (Domínguez, 2000).

Se pueden contemplar como un conjunto de mapas de la misma porción del territorio y de un lugar concreto con la misma localización en todos los mapas incluidos en el sistema, lo que hace posible realizar un análisis de sus características espaciales en conjunto (Bosque, 1997).

Lo que hacen es descomponer la realidad en distintos temas, es decir en distintas capas o estratos de información de la zona que se desea estudiar, como relieve, litología, suelos, ríos, asentamientos y carreteras, a partir de los cuales el analista puede trabajar sobre cualquier capa según sus necesidades, sin embargo, la gran ventaja es que puede relacionar distintas capas entre sí, lo que les concede a estos sistemas sorprendentes capacidades de análisis (Gutiérrez y Gould, 2000).

Es decir, que al introducir información primaria, estos sistemas nos permiten la obtención de información secundaria o derivada, lo que logra que los estudios biogeográficos sean no solo un requisito imprescindible si queremos conocer la distribución geográfica de la biodiversidad, sino una posibilidad científica con nuevas expectativas (Lobo, 2000).

1.3 Modelos de Distribución Potencial

Las especies no se encuentran distribuidas al azar sobre la tierra, poseen distribuciones con límites más o menos reconocibles, resultado de procesos históricos y ecológicos, los cuales se repiten en varios taxones, incluso en aquellos que no están relacionados (Escalante, 2009; Gámez *et al.*, 2012).

Los análisis tradicionales de distribución geográfica o distribución espacial se basan en localidades individuales y registros puntuales de las especies, es decir, se limitan únicamente a constatar su presencia (Lobo, 2000). Esto en cierto modo limita el conocimiento adecuado de la distribución de algunas especies, pues para algunas de ellas se carece de un número suficiente de especímenes recolectados, por lo que a menudo el conocimiento es incompleto, además de ser investigaciones costosas y en algunos casos poco viables (Navarro *et al.*, 2003).

Actualmente se reconoce que existen sesgos en los estudios enfocados al conocimiento de la distribución de algunas especies y, si queremos conocer las relaciones entre la distribución, la biodiversidad y las condiciones ambientales a grandes escalas es necesario el uso de técnicas enfocadas a nuevas expectativas científicas (Lobo 2000).

Los nuevos enfoques que nos permiten acercarnos al conocimiento de estas relaciones y que, nos orientan acerca de la toma de decisiones sobre la conservación y el manejo de la vida silvestre, están basados en el uso de modelos de distribución de especies (Naoki *et al.*, 2006). Los métodos empleados para modelar la distribución de especies han sido diversos y van desde simplemente delimitar el contorno del área de distribución hasta el uso de métodos cuantitativos (Sánchez-Cordero *et al.*, 2001).

El modelado de la distribución de especies, predicción de la distribución geográfica o modelado de la distribución potencial es uno de los campos más recientes en la ecología y aborda el tema de la relación existente entre las especies y su ambiente, ayudando a tomar decisiones en la conservación de las mismas (Contreras, 2006; Naoki *et al.*, 2006; Sánchez-Cordero *et al.*, 2001).

Este modelado consiste en pronosticar las distribuciones geográficas, en base a los requerimientos ecológicos de las especies, extrapolando los puntos de recolecta conocidos a áreas donde se desconoce su ocurrencia, utilizando algunas condiciones ecológicas que nos

ayuden a determinar donde se encuentran las condiciones ambientales más favorables o adecuadas para que las especies prosperen, en función de parámetros obtenidos en recolectas previas (Contreras, 2006; Villaseñor y Téllez-Valdés, 2004).

Para ello se requiere de dos tipos de información, datos primarios y secundarios; la información primaria es aquella que se obtiene de los sitios de colecta u observación de la especie y pueden obtenerse en colecciones científicas o en publicaciones, mientras que los datos secundarios es la información sobre el clima, topografía o medio ambiente del área en donde se desea predecir la distribución (Naoki *et al.*, 2006).

En los sistemas naturales existen varios factores bióticos y abióticos que determinan la distribución de cada especie tales como la precipitación, la temperatura, evapotranspiración, competencia y depredación, entre otros. Bajo este enfoque, el modelado del nicho ecológico permite generar mapas para estimar la presencia de una especie en función de estos parámetros ambientales, es decir, el proceso de modelado involucra dos aspectos, por un lado el modelado el nicho ecológico de la especie y por otro, proyectar el modelo del nicho a un paisaje geográfico para identificar áreas potenciales de su distribución, por lo que el objetivo de los modelos de distribución potencial es predecir la idoneidad del medio ambiente para las especies en función del modelado del nicho ecológico (Ibarra-Montoya *et al.*, 2010; Naoki *et al.*, 2006; Sánchez-Cordero *et al.*, 2001).

2.0 Antecedentes

2.1 Centro para la Conservación e Investigación de la Vida Silvestre (CIVS) San Cayetano

El Centro para la Conservación e Investigación de la Vida Silvestre (CIVS) San Cayetano es una estación de campo perteneciente a la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), cuya función principal son las actividades de difusión, capacitación, rescate, rehabilitación, evaluación, muestreo, seguimiento permanente y manejo que contribuyan a la conservación y desarrollo de la vida silvestre y su hábitat (Cervantes *et al.*, 1995; SEMARNAT, 2011)

Es el centro más antiguo de todo el país y fue fundado en 1944. Desde entonces ocupa un importante papel en la recuperación de poblaciones de venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*), pecarí de collar (*Tayassu tajacu*), guajolote silvestre (*Melagris gallipavo*) y lobo mexicano (*Canis lupus baileyi*) (Oñate-Ocaña y Herróz-Zamorano, 2009).

Forma parte del Área Natural Protegida “Área de Protección de Recursos Naturales y Zona Protectora Forestal de los terrenos constitutivos de las cuencas de los Ríos Valle de Bravo, Malacatepec, Tilostoc y Temascaltepec, Estado de Mex.” Decretado así el 23 de Junio de 2005 (CONANP, 2005).

Sin embargo, las especies de flora y fauna silvestres nativas han sido poco estudiadas, por lo que se desconoce gran parte de la composición de la diversidad biológica del lugar (Cervantes *et al.*, 1995). Algunas de las investigaciones que se han realizado dentro del CIVS son las siguientes:

En 1973, Contreras y Melo realizaron un estudio titulado “*Importancia de las Reservas Naturales. Estación Experimental de Fauna Silvestre San Cayetano, Estado de México*” haciendo un abordaje de los factores físicos, biológicos, climatológicos y socioeconómicos, para resaltar la importancia del Centro como un Área Protegida.

Martinez-Coronel y Velázquez realizaron un estudio en 1984 llamado “*Anfibios y reptiles de la Estación Experimental de Fauna Silvestre de San Cayetano, Estado de México. México*”

Mientras que en 1986, Valenzuela elaboró un trabajo de *“Estudios preliminares sobre la microfagia por animales silvestres de la Estación Experimental de Fauna Silvestre San Cayetano, Estado de México”*, en el que realizó la colecta de excretas y organismos para conocer la preferencia alimenticia de los mamíferos presentes en el centro.

Para 1995, Cervantes, Matamoros-Trejo y Martínez-Mateos, realizaron un registro y listado taxonómico de los mamíferos silvestres nativos del Centro llamado *“Mamíferos Silvestres de la Unidad de Evaluación y Monitoreo de la Biodiversidad “Ing. Luís Macías Arellano”, San Cayetano, Estado de México”*.

Para el 2002, Segundo y García realizaron una guía de *“Aves del Centro para la Conservación e Investigación de la Vida Silvestre San Cayetano, Estado de México”*, en el que presentan un listado con imágenes de las aves presentes en el CIVS.

Por último, en 2009, Oñate-Ocaña y Herróz-Zamorano presentan un *“Estudio faunístico del Centro de Investigación de Vida Silvestre San Cayetano, Estado de México”* que reporta la diversidad de la entomofauna, anfibios, reptiles, aves y mamíferos del CIVS, sin embargo, dentro de los mamíferos reportados no se realizó ningún registro sobre los murciélagos presentes en el centro.

En cuanto a estudios más recientes realizados en otros bosques del Estado de México, podemos encontrar el de Segura en el 2010, realizado en la Sierra de Tepotzotlán y titulado *“Registro de murciélagos en “Arcos del Sitio”, Municipio de Tepotzotlán, Estado de México”*, y el de Monroy-Vilchis *et al.*, en 2011, titulado *“Diversidad de mamíferos de la Reserva Natural Sierra Nanchititla, México”*.

2.2 Distribución Potencial

Los trabajos sobre distribución potencial para los distintos grupos biológicos son escasos e incluso inexistentes para algunos, sin embargo ya se han realizado mapas de distribución potencial a nivel nacional para algunas especies de murciélagos, siendo estos los realizados por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), los cuales pueden ser consultados en su portal de geoinformación (CONABIO, 2013).

3.0 Área de estudio

3.1 Localización

El CIVS San Cayetano se encuentra localizado en el municipio de San José Villa de Allende, al oeste de la ciudad de Toluca, Estado de México, en el km 60 de la carretera Toluca-Valle de Bravo, formando parte de la Sierra de Zitácuaro (Segundo y García, 2002; SEMARNAT, 2011).

Sus límites se encuentran definidos por las coordenadas UTM 386993m long E. y 2143042m lat N; y 386230m long E. y 2142371m lat. N; a una altitud de 2,460 a 2,785 msnm y comprende una superficie de 536 ha (Oñate-Ocaña y Herróz-Zamorano, 2009; Segundo y García, 2002; SEMARNAT, 2011) (Fig. 1).

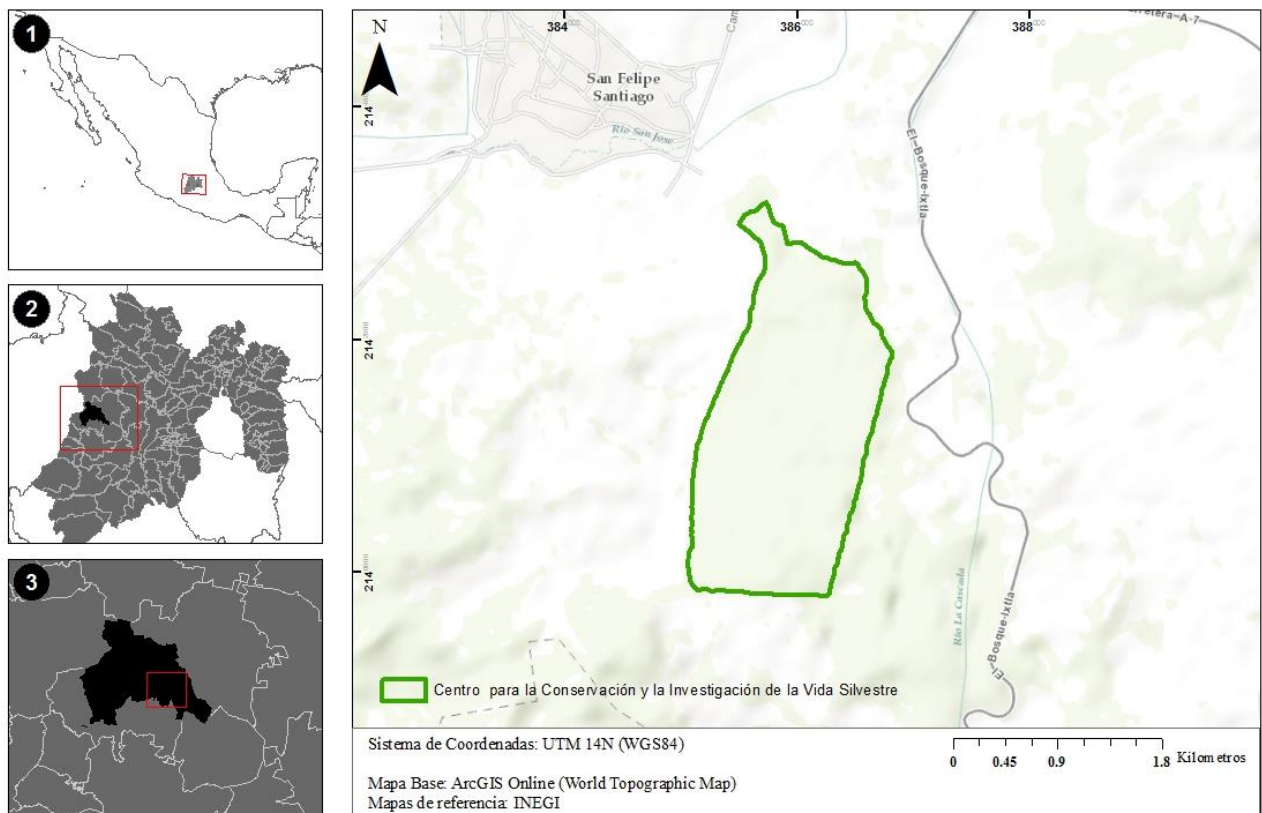


Figura 1. Ubicación geográfica del área de estudio en el Centro para la Conservación e Investigación de la Vida Silvestre (CIVS) San Cayetano.

3.2 Vegetación y uso de suelo

El CIVS cuenta con dos tipos de vegetación, bosque de pino-encino (BPQ) con 422 ha y pastizal (P) con 114 ha (INEGI, 2010; SEMARNAT, 2011). El bosque de pino-encino se encuentra representado por especies como *Pinus montezumae*, *P. leophilla* y *P. patula* y los encinos *Quercus cracifolia* y *Q. lauracia* (Segundo y García, 2002).

Los estratos herbáceos están constituidos por individuos del género *Montano spp.*, *Urtica urens*, *Argemone platyceras*, y *Juncus spp.*, mientras que las gramíneas corresponden a áreas abiertas donde dominan los pastos. En las zonas donde existen o brotan pequeños manantiales se encuentran especies como *Andropogon spp.*, *Aristida spp.*, mientras que en las áreas con menor humedad predomina la especie *Muhlenbergia macroura* (Valenzuela, 1986).

Entre los arbustos predominan los del género *Baccharis spp.*, lo que indica una perturbación intensa y en algunos sitios pedregosos prolifera el estrato rasante en donde los hongos y helechos encuentran condiciones óptimas para su desarrollo (Valenzuela, 1986) (ver Anexo Cartográfico I, Vegetación y uso de suelo).

3.3 Edafología

Está constituida por roca ígnea y sedimentaria, lo que da origen a un suelo de tipo aluvial, que presenta una fase física concrecionaria y pedregosa de textura media, rica en limos, de color negro y con un elevado contenido de materia orgánica (Segundo y García, 2002).

Está representado por dos unidades edafológicas, Acrisol órtico (Ao+To/2) y Andosol húmico (Th+Ao+To/2) (INEGI, 2010) y el suelo se encuentra cubierto por una gruesa capa de hojarasca de pino, encino o ambas (Contreras y Melo, 1973) (ver Anexo Cartográfico I, Edafología).

3.4 Geología

Las características geológicas más representativas corresponden al cenozoico medio, al superior volcánico y al pleistoceno reciente con material de rocas volcánicas y algunas no diferenciadas (Valenzuela, 1986).

Está representado por basalto y toba ácida, provenientes de la era cenozoica del sistema neógeno y cuaternario respectivamente (INEGI, 2010) (ver Anexo Cartográfico I, Geología).

3.5 Topografía

La estación está situada en el Sistema Volcánico Transversal, sobre la Sierra de Zitácuaro (Contreras y Melo, 1973), con la que mantiene relación a nivel físico, biológico y abiótico (Valenzuela, 1986).

3.6 Climatología

El clima es semifrío-subhúmedo y templado subhúmedo, con lluvias en verano y poca oscilación térmica. Se registra una temperatura promedio anual de 17°C y una precipitación pluvial promedio anual de 940.4mm, con vientos dominantes del sureste (Segundo y García, 2002).

La temperatura sufre cambios bruscos durante el día y la noche a lo largo de todo el año, mientras que la precipitación se presenta en forma continua en un corto periodo (Contreras y Melo, 1973).

Los meses más fríos son los meses de diciembre, enero y febrero, durante los cuales se registran heladas durante las primeras horas de la mañana. Los cambios más bruscos de temperatura tienen lugar durante el invierno (Contreras y Melo, 1973).

Posee una temperatura máxima normal anual con variables que oscilan entre los 20.14°C a los 21.97°C, mientras que la temperatura media normal anual registra valores que van de los 12.92°C a los 13°C; con respecto a la temperatura mínima normal va de los 6.91°C a los 6.98°C. En cuanto a la precipitación normal anual, varía de los 858.14mm a los 983mm, en tanto que la evaporación normal anual va de los 1484.58mm a los 1502.77mm anuales (INEGI, 2010) (ver Anexo Cartográfico I, Evaporación, Precipitación y Temperatura máxima, mínima y media).

4.0 Objetivos

4.1 Objetivo General

Conocer la distribución potencial de murciélagos del Centro para la Conservación e Investigación de la Vida Silvestre (CIVS) San Cayetano en el Municipio de Villa de Allende, Estado de México.

4.2 Objetivos particulares

- Realizar un listado taxonómico de las especies de murciélagos presentes en el CIVS.
- Establecer si las especies capturadas se encuentran en alguna categoría de riesgo o endemidad.
- Realizar un Sistema de Información Geográfica Medio Ambiental (SIGMA).
- Modelar la distribución espacial y potencial de la quiropterofauna del CIVS.
- Modelar la distribución potencial de las especies encontradas en el CIVS para el Estado de México.

5.0 Materiales y Métodos

5.1 Elaboración del inventario taxonómico

Para la elaboración del listado taxonómico, el trabajo en campo consistió en 12 muestreos en el CIVS San Cayetano, en la temporalidad de Marzo del 2012 a Febrero del 2013, con un promedio de 2 noches de captura por salida.

Los puntos de muestreo fueron elegidos tomando como referencia los principales tipos de vegetación del CIVS (Bosque de pino-encino y pastizal), para obtener capturas en las asociaciones vegetales representativas, por lo que se tomaron dos puntos de muestreo para cada tipo de vegetación, usando como referencia la metodología de Rojas y Valiente (1996).

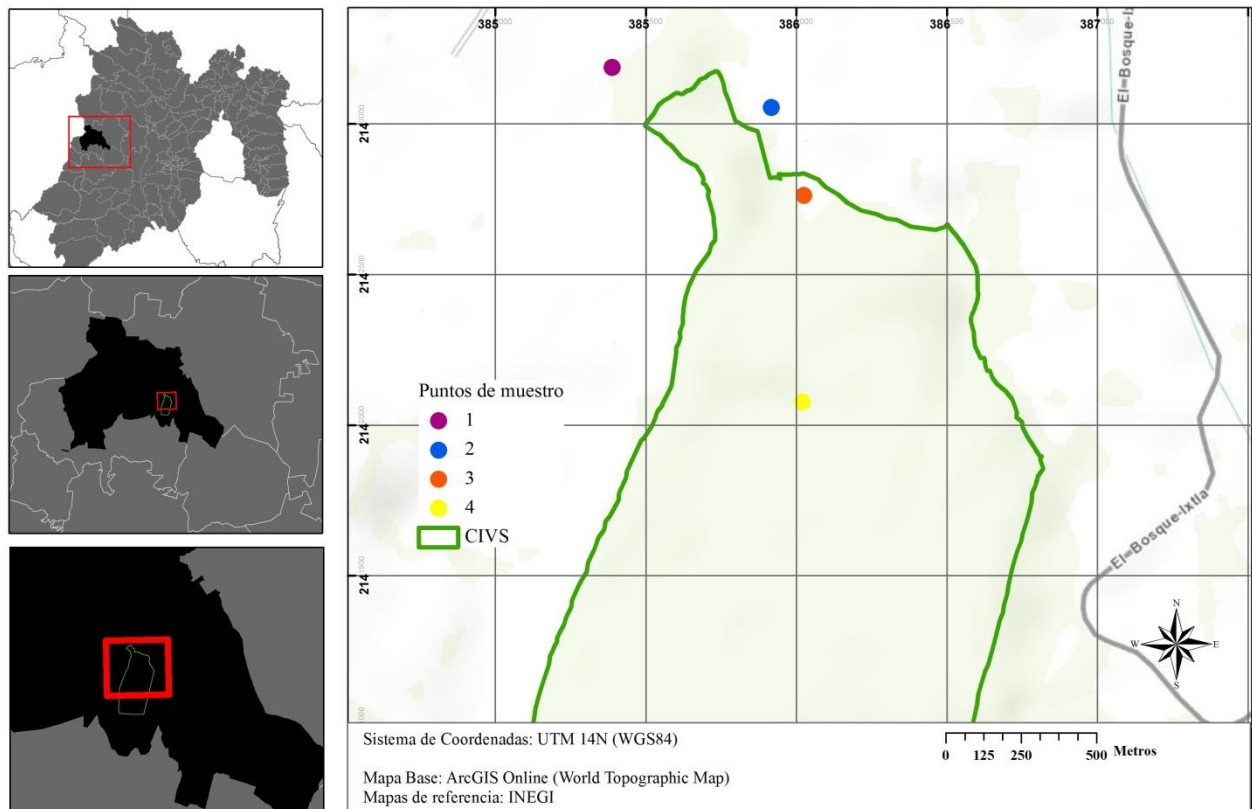


Figura 2. Ubicación de los puntos de muestreo en el CIVS San Cayetano.

A manera de referencia se añadirá que el punto 1 pertenece a la zona de cultivos, el 2 al área de pastizal junto al río, el 3 a las oficinas y el 4 a las cabañas junto a la presa de Almoloyita (Fig.2)

La captura de los murciélagos se realizó con el uso de 2 redes de niebla de 12 x 3m, las cuales fueron colocadas al anochecer y revisadas periódicamente con un intervalo de tiempo de 30 min. Para los organismos que se encontraron en construcciones, la captura se realizó de manera manual o con la ayuda de redes entomológicas (Rojas y Valiente, 1996; Kunz, 1988).

A los ejemplares capturados se les registró especie, sexo, color, hora de captura y medidas morfométricas como Longitud del antebrazo (L.A.); Longitud de la cola (L.C.); Longitud de la oreja (L.O.); Longitud total (L.T.); Longitud de la tibia (T.) y Longitud de la pata (L.P) y se les asignó un número de campo, con la finalidad de llevar un registro preciso de todos los organismos (Medellín *et al.*, 2008). La identificación de los organismos y el registro fotográfico se realizó en el sitio de captura con el uso de las claves de Medellín *et al.*, (2008) y posteriormente fueron liberados

5.2 Categorías de riesgo

Se revisó la Norma Oficial Mexicana (NOM-059-SEMARNAT-2010), así como la Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) con el fin de conocer las especies que se encuentran en alguna categoría de riesgo o endemidad a nivel nacional e internacional.

5.3 Elaboración del SIGMA

Para la elaboración del SIGMA se utilizó el Sistema de Información Geográfica Arcview GIS, 3.1. Se recopiló información de los factores físicos (geología, edafología, modelo digital de elevación), biológicos (vegetación y uso de suelo) y climatológicos (temperatura máxima normal, temperatura media normal, temperatura mínima normal, precipitación y evaporación) del municipio de fuentes como el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) y el Sistema Meteorológico Nacional (SMN-CNA), la cual fue importada a bases de datos del SIG para la elaboración de la cartografía base del CIVS, del municipio y del Estado de México.

5.4 Modelado de la distribución espacial

Para la elaboración del modelo de distribución espacial, se tomaron las coordenadas UTM de cada punto de colecta en el área de estudio, con el uso de un GPS (GARMIN eTrex Legend H), las cuales fueron introducidas al SIG para su manejo, es decir, los resultados obtenidos del muestreo se colocaron en una base de datos que posteriormente fue georeferenciada a partir de los puntos de muestreo. Posteriormente se realizó el geoposicionamiento de las especies y se tomaron las variables físico-ambientales de la cartografía antes mencionada, las cuales se utilizaron para definir el nicho ecológico de cada especie a partir de las observaciones y capturas en campo (Fig. 3).

Con el fin de conocer la distribución espacial de las especies capturadas durante este muestreo para el Estado de México, se realizó una búsqueda en las bases de datos de la Global Biodiversity Information Facility (GBIF), la cual es una infraestructura internacional de datos abierta, financiada por los gobiernos que permite a cualquier persona, en cualquier parte del mundo, acceder a datos sobre todo tipo de vida en la tierra, compartidos a través de internet.

5.5 Modelado de la distribución potencial con *Arcview*

Para el modelado de la distribución potencial con el uso de Arcview Gis versión 3.1, se realizó una reclasificación de las variables físico-ambientales antes mencionadas a partir del nicho ecológico de las especies, con la cual se realizó la distribución potencial a partir del siguiente modelo.

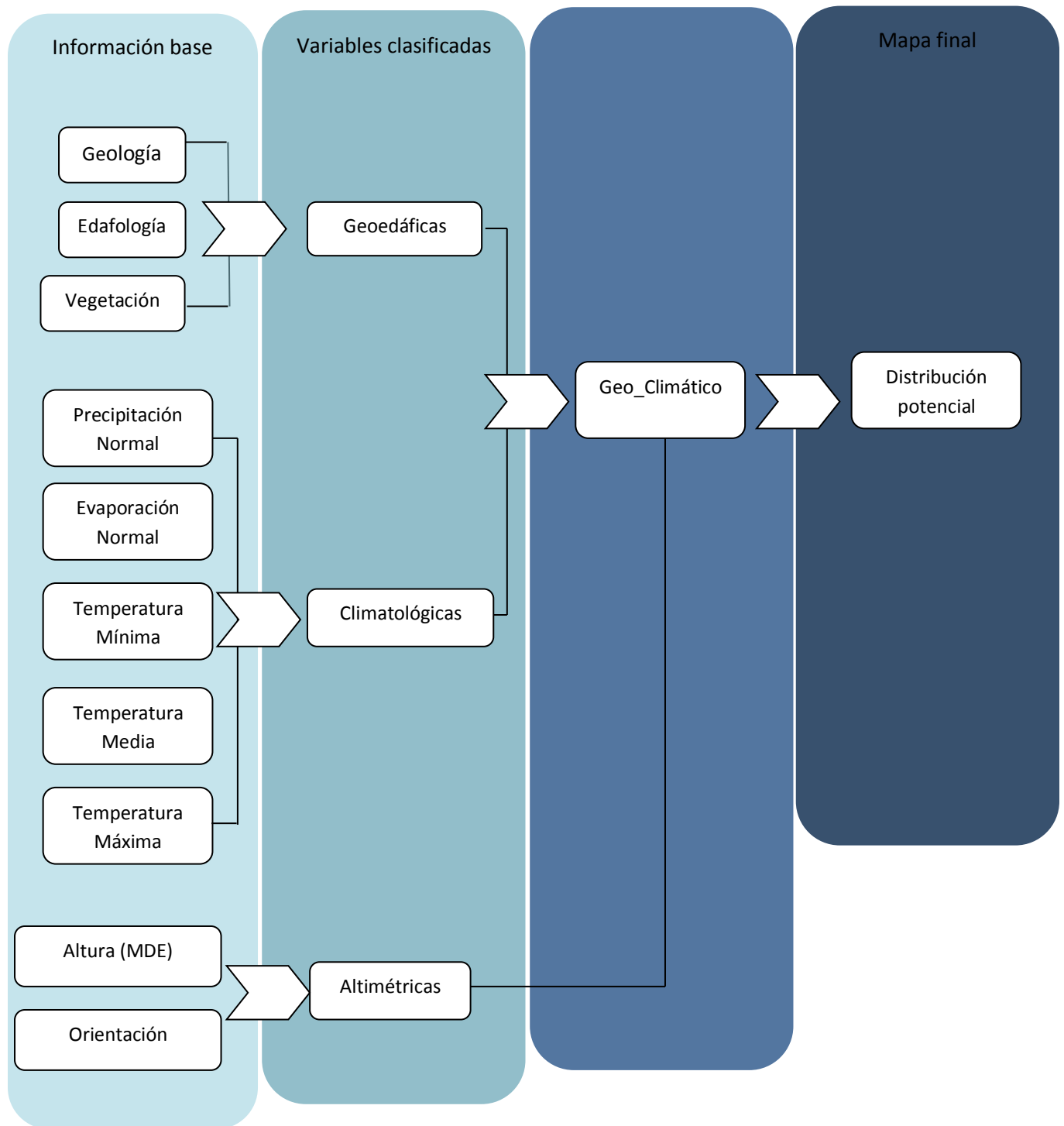


Figura 3. Modelo para estimar la distribución potencial con Arcview.

Se realizó el emplazamiento de las variables definidas basadas en las presencias de los organismos utilizando matrices de doble entrada como se muestra a continuación:

La primera integración basándose en el modelo fue la reclasificación de la geología y la edafología, como se muestra en la siguiente matriz.

		Geología	
		0	1
Edafología	0	0	1
	1	1	2

Una vez realizado este cruce se realizó la unión con la reclasificación de la vegetación y usos de suelo, para obtener la cartografía de las variables geoedáficas (Geo_Edafo).

		Geo_Edafo		
		0	1	2
Vegetación	0	0	1	2
	1	1	2	3

Para obtener las variables climatológicas del área que permitirían la distribución de los organismos se inició con la sobre posición de las reclasificaciones de la precipitación normal y la evaporación normal (Pre_Evapo), como se muestra a continuación:

		Precipitación	
		0	1
Evaporación	0	0	1
	1	1	2

Posteriormente se realizó el emplazamiento de las temperaturas máxima, media y mínima (Temperaturas), en función de las siguientes matrices:

		T. Máxima	
		0	1
T.Media	0	0	1
	1	1	2

		Máxima_Media		
		0	1	2
T.Mínima	0	0	1	2
	1	1	2	3

Este resultado se emplazó con la integración de la precipitación y la evaporación (Pre_Evapo) para obtener las variables Climatológicas, basándose en la siguiente matriz:

		Temperaturas			
		0	1	2	3
Pre_Evapo	0	0	1	2	3
	1	1	2	3	4
	2	2	3	4	5

Las variables climáticas y las Geoedáficas, se unieron siguiendo la matriz que a continuación se muestra, para obtener la distribución por los elementos Geo_Climáticos:

		Climáticas					
		0	1	2	3	4	5
Geoedáficas	0	0	1	2	2	3	3
	1	1	2	2	3	3	3
	2	2	2	3	3	3	4
	3	2	3	3	3	4	5

Las variables altimétricas se obtuvieron a partir de la unión de las reclasificaciones de la altura y la orientación, partiendo de la matriz que se muestra a continuación:

		Altura	
		0	1
Orientación	0	0	1
	1	1	2

Para obtener la cartografía final, se realizó la sobreposición de las variables altimétricas con la capa Geo_Climática, la cual nos arrojará el mapa de distribución potencial, basado en las variables consideradas en el modelo expuesto:

		Geo_Climática					
		0	1	2	3	4	5
Altimétricas	0	0	1	2	2	3	3
	1	1	2	2	3	3	4
	2	2	2	3	3	4	5

5.6 Modelado de la distribución potencial con *Maxent*

Para la estimación de la distribución potencial con el algoritmo Maxent (Maximum Entropy) (Phillips *et al.*, 2006), se utilizó la versión 3.3.3., con el cual se utilizaron las capas temáticas empleadas en el modelo anterior más los datos de presencia de cada una de las especies, a partir de la cual se modeló el nicho ecológico y la distribución potencial.

6.0 Resultados

6.1 Listado taxonómico

La quiropterofauna del CIVS San Cayetano está constituida por seis especies de murciélagos, pertenecientes a dos familias: cuatro correspondientes a la familia Vespertiolinidae, con tres géneros; y dos pertenecientes a la familia Molossidae, con dos géneros (Cuadro 1 y 2).

Cuadro 2. Composición de la quiropterofauna del CIVS San Cayetano, Estado de México.

FAMILIA	SUBFAMILIAS	GÉNEROS	ESPECIES
Vespertiolinidae	1	2	4
Molossidae		2	2
Total	1	4	6

Cuadro1. Listado taxonómico de la quiropterofauna del CIVS San Cayetano, Estado de México.

Clase Mammalia

Orden Chiroptera

Familia Vespertiolinidae

Subfamilia Vespertiolinae

Myotis velifer (J. A. Allen, 1890)

Myotis volans (H. Allen, 1866) **

Lasiurus cinereus (Palisot de Beauvois, 1796) **

Lasiurus blossevillii (Lesson y Garnot, 1026)*

Familia Molossidae

Nyctinomops macrotis (Gray, 1840)*

Tadarida brasiliensis (I. Geoffroy, 1824)

*Especies reportadas por Cervantes *et al.*, 1995. ** Nuevos registros para el CIVS San Cayetano.

Cabe mencionar que se encontraron un total de cuatro especies, pero este número aumentó a seis debido a datos históricos que comprenden a dos especies reportadas por Cervantes *et al.*, (1995), sin embargo, estas solo se mencionan para complementar el listado, por lo que no se tomaron en cuenta para el análisis de resultados posterior (Cuadro 1).

Dos de las especies reportadas por Cervantes *et al.*, en 1995 (*Myotis velifer* y *Tadarida brasiliensis*) también fueron capturadas y reportadas durante este estudio, lo que corrobora su presencia y permanencia en el sitio, mientras que las especies restantes son nuevos registros para el centro (Cuadro 1).

Por otra parte, *T. brasiliensis* fue la especie más abundante con 17 registros, seguida de *M. velifer* con 11, y las menos representativas *L. cinereus* y *M. volans* con un registro cada una (Fig. 4).

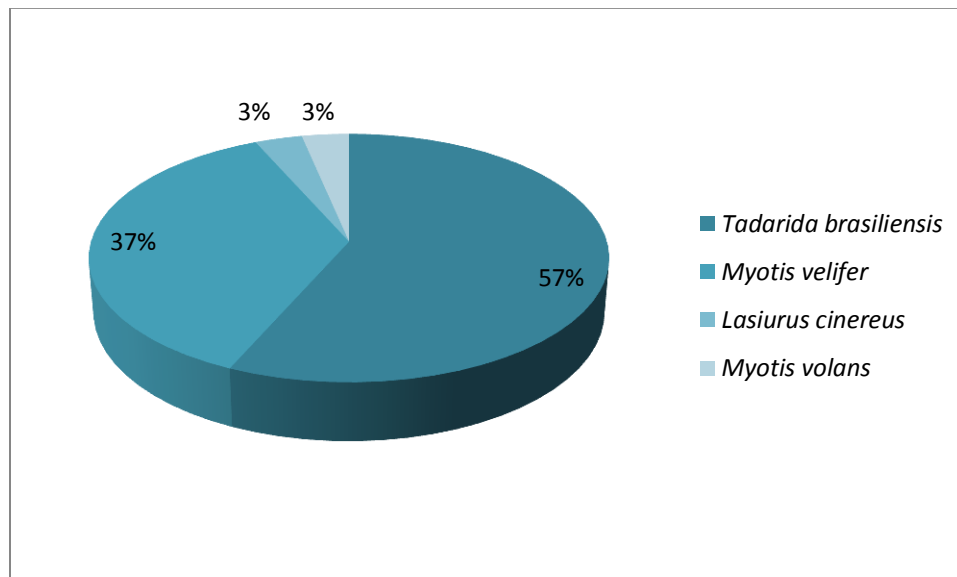


Figura 4. Porcentaje de abundancia relativa de las especies capturadas en el San Cayetano, Estado de México.

Con el fin de conocer los meses con mayor número de capturas, se realizó la siguiente grafica (Fig. 5); en esta se muestra un mayor número de especies recolectadas en los meses de mayor precipitación que van de junio a septiembre; mientras que durante los meses más fríos que van de noviembre a febrero no se encontraron especies.

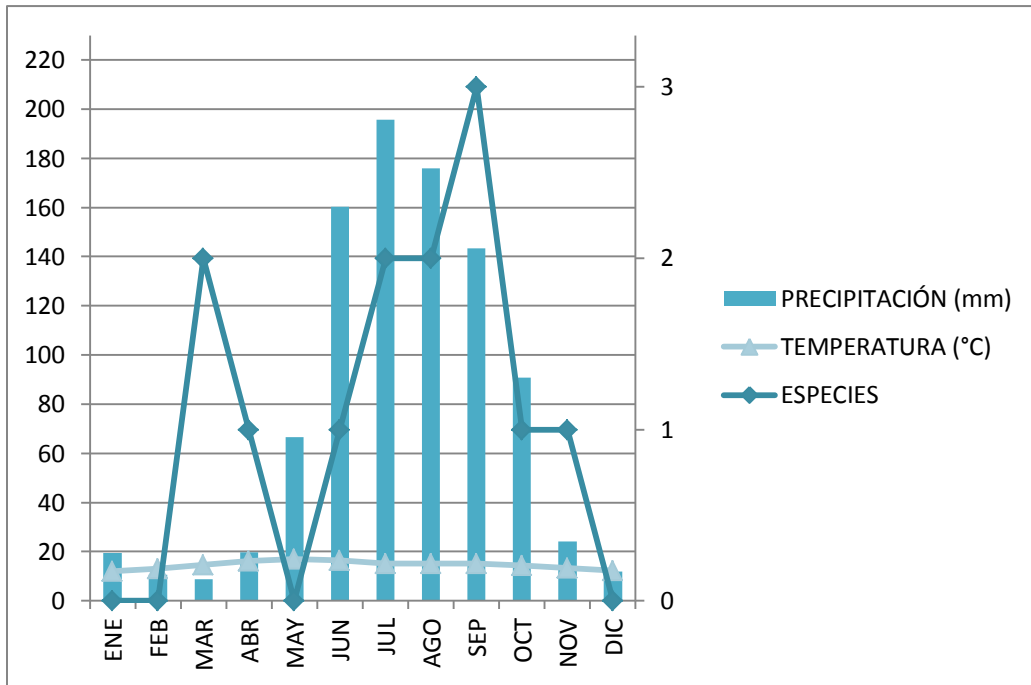


Figura 5. Número de especies capturadas por mes comparada con el promedio de la precipitación y temperatura mensual.

6.2 Categorías de riesgo

De acuerdo con la Norma Oficial Mexicana (NOM-059-SEMARNAT-2010) ninguna de las especies reportadas es endémica de México ni se encuentra bajo alguna categoría de riesgo, mientras que en el contexto internacional solo *T. brasiliensis* se encuentra en la categoría de bajo riesgo por la UICN (Cuadro 3).

Cuadro 3. Nombre común, tipo, distribución y estado de conservación de la quiropteroфаuna del CIVS San Cayetano.

Especie	Nombre común	Estacionalidad	Distribución	NOM-059- SEMARNAT-2010	UICN
<i>Myotis velifer</i>	Miotis mexicano	Migratorio	EUA a Centroamérica	***	***
<i>Myotis volans</i>	Miotis pata larga	Migratorio	Alaska al centro de México		
<i>Lasiurus cinereus</i>	Murciélago cola peluda, murciélago canoso	Migratorio	EUA a Chile y Argentina	***	***
<i>Lasiurus blossevillii</i>	Murciélago cola peluda de Blossevilli	Migratorio	Canadá a Chile y Argentina	***	***
<i>Nyctinomops macrotis</i>	Murciélago cola suelta mayor	Migratorio	EUA a Centroamérica	***	***
<i>Tadarida brasiliensis</i>	Murciélago cola suelta brasileño	Migratorio	EUA a Chile y Argentina	***	Preocupación menor

*** Sin categoría de riesgo

6.3 SIGMA

Como resultado de la elaboración del Sistema de Información Geográfica Medio Ambiental (SIGMA), se obtuvo una base de datos georeferenciada y cartografía temática digitalizada de los factores físicos, biológicos y climatológicos del CIVS San Cayetano y el Estado de México, la cual fue empleada para el conocimiento del medio, así como para la aplicación de los modelos de distribución potencial.

Se obtuvieron un total de 9 mapas del CIVS, los cuales incluyen información de la vegetación y uso de suelo, edafología, geología, temperatura máxima normal, temperatura media normal, temperatura mínima normal, precipitación, evaporación y modelo digital de elevación, los cuales pueden ser consultados en el Anexo Cartográfico I; sin embargo no se anexa la cartografía del Estado de México, dado que solo se utilizó con la finalidad de aplicar los modelos antes mencionados y solo permanece en la base de datos del proyecto.

De acuerdo con la información obtenida del SIGMA, el CIVS cuenta con una vegetación de pino-encino y pastizal, su edafología está constituida por acrisol órtico y andosol húmico y la geología está compuesta por basalto y toba ácida, los gradientes de temperatura poseen una máxima que va de los 20.147°C a los 21.979°C, una media de los 12.924°C a los 13.008°C y una mínima de los 6.914°C a los 6.981°C, la precipitación va de los 858.144mm a los 983.497mm y la evaporación de los 1484.538mm a los 1502.773mm y en cuanto al MDE, este posee un gradiente que va desde los 2475msnm a los 2752msnm.

6.4 Modelado de la distribución espacial

Se obtuvo un mapa de la distribución espacial de las 4 especies que indica las ubicaciones georeferenciadas donde estas fueron capturadas y observadas (Anexo Cartográfico II). El mayor número tanto de organismos como de especies fueron capturados en el punto de muestreo 4 localizado junto a la presa de Almolyita. Cabe mencionar que las especies *M. velifer* y *T. brasiliensis* tienen sus refugios en las oquedades de las cabañas localizadas en este punto, además de ser un espacio relativamente abierto donde se encuentra una gran cantidad de recursos alimenticios (Fig. 7).

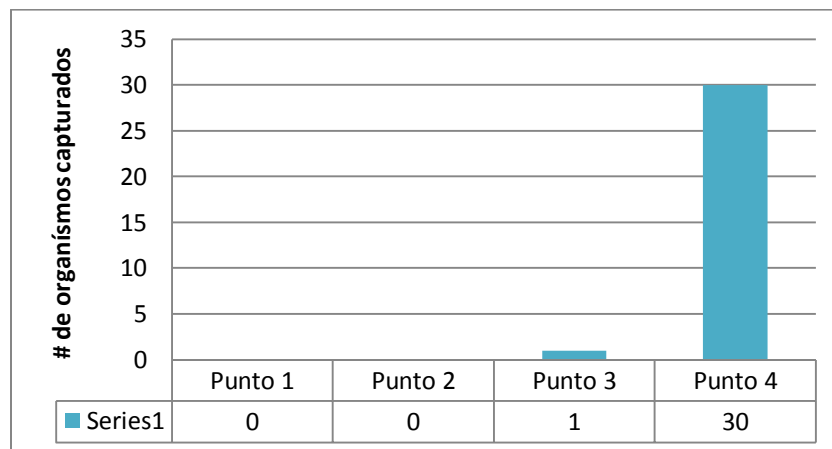


Figura 7. Número de organismos capturados por punto de muestreo (ver Fig. 2).

Por otra parte, las bases de datos obtenidas de la GBIF fueron ingresadas al SIGMA para posteriormente realizar la cartografía que nos permitió conocer los sitios dentro del Estado de México en donde se encontraron estas especies. Cabe destacar que no se encontraron registros para *M. volans* dentro del Estado de México (Fig. 7).

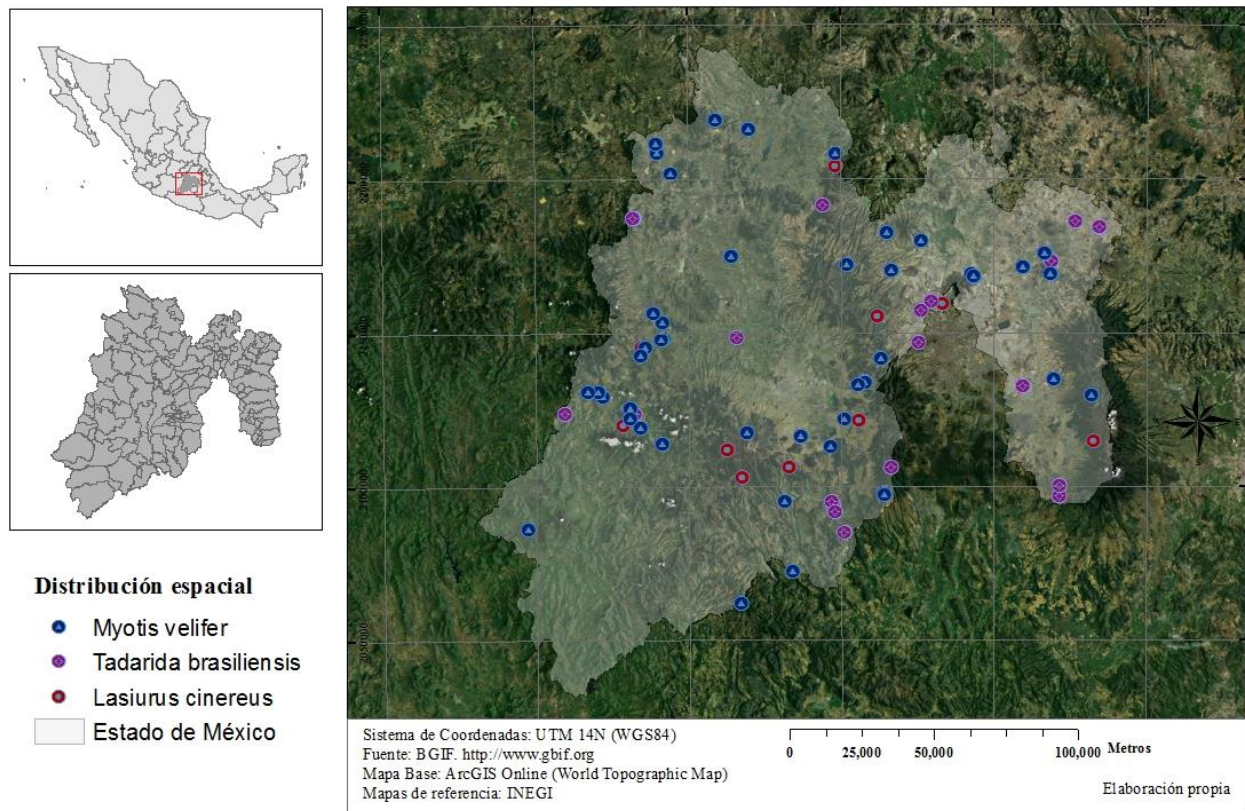


Figura 6. Mapa de los sitios del Estado de México en donde se han registrado las especies capturadas durante este estudio (Los autores de las bases de datos se encuentran citados en el apartado de la literatura citada).

6.5 Modelado de la distribución potencial

6.5.1 Modelado del CIVS

Para la estimación de la distribución potencial del CIVS se utilizó el programa Arcview GIS versión 3.1. Este modelo se basa en un análisis de tipo binario de presencia o ausencia de los organismos, otorgando valor 1 a las áreas idóneas y 0 a las áreas no idóneas en función de las características ambientales requeridas por los mismos (Benito y Peñas, 2007).

A partir de este modelo se obtuvo la cartografía de la distribución potencial de las 4 especies, la cual se dividió en 5 clases de probabilidad: Nula, Muy baja, baja, media y alta, lo cual se logró a partir de los puntos de presencia registrados en campo, sobrepuestos en las capas temáticas de cada una de las variables obtenidas desde del SIGMA (Anexo Cartográfico III).

En tanto a *M. velifer* y *T. brasiliensis*, estas especies muestran una mayor distribución en comparación con *M. volans* y *L. cinereus*, para las cuatro especies la mayor distribución potencial se encuentra localizada al norte del CIVS, mostrando la probabilidad alta y media en las áreas cercanas a cuerpos de agua, en donde tienen una mayor disponibilidad de alimento y refugio.

6.5.2 Modelado del Estado de México

Para el caso del Estado de México la estimación se realizó con el uso de la misma aplicación SIG y el algoritmo Maxent versión 3.3.3 (Philips *et al.*, 2006). Este último algoritmo aplica el principio de máxima entropía para calcular la distribución geográfica más probable de una especie (Benito y Peñas, 2007), modelando el nicho ecológico de las especies y detectando las relaciones no aleatorias entre dos conjuntos de datos: los registros georeferenciados de la presencia de las especies y el conjunto de coberturas en formato raster de datos digitales de las variables (Ibarra-Montoya *et al.*, 2010), extrapolarlo la presencia de la especie a las áreas donde se desconoce su presencia o ausencia (Paredes-García *et al.*, 2011).

Para este modelado, se utilizaron las coberturas de los parámetros empleados en el modelo anterior más los registros geográficos o puntos de presencia obtenidos en campo, sin embargo, con el fin de incrementar el número de muestras que fuesen confiables se agregaron los puntos en donde las especies solo fueron observadas, además de realizar un buffer de 500m a partir del cual se colocaron algunos puntos al azar dentro del CIVS ya que algunos autores señalan que el contar con un mayor número de localidades en este algoritmo puede hacer más eficiente el modelado de la distribución potencial (Villaseñor y Téllez-Valdez, 2004).

Como resultado de la aplicación de ambos modelos, se generaron dos documentos cartográficos para cada especie (Anexo Cartográfico IV y V).

Los modelos generados en Maxent se obtuvieron en formato ASCII, por lo que se convirtieron en formato raster para ser ingresados al SIG y poder ser reclasificados. La probabilidad de la

presencia de las especies se dividió en 5 clases para ambos modelos: nula, muy baja, baja, media y alta.

De manera similar al primer modelado, la distribución más amplia se presenta en las especies *M. velifer* y *T. brasiliensis* para ambos modelos. Sin embargo, Arcview muestra una mayor y más homogénea distribución a lo largo de todo el estado en comparación con Maxent, quien muestra una distribución más restringida a los municipios aledaños a Villa de Allende.

Para la comparación entre ambos modelos se calculó la cobertura en km² para cada clase a partir del número de píxeles contenidos en las coberturas raster de cada modelo con lo cual se realizaron las siguientes figuras.

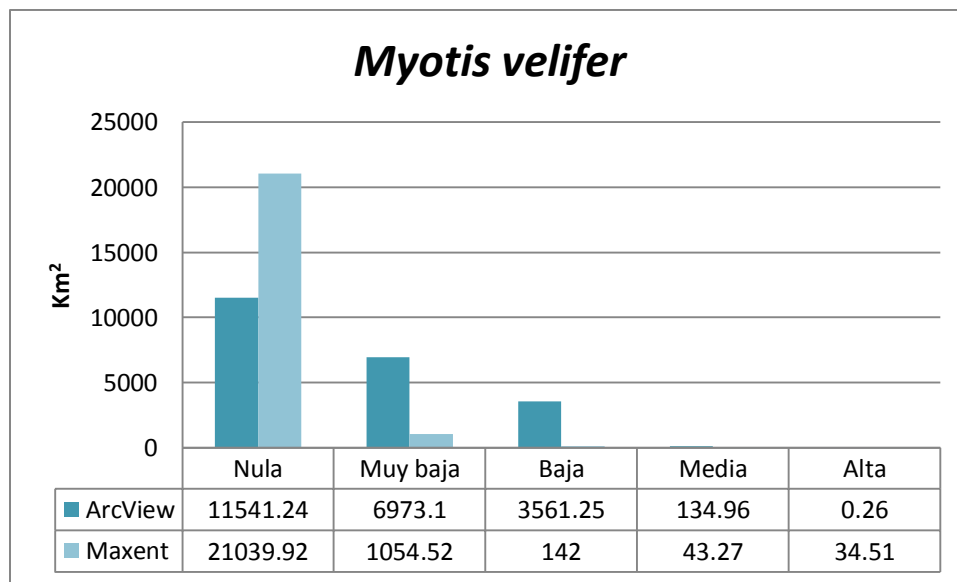


Figura 8. Comparación del número de píxeles obtenidos en ambos modelos para *M. velifer*.

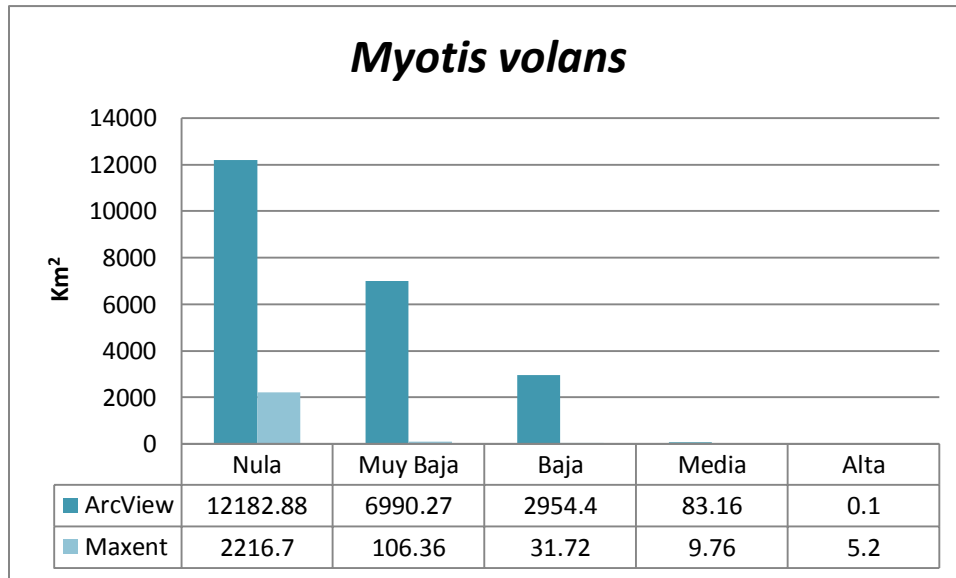


Figura 9. Comparación del número de píxeles obtenidos en ambos modelos para *M. volans*.

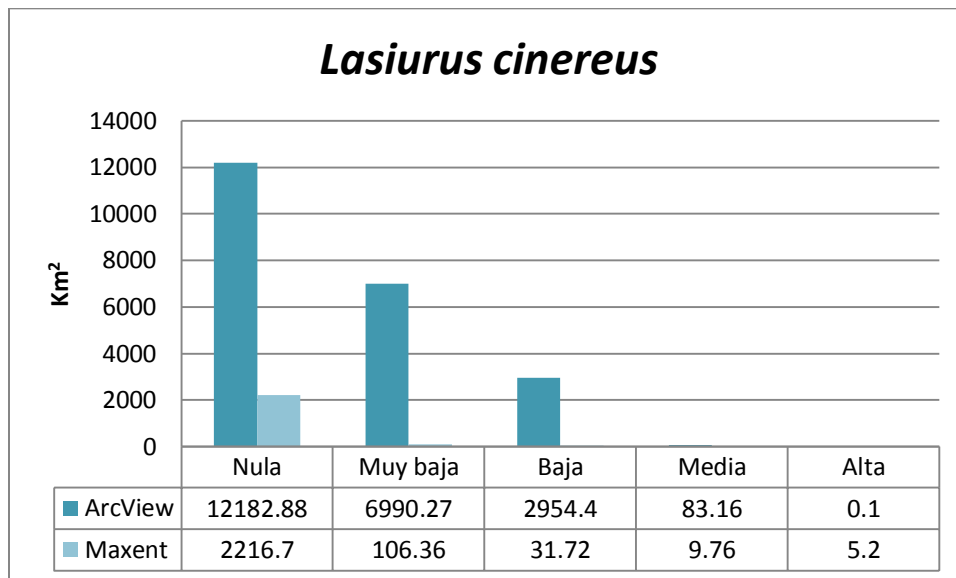


Figura 10. Comparación del número de píxeles obtenidos en ambos modelos para *L. cinereus*.

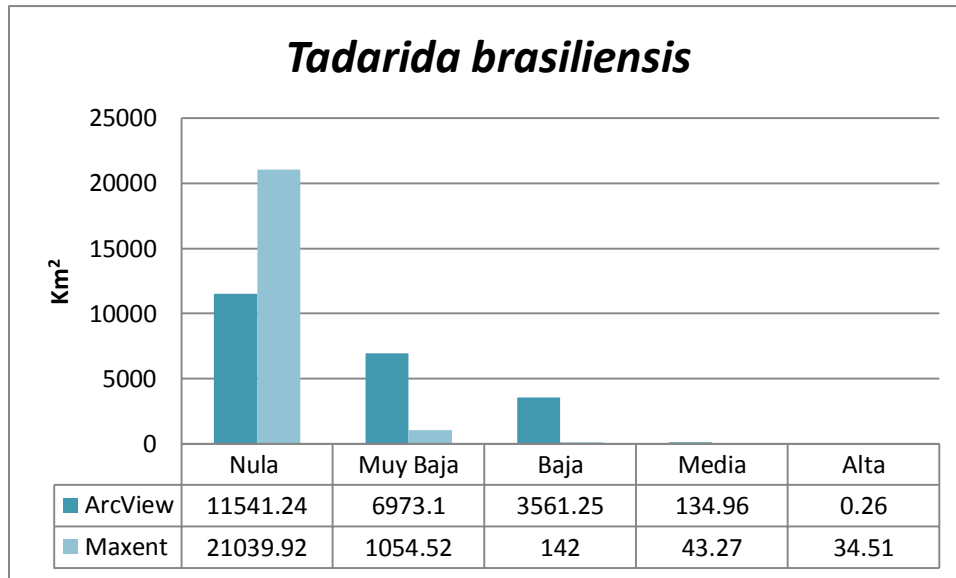


Figura 11. Comparación del número de píxeles obtenidos en ambos modelos para *T. brasiliensis*.

Para el caso de *M. velifer* y *T. brasiliensis*, el área para la probabilidad nula es mayor para el modelado con Maxent con un total 21039.92 Km², es decir, este modelo sugiere que hay una área mayor en donde estas especies no se encuentran, en comparación con Arcview, que sugiere que el área en donde estas especies no podrían estar presentes es menor con 11541.24 Km². Para las clases muy baja, baja y media de las mismas especies, el área de distribución es más grande para el modelado con Arcview en comparación con Maxent, mostrando este primero un mayor recuento de Km², por lo que se muestra una mayor área de distribución para las especies en estas tres clases y en cuanto a la probabilidad alta, Maxent mostró un mayor número de área de distribución en comparación con Arcview con un total 34.51 Km².

En cuanto a *M. volans* y *L. cinereus*, cuyos casos son similares, las áreas de distribución para las probabilidades nula, muy baja, baja y media son mayores para el modelado con Arcview, mientras que el área con la probabilidad alta muestra un mayor conteo de Km² en el modelado con Maxent con una diferencia de 5.1 Km².

Para saber si existían diferencias significativas entre ambos modelos de distribución potencial, se realizó un análisis de varianza de dos factores para cada especie por medio del programa STATA 12 con un alpha de 0.05; para ello se utilizaron las siguientes hipótesis nula y alterna respectivamente:

Ho: No existen diferencias significativas entre ambos modelos

Ha: Si existen diferencias significativas entre ambos modelos

El resultado de este análisis arrojó un valor de F mayor al valor crítico de F para las 4 especies, por lo que se rechazó la Ho, mostrando así que existen diferencias significativas entre los dos modelos de distribución.

Cuadro 4. Resultados del análisis de varianza entre las especies de murciélagos del CIVS San Cayetano, Estado de México.

ESPECIE	VALOR DE F	VALOR CRÍTICO DE F
<i>Myotis velifer</i>	4.1392E+41	2.8660814
<i>Myotis volans</i>	9.9337E+41	2.8660814
<i>Lasiurus cinereus</i>	9.9337E+41	2.8660814
<i>Tadarida brasiliensis.</i>	4.1392E+41	2.8660814

De manera general se presentaron diferencias significativas entre ambos modelos de distribución potencial generados por Maxent y Arcview, siendo este último el que muestra una mayor similitud en términos generales con la cartografía que presenta CONABIO (2013) en su portal de geoinformación (<http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>) para las especies antes mencionadas (Ceballos *et al.* 2006.a.b.c.d).

7.0 Discusión

7.1 Listado taxonómico

Las especies de murciélagos capturadas en el CIVS representan 3.2% de las especies reportadas para el Estado de México, por lo que se cree que su número es bajo ($n=4$), sin embargo hay que considerar el hecho de que su área total es pequeña (536 ha) y que el estudio de Cervantes *et al.*, reportó el mismo número de especies.

Aunque no se puede saber con certeza cuales son las causas de este bajo número y de la ausencia de las dos especies (*Lasiurus blossevillii* y *Nyctinomops macrotis*) reportadas en 1995 por Cervantes *et al.*, podemos atribuirlo a la diferencia en los muestreos, ya que su trabajo contó con 30 visitas al campo en un periodo de 8 años, por lo que un muestreo más extenso y con un mayor número de redes y puntos de colecta podría arrojar la presencia de estas especies, además de la probabilidad de encontrar otras.

En el caso de las nuevas especies encontradas (*L. cinereus* y *M. volans*), consideramos que el CIVS posee las características necesarias que estas especies requieren en cuanto al tipo de vegetación, altitud y recursos alimenticios necesarios para prosperar (Morales *et al.*, 2006; Uribe y Arita, 2006), además de encontrarse dentro de su rango de distribución (CONABIO, 2013).

Por otra parte es importante mencionar que existe un alto nivel de perturbación de los ecosistemas al interior de la estación y de los alrededores de la zona (Cervantes *et al.*, 1995), esto como resultado de ser un hábitat fragmentado sometido a una fuerte presión de efecto margen, lo cual a menudo afecta a algunos animales sensibles a la temperatura y puede desencadenar un cambio en la composición de especies (Primack y Ros, 2002).

Además es necesario tomar en cuenta la influencia antropomórfica que existe en el lugar, dado que el área que rodea al CIVS ha sido deforestada y explotada como zonas de cultivo, pastoreo, ganadería y áreas rurales, un cambio de uso de suelo que dio lugar a pérdida de recursos forestales de refugio y protección, lo que a menudo convierte a los murciélagos y otras especies en blanco de perturbación dentro de sus espacios de descanso, comprometiendo posiblemente la supervivencia de estas especies, por lo que otro enfoque sería mencionar que lo que pudo dar pie a que las especies antes mencionadas dieran preferencia a otros sitios más alejados de la perturbación humana y su nicho fuese ocupado por las nuevas especies

encontradas, tomando en cuenta que existe una diferencia de 18 años entre ambos estudios y la escala de deforestación y pérdida de hábitat crece a grandes escalas año con año.

Por otro lado, los resultados muestran que *T. brasiliensis* fue la especie más abundante con un 57%, seguida por *M. velifer* en un 37%, dado que estas especies poseen y comparten refugios en la zona de cabañas del área de estudio, dado que son especies segregacionistas (Arita y Ortega, 2006).

El CIVS tiene un patrón bien definido entre el periodo de secas y de lluvias, el cual se ve reflejado en el mayor número de especies y de individuos que se capturaron durante los meses con una mayor precipitación y temperatura, lo cual se traduce en una mayor abundancia de recursos alimenticios, tomando en cuenta que estas especies poseen hábitos alimenticios de tipo insectívoro, mientras que el número de capturas se vio disminuido durante los meses de secas, cuando la temperatura es menor y el alimento más escaso; esto se debe a que todas las especies capturadas son migratorias y durante el verano ocupan la parte más norteña de su distribución, para aprovechar la gran abundancia de alimento y maximizar las probabilidades de supervivencia de las crías (Medellin *et al.*, 2009).

En el caso de *L. cinereus*, durante el verano las hembras se mueven a donde paren y atienden a sus crías, mientras que los machos se dirigen a lugares contrarios generalmente hacia las áreas montañosas (Morales *et al.*, 2006), mientras que la subespecie mexicana de *T. brasiliensis*, pasa el otoño y el invierno en el sur de México y se mueve al norte durante la primavera y el verano (Arita y Ortega, 2006).

En cuanto a los estudios realizados por Segura (2010) y Monroy-Vilchis *et al.*, (2011) en la sierra de Tepotzotlán y Nanchititla respectivamente, en el primer caso se muestra la presencia de las especies *L. cinereus*, *L. blossevillii* y *M. velifer* y, la presencia de *L. blossevillii*, *M. velifer* y *N. macrotis* en el segundo, mientras que el resto de las especies encontradas en el presente trabajo (*M. volans* y *T. brasiliensis*) estuvieron ausentes en los estudios ya mencionados.

7.2 Categorías de riesgo

De acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 ninguna de las especies se encuentra bajo alguna categoría de riesgo ni es endémica del país, sin embargo, esto no indica que no deba hacerse nada por conservar y preservar sus poblaciones. Por ejemplo, *M. velifer* es una especie con buenas expectativas de supervivencia por su gran tolerancia a diversas condiciones ambientales y su amplia distribución, sin embargo al ser una especie que ocupa cuevas y cavernas con grandes números de individuos (hasta 15000 individuos) se convierte en una especie vulnerable (Castro-Campillo *et al.*, 2006), al igual que *T. brasiliensis*, que a pesar de ser un especie abundante, podría estar amenazada de extinción, ya que es particularmente vulnerable por ser una especie migratoria, por refugiarse en colonias enormes en unos pocos sitios y por su susceptibilidad a los pesticidas (Arita y Ortega, 2006).

Esto en cierto modo, reitera el valor y relevancia que tienen estos centros (CIVS) en la protección y conservación de estas y otras especies, tanto de flora como fauna que se encuentran en los mismos.

7.3 Modelado de la distribución espacial

Como ya se mencionó en el apartado anterior, el área con mayor número tanto de especies como de capturas se ubicó en el punto de muestreo 4, en la zona de cabañas junto a la presa de Almoloyita, en donde las especies *M. velifer* y *T. brasiliensis* comparten refugio en las oquedades de los techos, siendo estos, algunos de los lugares preferenciales para estas especies segregacionistas (Arita y Ortega, 2006; Castro-Campillo *et al.*, 2006).

Para el caso de la cartografía obtenida a partir de los registros encontrados en la base de datos de GBIF, no se encontraron registros de *M. volans* en el Estado de México, sin embargo, los registros encontrados para el resto de las especies se muestran orientados hacia las zonas de mayor altitud y con mayor vegetación en el caso de *L. cinereus*, de manera más homogénea a lo largo del territorio para *M. velifer* y a los márgenes y límites del Estado para *T. brasiliensis*.

7.4 Modelado de la distribución potencial

7.4.1 Modelado del CIVS

Los resultados para el modelado de la distribución potencial del CIVS con el uso del programa Arcview mostraron que, para las cuatro especies, la mayor distribución se vio guiada hacia la parte norte, en donde las probabilidades más altas se encuentran encaminadas a las áreas con la presencia de cuerpos de agua y más abiertas al vuelo (Arita y Ortega, 2006), en donde tienen una mayor disponibilidad de recursos alimenticios y de refugio.

7.4.2 Modelado del Estado de México

Mientras que para el modelado de la distribución potencial del Estado de México con el uso de Arcview los resultados mostraron una distribución mayor y más homogénea a lo largo de todo el estado y guiada hacia las áreas con mayor altitud, la distribución potencial realizada con Maxent mostro una distribución menor y más restringida a los municipios aledaños al municipio de Villa de Allende, como Villa Victoria, Amanalco, Donato Guerra, Zitácuaro y San Felipe del Progreso.

La comparación entre ambos modelados de la distribución potencial reveló diferencias significativas, siendo Arcview el modelo que mostró una mayor similitud al de la cartografía de la distribución de las cuatro especies presentada por CONABIO en su portal de geoinformación.

La diferencia en la distribución potencial de estos modelos puede atribuirse a que Maxent no tomó en cuenta la información cualitativa que se ingresó al programa, como lo fue la vegetación y uso de suelo, la geología y la edafología, las cuales consideramos, es información imperante como recurso dentro del nicho ecológico de las especies, en cambio, el algoritmo solo empleó las variables climatológicas, lo cual no sucedió al aplicar Arcview, ya que esta programa tomó en cuenta todas las variables que se incluyeron en el modelo.

También es necesario mencionar que algunos autores consideran que, pese a que Maxent puede trabajar con pequeños números de muestras como es nuestro caso, los resultados no son tan óptimos como podrían serlo al tener un buen número de registros de presencia, ya que

como en otros estudios, entre mayor sea el número de muestras, el nivel de confiabilidad en los resultados aumenta (Benito y Peñas, 2007; Philips *et al.*, 2006).

Aunque no es posible determinar cuánto sobreestiman o subestiman los modelos de distribución potencial y uno de los problemas más comunes es que tienden a estimar distribuciones significativamente diferentes (Naoki *et al.*, 2006), los resultados sugieren que Arcview estima de manera satisfactoria la distribución potencial de especies y la cartografía obtenida pueden ser utilizada para delimitar áreas prioritarias para la conservación de estas especies o como una guía de campo para muestrear lugares específicos, como aquellas áreas en las que no existe pruebas fehacientes de su presencia (Villaseñor y Téllez-Valdés, 2004).

Es necesario mencionar que estos y otros modelos del mismo tipo presentan ciertas limitaciones, una de las más importantes es que debido a la complejidad de los sistemas naturales, no es posible obtener una réplica exacta de la distribución de las especies, dado que no tienen la capacidad de explicar y tomar en cuenta las interacciones bióticas (Villaseñor y Téllez-Valdés, 2004), por lo que debemos recordar que estos modelos únicamente muestran los lugares con las condiciones ambientales similares en donde se registran dichas especies (Contreras, 2006; Ibarra-Montoya *et al.*, 2010; Naoki *et al.*, 2006; Villaseñor y Téllez-Valdés, 2004).

Sin embargo, las ventajas de este tipo de estudios son muchas, ya que permiten evaluar el nivel de conservación de una especie o una zona, de manera rápida, barata y eficiente que nos ayude a definir estrategias de conservación tentativas mientras se realizan estudios más intensivos y de largo plazo (Chico *et al.*, 2011; Naoki *et al.*, 2006), a dirigir el esfuerzo de trabajo a un área definida (Naoki *et al.*, 2006), así como a entender aspectos importantes en la distribución geográfica de las especies y las variables climáticas que determinan dicha distribución (Villaseñor y Téllez-Valdés, 2004).

Es por ello que en las últimas tres décadas el estudio de la distribución a diversificado su enfoque, como una respuesta a la acelerada degradación de los hábitats naturales y a la extinción de las especies (Naoki *et al.*, 2006), lo que las hace investigaciones primordiales en la planeación de la conservación y manejo de recursos naturales y un nuevo campo dentro de la investigación biológica.

8.0 Conclusiones

- ❖ La quiropteroфаuna del CIVS San Cayetano está constituida por un total de seis especies, dos reportadas en un estudio previo y cuatro reportadas en el presente estudio; sin embargo no se sabe con certeza si las especies *L. blossevillii* y *N. macrotis* reportadas por Cervantes *et al.*, (1995) aún están presentes en el CIVS, por lo que se propone un muestreo exhaustivo para confirmar o descartar su presencia.
- ❖ *T. brasiliensis* fue la especie más abundante con 17 registros y *L. cinereus* y *M. volans* las menos abundantes con un registro cada una.
- ❖ Todas las especies encontradas poseen una estacionalidad de tipo migratorio y hábitos alimenticios de tipo insectívoro.
- ❖ Ninguna de las especies reportadas es endémica de México ni se encuentra bajo alguna categoría de riesgo en la Norma Oficial Mexicana (NOM-059-SEMARNAT-2010), sin embargo, en el contexto internacional *T. brasiliensis* se encuentra en la categoría de bajo riesgo por la UICN.
- ❖ La mayor probabilidad en la distribución potencial dentro del CIVS se vio orientada hacia el área norte, en las zonas con cuerpos de agua y sitios de refugio.
- ❖ La comparación entre los modelos Arcview y Maxent, mostro diferencias significativas, siendo Arcview, el modelado que arrojó una mayor distribución potencial de las especies y una mayor similitud a las distribuciones publicadas por CONABIO.
- ❖ Se obtuvieron un total de 12 mapas de distribución potencial: cuatro para el CIVS con el uso de programa Arcview y ocho para el Estado de México, de estos últimos: cuatro se obtuvieron con el programa ya mencionado y cuatro con el uso del algoritmo Maxent.
- ❖ La cartografía obtenida pueden ser utilizada como una guía de campo, que en un futuro ayude a la selección de otros sitios de colecta y a dirigir el trabajo hacia áreas específicas, así como a seleccionar áreas prioritarias locales dentro de las distribuciones ya mencionadas en el quinto punto, que ayuden a la conservación de estos organismos dentro del CIVS.

- ❖ Aún existen algunas limitaciones en el desarrollo y uso de los modelos de distribución potencial, sin embargo, son herramientas que han comprobado ser eficientes y que nos permiten obtener y analizar información a grandes escalas (aun cuando la información de la que se parte es escasa o limitada) y a nivel local (como en el presente trabajo), para establecer adecuadas estrategias de conservación que de otra manera no podríamos realizar a corto plazo partiendo solo del trabajo que se realiza en campo.

Como algunas sugerencias para el CIVS se propone lo siguiente:

- ❖ Promover la conservación de los sitios de descanso de los murciélagos, así como la elaboración de más refugios artificiales que permitan su llegada durante el periodo migratorio.
- ❖ Dado que el CIVS es un lugar que recibe un gran número de estudiantes y visitantes anualmente, el colocar información sobre las especies de los murciélagos que se encontraron, y de las otras especies presentes, sería una buena medida de difusión de la información que se genera en ese lugar.
- ❖ Pese a que los objetivos principales del CIVS establecidos por la SEMANAT, son la recepción y canalización de especies silvestres decomisadas por Profepa, existe una gran diversidad de especies de flora y fauna nativas, por lo que promover estudios que permitan su protección y conservación, son de suma importancia.

9.0 Literatura Citada

Álvarez-Castañeda, S. T. 2008. *Inventario de la mastofauna en las Reservas de la Biosfera Desierto del Vizcaíno y Valle de los Cirios*. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste SC. Bases de Datos SNIB2010 - CONABIO Proyecto No. BE019 México DF.

Álvarez, T., T. Álvarez-Castañeda y J. C. López-Vidal. 1994. *Claves para murciélagos mexicanos*. 2ª Ed. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. y Escuela Nacional de Ciencias Biológicas., I.P.N. México.

AMNH. Mammal Collection. Consultada en: <http://entheros.amnh.org/db/emuwebamnh/>.

ArcView. 2013. ArcView. Consultada en: <http://www.esri.com/software/arcgis/arcview>. Fecha de acceso: Enero 2012.

Arita, H. T. y J. Ortega. 2006. Orden Chiroptera, *Tadarida brasiliensis*. In: Ceballos, G., J. Arrollo-Cabrales, R.A. Medellín, L. Medrano y G. Oliva (Eds.). *Los mamíferos silvestres de México*. CONABIO. Fondo de Cultura Económica, pp. 335-337.

Benito de Pando, B. y Peñas de Giles, J. 2007. Aplicación de modelos de distribución de especies a la conservación de la biodiversidad en el sureste de la Península Ibérica. *GeoFocus (Artículos)* 7: 100-119.

Bosque, J. 1997. *Sistemas de Información Geográfica*. 2ª Ed. Ediciones Rialp, S.A. Madrid España.

Castro-Campillo, A., E. Gonzáles, U. Aguilera y J. Ramírez-Pulido. 2006. Orden Chiroptera, *Myotis velifer*. In: Ceballos, G., J. Arrollo-Cabrales, R.A. Medellín, L. Medrano y G. Oliva (Eds.). *Los mamíferos silvestres de México*. CONABIO. Fondo de Cultura Económica, pp. 335-337.

Ceballos, G., J. Arrollo-Cabrales, R.A. Medellín, L. Medrano y G. Oliva. 2005. Diversidad y conservación de los mamíferos de México. In: Ceballos, G. y G. Oliva (Eds.). *Los mamíferos silvestres de México*. CONABIO. Fondo de Cultura Económica. México, D.F.

Ceballos, G., S. Blanco, C. González y E. Martínez. 2006a. "Myotis velifer (Murciélago). Distribución potencial". Extraído del proyecto DS006 'Modelado de la distribución de las especies de mamíferos de México para un análisis GAP'. Con un tamaño de píxel: 0.01 grados decimales. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).

Financiado por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). México.

Ceballos, G., S. Blanco, C. González y E. Martínez. 2006b. “*Myotis volans* (Murciélago). Distribución potencial”. Extraído del proyecto DS006 'Modelado de la distribución de las especies de mamíferos de México para un análisis GAP'. Con un tamaño de píxel: 0.01 grados decimales. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Financiado por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). México.

Ceballos, G., S. Blanco, C. González y E. Martínez. 2006c. “*Lasiurus cinereus* (Murciélago). Distribución potencial”. Extraído del proyecto DS006 'Modelado de la distribución de las especies de mamíferos de México para un análisis GAP'. Con un tamaño de píxel: 0.01 grados decimales. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Financiado por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). México.

Ceballos, G., S. Blanco, C. González y E. Martínez. 2006d. “*Tadarida brasiliensis* (Murciélago guanero). Distribución potencial”. Extraído del proyecto DS006 'Modelado de la distribución de las especies de mamíferos de México para un análisis GAP'. Con un tamaño de píxel: 0.01 grados decimales. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Financiado por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). México.

Cervantes, F. A., G. Matamoros-Trejo y I. Martínez-Mateos. 1995. Mamíferos silvestres de la Unidad de Evaluación de la Biodiversidad “Ing. Luis Macías Arellano”, San Cayetano, Estado de México. UNAM, Anales Instituto de Biología 66(2): 233-239.

Chávez, C. y G. Ceballos. 1998. Diversidad y estado de conservación de los mamíferos del Estado de México. *Revista Mexicana de Mastozoología* 3: 113-134.

Chávez, C., G. Ceballos, R. List, I. Salazar y L. Espinoza. 2009. Mamíferos. In: Ceballos, G. y R. List (Eds.). *La diversidad biológica del Estado de México. Estudio de estado*. Gobierno del Estado de México. Toluca, pp. 145-152.

Chico, M., V. M. Jiménez, E. Benavides, W. A. Woolrich y R. Motoya. 2010. Estimación de la distribución potencial de dos estafilínidos en el país mediante sistemas de información

geográfica. In: Cruz, S. G., J. Tello, A. Mendoza y A. Morales (Eds.). *Entomología de México*. (10):297-301.

CNMA. Portal UNIBIO. Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. Consultada en: <http://www.unibio.unam.mx>.

Colección de Mamíferos del Museo de Zoología “Alfonso L. Herrera “. México (MZFC, UNAM).

Colección de Mamíferos de la Sierra Volcánica Transversal de México (UAM -I)

CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad). 2006. Distribución potencial. Disponible en: <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>. Fecha de acceso: Junio 2013.

CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad). 2013. Portal de Geoinformación. Disponible en: <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>. Fecha de acceso: Julio 2013.

CONANP (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas). 2005. Áreas Naturales Protegidas. Disponible en: <http://www.conanp.gob.mx/sig/decretos/aprn/Acuer-Vallebravo.pdf>. Fecha de acceso: Enero 2013.

Contreras D. W. y Melo G. C. 1973. *Importancia biológica y social de las reservas naturales: Estación Experimental de Fauna Silvestre de San Cayetano, Edo. de México*. Tesis de Licenciatura en Biología, Facultad de Ciencias, UNAM, México. 101p.

Contreras, M. R. 2006. Los métodos de análisis biogeográfico y su aplicación a la distribución de las gimnospermas en México. *Interciencia* 31: 176-182.

Domínguez, B. J. 2000. *Breve introducción a la cartografía y a los Sistemas de Información Geográfica (SIG)*. CIEMAT. Madrid, España.

Escalante, T., D. Espinosa y J. J. Morrone. 2002. Patrones de distribución geográfica de los mamíferos terrestres de México. *Acta Zoológica Mexicana* 87: 47-65.

Escalante, T. 2009. Un ensayo sobre regionalización biogeográfica. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 80: 551-560.

Gámez, N., T. Escalante, G. Rodríguez, M. Linaje y J. J. Morrone. 2012. Caracterización biogeográfica de la Faja Volcánica Transmexicana y análisis de los patrones de distribución de su mastofauna. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 83: 258-272.

Gutiérrez, J. y M. Gould. 2000. *SIG: Sistemas de Información Geográfica*. Editorial Síntesis. Madrid, España.

Ibarra-Montoya, J. L., G. Rangel-Peraza, F. A. González-Farías, J. de Anda, M. E. Zamudio-Reséndiz, E. Martínez-Meyer y H. Macías-Cuellar. 2010. Modelo de nicho ecológico para predecir la distribución potencial de fitoplancton en la Presa Hidroeléctrica Aguamilpa, Nayarit. México. *Ambi-Agua* 5 (3): 60-75.

INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2010. Geografía. Recursos Naturales. Disponible en: <http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/reclnat/default.aspx>. Fecha de acceso: Febrero 2012.

Kunz, T. H. y A. Kurta. 1988. Capture methods and holding devices. In: Kunz, T.H. (Eds.). *Ecological and behavioral methods for the study of bats*. Smithsonian Institution Press. Washington, D.C.

Llorente-Bousquets, J., y S. Ocegueda. 2008. Estado del conocimiento de la biota. In: Sarukhán J., P. Koleff, J. Carabias, J. Soberón, R. Dirzo, J. Llorente-Bousquets, G. Halffter, R. González, I. March, A. Mohar, S. Anta y J. de la Maza (Eds.). *Capital natural de México*. Vol. I. *Conocimiento actual de la biodiversidad*. CONABIO, México, pp. 283-322.

Lobo, J. M. 2000. ¿Es posible predecir la distribución geográfica de las especies basándonos en variables ambientales? In: F. Martín-Piera, J.J. Morrone y A. Melic (Eds.). *Hacia un proyecto CYTED para el inventario y estimación de la diversidad entomológica en Iberoamérica: PrIBES 2000*. M3m-Monografías Tercer Milenio. Vol. 1. Sociedad Entomológica Aragonesa (SEA). Zaragoza, pp. 55-68.

Martínez-Coronel, y A. Velásquez. 1984. Anfibios y reptiles de la Estación Experimental de Fauna Silvestre de San Cayetano, Estado de México. México. *Anales Escuela Nacional de Ciencias Biológicas* 28: 39-54.

Medellín, R. A., H. T. Arita y O. Sánchez. 2008. *Identificación de los murciélagos de México*. 2ª Ed. Instituto de Ecología, UNAM. México.

Medellín, R. A., A. Abreu-Grobois, M. del Coro; E. Mellink, E. Ruelas, E. Santana, J. Urbán. 2009. Conservación de especies migratorias y poblaciones transfronterizas. In: R. Dirzo, R. González y I. J. March (Eds.). *Capital natural de México, vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio*. Vol. 2. CONABIO, México, pp. 459-515.

Mittermeier, R. A. y C. Goettsch. 1992. La importancia de la diversidad biológica de México. In: Sarukán, J. y R. Dirzo (Eds.). *México ante los retos de la biodiversidad*. CONABIO. México, pp. 3-6.

Monroy-Vilchis, O., M. M. Zarco-González, J. Ramírez-Pulido y U. Aguilera-Reyes. 2011. Diversidad de mamíferos de la Reserva Natural Sierra Nanchititla, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 82:237-248.

Morales, J. C., S. Aguilar y L. León. 2006. Orden Chiroptera, *Lasiurus cinereus*. In: Ceballos, G., J. Arrollo-Cabral, R.A. Medellín, L. Medrano y G. Oliva (Eds.). *Los mamíferos silvestres de México*. CONABIO. Fondo de Cultura Económica, pp. 335-337.

Museo de Zoología de Vertebrados (MVZ). Universidad de California. Berkeley.

Naoki, K., M. Isabel, R. P. López, R. I. Meneses y J. Vargas. 2006. Comparación de modelos de distribución de especies para predecir la distribución potencial de vida silvestre en Bolivia. *Ecología en Bolivia* 41(1): 65-78.

Navarro, A. G., A. Reterson, Y. J. Nakazawa y U. I. Liebig-Fossas. 2003. Colecciones biológicas, modelaje de nichos ecológicos y los estudios de la biodiversidad. In: Morrone, J. J., Llorente y D. Espinosa (Eds.). *Patrones biogeográficos en Latinoamérica*. Vol. 2. CONABIO-UNAM. México, pp. 115-122.

Neyra, G. L. y L. Durand. 1998. Biodiversidad. In: CONABIO (Eds.). *La diversidad biológica de México: Estudio de País, 1998*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, pp. 62-96.

Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. 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. Disponible en:

http://www.semarnat.gob.mx/temas/gestionambiental/vidasilvestre/Documents/NOM_059_SEMARNAT_2010.pdf. Fecha de acceso: Enero 2012.

Oñate-Ocaña, L. y A. Herróz-Zamorano. 2009. Estudio faunístico del Centro de Investigación y Recuperación de Vida Silvestre San Cayetano, Estado de México. *Ciencia y Tecnología* 8: 99-104.

Ordoñez, C. y R. Martínez. 2003. *Sistemas de Información Geográfica, Aplicaciones prácticas con Idrisi32 al análisis de riesgos naturales y problemas medioambientales*. Alfaomega. México.

Paredes-García, D. M., A. Ramírez-Bautista y M. A. Martínez-Morales. 2011. Distribución y representatividad de las especies del género *Crotalus* en las áreas naturales protegidas de México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 82: 689-700.

Phillips, S.J., Anderson, R.P., Schapire, R.E. 2006. A maximum entropy modelling of species geographic distributions. *Ecological Modelling* 190: 231-259.

Primack, R. B. y J. Ros. 2002. *Introducción a la biología de la conservación*. 2ª ed. Ariel, S. A. España.

Reid, F. A. 1997. *A field guide to the mammals of Central America and Southeast Mexico*. Oxford University. New York.

Sánchez-Cordero, V., A. Townsend y P. Escalante-Pliego. 2001. *Enfoques contemporáneos para el estudio de la biodiversidad*. In: Hernández, H. M., A. N. García, F. Álvarez y M. Ulloa (Comps.). Instituto de Biología, UNAM, México, pp. 359-379

Segundo, G. y R. García. 2002. *Aves del Centro para la Conservación e Investigación de la Vida Silvestre San Cayetano, Estado de México*. Mosnsanto. México.

Segura, V. D. 2010. *Registro de murciélagos en "Arcos del Sitio", Municipio de Tepotztlán, Estado de México*. Tesis de Licenciatura (Biología), Facultad de Estudios Superiores Iztacala, UNAM, México. 62p.

SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 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. Disponible en: http://www.semarnat.gob.mx/temas/gestionambiental/vidasilvestre/Documents/NOM_059_SEMARNAT_2010.pdf. Fecha de acceso: Enero 2012.

SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2011. Centros para la Conservación e Investigación de la Vida Silvestre. Disponible en: <http://www.semarnat.gob.mx/temas/gestionambiental/vidasilvestre/Paginas/centrosparalaconservacioneinvestigacion.aspx>. Fecha de acceso: Septiembre 2013.

SMN-CNA (Sistema Meteorológico Nacional- Comisión Nacional del Agua). 2013. Normales Climatológicas por Estación. Disponible en: http://smn.cna.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=42&Itemid=75. Fecha de acceso: Marzo 2013.

Rojas, M. A. E. y A. Valiente. 1996. Análisis comparativo de la quiropterofauna del Valle de Tehuacán-Cuicatlán, Puebla-Oaxaca. *Acta Zoológica Mexicana* 67: 1-23.

Toledo, V. M. 1988. La diversidad biológica de México. *Ciencia y Desarrollo* 81:17-130.

Toledo, V. M. 1994. La diversidad biológica de México. Nuevos retos para la investigación en los noventas. *Ciencias* 34:43-59.

UICN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza). 2013. Lista Roja de la UICN para Especies Amenazadas. Disponible en: <http://www.iucnredlist.org/>. Fecha de acceso: Enero 2012.

Uribe, J. y H. T. Arita. 2006. Orden Chiroptera, *Myotis volans*. In: Ceballos, G., J. Arrollo-Cabral, R.A. Medellín, L. Medrano y G. Oliva (Eds.). *Los mamíferos silvestres de México*. CONABIO. Fondo de Cultura Económica, pp. 335-337.

Valenzuela, G. V. H. 1986. *Estudios preliminares sobre microfagia por animales silvestres de la estación experimental de fauna silvestre de San Cayetano, Edo. de México*. Tesis de Licenciatura en Biología. Facultad de Ciencias, UNAM, México. 51 p.

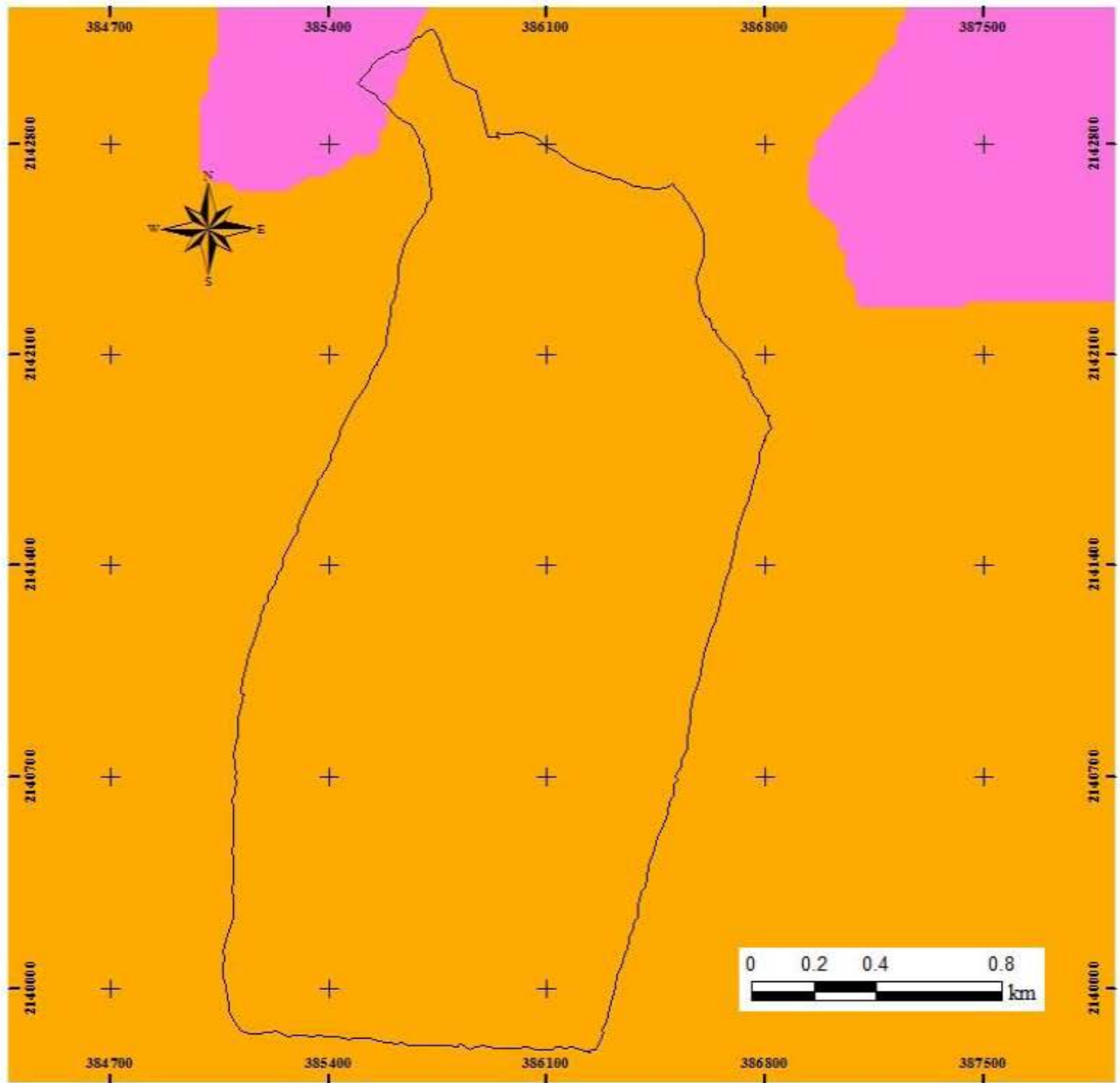
Villaseñor, J. L. y O. Téllez-Valdés. 2004. Distribución potencial de las especies del genero *Jefea* (Asteracea) en México. *Anales del Instituto de Biología. Serie botánica* 75(2): 205-220.

10.0 Anexos cartográficos

10.1 Anexo Cartográfico I

Cartografía temática del CIVS

Edafología

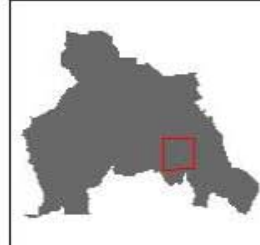


□ CIVS

Tipos de suelo

■ Acrisol

■ Andosol



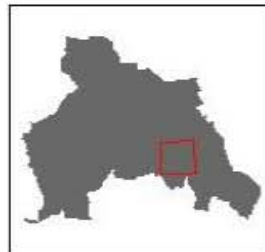
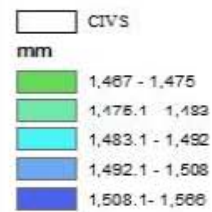
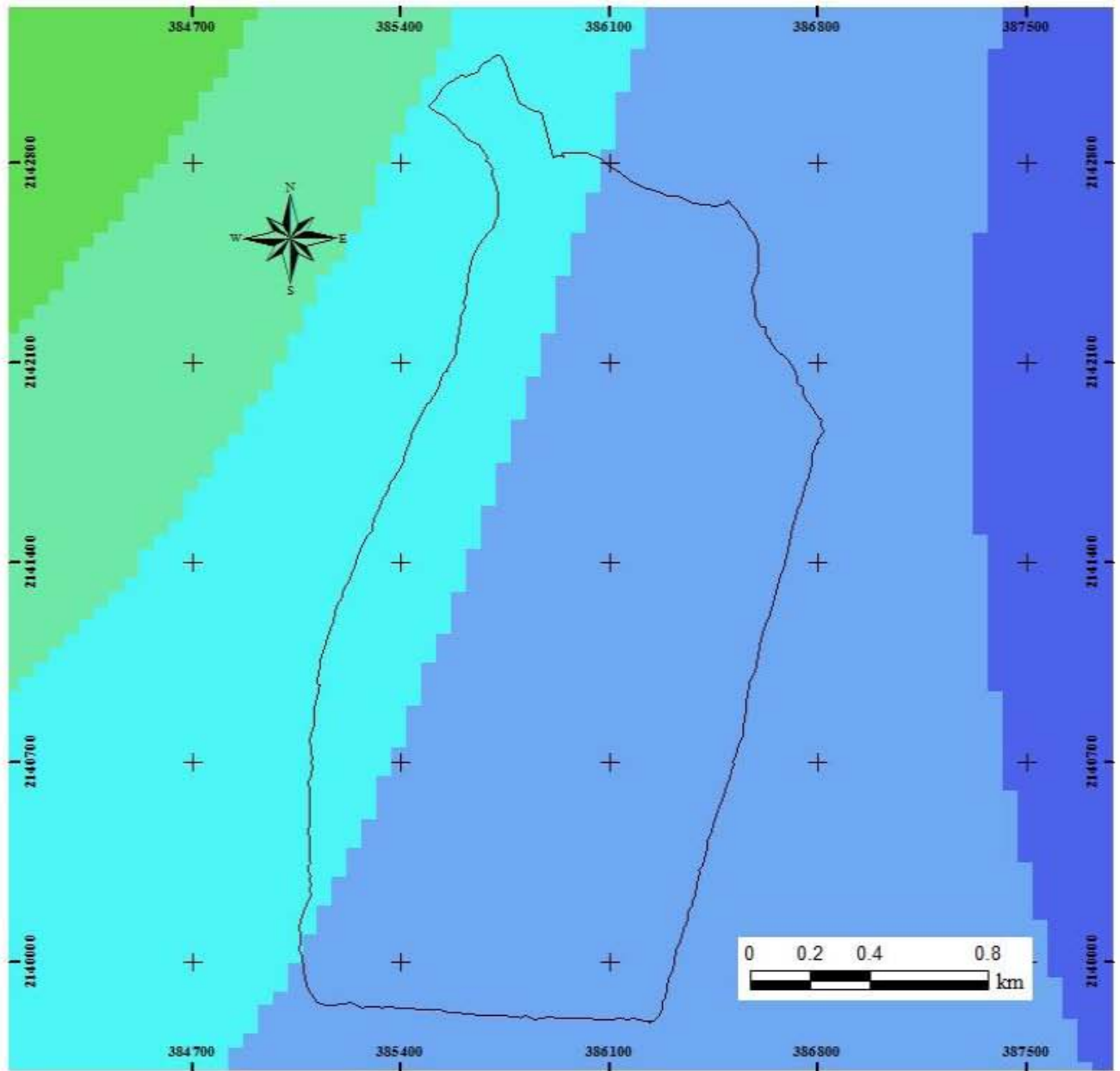
Fuente:

NEGI, Edafología
1: 250 000

Elaboración: Katia E. Juárez



Evaporación Normal Anual



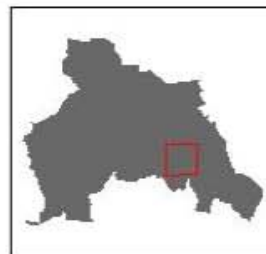
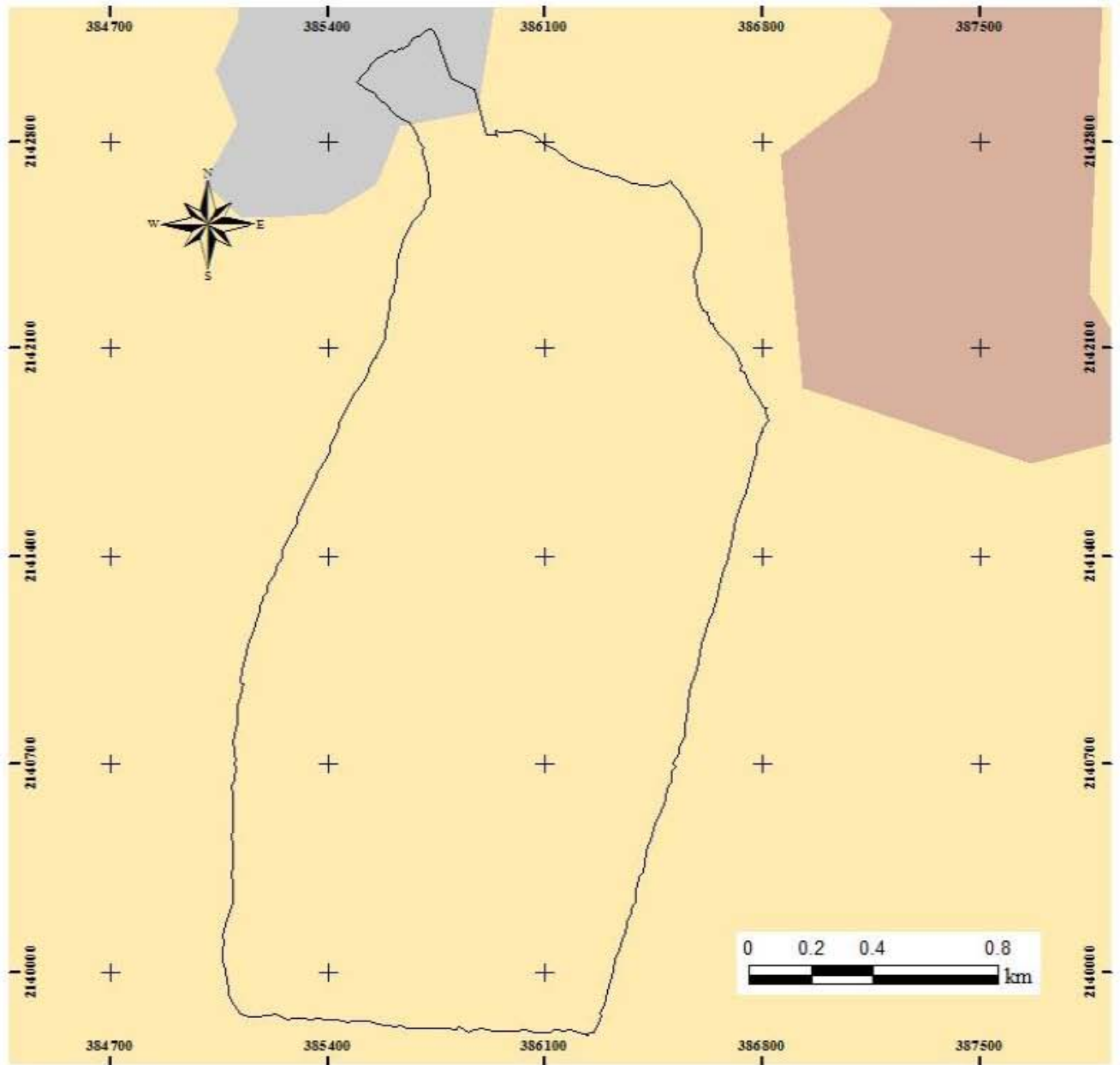
Fuente:

CNA-SMN, Normales climatológicas

Elaboración: Katia E. Juárez



Geología

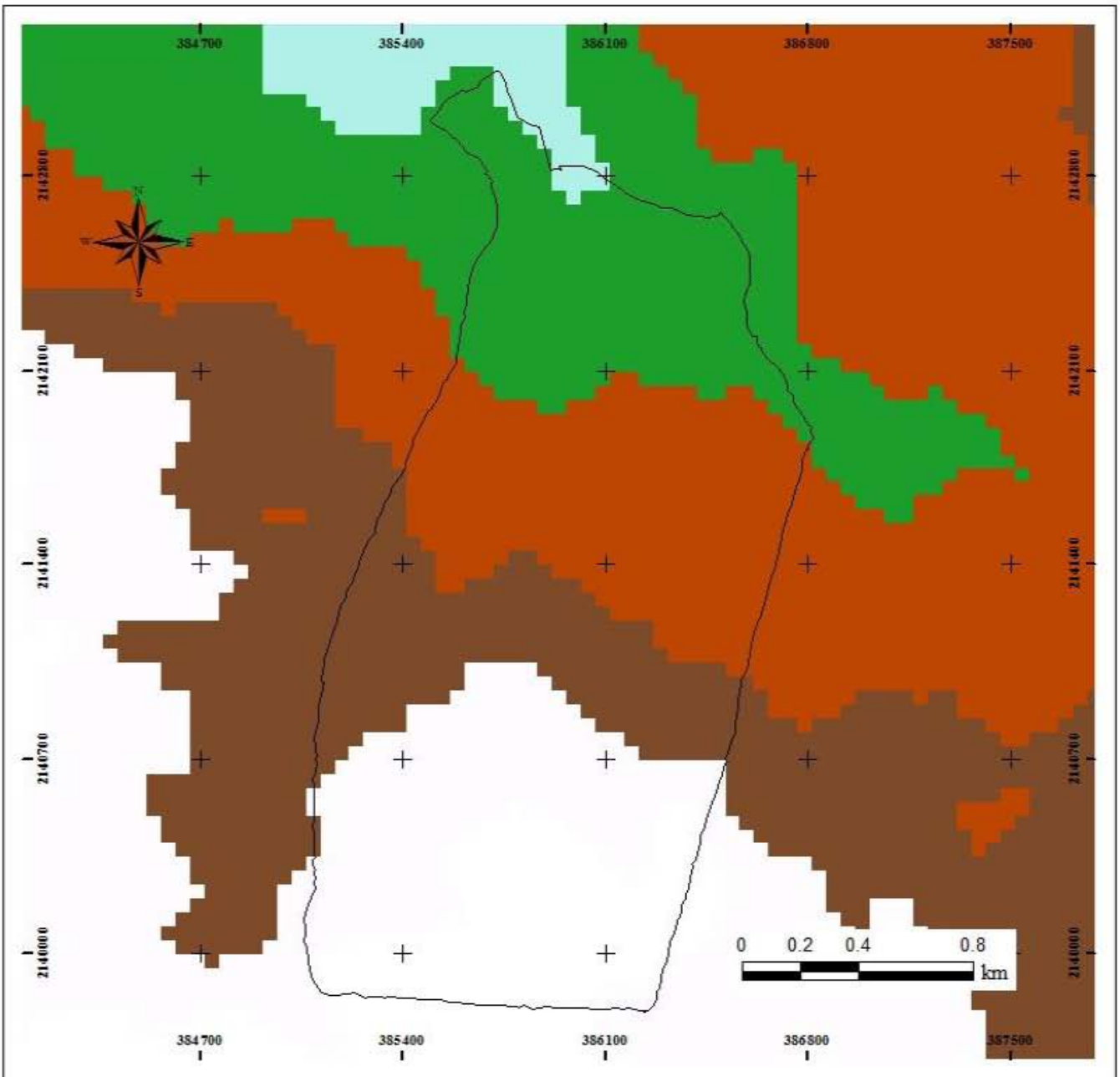


Fuente:
INEGI, Geología
1:250 000

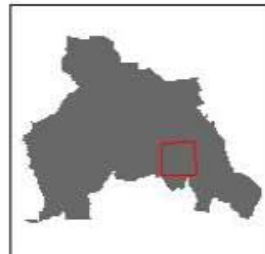
Elaboración: Katia E. Juárez



Modelo Digital de Elevación



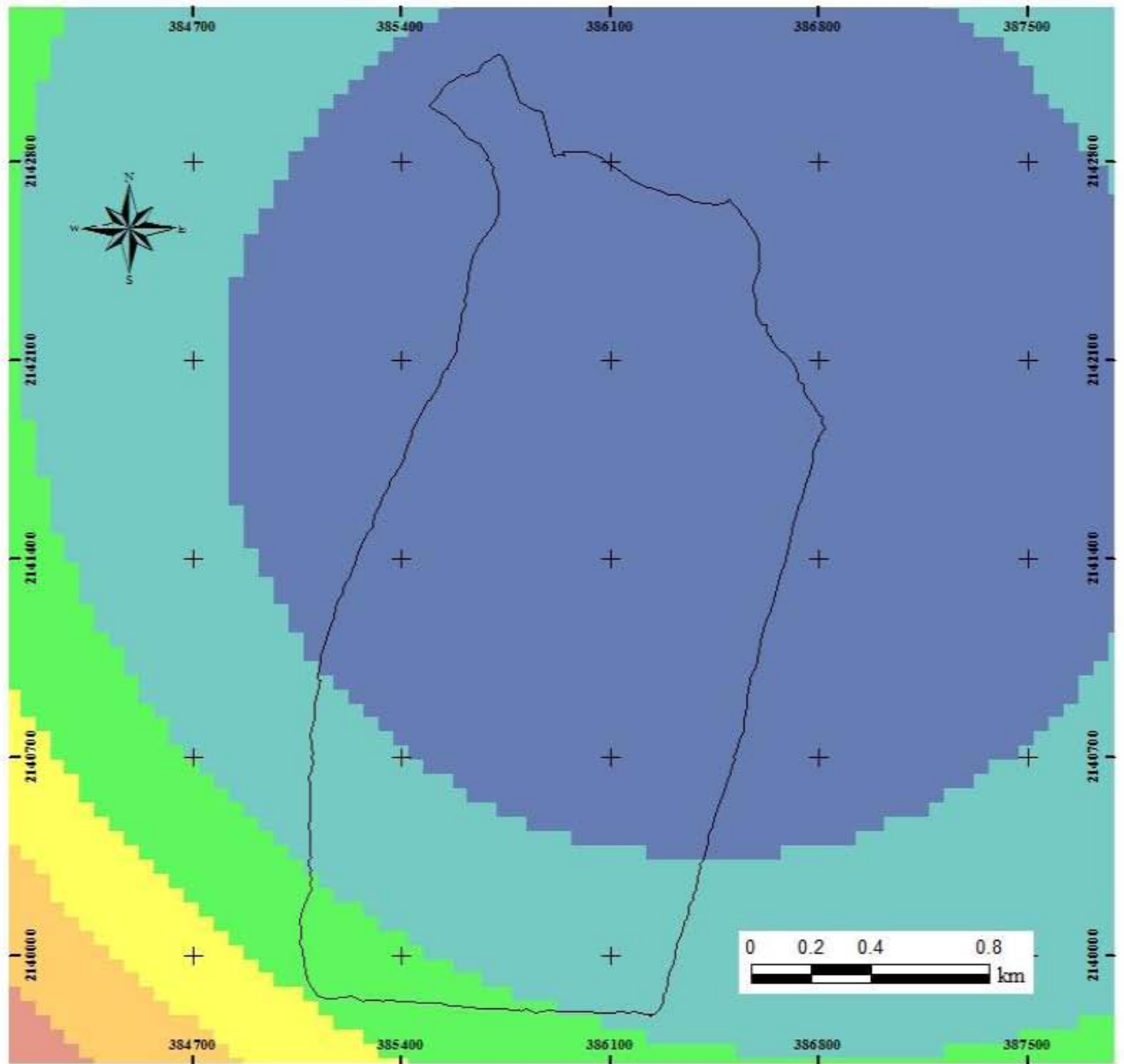
	CIVS
Altitud	
VA LUE	
	2,108 - 2,483
	2,483 - 2,530
	2,530 - 2,578
	2,578 - 2,630
	2,630 - 2,698



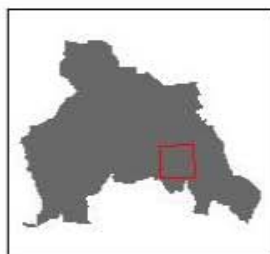
Fuente:
 INEGI. Modelo Digital de Elevación
 Elaboración: Katia E. Juárez



Precipitación Normal Anual



	CIVS
mm	
	704.8951721 - 757.7618367
	757.7618368 - 810.6285013
	810.6285014 - 851.7470183
	851.7470184 - 892.8655352
	892.8655353 - 939.858126
	939.8581261 - 998.5988645

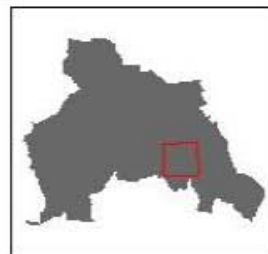
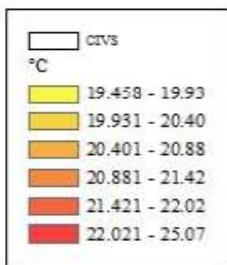
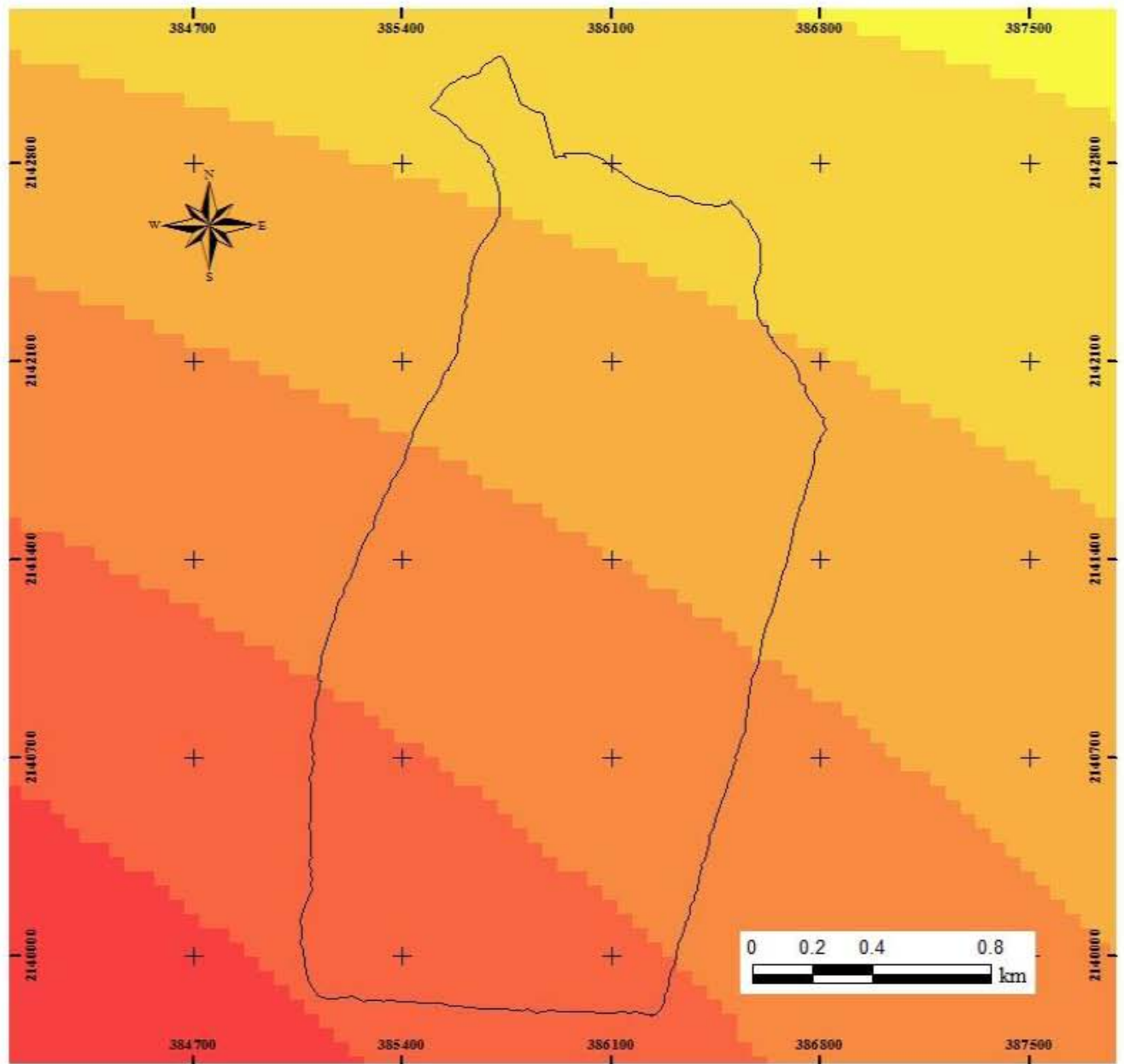


Fuente:
CNA-SMN, Normales climatológicas

Elaboración: Katia E. Juárez



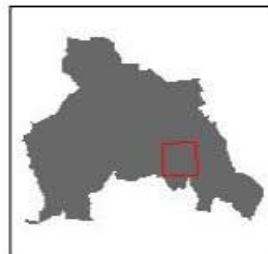
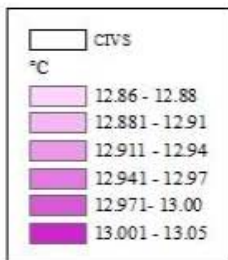
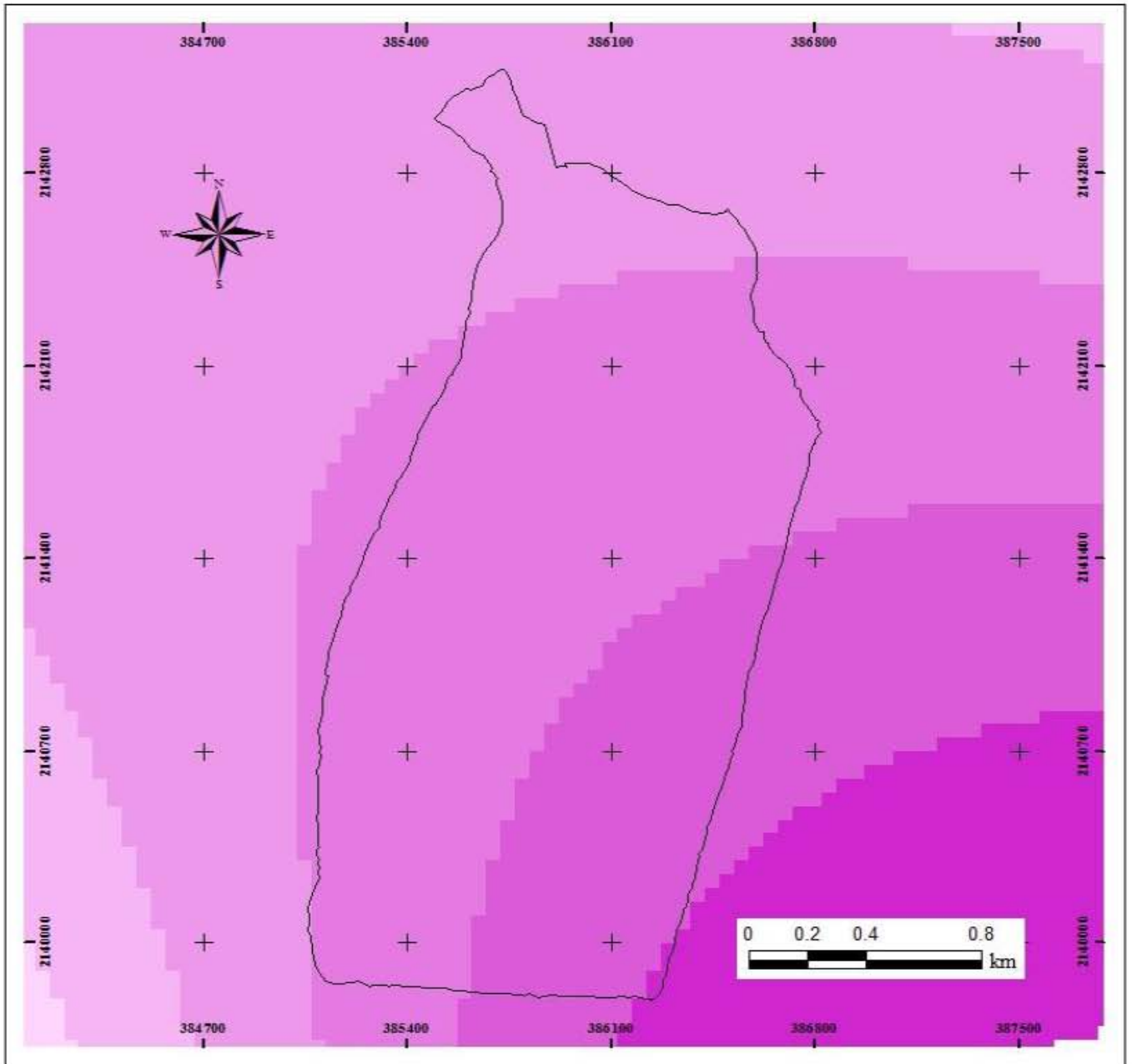
Temperatura Máxima Anual



Fuente:
CNA-SMN, Normales climatológicas
Elaboración: Katia E. Juárez



Temperatura Media Anual

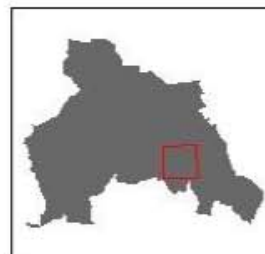
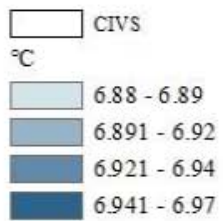
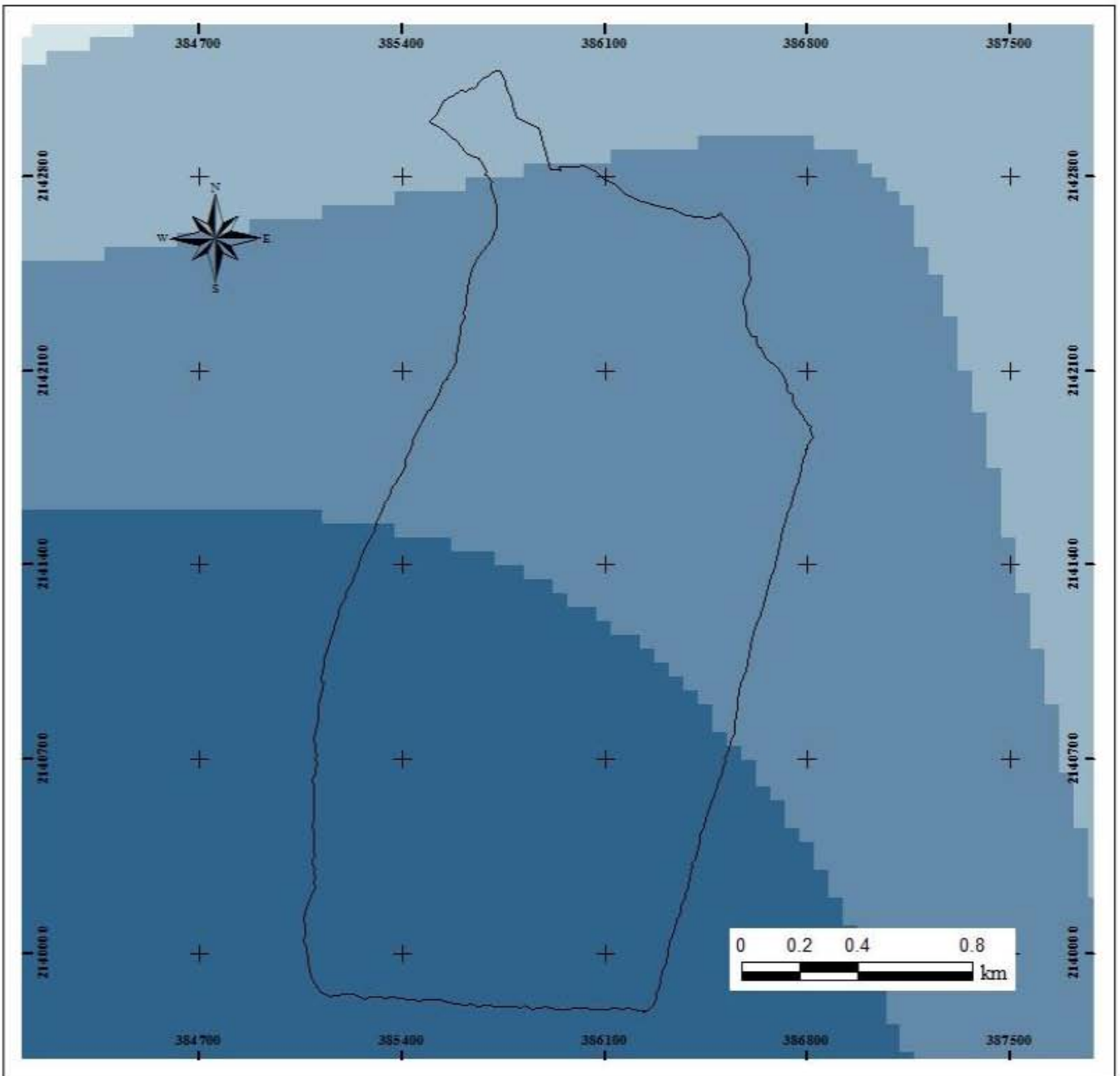


Fuente:
CNA-SMN, Normales climatológicas

Elaboración: Katia E. Juárez



Temperatura Mínima Anual

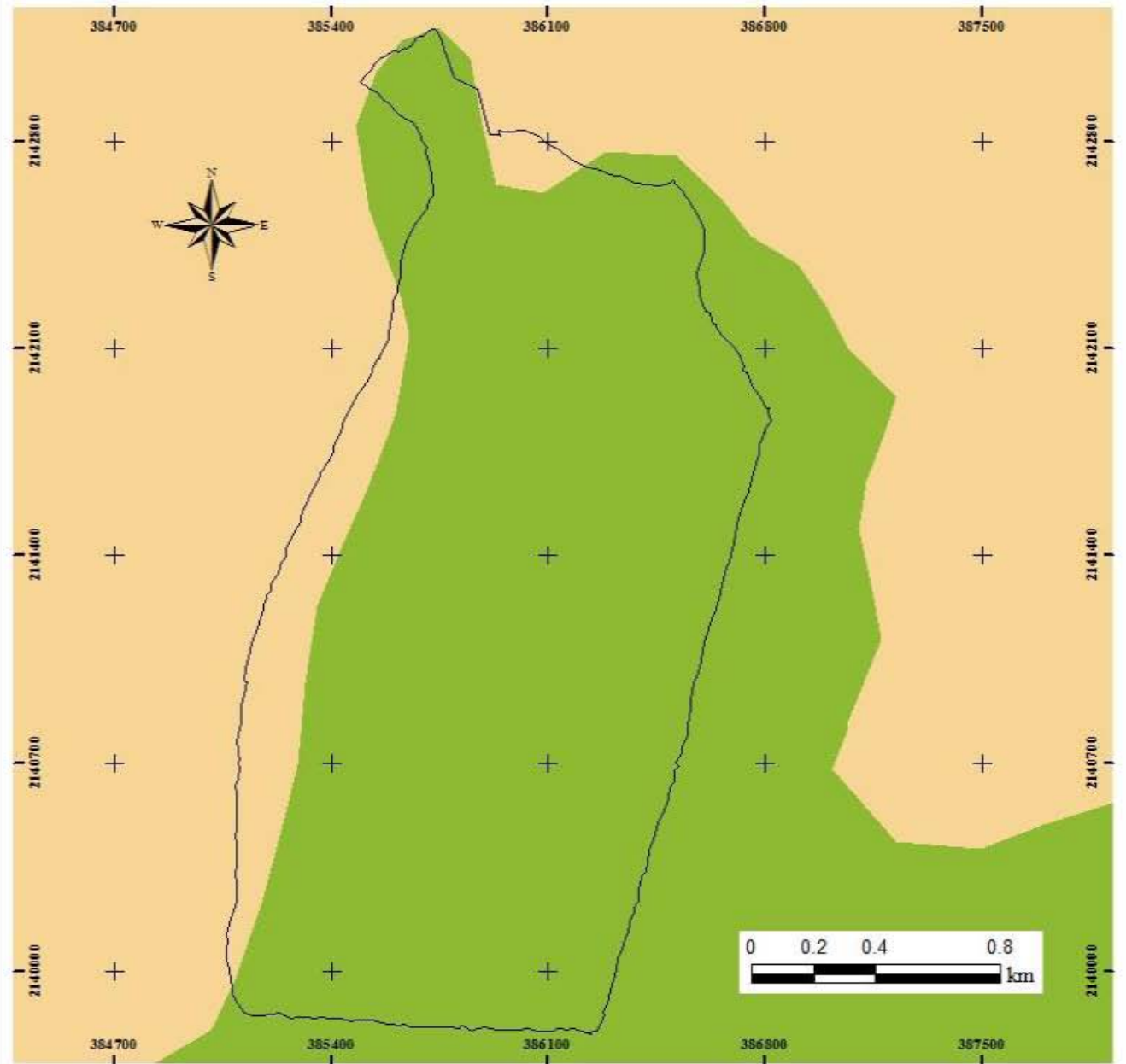


Fuente:
CNA-SMN, Normales climatológicas

Elaboración: Katia E. Juárez



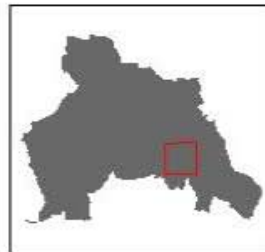
Vegetación y usos de suelo



□ CIVS

Tipos

- Bosque de pino-encino
- Agricultura de temporal



Fuente:

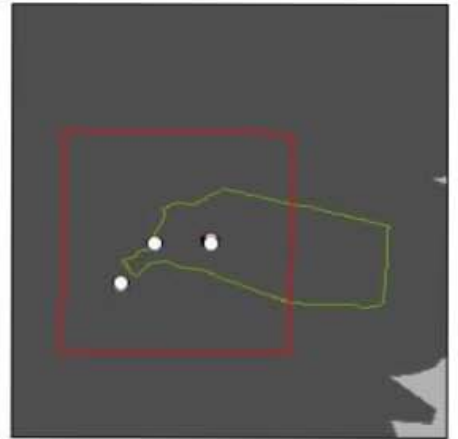
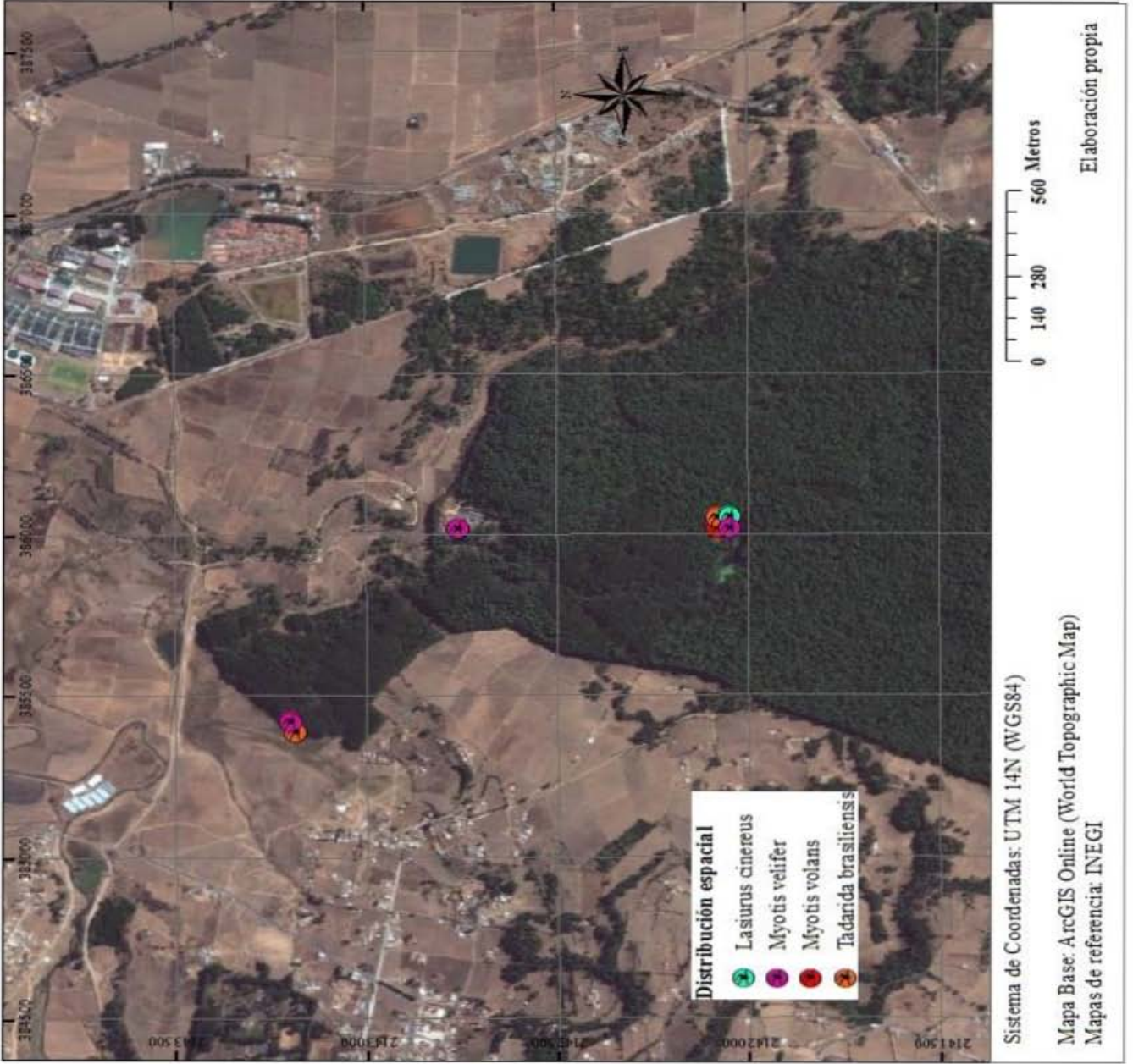
INEGI, Vegetación y usos de suelo
1: 250 000

Elaboración: Katia E. Juárez



10.2 Anexo Cartográfico II

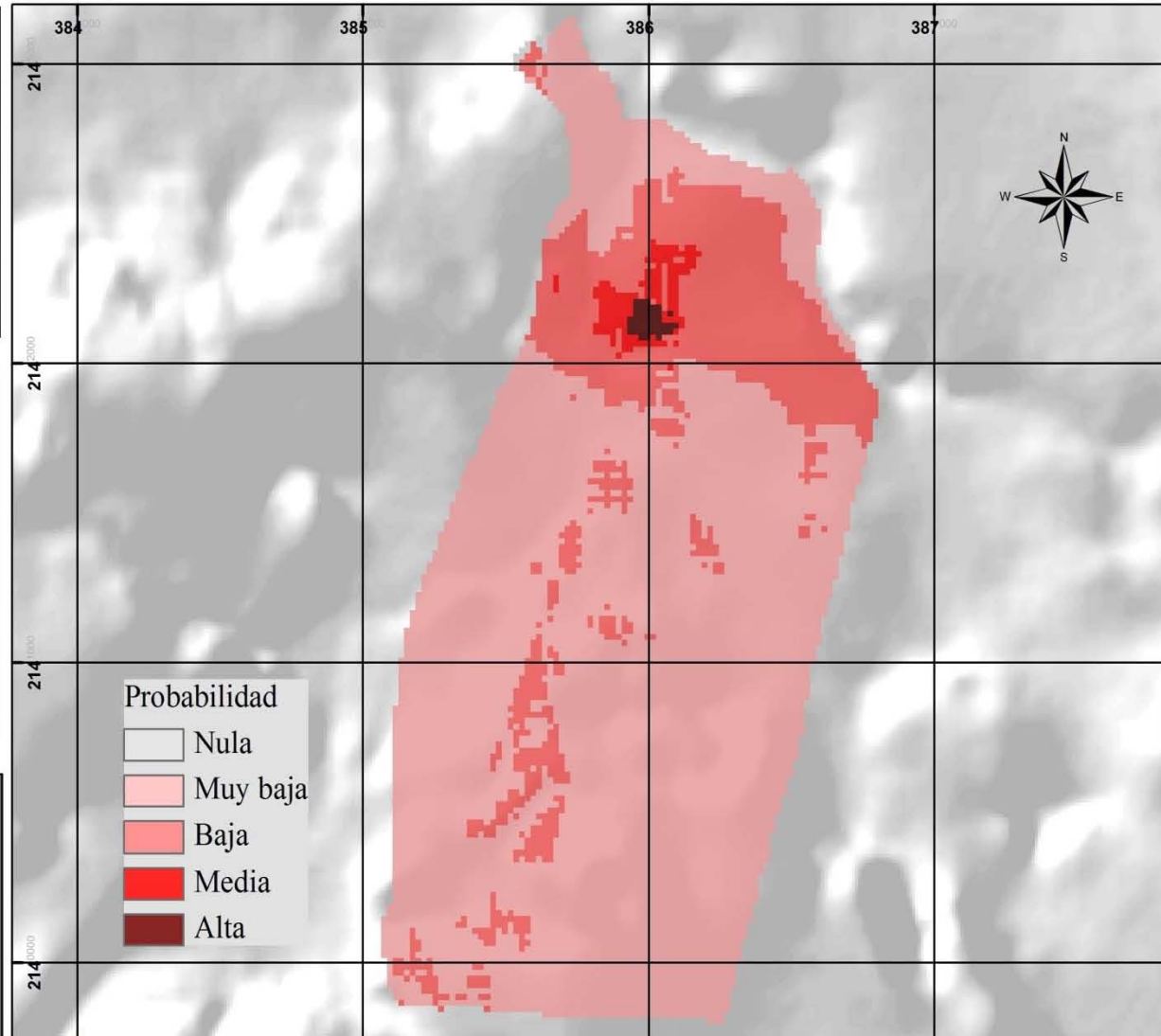
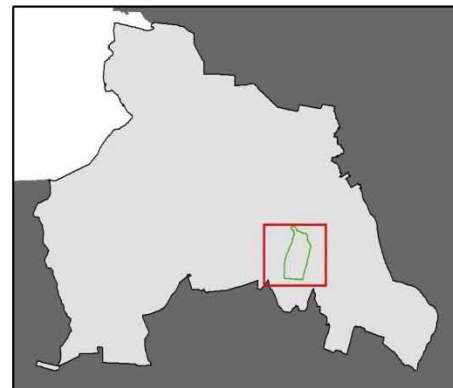
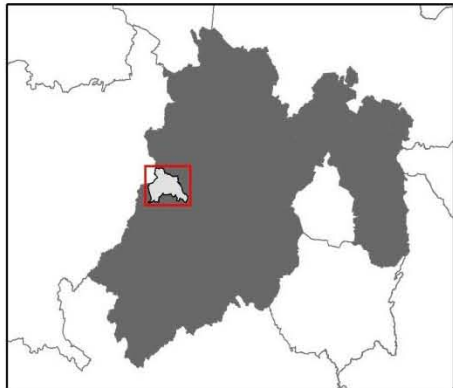
Distribución Espacial



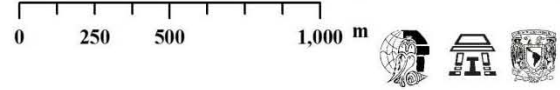
10.3 Anexo Cartográfico III

Distribución Potencial CIVS (Arcview)

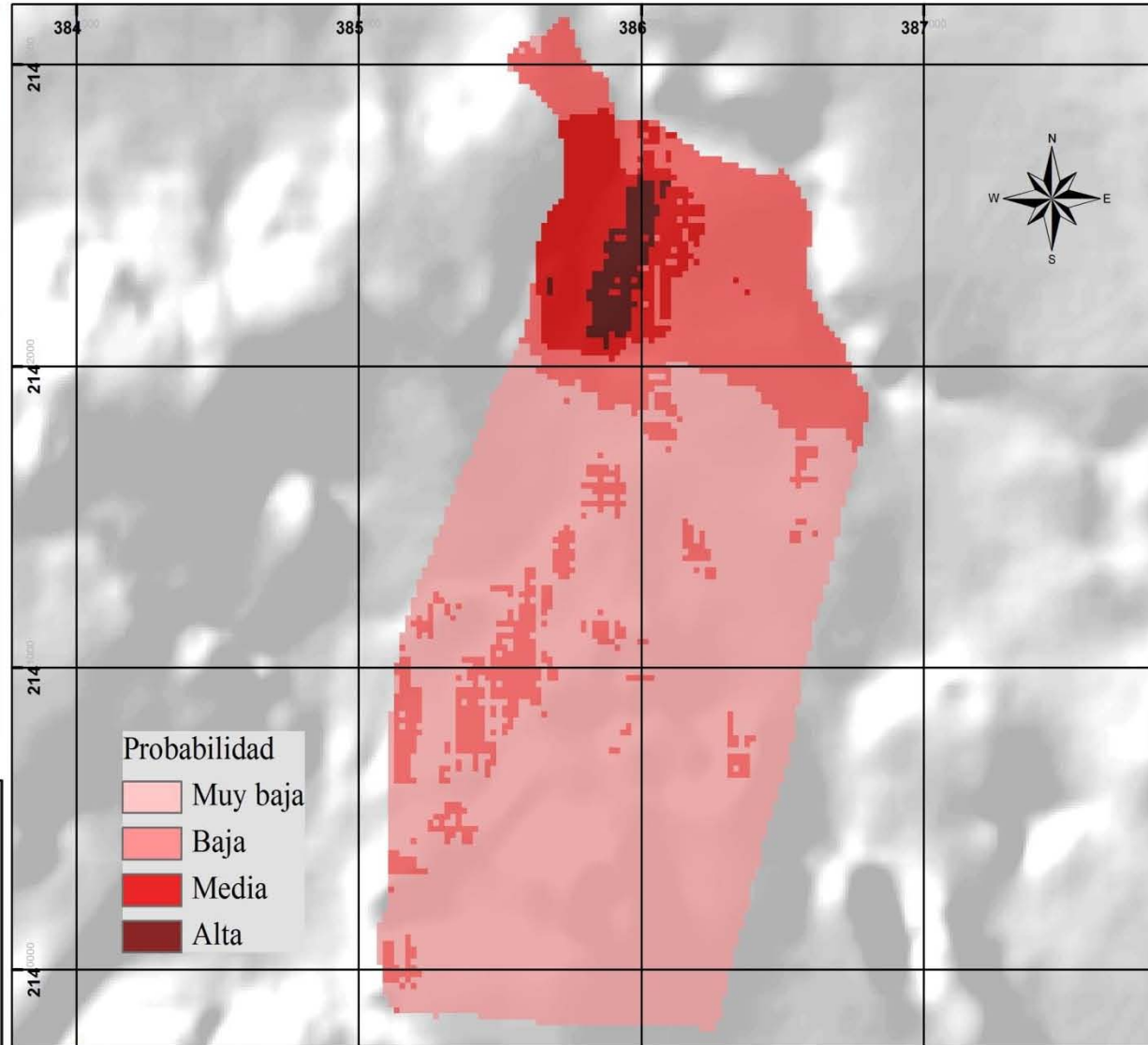
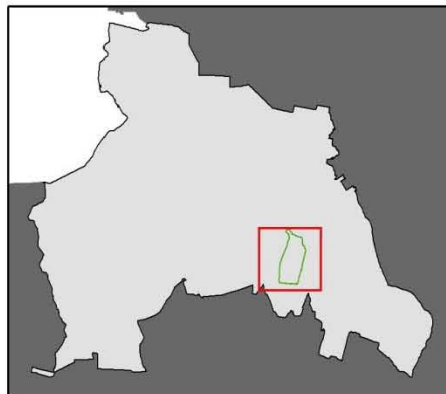
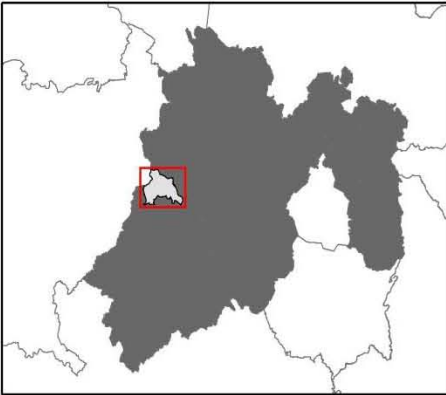
Distribución potencial de *Lasiurus cinereus*



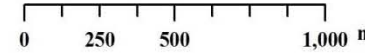
Sistema de Coordenadas: UTM 14N (WGS84)
Elaboración propia, basada en el resultado del modelo de distribución potencial para el CIVS.
Fuente de fotografía: creative commons en:
<http://www.flickr.com/photos/stuartwildlife/6223243823/in/pool-883921@N22/>



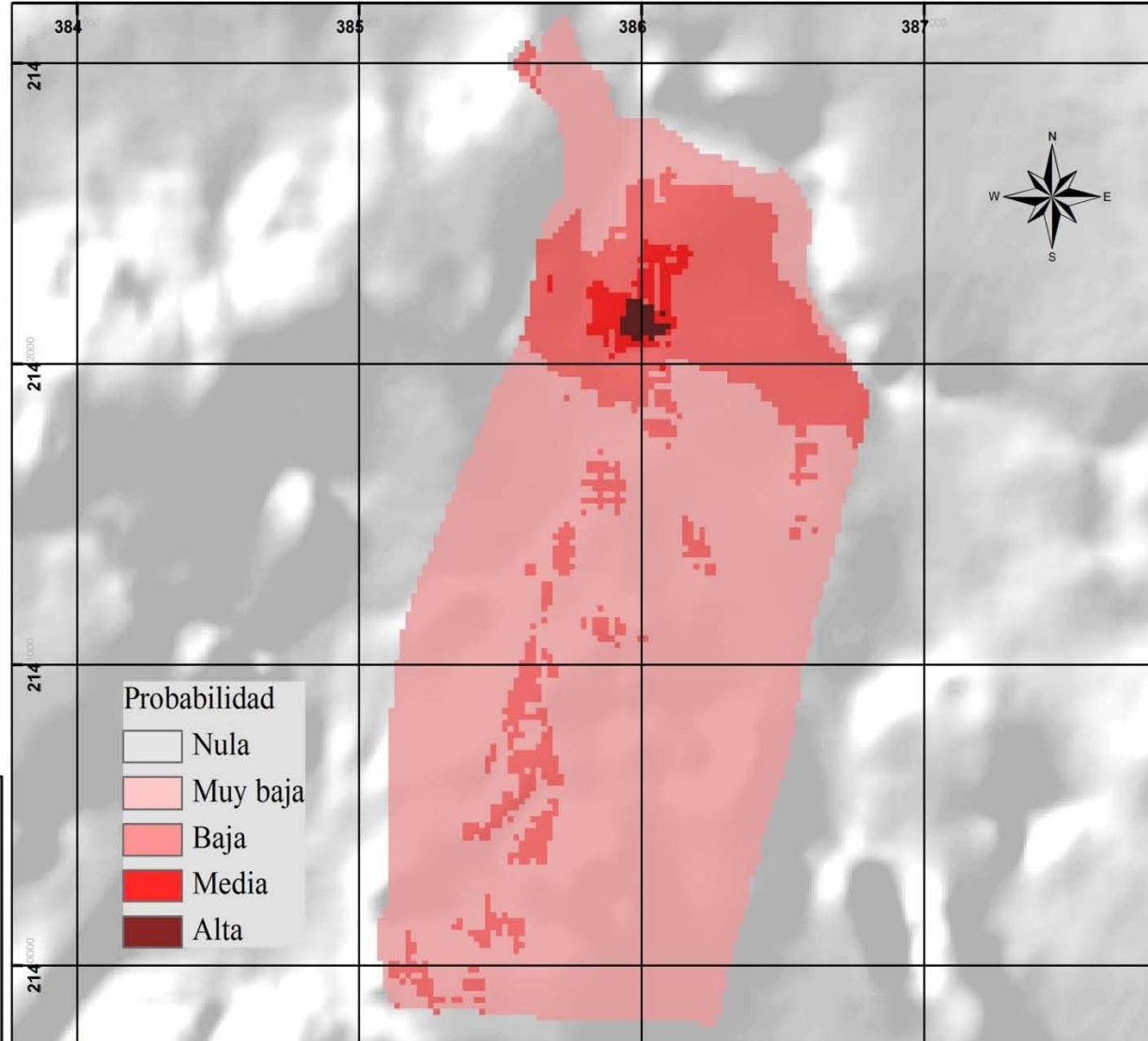
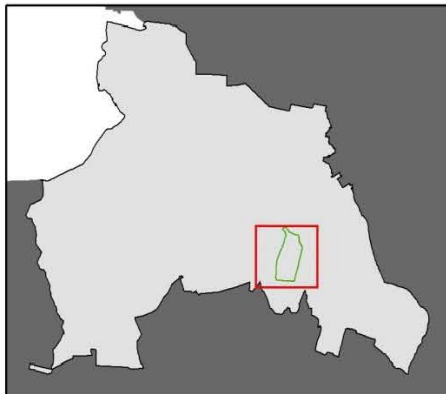
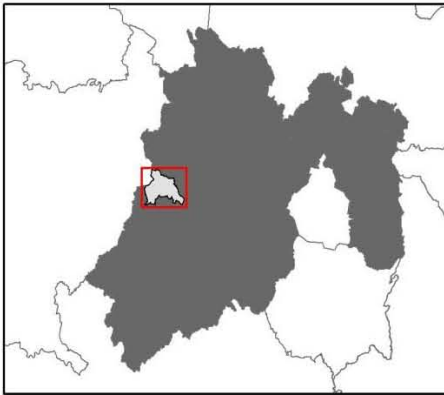
Distribución potencial de *Myotis velifer*



Sistema de Coordenadas: UTM 14N (WGS84)
Elaboración propia, basada en el resultado del modelo de distribución potencial para el CIVS.
Fuente de fotografía:
<http://bdi.conabio.gob.mx/fotoweb>



Distribución potencial de *Myotis volans*

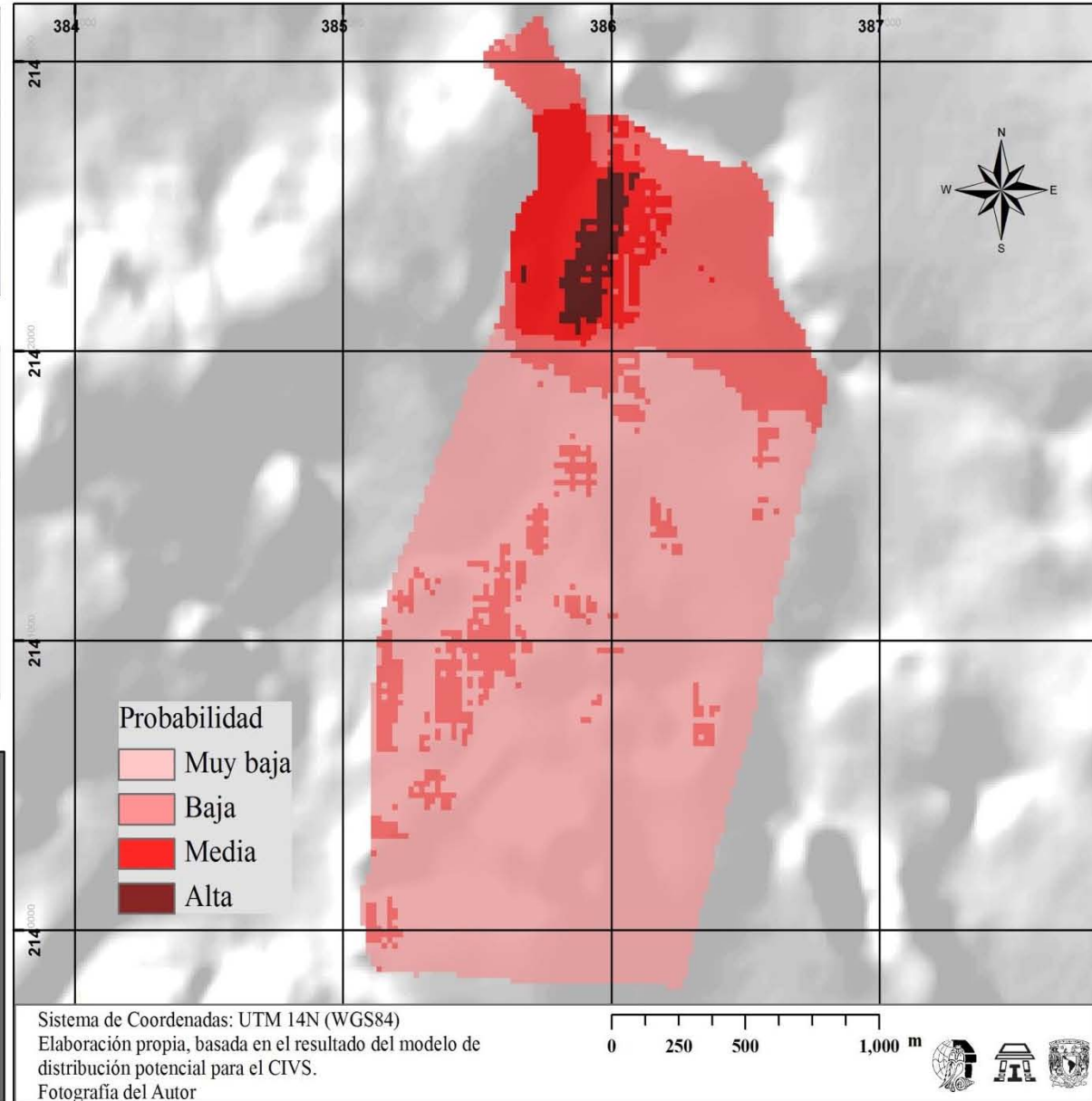
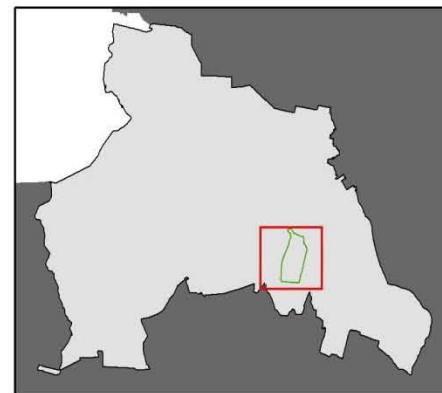
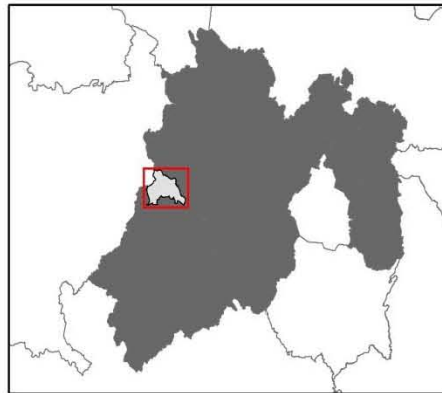


Sistema de Coordenadas: UTM 14N (WGS84)
Elaboración propia, basada en el resultado del modelo de distribución potencial para el CIVS.
Fuente de fotografía:
<http://bdi.conabio.gob.mx/fotoweb>

0 250 500 1,000 m



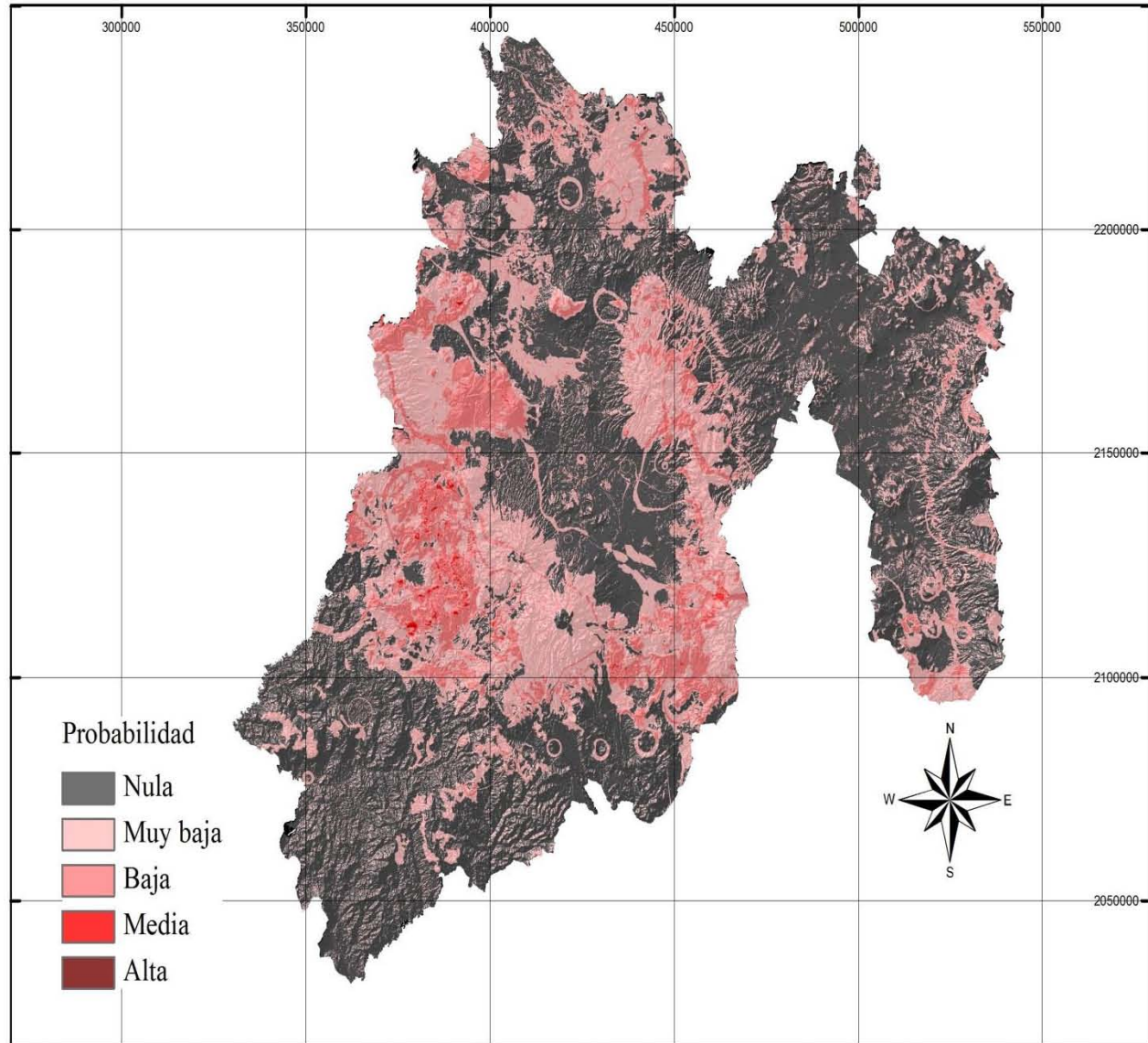
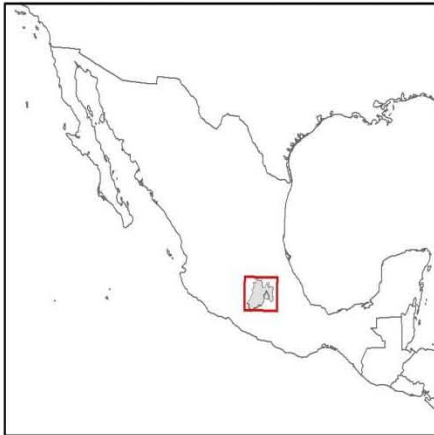
Distribución potencial de *Tadarida brasiliensis*



10.4 Anexo Cartográfico IV

Distribución Potencial del Estado de México (Arcview)

Distribución potencial de *Lasiurus cinereus*

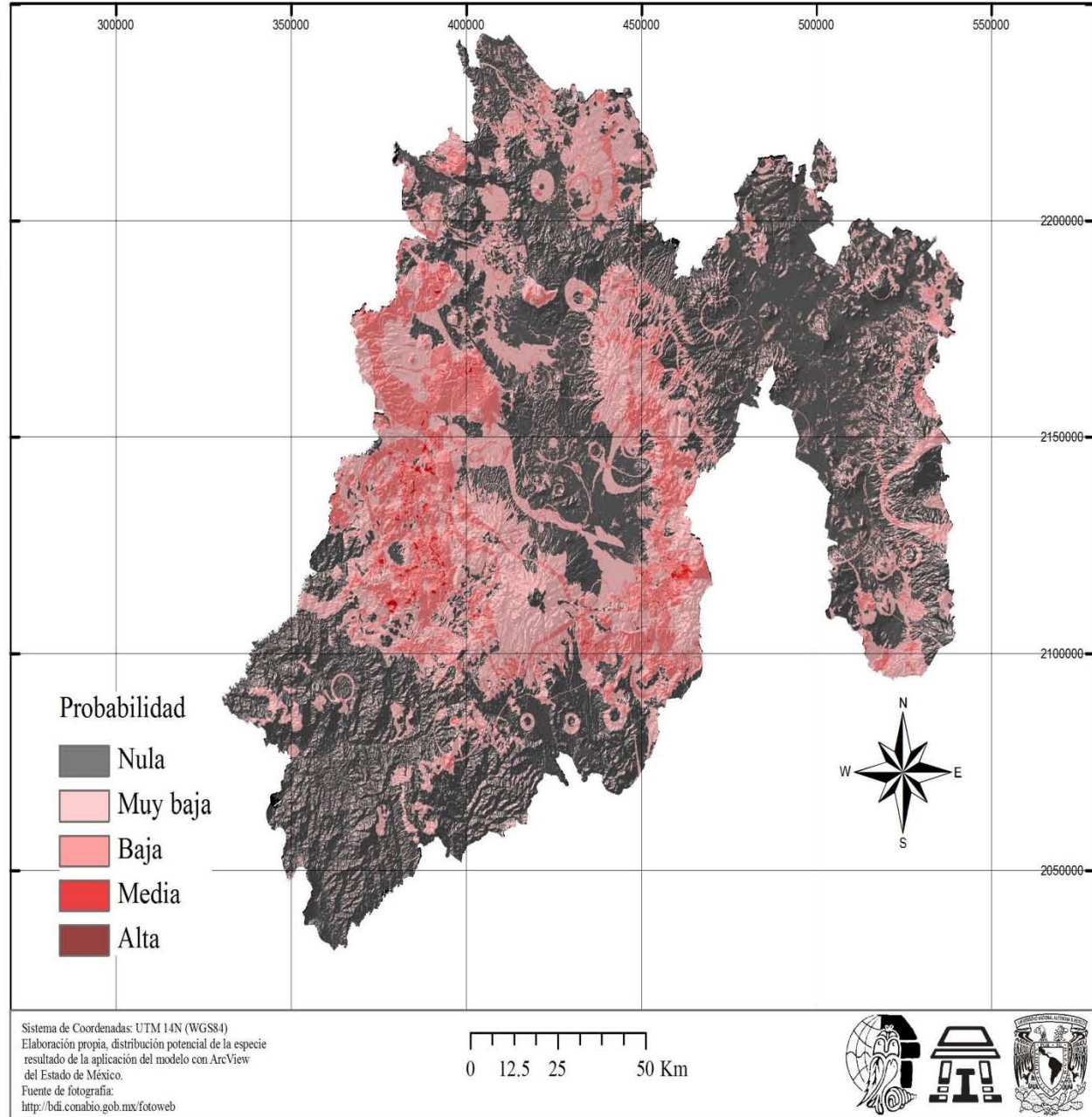


Sistema de Coordenadas: UTM 14N (WGS84)
Elaboración propia, distribución potencial de la especie
resultado de la aplicación del modelo con ArcView
del Estado de México.
Fuente de fotografía: creative commons en:
<http://www.flickr.com/photos/stuartwildlife/6223243823/in/pool-883921@N22/>

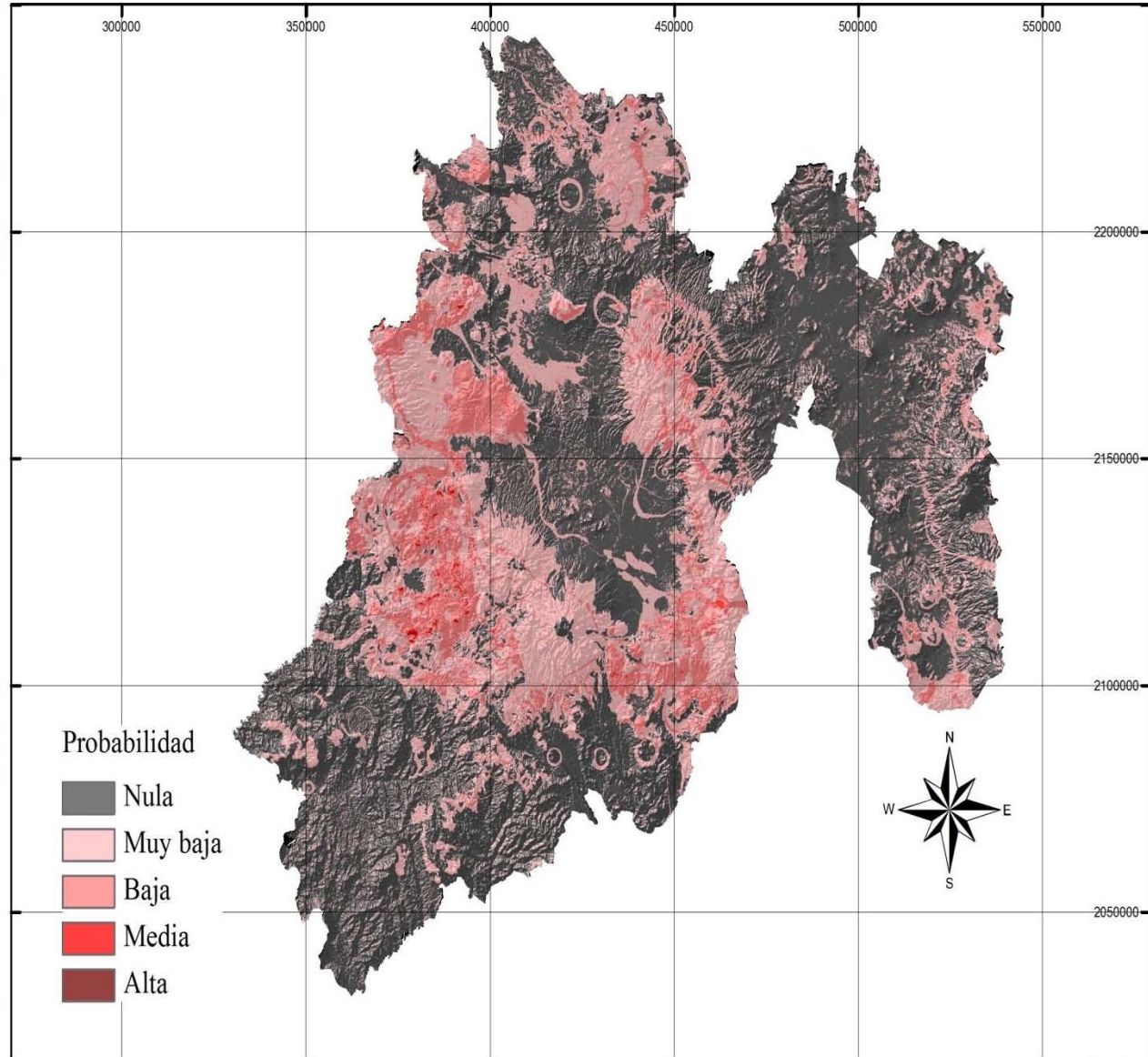
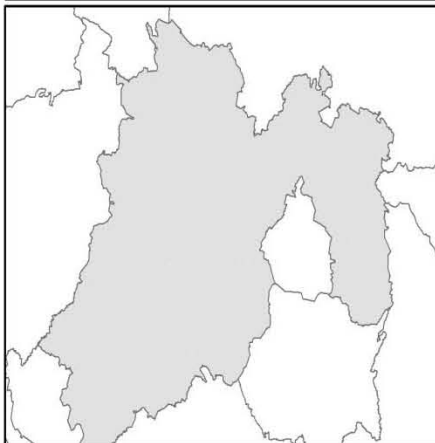
0 12.5 25 50 Km



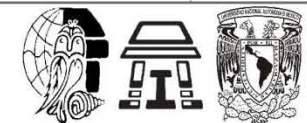
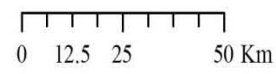
Distribución potencial de *Myotis velifer*



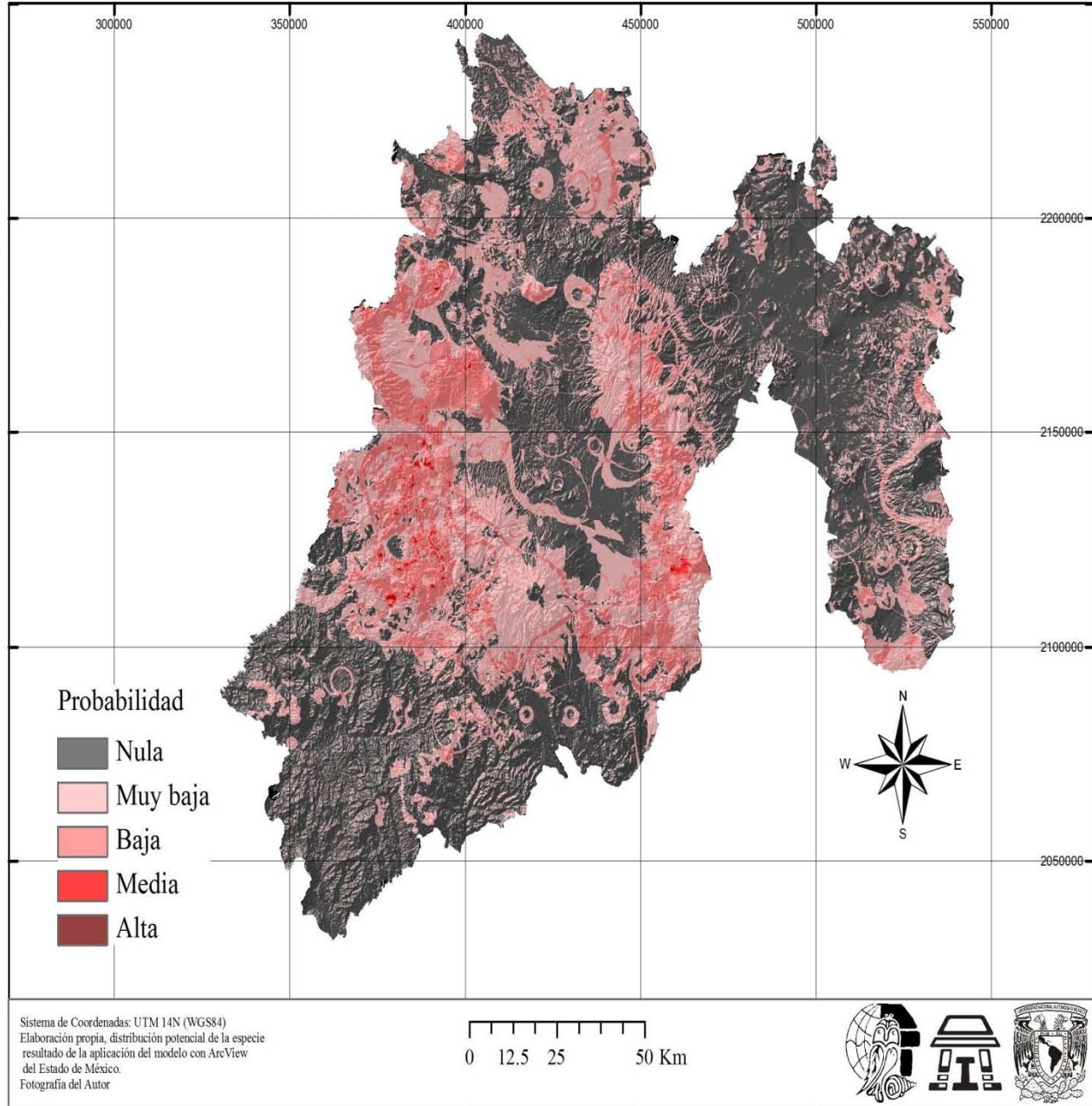
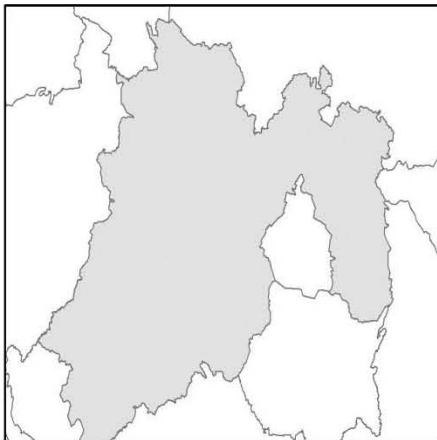
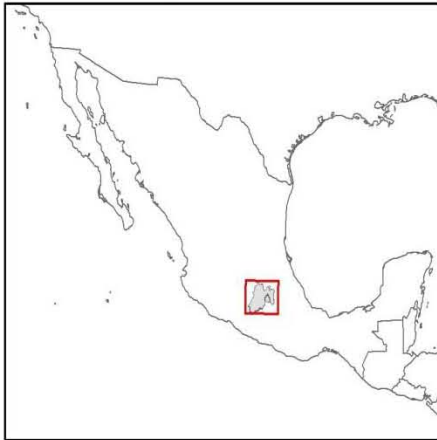
Distribución potencial de *Myotis volans*



Sistema de Coordenadas: UTM 14N (WGS84)
 Elaboración propia, distribución potencial de la especie
 resultado de la aplicación del modelo con ArcView
 del Estado de México.
 Fuente de fotografía:
<http://bdi.conabio.gob.mx/fotoweb>



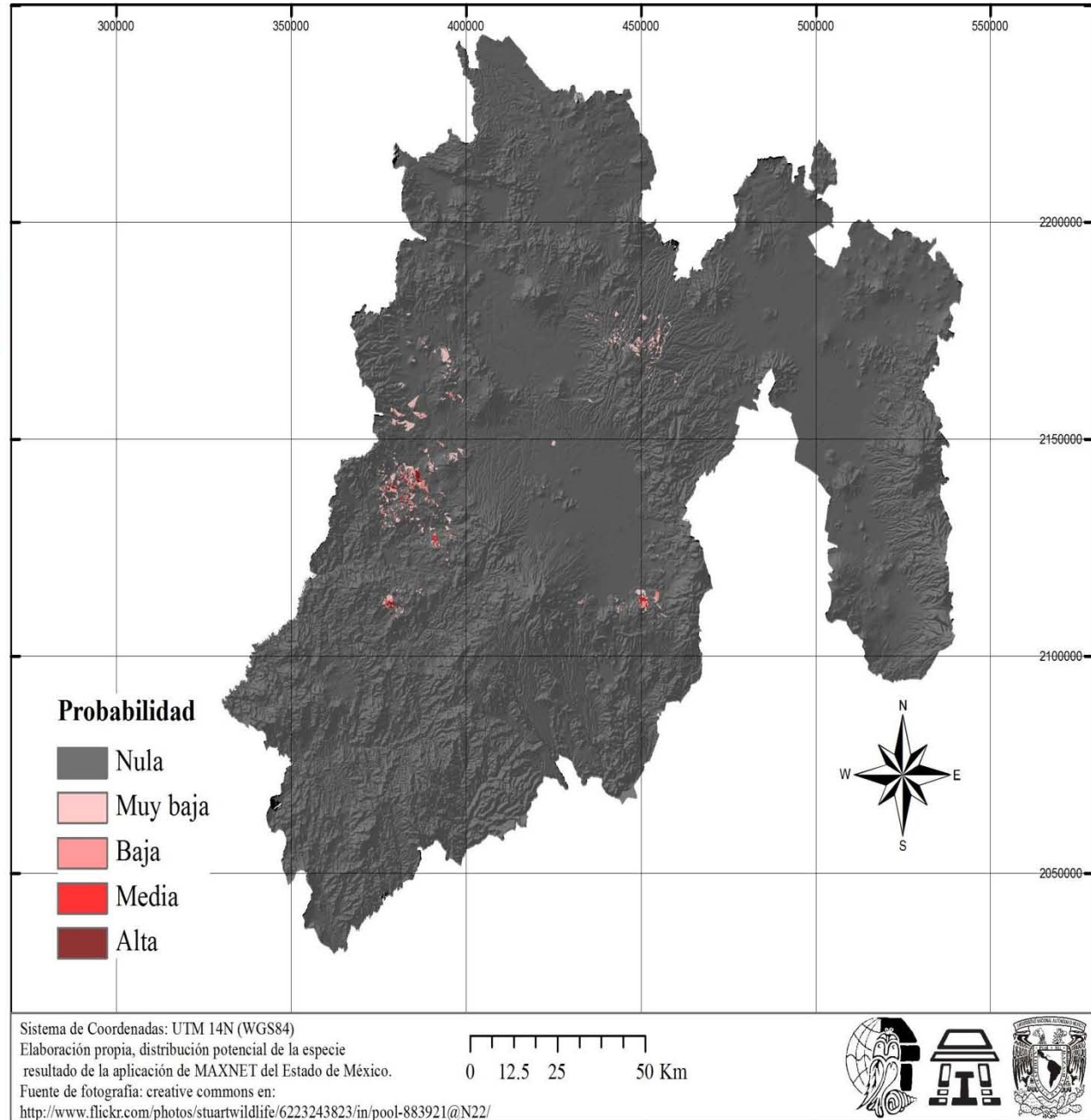
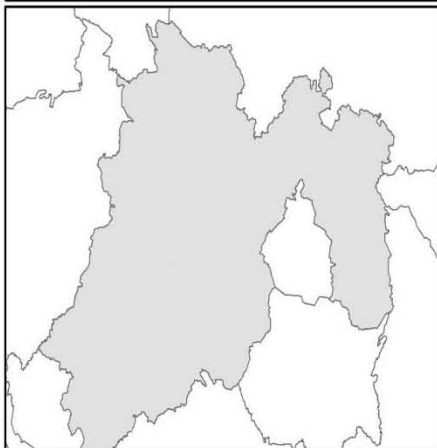
Distribución potencial de *Tadarida brasiliensis*



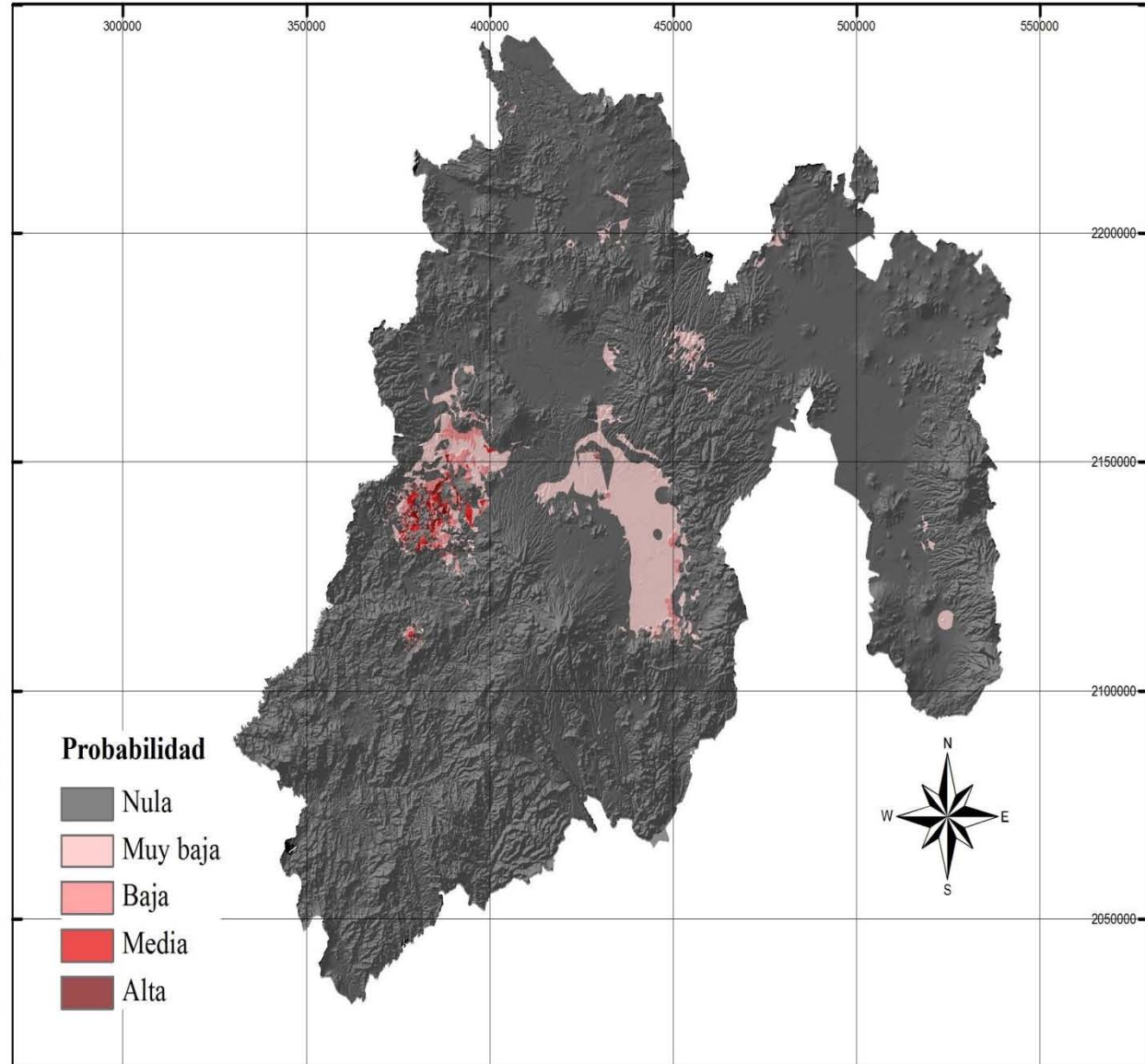
10.5 Anexo Cartográfico V

Distribución Potencial del Estado de México (Maxent)

Distribución potencial de *Lasiurus cinereus*

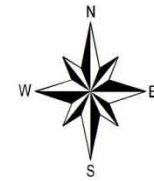


Distribución potencial de *Myotis velifer*

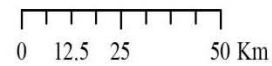


Probabilidad

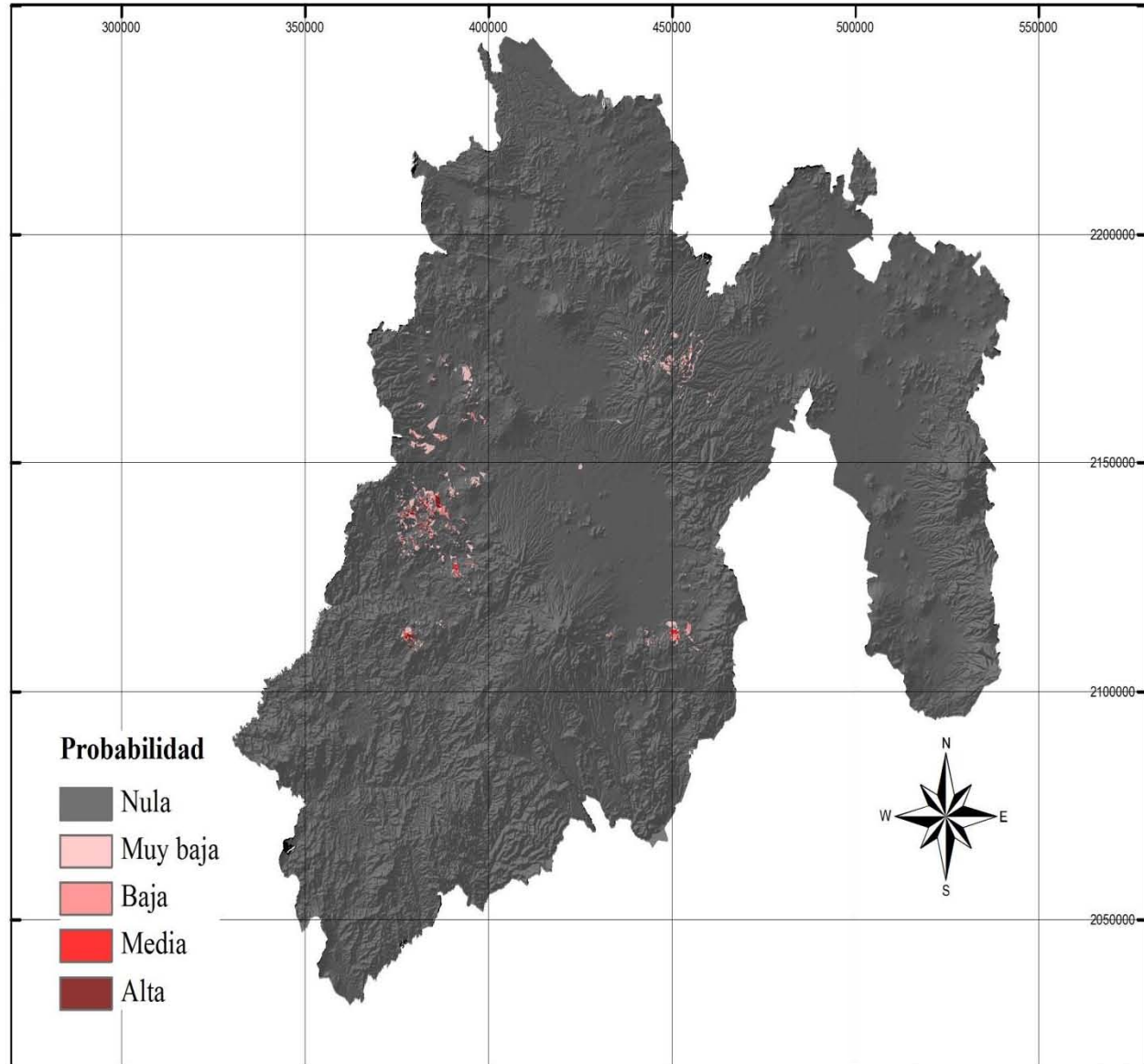
- Nula
- Muy baja
- Baja
- Media
- Alta



Sistema de Coordenadas: UTM 14N (WGS84)
 Elaboración propia, distribución potencial de la especie
 resultado de la aplicación de MAXNET del Estado de México.
 Fuente de fotografía:
<http://bdi.conabio.gob.mx/fotoweb>



Distribución potencial de *Myotis volans*

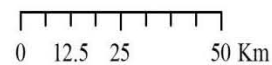


Probabilidad

- Nula
- Muy baja
- Baja
- Media
- Alta



Sistema de Coordenadas: UTM 14N (WGS84)
 Elaboración propia, distribución potencial de la especie
 resultado de la aplicación de MAXNET del Estado de México.
 Fuente de fotografía:
<http://bdi.conabio.gob.mx/fotoweb>



Distribución potencial de *Tadarida brasiliensis*

