



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO FACULTAD DE
GEOGRAFÍA**

**UBICACION DE ZONAS APTAS PARA
EL CULTIVO DE ABEJAS MEDIANTE
PERCEPCIÓN REMOTA**

**TESIS
QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
LICENCIADA EN GEOINFORMÁTICA**

**PRESENTA
ANA LAURA MERCADO ROJAS
NO. CUENTA 1111551
GENERACIÓN 2014-2019**

**ASESOR
DR. MIGUEL ÁNGEL BALDERAS PLATA**

**REVISORES:
DR. JESÚS GASTÓN GUTIÉRREZ CEDILLO
DRA. XANAT ANTONIO NÉMIGA**

AGOSTO, 2020



INDICE

RESUMEN.....	ii
INTRODUCCIÓN.....	1
Antecedentes de cultivos de abejas en México.....	3
Planteamiento del problema.....	10
Justificación.....	15
Objetivos del estudio.....	16
CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO	
1.1 Herramientas geoespaciales.....	17
1.2 Cartografía.....	17
1.3 Apicultura.....	18
1.4 Análisis espacial.....	19
1.5 Edafología.....	21
1.5.1 Uso de suelo en plantas de interés apícola.....	22
1.6 Análisis Multicriterio.....	23
1.7 Superposición Ponderada.....	25
1.8 Familia de la especie de abeja.....	26
1.9 Características de la <i>Apis Mellifera</i>	27
1.9.1 Características biológicas y comportamiento.....	28
1.9.2 Características climatológicas.....	30
CAPÍTULO II. METODOLOGIA	
2.1 Estudio del área de trabajo.....	33
2.2 Obtención de criterios.....	34
2.6 Ponderación.....	36
CAPÍTULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	
3.1 Descripción de Resultados.....	37
CONCLUSIONES.....	51
BIBLIOGRAFÍA.....	52

RESUMEN

El declive de la abejas es un tema que ya se ha llevado durante mucho tiempo, esto ocurre con más frecuencia ya que el hábitat natural que estas necesitan es dañado por el ser humanos, ya que en los lugares en donde se encontraban son ocupados para uso urbano o bien para la agricultura. En la mayoría de los cultivos hacen fumigaciones con pesticidas que buscan quitar alguna plaga en el cultivo, pero junto con esto matan a las abejas.

Para poder detener el declive de las abejas es necesario conocer el comportamiento de la abeja *Apis Melífera* así como también los requerimientos climatológicos que están necesitan para poder sobrevivir, la *Apis Melífera* es la abeja que predomina en América, si bien la abeja *Melipona* (abeja sin aguijón) es nativa de México, la *Apis Melífera* es más ocupada ya que produce más miel y predomina en gran parte de la república Mexicana.

Cada uno de los requerimientos climatológicos de la *Apis Melífera* permite ver en el trabajo realizado varias zonas potenciales en las cuales se puede implementar el cultivo de abejas, alejadas de los contaminantes que les pueden hacer daño. Las herramientas geoespaciales utilizadas en esta tesis darán un aporte más específico, permitiendo así generar información gráfica (mapas) útil para la toma de decisiones.

Estos mapas ayudan a condensar varios aspectos de la realidad de la zona de estudio a investigar cuyo objetivo es reconocer la existencia de áreas potenciales para el cultivo de abejas. Además, otra contribución de este trabajo será el dar a conocer las necesidades de las abejas y cuál es la que predomina en el Estado de México, con este conocimiento generar una propuesta donde se puedan establecer los espacios propicios para el establecimiento de colmenas y que se puedan reproducir de una manera segura.

INTRODUCCIÓN

Las abejas son consideradas como la especie animal más importante para los seres humanos, su relevancia radica en la medida que cerca de una tercera parte de los alimentos que consumimos a diario han sido polinizados por estos insectos. Diversos estudios han demostrado que, de no preservarlas, su desaparición podría desencadenar la extinción de los seres humanos, pues, indirectamente, dependen de ellas actividades como la agricultura o la ganadería.

En el planeta hay cerca de 20 mil especies de abejas y son las principales polinizadoras, pero su población está bajando por culpa de plaguicidas y enfermedades. Se estima que 75% de los principales cultivos alimentarios del mundo depende de la zoopolinización (FIA, 2006).

El colapso de las colmenas tiene su origen en ciertas actividades agrícolas e industriales que realizan el ser humano, uso de plaguicidas, las prácticas de monocultivos, parásitos importados y manejos estresantes de las colmenas.

Desafortunadamente, informes del ICA (Instituto Agropecuario Colombiano) en 2017 indican que **el 30% de las abejas en Colombia han muerto en los últimos tres años**, en su mayoría a causa del **uso de plaguicidas en los cultivos**. Entre un 20-35% de las abejas europeas están desapareciendo cada año. En Estados Unidos la cifra llega a ser más alarmante, el 50%. Cada especie de abejas tiene una tarea importante ya que cada una se centra en alguna flor o cultivo en especial para su polinización.

Mussen (2007), entomólogo de la Universidad de Davis, California, asegura que al menos un tercio de la dieta diaria del estadounidense recae sobre el trabajo de los insectos polinizadores. Pero eso no es todo, más del 90% de la producción de zanahorias, pepinos, cebolla, brócoli, calabazas, aguacates, betabel, además de la alfalfa para el ganado, entre otras muchas frutas y verduras, depende de las abejas.

La localización, distribución, establecimiento de cualquier población requiere de un análisis espacial. El análisis espacial tiene como objetivo ejercer y manejar las técnicas cartográficas, aerofotográficas (fotogrametría), geográficas que permitan el análisis del espacio geográfico a nivel local, regional, nacional y mundial como una manera de contribuir al conocimiento del espacio donde se producen las interacciones humanas, político, social, culturales, económico y ambientales, a fin de afianzar identidad y soberanía.

Reconociendo la importancia ecosistémica que tienen las abejas es necesario para su estudio hacer uso de herramientas geotecnológicas que permitan ayudar a localizar áreas estratégicas, para su establecimiento o ubicar zonas donde existan mayores niveles de biodiversidad de plantas o de condiciones físicas y biológicas, para luego realizar la adecuada delimitación de estas y que sean establecidas como zonas prioritarias para su conservación/aprovechamiento para el desarrollo de colmenas, para que estas contribuyan a la manutención de la biodiversidad tanto natural como endémica y controlar los efectos por la ejecución de cualquier tipo de proyecto que vaya en deterioro de la población de las abejas.

Antecedentes

En el México Prehispánico las culturas mesoamericanas lograron cultivar diversas variedades de abejas de los géneros *Trigona* sp. (más pequeñas) y *Melipona* sp. (sin aguijón), la especie que tuvo más importancia en ese entonces fue la *Melipona bechii bennet* la cual se utilizó en Yucatán. La apicultura en Centroamérica se practicó colocando colmenas cerca de los hogares, mientras que en América del Sur para obtener la miel los habitantes tenían que ir al bosque a las cuevas que estaban en las rocas o al lugar en el que se encontraba el panal (Vidal, 2012).

A la llegada de los españoles, los indígenas pagaban parte del tributo con miel y cera. Con la llegada de los primeros españoles se hubiera pensado también en la introducción de la abeja común europea, y aunque desde los inicios de la conquista los españoles mostraron interés por traer abejas desde España sin

embargo con lo delicadas que éstas son resultó prácticamente imposible que soportaran los rigores de un viaje trasatlántico de dos o tres meses en las bodegas de un galeón; además la corona siempre consideró la venta de miel y cera como un monopolio real y exclusivo de España y sin embargo se sabe de varios intentos fallidos de introducir abejas melíferas en sus colonias (Vidal, 2012).

Fueron introducidas primero por los colonos europeos por América del Norte. En 1622 ya había abejas en la colonia inglesa de Virginia y no fue hasta 1711 que fueron llevadas a La Florida, que era por esos tiempos colonia de España (Vidal, 2012).

A pesar de que se tienen evidencias de que se introdujo a la abeja melífera al país sólo en la región central a finales de 1760, inicios de 1770, en 1797 no había referencias de la presencia de la abeja melífera en México ni en otras colonias españolas de la región. Se puede comprobar que los primeros testimonios de la llegada de la abeja melífera a Centroamérica y América del sur datan de los siglos XIX y XX. En 1834 fueron llevadas a Uruguay, en 1848 a Chile, en 1855 a Argentina, 1858 a Bolivia y 1911 a Yucatán. Probablemente, la lenta expansión de *Apis mellifera* por esta región, se debe a la resistencia que pudo haber tenido en aquel entonces por parte de los criadores de melipónidos o abejas sin aguijón (Vidal, 2012).

Por la situación económica y política del recién independiente país, la apicultura estuvo durante decenas de años compartiendo la utilización tanto de la abeja europea como de la melipona y, en un gran rezago. Sabemos que, a mediados del siglo XVIII, la abeja española llegó a México y se extendió por la región central del país y que no afectó mayormente la apicultura del sureste. Ya en el siglo XIX, se trajeron otras variedades de abejas europeas para mejorar la calidad y cantidad de apiarios (INEGI, 2009).

La producción de miel en México mantuvo una tendencia de crecimiento hasta 1986, cuando se alcanzó la producción récord al cosecharse 75,000 toneladas.

Debido al arribo de la abeja africanizada (se buscaba una mejora genética con *Apis adansonii*, para resistir enfermedades) en 1986 y de la varroa (ácaro que ocasiona serias pérdidas a la apicultura) en 1992, así como por el impacto de huracanes y sequías prolongadas en diversas partes del país, un importante número de apicultores abandonaron la actividad, lo que ocasionó un decremento en los niveles de producción nacional. La tendencia decreciente con la que inició la década de los noventa se ha revertido en los últimos años, ya que de las poco más de 49 mil toneladas producidas en 1996 se alcanzaron casi 60 mil y 55 mil en 2000 y 2001, respectivamente (Asociación Nacional de Médicos Veterinarios Especialistas en Abejas, A.C., 2012).

Actualmente 42 mil familias en todo México dependen de la actividad apícola y se cuenta con un total de 1.351 millones de colmenas de las que 145,000 se utilizan para la polinización de cultivos frutales y agrícolas, destinados al mercado de exportación. Habida cuenta de la importancia de la apicultura en la actividad económica, el país cuenta con apicultores organizados (Organización Nacional de Apicultores y Asociación Ganadera nacional de Criadores de Abejas Reinas y Núcleos) así como con médicos veterinarios especialista en abejas (Asociación Nacional de Médicos Veterinarios Especialistas en Abejas, A.C., 2012).

Independientemente de que gran parte de los apicultores del país lo conforman campesinos que llevan a cabo sus actividades de forma rutinaria y que la producción anual promedio de miel de abeja es de 56 mil toneladas (de la que aproximadamente el 44% se exporta principalmente a Europa); la invasión de la abeja africana y más recientemente la aparición del ácaro parásito *Varroa destructor* impactaron seriamente la apicultura de México; sin embargo, se implementaron programas de control que lograron reducir los efectos adversos de dichos artrópodos. Actualmente las autoridades sanitarias están en estado de alerta por la probable entrada al país del escarabajo de la cera *Aethina tùmida* (o pequeño escarabajo de la colmena); a pesar de las emergencias sanitarias y los desastres naturales que periódicamente afectan a la apicultura, en el futuro

próximo se vislumbra que México seguirá participando como uno de los principales productores y exportadores de miel en el mundo (SAGARPA, 2009).

La apicultura mexicana ha tenido bajas y altas durante todo su proceso, las abejas *Melipona bechii bennet* son nativas del país, estas abejas no tienen aguijón y un último trabajo de apicultura muestra que se están implementando en el Estado de Oaxaca, las abejas sin aguijón cumplen la función de polinizar cultivos, al igual que producir miel, pero en menor cantidad que la *Apis Mellifera*, es por eso por lo que se emplea más el cultivo de esta. Aunque los dos tipos de abejas cumplen la función de polinizadores, el hecho de implementar la abeja nativa de México sería mejor opción (Vidal, 2012).

El trabajo que se realizó en Oaxaca fue el *cultivo de abejas sin aguijón (Melipona)*, la cual es una abeja nativa de México, en este trabajo se encargaron primero de investigar los antecedentes que tenía la abeja Melipona en México, viendo así las necesidades de la especie para poder cultivarse. Al contrario del anterior trabajo en este se hizo el estudio de Oaxaca para poder ver la mejor zona en su cultivo, la cual fue en las zonas boscosas.

Krupke et al. (2013) mencionan en su trabajo que los primeros resultados que fue poner en cada tipo de cultivo, cuanta cantidad y de qué tipo de plaguicida es que él se está utilizando, cual es el más dañino para las abejas y el si es necesario utilizarlo en contra de estos insectos. Demuestran el efecto de los insecticidas en otras especies de abejas, como *Megachile rotundata* la cual se ve afectada negativamente (Alston et al., 2007).

Recientemente se encontró que las abejas melíferas no son más sensibles que otras especies de abejas o insectos, a través de 62 insecticidas examinados, se sugiere que, aunque las abejas melíferas pueden ser sensibles a los insecticidas individuales, no son especies altamente sensibles a los insecticidas en general, o incluso a clases específicas de insecticidas (Hardstone y Scott, 2010).

El objetivo de este artículo (Daño colateral en abejas por la exposición a pesticidas de uso agrícola) es encontrar un vínculo entre la continua disminución de las poblaciones de abeja en el medio oeste y los insecticidas aplicados a la soja y semilla de maíz. A través de la elaboración de mapas y estadística para la visualización de plaguicidas.

Algunos tipos de abejas son considerados como plaga, ya que en su mayoría acaban con los cultivos en vez de hacer la polinización, hay abejas que polinizan cierto tipo de planta, en la cual no está vista como amenaza.

El análisis de Arroyo y Gallardo (2001), indica los tipos de abejas que existen en el mundo, así como su aprovechamiento en productos y control en la crianza de las abejas. Basándose en una metodología de recolección de datos de cada familia de las abejas.

En el manual básico apícola se pueden mostrar los resultados de cuantas familias hay de abejas y en cuantas estas se clasifican, así mismo viene como son las características de cada una de estas, las especificaciones de que es lo que hacen y como es que ayudan al ecosistema en mantenerse en balance. La producción y la importancia de la miel, así como la cera.

Las abejas se comportan de diferente manera teniendo en cuenta cómo es que se encuentran o como se localizan, el tipo de abeja que es y cómo es que está clasificada, las cosechan tienen tiempo al igual que nos muestra como poder hacerlo y tener mejor uso de la cosecha.

Otro de los análisis en cuanto a apicultura fue el de la Coordinación General de Ganadería con información de las delegaciones de la SAGARPA; en donde muestra tasas de producción de polen, miel y cera de los años 2005 en adelante; así como la pérdida de la especie en los últimos años; mostrando los estados de la república con más agentes polinizadores y recolectores de miel y cera. Elabora gráficas y mapas de la república mexicana en cuanto a la polinización, pérdida de las abejas y la recolecta de miel y cera en la república mexicana. En este artículo

se muestran tablas en donde viene el porcentaje de cada uno de los estados de la república mexicana en donde se tiene más consumo de la miel y cuál es el más productivo; muestra en que estados es en donde hay más colmenas y en donde se pueden cultivar más abejas. Muestran tablas de porcentajes de exportaciones mexicanas de miel. Este artículo podría servir en cuanto a que estado es en donde se generan más colmenas al igual que ver las propiedades del por qué ahí, así mismo los agentes polinizadores.

En el caso de estudio de Meléndez y Ayala (2007), identifica la importancia de las abejas en el ecosistema, así como la importancia de la polinización en los cultivos.

Elaboración de Tribus y especies de abejas utilizadas como indicadoras ecológicas o ambientales, método de monitoreo, ventajas y observaciones para su uso.

Las abejas melíferas comúnmente pecorean en un área de 1.5 km alrededor de su colmena y excepcionalmente hasta 10 a 12 km, en función de su necesidad de alimentos y su disponibilidad. Durante estos vuelos de colecta obtienen al azar muestras del ambiente, las abejas recogen néctar, polen, resinas y agua.

También recogen polvos de diversos orígenes en las sedas del cuerpo, de este modo, son usadas como especie bioindicador o “centinela” para la detección de la contaminación ambiental. Desde 1962 las abejas melíferas han sido utilizadas en Italia para monitorear la contaminación ambiental por metales pesados en todo el territorio, plaguicidas en las zonas rurales y también la presencia de radionucleidos en el ambiente. Así, las abejas actúan como un detector de contaminación del ambiente en dos formas, a través de las tasas de mortalidad afuera de las colonias y por la presencia de moléculas tóxicas en los residuos en la miel, el polen y en las larvas, incluyendo también la presencia de metales pesados, fungicidas y herbicidas. El monitoreo con abejas también contribuye a la declaración de impactos ecológicos conocidos como “trazado de mapas de salud ambiental”, que

incluyen datos de las tasas de mortalidad, así como del tipo y nivel de riesgo de las moléculas detectadas en el ambiente (Ayala, 2017).

En México el uso de especies de abejas como bioindicadores del estado de conservación tiene grandes posibilidades de ser instrumentado, y pueden ser de gran ayuda tanto en la problemática relacionada con la conservación de áreas naturales, como para evaluar el efecto de la fragmentación, del cambio del uso del suelo, de la contaminación ambiental y para registrar los efectos del cambio climático. Para esto se requiere promover más estudios sobre la fauna de abejas en los diferentes ecosistemas del país y mantener una red de colaboración entre los investigadores taxónomos especialistas en abejas y los ecólogos de la conservación.

Pantoja et al. (2014), resaltan la importancia de los polinizadores y el establecimiento de una iniciativa internacional para la conservación y el uso sostenible de los polinizadores. La metodología será diferente para áreas de monocultivo, donde los cultivos objeto de estudio se encuentran en una matriz del mismo cultivo, y para áreas en la que existen múltiples cultivos diferentes, o para los cultivos cerca de vegetación nativa o con bordes, que están en contacto con fragmentos de bosque, o áreas en sucesión vegetal. Adicionalmente, se deberán considerar también diferencias en las labores de labranza (cambio del perfil del suelo) y el control de malezas dentro del cultivo.

Aspectos generales de la polinización, favorecimiento de la polinización en los cultivos, efecto de la introducción de especies no nativas en la polinización, el impacto de la agricultura tradicional y tecnificada sobre la polinización; importancia de la polinización en los países de América Latina y el Caribe, la polinización en los cultivos de América Latina, polinización como servicio ambiental, realizados en otras regiones, pero enfocados a la polinización de cultivos de importancia económica en Latinoamérica y el Caribe, polinización en cultivos específicos de Latinoamérica y el Caribe.

En términos de los trabajos en biología de polinización de plantas cultivadas y de la protección de los polinizadores como una de las medidas básicas para asegurar la seguridad alimentaria en la región, Latinoamérica y el Caribe, en materia investigativa, presenta muchos atrasos con respecto a otras regiones como Norte América, Europa e incluso África, quienes a lo largo de los años han generado bases de datos e información actualizada del estado de la polinización en sus territorios. Específicamente en Latinoamérica, pese a ser una región netamente agrícola que depende de los polinizadores, existen solo algunos trabajos aislados que evalúan el papel de los polinizadores nativos en la producción de frutos y semillas en la región, cuya información está restringida a condiciones particulares del país o lugar en donde se realizaron.

Adicionalmente, pocas han sido las iniciativas en pro del estudio y la conservación de los polinizadores, de las cuales quizás sea la de Brasil la que está más adelante en términos de su agenda de trabajo, compromiso de sus miembros y metas a mediano y largo plazo. Otras iniciativas aun en el proceso de consolidación para la región incluyen las de Colombia y Chile.

Cala (2016), fundador del emprendimiento Apisgreen, ha traído las abejas del campo a la ciudad, a través de una iniciativa innovadora de apiarios urbanos. El proyecto consiste en instalar abejas (*Apis Mellifera*) seleccionadas genéticamente para vivir en la ciudad, y de esta forma, a futuro, así como los ciudadanos tienen huertas en su casa, también posean un apiario para la producción casera de miel y polen, una idea que ya se ha explorado en ciudades como New York, Copenhague y Paris, y que tiene como objetivo principal la preservación de estos animales.

Los análisis encontrados sobre la apicultura en México que se muestran en el trabajo han servido para conocer las metodologías de cada uno y observar qué es lo que requiere cada tipo de abeja para su conservación. La investigación de *Abejas como bioindicadores de perturbaciones en los ecosistemas y el ambiente*

muestran diferentes metodologías para el aprovechamiento de cada tipo de abejas en cuanto a la recolección de polen.

En cuanto a lo que se hará en la tesis de buscar las zonas con mejor ubicación para el cultivo de las abejas el artículo de *Situación actual y perspectiva de la apicultura en México*. Sirvió para conocer en qué lugares se desenvuelven más estos insectos y en donde son más aprovechados. SAGARPA mostraron un aporte muy importante ya que en este documento se puede visualizar en que estados de la República Mexicana se encuentra el mayor número de estados polinizadores, así como la producción de miel y cera; como es que ha ido decreciendo el número de abejas en cada una de estas zonas y por lo tanto hay menos ingresos.

Algunos análisis tienen propuestas muy interesantes que podrían ser mitigaciones para este trabajo como lo son los apiarios urbanos, tomando en cuenta todos los cuidados necesarios que estos requieren y explica en su trabajo. Cada uno de los trabajos fue con diferente tipo de abejas, un análisis como el que se realizara en este trabajo no se ha empleado en algún cultivo de abeja.

El trabajo realizado en la Comarca Lagunera fue un análisis territorial y espacial en sus sistemas agropecuarios; el cual se basó primero en identificar cada uno de los apiarios que se encontraban en la zona, así como también la vegetación de interés apícola en un radio de 3 km a partir del sitio geográfico del apiario, se utilizó la cartografía digital de uso de suelo y vegetación de escala 1:250 000. Para identificar la vegetación del lugar se tomó como base en este trabajo la vegetación primaria de la zona.

El resultado del trabajo muestra a que distancia esta la vegetación más visitada por las abejas, así como cuanto es lo que vuela aproximadamente la abeja hasta llegar a ella.

Planteamiento del problema

“El declive de las abejas es un problema tanto ambiental como agrícola, ya que estos ejemplares llevan a cabo la polinización de muchas flores y cultivos. La desaparición de las abejas también significa pérdida de cosechas y al riesgo de producción de alimentos. El problema del declive existe desde los años 1985 y 2005, se estima que tan solo el 25% de la población de las especies de colonias de abejas había desaparecido en Europa, en México y EUA a partir del año 2006; esta afectación se considera ha sido como consecuencia por el exceso de la producción de los monocultivos, el uso excesivo de agroquímicos, sobre todo pesticidas y la presencia de incendios forestales.

En México, extensas áreas con distintos ecosistemas han sido degradadas o transformadas en campos agrícolas y pastizales para ganado o áreas para la población de zonas urbanas y rurales. De la misma manera, la contaminación ambiental del agua, el suelo y el aire, están entre las principales amenazas para la salud ambiental, para la vida silvestre y la humana. La desaparición de los enjambres de abejas consiste en un fenómeno que se presenta cuando las abejas salen de la colmena a realizar las actividades propias de su especie, pero no regresan.

Las abejas que se ocupan del cuidado del nido, de la reina y los zánganos, mueren en breve tiempo al no obtener el alimento que las obreras procuran cotidianamente con su trabajo. No se sabe qué pasa con las abejas ni a dónde se dirigen, pero indudablemente mueren fuera del panal. Esta situación anormal trae consigo el colapso y la muerte de las colmenas.

A finales de noviembre del año 2006, los apicultores de la Florida, y quienes llevan sus abejas a ese estado para pasar a buen recaudo el duro invierno del norte de los Estados Unidos, advirtieron que las colmenas se estaban quedando vacías. Inicialmente se pensó que era un hecho pasajero, pero pronto se estableció que era algo nuevo cuando a la llegada de la primavera el fenómeno no desapareció, sino que siguió propagándose (Ayala, 2015).

“Existen evidencias sobre la desaparición de colonias de abejas que datan del siglo XIX. El primer reporte registra un evento que ocurrió en 1868 en Tennessee. De entonces a la fecha se han observado y registrado 24 ocurrencias, incluyendo el último correspondiente al actual período 2006-2007. Los datos informan que en México se presentó en dos ocasiones, las dos en la década de los setenta. Sin embargo, probablemente también se vio afectado el territorio mexicano cuando a principios de los sesenta hubo un evento de este tipo a lo largo de la frontera de Texas con México. En la primera y segunda década del siglo XX hubo desaparición de colonias de abejas en la isla Wright, en Inglaterra, dejando menos del 10% de la población. Pero lo normal ha sido que el desvanecimiento de las abejas alcance máximos del 25 al 30% y luego sobrevenga una recuperación. El caso actual es diferente, casi donde quiera que se ha presentado ha impactado con fuerza a las poblaciones de abejas hasta casi su desaparición en algunas zonas (Underwood, 2007).

Como tal en la investigación que se requiere hacer no se cuenta con antecedentes o trabajos que muestren de manera más amplia las zonas que podrían estarse utilizando para aumentar la producción de abejas, solo se muestran de manera muy superficial las zonas que podrían utilizarse y en si con el fin de que cumplan su función como polinizadores.

Hay muchos estudios realizados en las abejas y van desde los estudios epidemiológicos de algunos factores de riesgo para los polinizadores, el aprovechamiento de los productos que se pueden recolectar con estos, el comportamiento higiénico en las colonias de abejas; el estudio encontrado sobre el cultivo de abejas fue en Oaxaca el cual es “Las abejas sin aguijón y su cultivo en Oaxaca, México con catálogo de especies” en el cual se enfoca en las características físicas de la abeja melipona (sin aguijón), en este trabajo también muestra las diferencias hay entre las abejas Meliponas y las Mellíferas, tanto en las diferencias de las colonias como en la forma en que recolectan el polen, su

enfoque en el cultivo es más para asentamientos en donde estas abejas ya tienen aparición en el estado de Oaxaca.

Un estudio en el cual se ocupan técnicas geoespaciales es en “Diagnóstico territorial y espacial de la apicultura en los sistemas agroecológicos de la Comarca Lagunera” este estudio se realizó para determinar el panorama espacio-territorial de la apicultura en la Comarca Lagunera así como también se muestra la vegetación de interés apícola en el año 2011.

Como tal un estudio realizado para ver posibles zonas de cultivo para las abejas, no se a realizado; cada uno de los estudios vistos muestra las características físicas de las abejas, las cuales no muestran cambio más que en el tipo de colonia que representa cada una, son muy pocos los estudios que muestran alguna geo tecnología ocupada, algunas propuestas son ubicaciones no tan recomendables para estos ejemplares; el implemento de estas en las ciudades son en parques pero aun así corren con el riesgo de muerte por las temperaturas y que están demasiado ceca de las ciudades.

Se estima que existen cerca de 300 especies de abejas con alrededor de 20 000 ejemplares, cada una de ellas tiene características diferentes en cuanto a la estructura de su cuerpo, la distribución de cada de una de ellas también cuenta para este estudio; las abejas Melipona (sin aguijón) son nativas de américa, en México se reportan 46 especies de abeja sin aguijón, agrupadas en 16 géneros.

De acuerdo al estudio realizado en Oaxaca, mostraron los registros de abejas por entidad federativa y el Estado de México solo hay un 5% en especies Meliponas (Tabla1).

Tabla 1: Numero de abejas sin aguijón por Estados en México.

Estado	Núm. de especies de Meliponini	% de las 46 especies de México
Oaxaca	35	76.1
Chiapas	34	73.9
Veracruz	24	52.2
Quintana Roo	19	41.3
Tabasco	16	34.8
Yucatán	13	28.3
Guerrero	12	26.1
Puebla	12	26.1
Jalisco	11	23.9
Campeche	11	23.9
Michoacán	10	21.7
San Luis Potosí	10	21.7
Morelos	9	19.6
Colima	9	19.6
Nayarit	8	17.4
Estado de México	5	10.9
Sinaloa	5	10.9
Hidalgo	5	10.9
Querétaro	3	6.5
Tamaulipas	3	6.5
Durango	3	6.5
Sonora	1	2.2
Zacatecas	1	2.2
Ciudad de México	1	2.2
Chihuahua	1	2.2
Nuevo León	1	2.2
Tlaxcala	0	0.0
Baja California	0	0.0
Coahuila	0	0.0
Aguascalientes	0	0.0
Guanajuato	0	0.0

Fuente: Arnold (2018).

El número de especies que abundan más en el estado de México son las de especie *Apis Mellifera*, esta especie suele resistir temperaturas más bajas.

Varias investigaciones muestran que esta especie (*Apis Mellifera*) muestra resistencia a enfermedades y a insectos que suelen matarlas, esta especie fue introducida por los Europeos y esta especie es la que más predomina en el estado de acuerdo a la tabla mencionada.

La apicultura tiene una gran importancia socioeconómica y ecológica, ya que es considerada como una de las principales actividades pecuarias generadora de divisas y parte fundamental de la economía social.

Si bien se sabe las abejas son muy importantes para el ser humano y su escases es preocupante ya que sin ellas puede llegar a ser el fin de demasiados cultivos en la agricultura, México es uno de los mayores productores de miel a nivel mundial, pero esta práctica no se realiza en toda la república, hay estados en donde es la actividad principal de un estado, en el estado de México no hay tanta productividad de la apicultura como la tiene Oaxaca o Veracruz.

Hay lugares en el estado de México en donde se lleva a cabo la apicultura, algunas de ellas son en el Municipio de Lerma y Valle de Bravo; la práctica de apicultura no solo debería reflejarse en que sería un gran aporte en la economía de la zona, sino en verdad preocuparse por la tranquilidad y la producción de más abejas en esta. Las abejas son fundamentales para un equilibrio del medio ambiente ya que al obtener el alimento de las flores fomentan en las plantas la capacidad de fecundarse.

Justificación

La pérdida y la posible extinción de la abeja no solo repercute en pérdidas de cultivos sino también sin colmenas la continuidad de la especie humana sería un enigma porque escasearían los alimentos. Las abejas son de vital importancia en el medio ambiente, mantenimiento de la biodiversidad y los ecosistemas, proporcionando servicios de polinización esenciales para una amplia gama de cultivos y plantas silvestres.

Prácticamente toda agricultura depende en mayor o menor grado de las abejas polinizadoras, y como la agricultura es la base de la sociedad humana su resquebrajamiento propiciaría un daño irreparable en un mediano plazo al sistema de producción de alimentos y otros insumos, y a la población mundial. Algunos científicos afirman que de continuar la desaparición de las abejas el efecto podría

ser equiparable al del cambio climático global, cuando éste alcance su momento más crítico.

El aporte de este tema de tesis sería la ubicación y posibles zonas en el Estado de México en las cuales se podría desarrollar mejor la especie de abejas, sin daños o plaguicidas que pudieran hacerles daño; contribuyendo a incrementar su densidad de población, su distribución y abundancia, haciendo así que ya no sea una especie en peligro de extinción.

La metodología utilizada en esta tesis es importante ya que con esta se presentan las zonas que podrían estarse utilizando para el cultivo de abejas, el análisis espacial realizado es más completo en cuanto se puede ver de una manera más específica con las diferentes variables empleadas.

Objetivo General

Identificar zonas potenciales de cultivo para la abeja *Apis mellifera* con el propósito de contribuir al incremento de las poblaciones a través del análisis espacial de sus requerimientos biológicos y ambientales.

Objetivos particulares:

1. Documentar y registrar las zonas de cultivo de abejas dentro del territorio del Estado de México, para identificar condiciones y requerimientos para su desarrollo.
2. Reconocer los requerimientos ambientales y biológicos de la especie *Apis Mellifera* para establecer sus requerimientos de cultivo a través del proceso documental, así como el inventario de esta especie que se registra en el Estado de México.
3. Proponer las zonas potenciales para el cultivo de abejas a través de un SIG que puedan contribuir al incremento de las poblaciones en el Estado de México.

CAPITULO I. MARCO CONCEPTUAL

1.1 Herramientas geoespaciales

Las herramientas geoespaciales son el conjunto de elementos y técnicas que permiten el análisis de la realidad a partir del conocimiento del espacio geográfico proporcionado por los Datos Geoespaciales. Estas son esenciales para tener una buena gestión de información, en este trabajo se emplearán para tener una mejor estructura de los datos colectados, para procesarlos de la mejor manera posible.

Las herramientas geoespaciales se utilizan más para automatizar tareas, hacen que el estudio sea más fácil como para transponer imágenes o mapas, la recopilación de los datos también la pueden automatizar y la limpieza de base de datos es más sencilla. (Delamater et al., 2012).

Las herramientas geoespaciales son instrumentales de geoprocésamiento creadas por el usuario que puede transformar datos entre los diferentes modelos de información y formatos de archivo, pueden realizar una amplia gama de procesos y flujos de datos, desde simples traducciones de formatos a complejas transformaciones que reestructuran la geometría y los atributos. Estas se llegan a utilizar de manera independiente, se pueden publicar en cajas de herramientas como servicios de geoprocésamiento (ArcGIS, 2013).

1.2 Cartografía

La Cartografía es la ciencia, la técnica y el arte de la elaboración y uso de los mapas. Un buen cartógrafo no puede tener únicamente un buen conocimiento científico y técnico, sino que también debe desarrollar habilidades artísticas a la hora de elegir los tipos de líneas, los diversos colores y los textos (Brewer, 2005).

Los mapas consisten en una representación gráfica que facilita el entendimiento espacial de los objetos, conceptos, condiciones, procesos y eventos del planeta. Los primeros Mapas se confeccionaron hace varios miles de años cuando los

egipcios generaban Mapas Catastrales mostrando los límites parcelarios de forma de poder ser reestablecidos luego de las inundaciones recurrentes del Nilo (Brewer, 2005).

La cartografía es la ciencia que estudia los diferentes métodos o sistemas que permiten representar en un plano una parte o la totalidad de la superficie terrestre (Domínguez et al., 1966). Es la rama de la ciencia que estudia la realización y el estudio de los mapas; entendiendo por mapa la representación gráfica de relaciones y formas espaciales (Robinson et al., 1987).

De acuerdo con la Asociación Cartográfica Internacional (1966) a la cartografía la definen como un conjunto de estudios y de operaciones científicas, artísticas y técnicas que, a partir de los resultados de observaciones directas o de la explotación de una documentación, intervienen en la elaboración, análisis y utilización de cartas, planos, mapas, modelos en relieve y otros medios de expresión, que representan la Tierra, parte de ella o cualquier parte del Universo. El concepto de cartografía ha sido empleado a lo largo de la historia de distinta forma en función de la formación profesional y el conocimiento de los diferentes usuarios de mapas.

Para concluir, podemos decir que las distintas acepciones del término cartografía indicadas, además de otras existentes, tienen en común, su relación con el conjunto de conocimientos científicos y operaciones técnicas que intervienen en el proceso de elaboración de mapas. Considerando el concepto de mapa como el formato de representación de la superficie terrestre y las relaciones espaciales existentes entre los distintos elementos geográficos.

1.3 Apicultura

El cultivo de abejas también recibe el nombre de apicultura, la cual se dedica a la crianza y cuidado de las abejas, normalmente esta actividad se realiza para la producción de miel y cera. Para este estudio el cultivo de abejas no va relacionado a obtener productos de estas, sino que, el cultivo específicamente se realizara

para poder reproducir a las abejas y estas puedan ya no ser una especie en peligro de extinción (CECASEM, 2016).

La apicultura es una actividad que produce importantes beneficios a la agricultura y el medio ambiente, por medio de la acción polinizadora de las abejas, además de los productos que obtenemos de la colmena (CLUSAPIDOM, 2015).

Los principios básicos de la apicultura constituyen un saber antiguo, muy enraizado en nuestra tradición, y están recogidos en muchos textos y tratados, desde la época de los romanos y la Edad Media, hasta la actualidad. De hecho, la apicultura aparece ya ampliamente documentada como actividad productiva en el primer tratado que se conoce sobre la agricultura y la ganadería escrito hacia el año 42 de nuestra Era por el autor romano de origen hispano Lucius Junius Moderatus – Columela (Pérez, 2019).

La cultura del manejo de las abejas *Apis mellifera* en las Américas es relativamente nueva. Los americanos sin embargo han manejado abejas sociales desde antes de la historia escrita. Los primeros pobladores de América, desde México al Perú, cultivaron las abejas señoritas (abejas nativas sin aguijón) utilizando su miel, y la mezcla de cera-propóleo de sus colmenas como una medicina por siglos. Por menos de cuatro siglos, las abejas manejadas han sido la abejas comunes, introducidas desde Europa, y más reciente de origen africano. Desde la introducción de la abeja africana en el Brasil a mediados de 1950, las razas europeas son remplazadas por las abejas africanizadas, una abeja muy defensiva y difícil de manejar, en la mayor parte del continente Americano (Caron, 2010).

1.4 Análisis espacial

El análisis espacial es la conjugación de técnicas que buscan separar, procesar, clasificar y presentar con criterios cartográficos el estudio cuantitativo y cualitativo de aquellos fenómenos que se manifiestan en el espacio y que son objeto de nuestro estudio (OLAYA, 2010).

El análisis espacial tiene como objetivo ejercer y manejar las técnicas cartográficas, aerofotos gráficas (fotogrametría), geográficas que permitan el análisis del espacio geográfico a nivel local, regional, nacional y mundial como una manera de contribuir al conocimiento del espacio donde se producen las interacciones humanas, político, social, culturales, económico, ambientales, a fin de afianzar identidad y soberanía (OLAYA, 2010).

Goodhild et al. (1992 en Gamir et al., 1995) define el análisis espacial dentro del SIG como “un conjunto de técnicas basadas en la localización de los objetos o hechos geográficos que analizan, requiriendo el acceso simultáneo al componente ocasional y temático de la información”.

El análisis espacial pone en evidencia estructuras y formas de organización en el medio geográfico, los modelos centro-periferia, tramas urbanas jerarquizadas, tipos de redes o de territorios, analiza los procesos que están en el origen de las estructuras antes mencionadas.

El análisis espacial, se vale de conceptos como la distancia, interacción espacial, alcance espacial, estrategia o elección espacial, territorialidad, leyes de la espacialidad vinculadas con esas formas y procesos y que están integradas con las teorías y modelos del funcionamiento y evolución de sistemas espaciales (Pumain, 2004). Además, constituye una importante herramienta en las tareas de planificación ambiental y ordenación del territorio. Un importante elemento auxiliar en esta tarea son las Técnicas de Evaluación Multicriterio (EMC) que, unidas a los SIG, forman una potente herramienta de gran utilidad y validez (Bosque, 2000).

Algunos aspectos metodológicos del análisis espacial cambian dependiendo el estudio que se va a hacer, en el estudio de Bosque (1992) “El uso de los sistemas de información geográfica en la planificación territorial” primero se hizo una investigación acerca de lo que es una planificación territorial, llevando a esto a tener en cuenta las fases de una planificación territorial.

Según Bosque (1992) el análisis espacial se usan técnicas como las cuales cumplen con los siguientes dos objetivos:

- Identificar los componentes del espacio
- Utilizar un procedimiento o un conjunto de procedimientos que permitan comprender la funcionalidad de algunos de los componentes espaciales

Es necesario precisar, que las herramientas técnicas cumplen con los dos objetivos del análisis espacial, mencionados anteriormente, en cuanto a que sirven para identificar los componentes del espacio y se centran en el procesamiento o tratamiento de datos; las técnicas de acuerdo a Bosque (1992) se divide en 4 grupos los cuales son:

- Técnicas cualitativas (entrevistas, diarios de campo, análisis documental)
- Técnicas cuantitativas (medidas de tendencia central, medidas de dispersión)
- Representaciones gráficas (mapas, redes, matrices, diagramas, fotografías aéreas, imágenes de satélite)
- SIG (funciones de análisis, las cuales combinan representaciones gráficas y técnicas cuantitativas)

1.5 Edafología

Ciencia que estudia la naturaleza y propiedades de los suelos con relación a la producción vegetal. Proviene del griego "edaphos" suelo y "logos" tratado. En general se toma como sinónimo de pedología, pero la diferencia entre pedón y edafón es que en el primero es el suelo en el sentido de piso y en el segundo suelo que se cultiva.

La Edafología (del griego edafos, "suelo", logía, "estudio", "tratado") es la ciencia que estudia la composición y naturaleza del suelo en su relación con las plantas y el entorno que le rodea. Dentro de la edafología aparecen varias ramas teóricas y aplicadas que se relacionan en especial con la física, la química y la bioquímica.

El suelo se origina a partir de la roca madre producida por los procesos químicos y mecánicos de transformación de las rocas de la superficie terrestre. A esta materia madre se agregan el agua, los gases, sobre todo el dióxido de carbono, el tiempo transcurrido, los animales y las plantas que descomponen y transforman el humus, dando por resultado una compleja mezcla de materiales orgánicos e inorgánicos.

En Ecología y Edafología se llama edafón a la biota específica del suelo. La palabra aplica al suelo (edaphos) el modelo de la palabra plancton. Por su actividad biológica el suelo alcanza muchos de los rasgos de su composición e incluso de su estructura; y por la actividad metabólica del edafón el suelo es la sede de procesos fundamentales para los ciclos de los elementos, que los mantienen a disposición de la vida.

- **1.5.1 Uso de suelo en plantas de interés apícola**

Las especies de interés apícola proveen de recursos a las abejas y pueden ser cultivadas con un fin económico determinado (Cucurbitáceas, algodón, alfalfa, tréboles, melilotus, cítricos, manzanos, perales, otros frutales, sauces, álamos, acacias, eucaliptos, etc.), o especies silvestres nativas o exóticas espontáneas.

En general las abejas utilizan solamente una parte reducida de la flora presente, ya que no todas ofrecen un buen recurso, o son morfológicamente inadecuadas para ser explotadas por ellas, por ejemplo, es esencial la relación entre la profundidad de la corola y la longitud de la lengua, que permite extraer el néctar. Muchas flores tienen sistemas que impiden a los polinizadores la extracción de néctar, como corolas profundas y estambres estériles que tapan los nectarios.

Es fundamental destacar que una especie muy importante en una determinada región no tiene por qué serlo en otra, ya que el recurso que aporta varía ampliamente con las condiciones de clima y suelo y además pueden existir otras especies que aporten mayor o mejor recurso, que no estén presentes en el primer lugar considerado.

En esta parte se ubicó las especies arbóreas y florares con aptitud melífera, las cuales se citarán las más difundidas se observan en la tabla 2.

Tabla 2. Especies arbóreas y florares con aptitud melífera

Nombre científico	Nombre común
Nerium oleander L.	• Adelfa
• Malus doméstica.	• Manzano
• Eucaliptus.	• Eucalipto
• Rhododendron	• Azalea
• Pimpinella anisum	• Anís
• Citrus sinensis	• Naranja
• Citrus x limón	• Limón
• Citrus reticulata	• Mandarina
• Citrus x aurantifolia	• Lima
• Helianthus annuus	• Girasol
• Origanum vulgare	• Orégano
• Origanum majorana	• Mejorana
• Thymus vulgaris	• Tomillo
• Lavandula angustifolia	• Lavanda
• Prunus domestica	• Ciruelo
• Prunus cerasus	• Cerezo
• Prunus persica	• Duraznero
• Prunus armeniaca	• Damasco o Albaricoque
• Prunus dulcis	• Almendro
• Rubus ulmifolius	• Zarzamora
• Quercus ilex	• Encina

Fuente: Colección de plantas melíferas, Jardín Botánico (2017).

1.6 Análisis Multicriterio

La “evaluación Multicriterio” comprende un conjunto de teorías, modelos y herramientas de apoyo a la toma de decisiones, aplicable no sólo al análisis de inversiones sino a una amplia gama de problemas en la gestión tanto privada como pública (Arancibia et al., 2005).

El concepto genérico de evaluación multicriterio como conjunto de operaciones espaciales para lograr un objetivo teniendo en consideración simultáneamente todas las variables que intervienen (Barredo, 1996), bien sean factores o restricciones sirve de soporte para diversidad de objetivos, frecuentemente relacionados con la toma de decisiones espaciales y en ocasiones derivados hacia

la evaluación multiobjetivo cuando entran en juego fuerzas de competencia entre diferentes usos (Moreno, 2001).

Una de las fases necesarias, a la vez que estratégica en la metodología propuesta, es la elección de los criterios que se consideran determinantes para el objetivo concreto. La elección de los criterios es determinante ya que, según las variables incluidas, el resultado final obtenido puede variar considerablemente. Una vez identificadas las variables, se procede a la preparación de criterios. Es aquí donde los factores y restricciones comienzan a tratarse de forma diferente (Moreno, 2001).

En este sentido el análisis multicriterio es especialmente útil en su aplicación al medio ambiente ya que en los problemas de carácter ambiental influyen multitud de factores. Así, por ejemplo, a la hora de evaluar el riesgo de incendio de una determinada zona habrá que considerar factores tales como la pendiente del terreno, el tipo de cobertura vegetal, los usos del suelo, etc. y cada uno de ellos tendrá además una mayor o menor influencia en dicho riesgo.

Tras la preparación de los factores y restricciones se desarrolla un sistema de ponderación de las variables que actúan como factor, basado en la consideración de que no todas las variables de naturaleza continuán incorporadas tienen la misma importancia; por ello, cada factor asume un peso relativo que hará que ciertas variables incidan en mayor medida sobre la adecuación final para el objetivo propuesto.

Con estos elementos se procede al desarrollo de una combinación lineal ponderada en la que los factores son multiplicados por sus respectivos pesos relativos (en tantos por uno), de modo que las zonas más adecuadas para un objetivo asumen una puntuación máxima de 1. Por el contrario, las zonas no adecuadas asumirán valores próximos a 0. En estos casos generalmente se presentan diversos objetivos o criterios que simultáneamente deben incorporarse, los cuales requieren de la aplicación de una Metodología

como la propuesta que implica la selección entre un conjunto de alternativas factibles, la optimización de varias alternativas de objetivo, y procedimientos de evaluación racionales y consistentes, que se utilizan para tomar decisiones frente a problemas que contienen aspectos intangibles a evaluar (Dooley et al., 2009).

1.7 Superposición Ponderada

Para asignar los valores que tendrán cada una de las variables se debe de hacer una reclasificación dando así las ponderaciones que se tiene en cada uno de los datos. La diferencia que se tiene cuando se utiliza el método de ponderación es que al terminar el proceso de cada uno de los factores empedados en el trabajo tendrá un valor (ponderación) que se dará por un experto en el tema:

Figura 1. Ejemplo del formato de ponderación de datos.

		ALTERNATIVAS (i)							CRITERIOS (j)					
		1	2	3	4	I			1	2	3	j
CRITERIOS (i)	1	PUNTUACIÓN DE CRITERIOS (X_{ij})												
	2													
	3													
	.													
	j													
									PESOS (W_j)					

		ALTERNATIVAS (i)							CRITERIOS (j)					
		1	2	3	4	i			1	2	3	j
PUNTOS DE VISTA (v)	1	VALORES (r_i)												
	2													
	3													
	.													
	v													

Fuente: Gómez (2008).

Dependiendo del factor con importancia es la ponderación que se da, esta puede ir cambiando respecto al tema.

La superposición de mapas permite interrelacionar las variables técnicas del diseño con las variables ambientales, con el fin de producir criterios de decisión que conduzcan a la obtención de las mejores alternativas de trazado para proyectos lineales (Gómez et al, 2018).

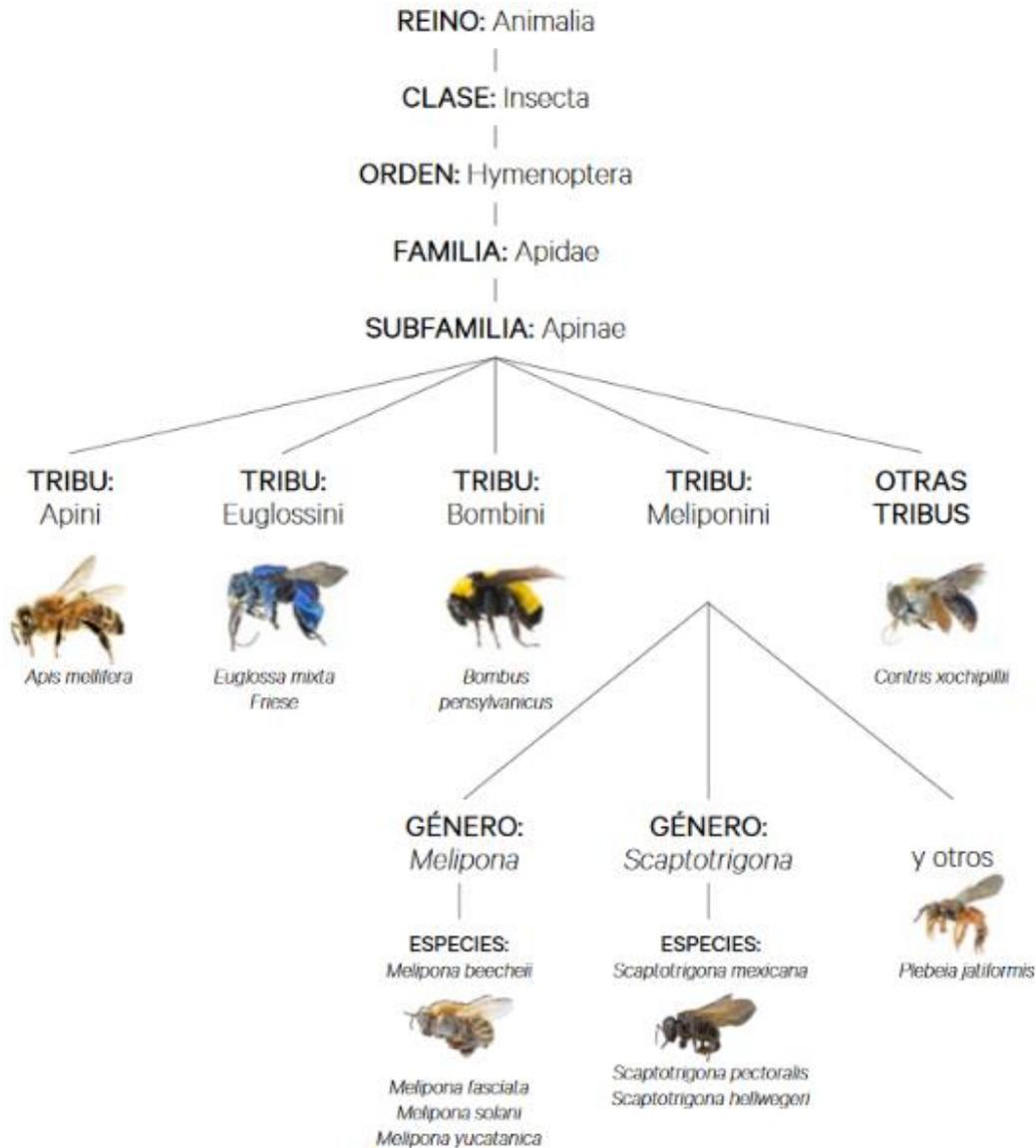
1.8 Familia de la especie

La abeja europea (*Apis mellifera*), también conocida como abeja doméstica o abeja melífera, es una especie de himenóptero apócrito de la familia Apidae. Es la especie de abeja con mayor distribución en el mundo. Originaria de Europa, África y parte de Asia, fue introducida en América y Oceanía. Fue clasificada por Carlos Linneo en 1758. A partir de entonces numerosos taxónomos describieron variedades geográficas o subespecies que, en la actualidad, superan las treinta razas.

Las abejas melíferas son unos animales muy interesantes en muchos aspectos, sobreviven y se perpetúan como una unidad que denominamos colonia. La raza de abeja melífera más criada en el mundo es la *Apis mellifera ligústica* o abeja italiana, de una tonalidad amarillenta (parecen avispa). Su principal valor es la mansedumbre (casi no pican), además es muy prolífica.

Para su cultivo en el Estado de México es la mejor opción ya que esta predomina más que otras.

Figura 2. Familia de la *Apis Mellifera*.



Fuente: Ayala, 2007

1.9 Características de la *Apis Mellifera*

La abeja es un insecto enormemente beneficioso para la agricultura y para el medio ambiente. Es el principal agente polinizador en los campos y montes, más activo y eficaz que el viento o que cualquier otro animal. Además, nos proporciona productos insustituibles, como la miel y la cera (Pérez, 2019).

Para entender mejor la biología de las abejas africanizadas y su impacto en México, es necesario conocer un poco sobre la evolución de las razas de abejas melíferas de las que descendieron las que hoy existen en el país. *Apis mellifera* es la única especie de abejas melíferas que evolucionó en Europa y África, donde por efectos ambientales y de aislamiento geográfico se ramificó en varias razas o subespecies. Las poblaciones de abejas melíferas europeas y africanas estuvieron separadas por más de 70,000 años, tiempo durante el cual fueron influidas por distintos ambientes. Las mutaciones y la selección natural propiciaron adaptaciones a condiciones muy diferentes, lo que moldeó y originó variación en sus características morfológicas, fisiológicas y de comportamiento, dando lugar a distintas subespecies o ecotipos de abejas; es decir, abejas adaptadas a una región ecológica en particular. Se reconoce la existencia de 24 subespecies de la abeja melífera, *A. mellifera*, diez de las cuales evolucionaron en África, ocho en Europa y seis en el cercano oriente (Guzmán et al., 2011).

- **1.9.1 Características biológicas y comportamiento**

Caracterizar de manera precisa a las abejas africanizadas es complicado porque debido a su naturaleza híbrida existe variabilidad entre sus colonias para muchas características. A pesar de ello, pueden hacerse algunas distinciones generales entre estas abejas.

- Tiempo de desarrollo:

La formación de una abeja adulta ocurre como en otros insectos holometábolos, mediante un proceso de desarrollo y transformación que inicia con la postura de un huevo por una reina y concluye con la salida de un adulto de una celda del panal. Las abejas obreras de razas europeas tardan, en promedio, 21 días en desarrollarse y emerger desde que una reina pone un huevo, mientras que las obreras africanizadas emergen a los 18.5 días a partir de que el huevo es puesto (Guzmán et al., 2011).

- Tamaño y peso:

Las abejas africanizadas son aproximadamente 10% más pequeñas (longitud de 12.7 mm obreras africanizadas contra 13.9 mm europeas) y 33% menos pesadas que las europeas (62 mg obreras africanizadas contra 93 mg europeas); por ello construyen panales con celdas más pequeñas. Las dimensiones de las celdas de un panal de abejas europeas van de 5.2 a 5.5 mm de diámetro, mientras que las de los panales de abejas africanizadas miden entre 4.6 y 5.0 mm (Guzmán et al., 2011).

- Evasión:

La evasión o emigración de la totalidad de los individuos de una colonia es una característica que las abejas africanizadas manifiestan con mucha frecuencia. Este comportamiento se debe a que estos insectos son altamente susceptibles a disturbios causados por depredadores, ruido, manejo excesivo, calor intenso, y a la escasez de agua y alimentos. La evasión de colmenas se presenta con muy poca frecuencia en las abejas de razas europeas, pero en africanizadas puede observarse desde 30 hasta 100% de las colmenas (Guzmán et al., 2011).

- Anidación:

Las abejas africanizadas son menos selectivas que las europeas para establecer sus nidos. Por ejemplo, pueden anidar tanto al aire libre como en cavidades, mientras que las abejas europeas raras veces anidan en espacios abiertos. Además, los nidos de abejas africanizadas suelen ser de menor tamaño que los de las europeas. En consecuencia, son más adaptables a una mayor variedad de condiciones, por lo que les es más fácil localizar sitios de anidación en los trópicos (Guzmán et al., 2011).

- Pecoreo:

El pecoreo es la acción de recolección que realizan las abejas para traer a su colmena, néctar, polen, agua y resinas de los árboles (propóleos). Las abejas africanizadas empiezan a pecorear entre los 12 y 14 días después de emergidas. Las abejas africanizadas, realizan un mayor número de viajes a las flores por día

debido a que están mejor adaptadas a la diversidad de flora en los trópicos y porque dedican menos tiempo a trabajar en cada flor (Guzmán et al., 2011).

Sin embargo, su buche o estómago de la miel, es de menor capacidad y, por lo tanto, transportan menor cantidad de néctar a su colmena en cada viaje, en relación con abejas de razas europeas. Otra diferencia importante es en cuanto a la fuerza de pecoreo, es decir, la proporción de abejas que pecorean del total de individuos presentes en una colonia en un momento dado. Las investigaciones han mostrado que en general, las colonias de abejas europeas destinan una mayor proporción de sus individuos a pecorear que las de abejas africanizadas, lo cual les da una ventaja en la recolección de alimentos, particularmente de néctar (Guzmán et al., 2011).

- Resistencia a enfermedades:

Los estudios hasta ahora realizados en Brasil, México y los Estados Unidos de América (EUA), sugieren que en general, las abejas africanizadas son más resistentes o tolerantes a ciertas enfermedades que las europeas. Las razones de esta mayor resistencia aparentemente radican en varios factores, entre los que se pueden mencionar una mayor expresión del comportamiento higiénico y del de acicalamiento, así como una menor susceptibilidad a la invasión y reproducción de agentes patógenos. Estos factores les dan a las abejas africanizadas mayor protección contra enfermedades de la cría y también contra parásitos de los individuos adultos (Guzmán et al., 2011).

- **1.9.2 Características climatológicas**

Las colonias de abejas melíferas tienen la capacidad de regular la temperatura de su nido. Durante la época en que producen cría, la temperatura del nido oscila entre 32 y 35°C y cuando las temperaturas descienden durante el invierno, las abejas se agrupan formando un racimo compacto sobre la cría y la reina para protegerlos del frío. Las colonias de abejas africanizadas manifiestan dificultad para mantener la temperatura del nido en regiones cuyas temperaturas son inferiores a 10°C durante el mes más frío del año. A ello se debe que no hayan

podido atravesar la cordillera de los Andes, ni tampoco hayan podido migrar al sur de Argentina en Sudamérica (Guzmán et al., 2011).

Por otro lado, las colonias de abejas africanizadas son menos eficientes que las europeas para reducir la temperatura interna de la colmena durante las épocas de calor excesivo y es por ello por lo que tienden a evadirse con mayor frecuencia.

La temperatura no debe de exceder de los 22°. La mayoría de los apiarios han sido alejados al menos 200 metros de casas, granjas, establos y otros sitios donde se mantienen animales cautivos. Si bien la *Apis Mellifera* regula su temperatura durante temporada de enjambrazón hasta los 35°, pasando los 24° se presenta la división de colonias y la productividad decrece por el fortalecimiento de la colonia que permanece; por esta razón entre la temperatura sea más templada ellas se cansarán menos en regular la temperatura de la colmena (Salamanca, 2000).

Las abejas comienzan a entrar en su estado de parálisis por debajo de los 9° si bien esta temperatura no debe ser tomada en su valor más estricto dado que es influenciada por las condiciones atmosféricas, especialmente el viento. En cualquier caso, de todos es sabido que pese a la incapacidad individual de las abejas para regular su temperatura, el nido de cría sí que permanece a una temperatura prácticamente constante de 34°-35°C. Las abejas elevan la temperatura del nido de cría hasta el entorno de los 35°C. Este logro es el resultado de la producción de calor que acompaña al movimiento de los músculos torácicos, los potentes músculos que mueven las alas de las abejas durante el vuelo (Navarro, 2010).

El agua es un componente fundamental en la dieta de las abejas para su metabolismo, dilución de miel y para el acondicionamiento de aire de la colmena; normalmente no la guardan y la recolectan siempre que la necesitan, esta es obtenida de las gotas de rocío en las plantas o encharcamiento, siendo esta última inevitable fuente de contagio de enfermedades como la Nosemosis por ello es aconsejable tener cerca de los apiarios fuentes de agua fresca, un bebedero higiénico bajo sombra y acondicionado de tal forma que permita a las abejas beber

sin ahogarse, para lo cual se aconseja utilizar una plataforma de corcho o de madera. Pueden colocarse plantas acuáticas para mantener el agua fresca, y además porque sirven de base a las abejas para posarse. Las sales minerales, necesarias en la dieta de abejas provienen de la miel y el polen.

Se calcula que cada colmena necesita entre dos y cuatro litros de agua por día. La fuente ideal del agua es una fuente permanente de agua limpia, que fluye. Por supuesto esto no es siempre posible y si no hay fuente de agua próxima (se considera próxima a 500 metros de la colmena) los apicultores necesitan proporcionar el agua a sus abejas (FANDOM, 2019).

Las fuentes de agua deberán encontrarse al menos a un kilómetro de distancia de cualquier afluyente de aguas residuales y estar libres de residuos tóxicos, especialmente metales pesados y otros similares (CLUSAPIDOM, 2015).

CAPITULO II: METODOLOGIA

2.1 Área de estudio

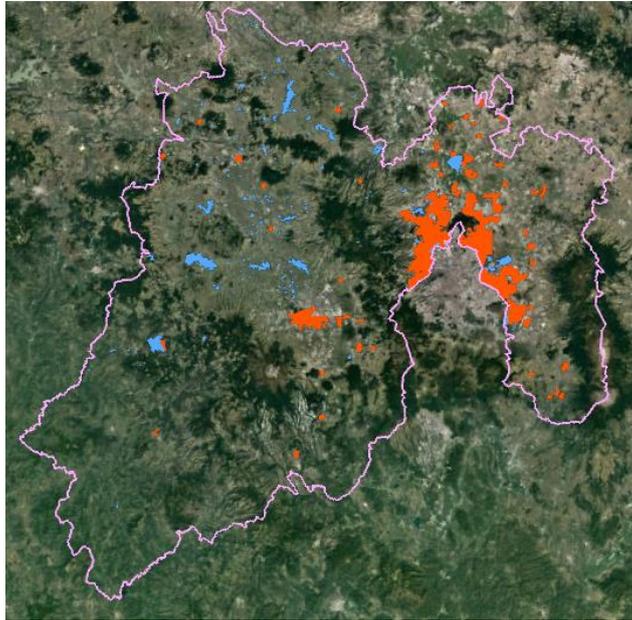
La zona del Estado de México por su ubicación en la zona intertropical (Figura3), debería tener más temperatura, sin embargo, la altitud modifica esa condición y contribuye a que prevalezcan temperaturas moderadas en 67% de la superficie estatal, con valores medios anuales entre 12° y 18°C, y bajas en cerca de 12%, con cifras medias de 5 a 12°C. Conforme decrece la altitud hacia el suroeste y sur, la temperatura media anual asciende al rango de 18 a 22°C en poco menos del 11% de la superficie estatal y a más de 22°C en el 10%, siendo así que en el suroeste de la localidad Nuevo Copaltepec se reportan las temperaturas medias anuales más altas, de 28° a 30°C.

Al incrementarse la altitud disminuye la temperatura hasta llegar a valores medios al año entre 2° y 5°C en las cimas del Nevado de Toluca, del Popocatepetl y del Iztaccíhuatl (estos dos últimos en la Sierra Nevada), terrenos que representan apenas 0.2% (INEGI, 2001).

Estas condiciones de temperaturas y precipitación con las que cuenta el Estado de México han dado lugar al predominio de climas templados en poco más del territorio estatal, distribuyéndose en el oeste, centro, norte y este; este tipo de clima favorece al cultivo de abejas ya que la temperatura en el nido de abejas es muy alta (INEGI, 2001).

El relieve montañoso, la presencia de varios tipos de clima, la altura sobre el nivel del mar y la existencia de lagos desecados, colocan al estado en una situación geográfica compleja, lo que da como resultado una gran variedad de condiciones ambientales. Por tanto, los suelos son de origen aluvial, residual y lacustre. El uso de suelo es importante para las abejas ya que en algunos cultivos los pesticidas o tipos de abonos dañan a las abejas, están requieren de algunos tipos de flores, así como de algunos cultivos para poder realizar su función de polinizar y no solo de producir miel (INEGI, 2001).

Figura 3: Límite del Estado de México (línea rosa).



Fuente: Elaboración propia con base a la división política estatal de CONABIO, 2010, escala: 1000000.

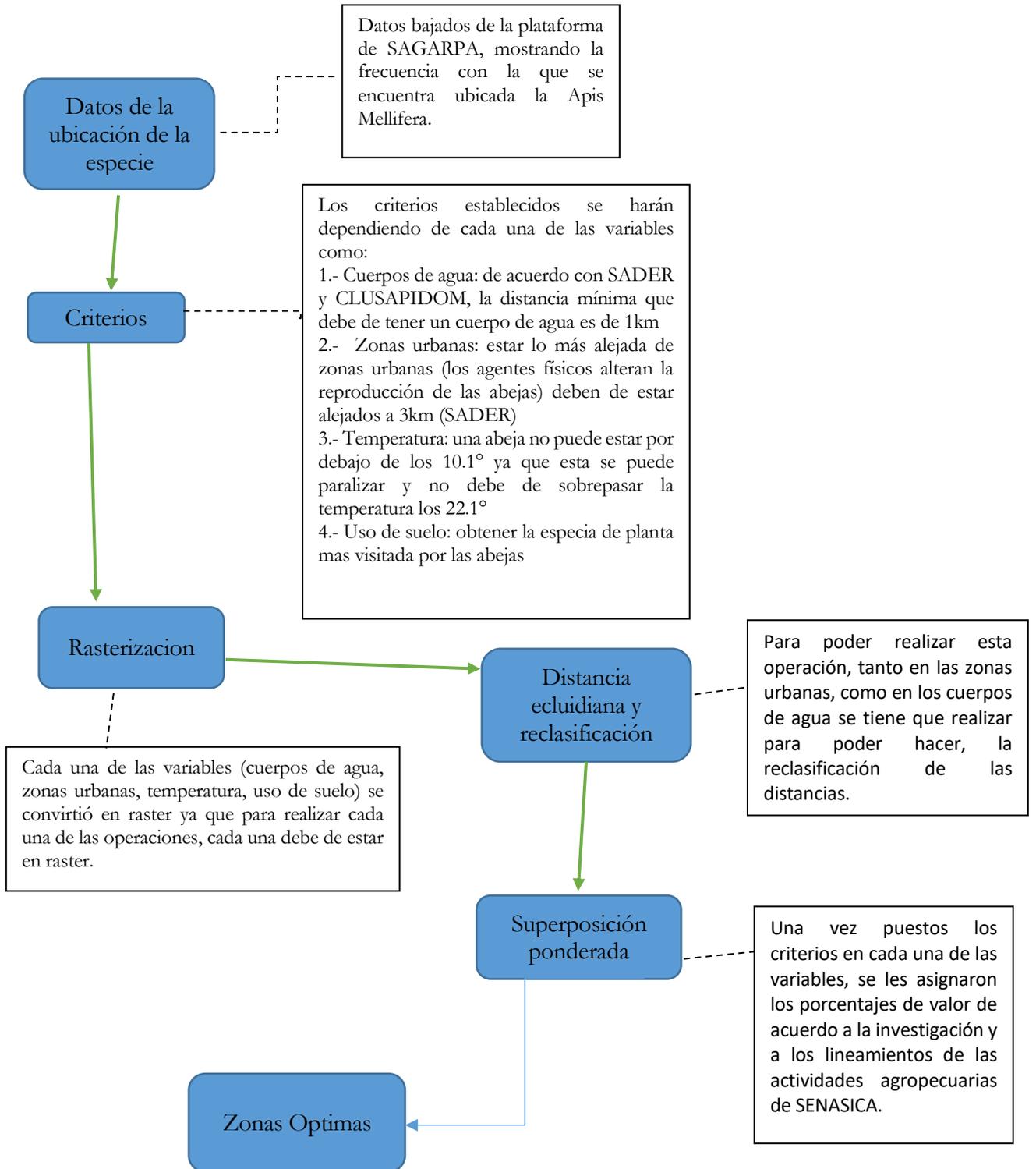
Para la realización de mapas se utilizó ArcMap 10.1, con un mapa base el cual es: WebMapa Web de Esri Imágenes (WGS84). Utiliza el esquema de mosaico WGS84 Geographic, versión 2.

Para la obtención de cada uno de los criterios se tomaron en cuenta las investigaciones dadas en el trabajo, para los criterios de zonas urbanas y cuerpos de agua se tomó en cuenta los lineamientos de las actividades agropecuarias de SENASICA (Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria) Y SADER (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural) dados en 2017.

Tabla 3. Variables consideradas

Factor o Variables	Autor que lo recomienda	Importancia para el cultivo	Fuente
Tipo de vegetación (uso de suelo)		Localizar vegetación con mayor pecoreo, viendo en qué tipo de suelo se pueden originar.	Jardin Botanico de Gijon
Temperatura	Navarro (2010)	La temperatura apta está dentro de un rango mayor a 10.1° y menor a 22.1° de acuerdo con varias investigaciones.	Navarro, E. 2010. Las abejas y el clima. Apicultura en Valero, p. 2.
Cuerpos de agua	SADER (2017)	Debe de estar alejada 1km de fuentes de contaminación.	SAGARPA, SENASICA. 2017. Acuerdo por el que se dan a conocer los lineamientos para la operación orgánica de las actividades agropecuarias https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/419667/Borrador_guia_apicultura_organica_2017-11-24.pdf
Zonas Urbanas	SADER (2017)	No está permitido ubicar apiarios orgánicos en sitios donde en un radio menor a 3 kilómetros de distancia de fuentes de contaminación	SAGARPA, SENASICA. 2017. Acuerdo por el que se dan a conocer los lineamientos para la operación orgánica de las actividades agropecuarias https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/419667/Borrador_guia_apicultura_organica_2017-11-24.pdf

Método en general: etapas y procesos



2.2 Obtención del criterio para las zonas urbanas

Para obtener cada uno de los criterios lo primero que se hizo fue recolectar la información climatológica de la Abeja *Apis Mellifera*, no está permitido ubicar apiarios orgánicos en sitios donde en un radio menor a 3 kilómetros de distancia de fuentes de contaminación, de acuerdo a SENASICA Y SADER (2017) para considerar apto para un apiario los criterios son de 0 a 3 km no apto para el cultivo de abejas y de 3km a más sería apto, usando como referente los datos de Zonas Urbanas de escala 1:250000 (INEGI, 2010).

2.3 Obtención del criterio para el uso de suelo

Para obtener el tipo de especies vegetales más visitadas por las abejas se hizo una investigación documental previa, tomando en cuenta cual es la vegetación con mayor pecoreo, de acuerdo con la colección de plantas melíferas del jardín Botánico de Gijón, España; se investigó cuáles de estas se dan en el estado de México. Los datos son referentes a uso de suelo escala 1:1000000 (CONABIO, 2008).

2.4 Obtención del criterio para los cuerpos de Agua

La fuente ideal del agua es una fuente permanente de agua limpia, que fluye. Por supuesto esto no es siempre posible y si no hay fuente de agua próxima, como en esta parte se tomaron en cuenta cuerpos de agua lo más recomendable de acuerdo al Manual agrícola de SADER (2017) lo más recomendable es situar estos a una distancia de 2 a 4km pero es una distancia demasiado larga para las abejas, así que se tomó en cuenta la distancia de 1km de acuerdo al manual apícola de CLUSAPIDOM -Clúster Apícola Dominicano, 2015- (se considera próxima a 1000 metros de la colmena).

Entre más cerca del agua este la colmena mucho mejor porque esto evita el agotamiento de las abejas por recolectar esta.

Para considerar apta la distancia de los cuerpos de agua, los criterios son de 0 a 1000 metros cerca del apiario como zona apta de 1001 metros a mas es

inadecuada, para obtener la información de cuerpos de agua se usaron los datos de Uso de suelo a una escala de 1:1000000 (INEGI, 2010).

2.5 Obtención del criterio para temperatura

Para determinar la temperatura apta para las abejas se toman en cuenta que no debe de ser menor a los 10° ya que pasando esta temperatura las abejas entran en un estado de congelamiento, al igual que no debe de pasar los 22° ya que en temporada de crianza ellas aumentan la temperatura del nido hasta 35°, la temperatura apta debe de ser templada. Los criterios son que la temperatura menos de 10° es inadecuado y el clima mayor a 22° también lo es, la temperatura apta está dentro de un rango mayor a 10.1° y menor a 22.1° de acuerdo con varias investigaciones como Navarro (2010) y Salamanca (2000) la temperatura media entre las abejas ayuda a que estas no se desgaten tanto en regular la temperatura de su nido, y no se congelen durante el invierno.

Los datos que se tomaron en cuenta en este apartado son los de Temperatura Anual a una escala de 1:1000000 (CONABIO, 2015).

2.6 Ponderación

Para realizar la superposición ponderada de acuerdo con Delgado (2008) los valores asignados se darán de acuerdo a la importancia de cada una de las capas. Todos los rásteres de entrada se pueden ponderar, o se puede asignar una influencia porcentual a ellos, según su importancia. La influencia total para todos los rásteres debe ser igual al 100 por ciento.

Los valores se dieron conforme a la investigación realizada, tomando en cuenta los lineamientos que se deben de tener para la operación orgánica de las actividades agropecuarias, producción animal clase insecta apicultura (SENASICA, 2017).

Para esto los valores de influencia quedaron de la siguiente manera:

- La temperatura con una influencia del 35%

- El uso de suelo con una influencia del 25%
- Las zonas urbanas con una influencia del 25%
- Cuerpos de agua con una influencia del 15%

CAPÍTULO III.RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Zonas de cultivo de abejas dentro del territorio del Estado de México: Identificación de las condiciones y requerimientos para su desarrollo.

El Estado de México tiene una producción aproximada de mil 100 toneladas al año de miel que se extraen de 40 mil colmenas existentes en todo el territorio estatal. La extracción de este producto la realizan apicultores de municipios como Chalco, Amecameca, Tlalmanalco, Temamatla, Tenango del Aire, Ayapango, Juchitepec, Ozumba, Tepetlixpa, Ecatzingo, Toluca, Metepec, Calimaya, Tenancingo, Malinalco, Ocuilan, Villa Guerrero, Ixtapan de la Sal, Tejupilco, Luvianos, Amatepec, Tlatlaya, Amanalco, Valle de Bravo, Ixtapan de la Sal, El Oro y Santo Tomás (SADER, 2017).

De acuerdo a la identificación de los requerimientos climatológicos de la Apis Melífera, las condiciones para que tengan un mejor cultivo de las cuales una de ellas muy importante es la temperatura ya la temperatura del nido oscila entre 32 y 35°C, pasando los 24° se presenta la división de colonias y la productividad decrece por el fortalecimiento de la colonia que permanece; por esta razón entre la temperatura sea más templada ellas se cansaran menos en regular la temperatura de la colmena (Salamanca, 2000).

Cada una de las colmenas necesita entre dos y cuatro litros de agua al día, se considera próxima la fuente de agua a unos 500 metros de la colmena, para esta parte de acuerdo a varios documentos así como las guías de apicultores que tiene SADER lo mejor para poder colocar una colmena es estar lejos al menos 1km de las fuentes de contaminación como lo son las zonas urbanas y algunas industrias que puedan contaminar la fuente de agua cercana a la colmena.

3.2. Requerimientos ambientales y biológicos de la especie *Apis Mellifera*: Requerimientos de cultivo e inventarios de esta especie que se registra en el Estado de México.

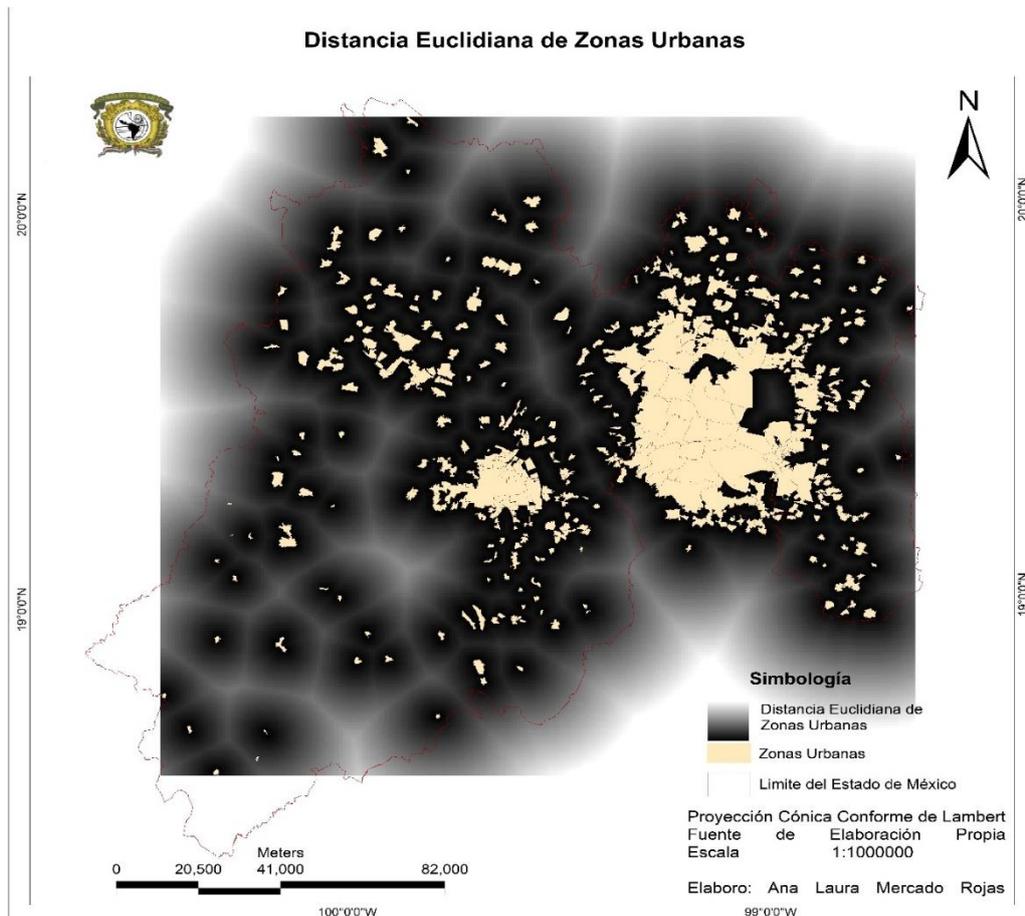
De acuerdo con SADER en el 2012 la cifra del Estado de México en cuanto a producción apícola fue de 166, 131 (colmenas), durante el año de 2003 a 2012 ha ido incrementando y también reduciéndose durante esos 9 años; a nivel nacional en el año de 2012 fue en donde hubo mayor producción apícola.

Los requerimientos biológicos de la especie *Apis Melífera* están documentados en la parte teórica de esta tesis, los requerimientos ambientales para esta especie son los siguientes, empezando por las zonas urbanas las cuales deben de estar lejos de cualquier fuente de contaminación.

Para el cálculo de la distancia euclidiana para cada una de las capas de información de las zonas urbanas -la cual consiste en proporciona la distancia desde cada celda en el ráster hasta el origen más cercano, se consideraron los criterios de calificación dados en intervalos de valores de acuerdo a las referencias consideradas.

Esta distancia euclidiana describe la relación de cada celda con un origen o un conjunto de orígenes basándose en la distancia de la línea recta, mostrando en el Mapa1 el resultado obtenido con la distancia.

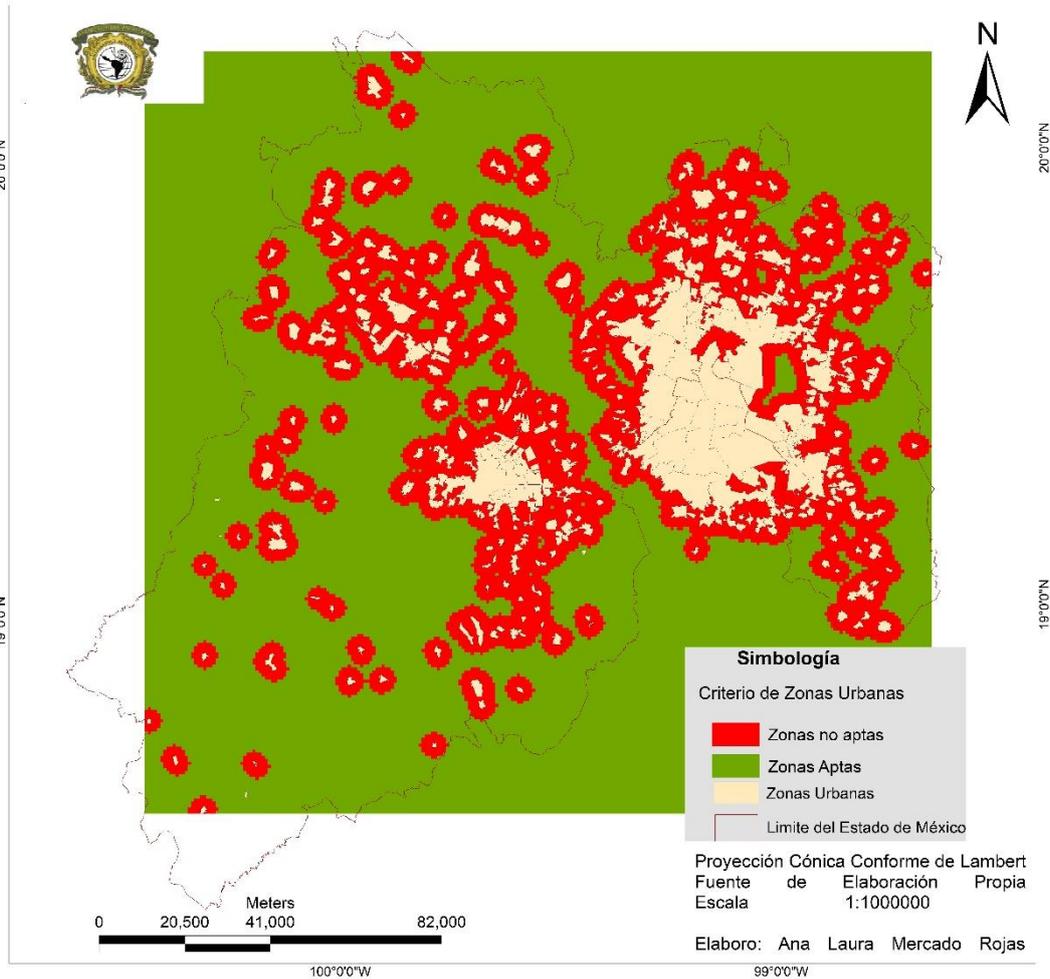
Los valores de salida para el ráster de esta distancia son los valores de distancia de puntos flotantes. El ráster de salida de esta distancia incluye el valor medio desde cada celda hasta el origen más cercano, estas se miden en línea recta en unidades de proyección del ráster como pies o metros.



Mapa 1: Zonas Urbanas con distancia euclidiana (Elaboración propia)

Para colocar la distancia en la que debe de estar alejado un apiario de las zonas urbanas se tomó en cuenta la distancia que da la Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER) y el Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (Mapa 1).

Criterio de distancia de Zonas Urbanas



Mapa 2: Zonas Urbanas, criterio de distancia de SADER y SENASICA (Elaboración propia)

Los apiarios deben ubicarse en zonas en las que a su alrededor no se desarrollen prácticas o existan fuentes que puedan contaminar los productos apícolas o dañen la salud de las abejas. Por lo que no está permitido ubicar apiarios orgánicos en sitios donde en un radio menor a 3 kilómetros de distancia de fuentes de contaminación, depósitos de basura, rellenos sanitarios, cultivos en etapa de floración que hayan sido tratados con plaguicidas o sustancias prohibidas, ciudades o poblados, lugares con mucho tránsito y contaminación, plantas de tratamiento de aguas negras y demás lugares que pongan en riesgo la integridad orgánica de los apiarios y productos agrícolas. En color verde se localizan las zonas aptas y en color rojo son las zonas restringidas de acuerdo con el criterio manejado (Mapa 2).

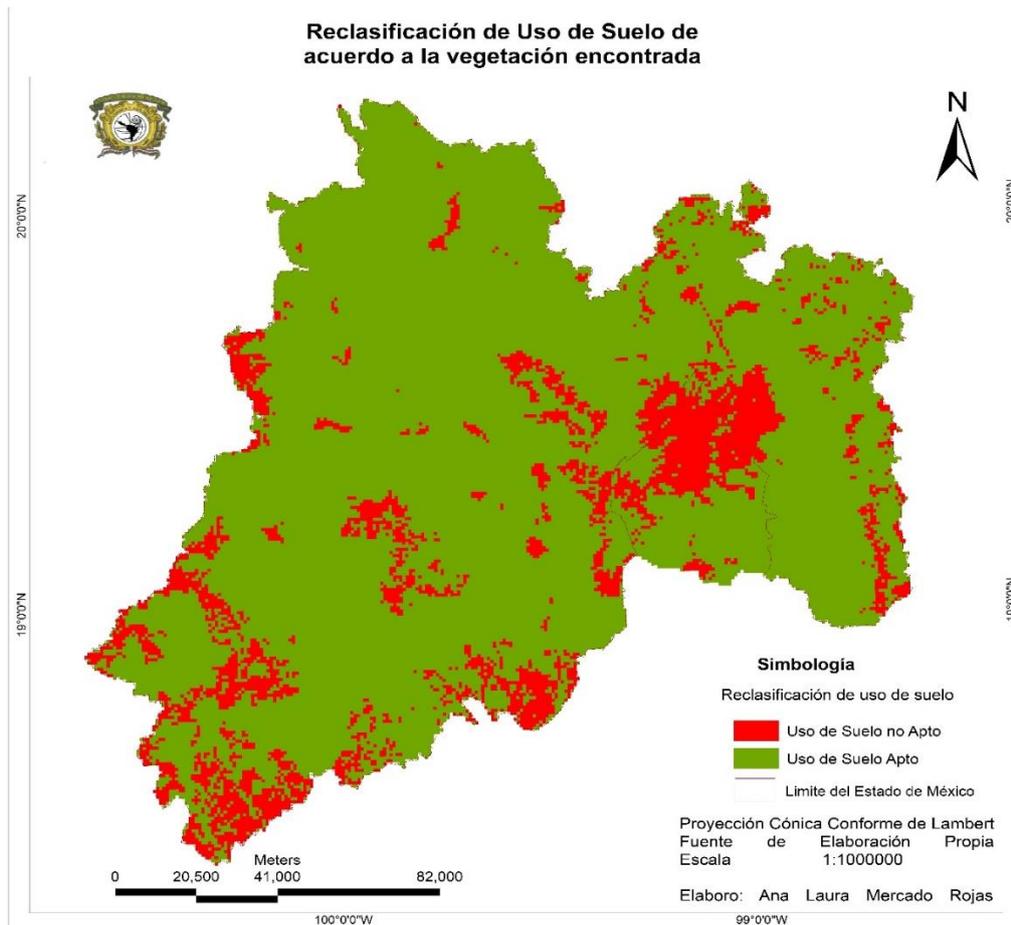
En el caso del uso de suelo se identificaron las especies en el estado de México (SEMARNAT, 2001), para que no diera datos erróneos en cuanto al uso de suelo se tomó en cuenta la parte de la ciudad de México para el estudio, posteriormente se recortó para el resultado final la cual se muestra en la Tabla 4:

Tabla 4. Especies silvestres dadas en el Estado de México

Nombre científico	Nombre común
Malus doméstica	Manzano
Eucalyptus	Eucalipto
Citrus sinensis	Naranja
Citrus x limón	Limón
Citrus reticulata	Mandarina
Citrus x aurantifolia	Lima
Helianthus annuus	Girasol
Origanum vulgare	Orégano
Lavandula angustifolia	Lavanda
Prunus domestica	Ciruelo
Prunus cerasus	Cerezo
Prunus persica	Duraznero
Quercus ilex	Encina
Taraxacum officinale	Dente de León
Vicia faba	Haba
Rosmarinus officinalis	Romero

Fuente: Especies tomadas de SEMARNAT (2001).

La mayoría son cultivadas, y encontradas en el uso de suelo de Agricultura, algunas de las plantas se cultivan dependiendo el clima que tiene cada una de las regiones del estado; las especies arbóreas que se encuentran en algunos tipos de vegetación son la lavanda y el diente de león, las cuales pueden ser encontradas en la vegetación de los pastizales y en los bosques mesófilos de montaña, el eucalipto se puede encontrar en los bosques de encino y pino.

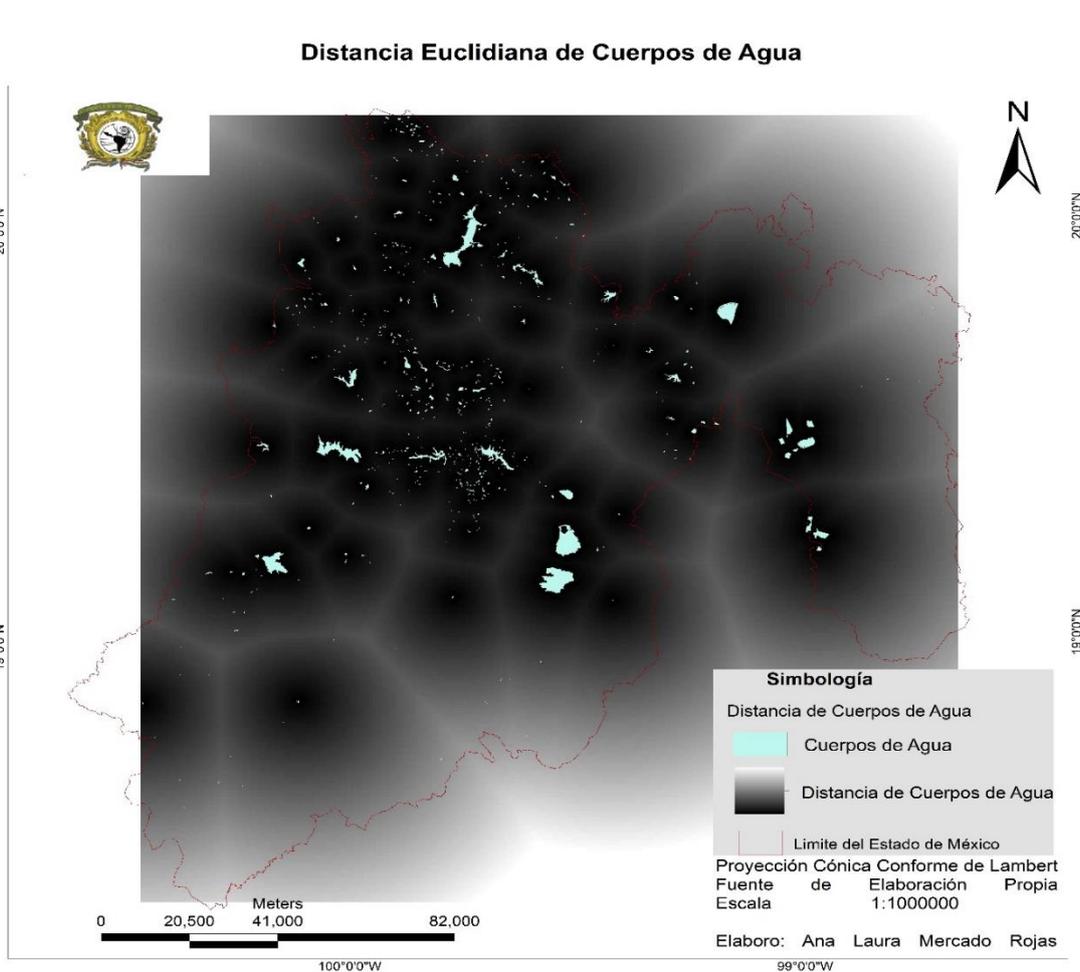


Mapa 3: Uso de suelo, reclasificación de su uso de acuerdo en la vegetación que se pueden encontrar (Elaboración propia)

Para la reclasificación realizada para la capa de uso de suelo, se consideró la vegetación que se deba en ese tipo de uso de suelo, las cuales fueron: Manejo agrícola, pecuario y forestal (plantaciones), Bosque de encino, Bosque de pino y Pastizal natural, en la cual en el Mapa 3 se muestra la reclasificación realizada dando en color verde la vegetación apta y en rojo la que no es apta. La cobertura vegetal de la zona de pecoreo puede ser de cultivos orgánicos, vegetación silvestre o bosque, cultivos tradicionales que no hayan sido tratados con sustancias prohibidas, por lo que, entre otros, está prohibido el uso de plaguicidas y cultivo de organismos genéticamente modificados.

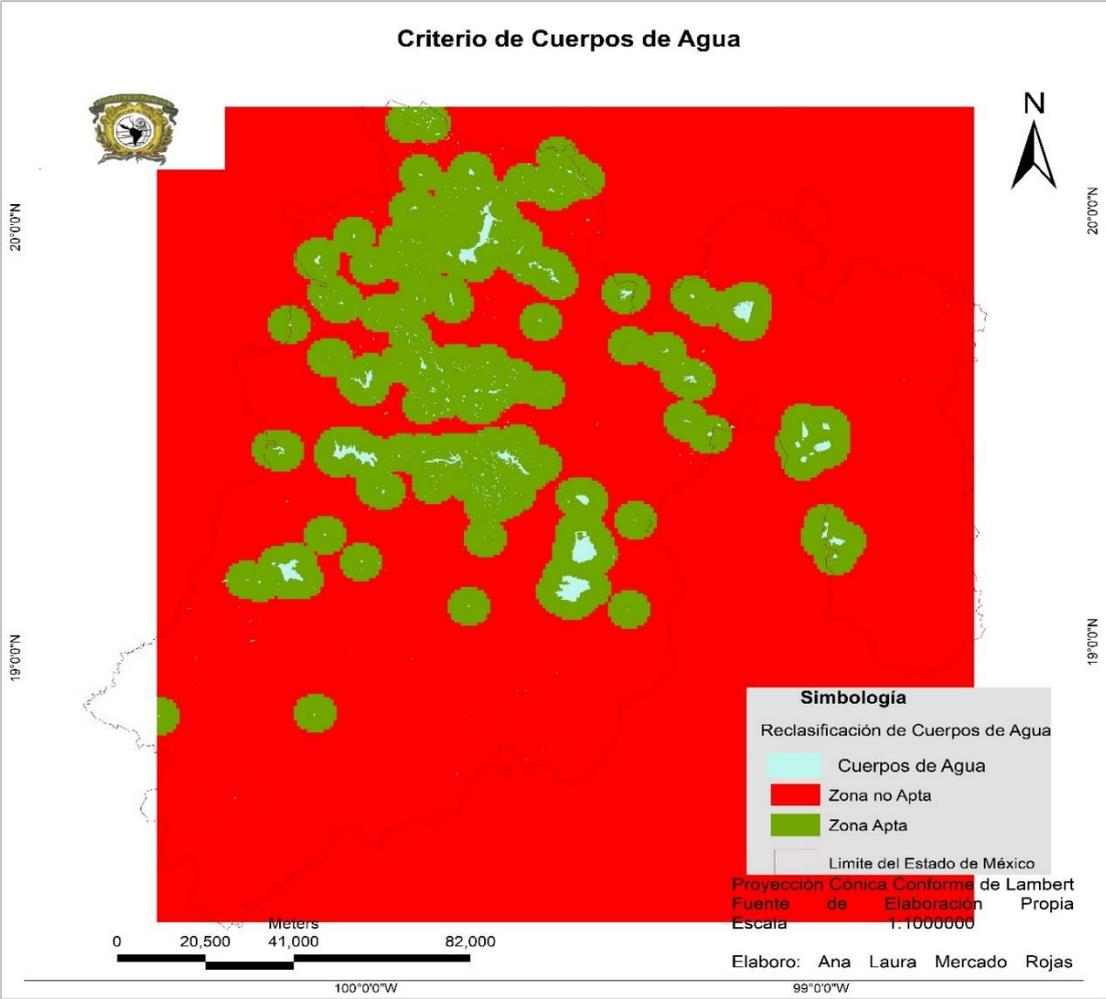
Considerando que la apicultura se fundamenta en el conocimiento y el manejo de las abejas en su entorno; cumplir con los requisitos para la ubicación de los apiarios y zona de pecoreo, es la base para la producción orgánica.

El agua es un componente fundamental en la dieta de las abejas para su metabolismo, dilución de miel y para el acondicionamiento de aire de la colmena. Normalmente las abejas no guardan agua y la recolectan siempre que la necesitan. La fuente ideal del agua es una fuente permanente de agua limpia, que fluye. El resultado después de determinar la distancia con los criterios dados para los cuerpos de agua se muestra en el Mapa 4.



Mapa 4: Cuerpos de agua, distancia euclidiana (Elaboración propia)

Después de obtener la distancia en el ráster se realizó una reclasificación en la cual se colocaron los criterios ya dados de acuerdo con la investigación realizada de SADER y CLUSAPIDOM, quedando de la siguiente manera, como se muestra en el Mapa 4

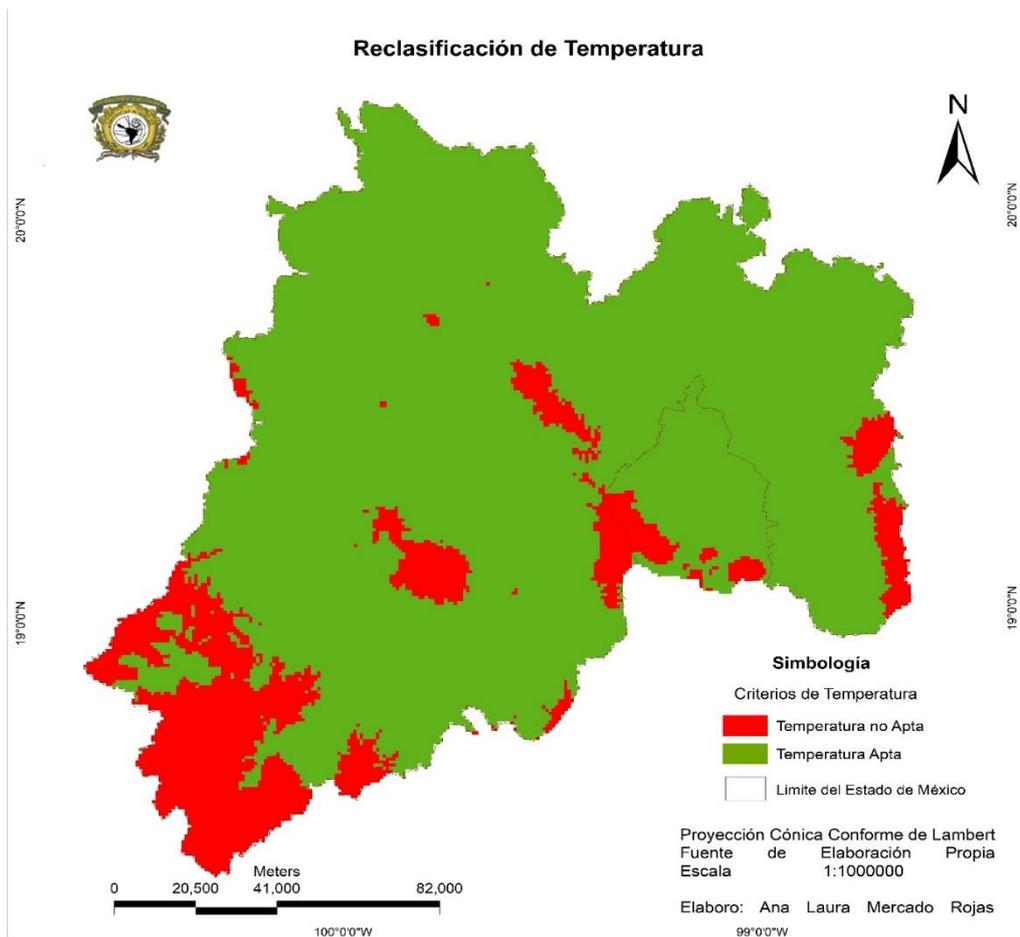


Mapa 5: Reclasificación de cuerpos de agua (Elaboración propia)

En el Mapa 5, las zonas en color rojo son zonas inadecuadas ya que los cuerpos de agua se encuentran demasiado lejos, la distancia es mayor a 1km y las verdes son zonas aptas ya que cumplen con el criterio de estar dentro del rango del kilómetro.

Dados los criterios en la temperatura de acuerdo con varias investigaciones como Navarro (2010) y Salamanca (2000), la temperatura apta está dentro de un rango

mayor a 10.1° y menor a 22.1° como se muestra en el Mapa 9. Las temperaturas aptas se encuentran en color verde y las inadecuadas en color rojo.



Mapa 6: Reclasificación de temperatura (Elaboración propia)

Por último se realizó la superposición ponderada para visualizar las posibles zonas para el cultivo de las abejas, esta ponderación tiene como prioridad las características climáticas de la abeja *Apis Melífera* (Tabla 2). Los criterios del análisis de superposición ponderada tal vez no tengan la misma importancia. Puede darle más peso a los criterios importantes que a los otros criterios, con los valores se asignaron de acuerdo a la investigación realizada, tomando en cuenta los lineamientos que se deben de tener para la operación orgánica de las actividades agropecuarias

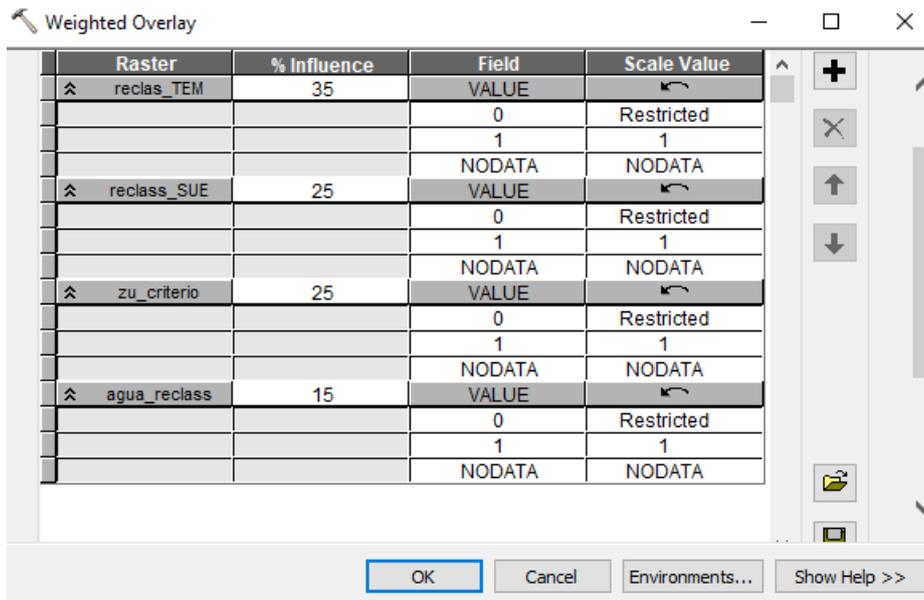


Tabla2: Valores de influencia (Elaboración propia)

Dada la influencia en la escala de valores, en la columna de VALUE muestra los valores del ráster reclasificado, en el cual los valores con 0 son las zonas no aptas y los valores con 1 son las zonas aptas; en la columna Scale Value se le puede agregar un nuevo valor el cual solo se cambiara al valor 0, para que no tome en cuenta los datos con valores e 0 en la escala de valores se le asignara el valor de RESTRINGIDO, para poder visualizar solo las zonas aptas (Mapa 7).

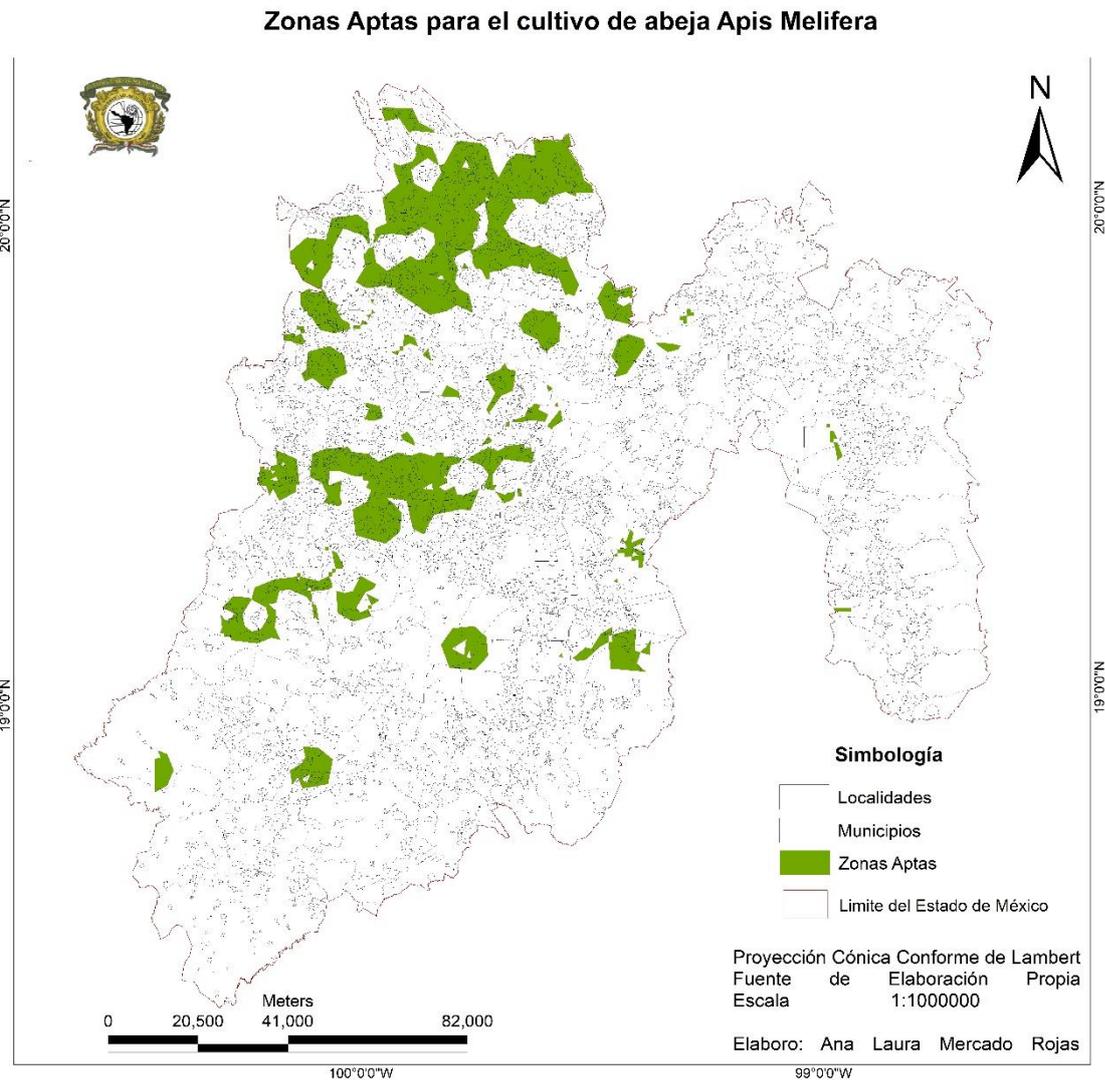
Por último se restablece la escala de evaluación en este caso el trabajo se realizó con 2 valores ya que solo se tomaron valores del 0 al 1, los valores en 0 como zonas inadecuadas y los valores con 1 como zonas adecuadas en cada una de las capas de información, como se muestra en la Tabla 3.



Tabla3: Establecimiento de escala (Elaboración propia)

3.3. Propuesta de zonas potenciales para el cultivo de abejas a través de un SIG y su contribución al incremento de las poblaciones en el Estado de México.

El resultado de ponderación de las capas, es la generación de un mapa que muestra las zonas potencialmente aptas para el cultivo de abejas *Apis mellifera* que se muestra en el mapa 7.



Mapa 7: Zonas Potenciales para el cultivo de abejas (Elaboración propia)

A pesar de que el estado de México cuenta con una gran extensión con un uso de suelo de vegetación de bosque en las cuales predominan los bosques de pino y

encino, en el cual se pueden alimentar bien las abejas con flores silvestres nativas, la extensión de las zonas urbanas en el lado noroeste de la misma entidad hace que el resultado mostrado en el Mapa 7 sea en su mayor superficie una zona no apta para el cultivo de abejas, esto como resultado principalmente de diversos factores como son: la cercanía a fuentes de contaminación y a la disminución, ausencia o distancias lejanas de cuerpos de agua a las zonas de desarrollo de las colmenas

En la mayoría de los casos el colocar un cultivo de abejas cerca de zonas en donde en los cultivos utilicen insecticidas u otros productos químicos para hacer crecer o enriquecer el cultivo, daña a los polinizadores, el uso generalizado de insecticidas como los neonicotinoides son causa directa de la desaparición de colonias de abejas y otras especies. Tampoco debemos olvidar que otros productos químicos de síntesis que no son capaces de provocar la muerte de los animales afectados, sí pueden alterar el sentido de la orientación y las funciones biológicas de las abejas, causando la desaparición de colonias a corto o medio plazo.

En el centro del Estado de México las zonas urbanas son grandes, eso impide que sea una zona apta para el cultivo de abejas, ya que en esta parte tanto la temperatura, una parte de uso de suelo como lo es el de agricultura y parte de vegetación de bosques y los cuerpos de agua que están presentes en esa zona son aptos.

De acuerdo a la ponderación dada tanto el uso de suelo como de las zonas urbanas, estas son tomadas como iguales, ya que dentro de las descripciones que tiene el uso de suelo, ambas fueron designadas como de uso urbano; así entonces tomando en cuenta para las zonas urbanas del estado el parámetro de distancia de SADER y SENASICA (2017), de esta manera se buscó establecer que las zonas potencialmente aptas estuvieran lejos de cualquier fuente y zona potencial de contaminación.

Para el resultado final el dato raster tuvo que ser convertido a shapefile para poder hacer el recorte, ya que tanto para los criterios de zonas urbana y uso de suelo se tomaron en cuenta los datos de la Ciudad de México para que no ocasionara algún error a la hora de hacer la clasificación de estos; ya que en forma de raster el SIG no reconoce el archivo. La importancia que tuvo el tomar en cuenta la Ciudad de México fue que en las partes centrales del estado tanto en la Temperatura como en los cuerpos de agua hacia notar el estudio que es una zona apta para el cultivo de abejas, al considerar las zonas urbanas de la ciudad de México, las zonas que mostraba como aptas, al hacer la ponderación arrojaron el resultado de ser zonas no aptas para el cultivo.

Los valores de influencia para cada uno de los criterios se tomó en cuenta la investigación realizada de las características físicas de las abejas (Guzmán et al., 2011). La temperatura es esencial para las abejas, ya que entre más templado este su entorno sin tanta humedad a ellas les favorece poder tener la regulación de la temperatura de la colmena; estas no pueden estar a menos de los 9° ya que empiezan en un estado de paralización y si la temperatura pasa de los 24° la cera que protege la colmena se empieza a derretir (Navarro, 2010).

El uso de suelo tiene un poco menos de influencia que la temperatura ya que esta depende demasiado de donde se encuentre, puede haber cultivos en los que utilicen plaguicidas.

Los cuerpos de agua pueden variar mucho en la influencia que pueden tener, ya que en el cultivo de las abejas es el apicultor el que provee el agua, así que tiene menos influencia, en este caso se consideró un cuerpo de agua cerca de la colmena y solo se toma la distancia máxima que debe de tener para que no esté cerca de contaminantes.

La ponderación dada siempre dependerá muchísimo de lo que el autor del trabajo desee, en este caso para el trabajo es muy importante la conservación de la especie más de lo que se puede aprovechar de los productos que estas dan; si

esto fuera el caso no se tomaría mucho en cuenta lo que son las zonas urbanas, ya que varios trabajos están empleando en ubicarlas en las ciudades con más cuidados y adecuando la temperatura y humedad de las colmena.

Varias investigaciones muestran la importancia de la temperatura, ya que de esta también dependen de la consistencia de la cera y la miel; dentro de otros trabajos la vegetación debe de estar cerca de las abejas, por esto en cuanto a los cultivos de abejas que quieren llevar a cabo en las ciudades deben de modificar el entorno en donde estas serán ubicadas, teniendo en cuenta la importancia de que cualquier planta que sea plantada ahí deben de mantenerlas sanas y ver que no se utilicen plaguicidas y si es el caso que no dañen a las abejas, hay varios insecticidas y plaguicidas que son favorables con la naturaleza.

En el lado sur del Estado de México la temperatura no es apta para el cultivo de las abejas, así como su uso de suelo, ya que la mayoría de este es de uso urbano y cuerpos de agua que no hay en esa parte del Estado, en la tabla 5 se muestran los municipios con las localidades en las que se muestran zonas aptas para el cultivo de abejas.

Tabla 5. Municipios y localidades aptas para el cultivo de abejas (Apis Melifera)

No.	Municipio	Localidad
1	Polotitlán	Taxhie San Nicolás de los Cerritos Encinillas
2	Aculco	El Rincón Bañe Huizachal Loma Alta Cabresteros Gunyo Poniente El Tixhiñu Ejido San Joaquin Coscomatepec Bimbo Ñado Buenavista Los Ailes San Antonio el Zethe Santa Ana Oxtoc Toxie El Zhete el Llano Barrio de Totolopan

		<p>El colorado Los gavilanes Ejido las anias Ejido de Santa Maria Nativitas Fondo Las lajas San Francisquito La Esperanza El Bonxhi Barrancas El Azafran San Martin ejido</p>
3	Acambay	<p>Santa Teresa Boti La Nopalera Doxteje Barrio Dos Barrio de Guadalupe Detiña Ejido La Palma El Ermitaño La Florida Dongu Ganzda Dateje Loma Linda Buenavista La Huerta Santa Maria las arenas Las Golondrinas San Antonio las Palmas Agua Limpia Chanteje San Nicolas Acambay</p>
4	Temascalcingo	<p>San Francisco Solis Pueblo Nuevo Solis El Rodeo Juanacatlan Llano de las Carreras San Juan el Alto San Pedro el Alto Santa Lucia</p>
5	El Oro	<p>El Mogote Ejido San Nicolas El Oro San Nicolas Tultenango Buenavista La soledad La Magdalena Morelos La mesa Endotejiare Cerro Lloron</p>
6	Atzacomulco	<p>Cerrito Colorado El Salto Barrio quinto San Bartolo el Arenal La mesa de Chosto Tierras Blancas Lagunita Cantashi San Bartolo Lanzados San Juan de los Jarros</p>

		San Martin de los Manantiales Diximoxi Maye el Fresno
7	San Jose del Rincon	San Francisco Solo El Porvenir San Francisco de la Loma Guadalupe del Pedregal el Calvario
8	San Felipe del Progreso	Dotegiare Ejido de Chichilpa Barrio del Salto San Antonio la Cienega Rioyos Buenavista Rancheria la Manzana San Nicolas Mavati San Juan Cote Centro
9	Jocotitlan	Ojo de agua Ejido del Tunal Nenaxi Santa Maria Endare Barrio San Jacinto
10	Ixtlahuaca	La Guadalupana San Lorenzo Toxico Ejido Tlachaloya
11	Jijipilco	El Jaral Colonia Benito Juarez Rancho Colorado Colonia Emiliano Zapata
12	Temoaya	Rancheria las Lomas Ejido de Taborda Ejido de Tlachaloya San Jose las Lomas
13	Toluca	Barrio de San Jose Buenavista San Jose la Costa
14	Zinacantepec	Buenavista Loma Alta
15	Almoloya de Juarez	Santa Juana Centro Salitre de Mañones Rancheria de San Diego Ejido San Pedro Paredon Ejido Norte San Jose la Gavia San Cristobal Benito Juarez Loma de la Tijana Cieneguillas de Mañones Loa del Salitre Laguna de Tabernillas Loma de las Mangas Loma del Rancho Loma del Puente Santa Catarina
16	Villa Victoria	Turcio la Loma El Hospital Propiedad San Agustin Altamirano San Luis la Gavia Santiago del Monte El Fresno San Agustin Santa Isabel del Monte Piedras Blancas Sur

		Mexztepec Barrio el Ocote Barrio el Cerrillo San Marcos de la Loma San Pedro del Rincon Casa Coloradas El Espinal La Presa Barrio el Vivero Los Cedros Loma del Lienzo El Jacal La Providencia San Diego del Cerrito
17	Villa Allende	Las Dalías La Piedra San Juan Buena Vista Macia Cuesta del Carmen
18	Donato Guerra	San Miguel Xooltepec
19	Amanalco	Capilla Vieja Corral de Piedra Sna Mateo Rincon de Guadalupe
20	Valle de Bravo	Los Pelillos Santa Magdalena Tiloxtoc Santa Teresa Tiloxtoc San Gabriel Ixtla San Mateo Acatlan La Candelaria Santa Maria Pipioltepec Loma de Rodriguez El Trompillo Los Saucos
21	Ixtapan del Oro	Milpillas La Calera de los Gallos
22	Santo Tomas	Santa Barbara Tacuitapan Loma Bonita Las Fincas Santo Tomas de los Platanos Salitre Terreros San Miguel
23	Luvianos	Cañadas de Nanchititla El Reparo de Nanchititla
24	Tejupilco	Maztepec Rio de Aquiagua Rinconada de la Labor Labor de Zaragoza El Rodeo La Estancia de Ixtapan El Limon de la Estancia Cerro del Mango del Sauz Ocotepec Llano Grande Cerro Gordo Cerro del Divisadero
25	Joquicingo	San Miguel de Ocampo

26	Tenango del Valle	Las Crucecitas
27	Tianguistenco	Tlacuitlapa San Bartolo del Progreso Metztitla Tlacomulco Tlaminca San Nicolas Coatepec Ahuatenco
28	Ocuilan	Coyoltepec Santa Martha La Esperanza La Lagunilla
29	Lerma	Cañada de Alferes Salazar
30	Ocoyoacac	San Pedro Atlapulco La Marquesa Rio Hondito El Portezuelo
31	Jilotepec	Emiliano Zapata Santiago Oxthoc Tecolopan El Majuay Las Jaras El Saltillo Aldama El Rosal San Miguel de la Victoria Huapango Piedras Negras Maguetcitos Ejido de Jilotepec Xhote Ejido de las Manzanas
32	Soyaniquilpan de Juarez	San Juan Daxthi San Jose Deguedo Palos Altos Ignacio Zaragoza Vista Hermosa
33	Timilpan	San Antonio Yondeje San Jose el Palmito
34	Chapa de Mota	Santa Maria Candenqui Las Lajas La Concepcion La Palma Los Limones Barajas
35	Morelos	Barrio Segundo La Cañada
36	Villa del Carbon	Loma Alta Taxhimay San Luis Taxhimay La Cruz y Carrizal El Palomar Los Oratorios Las Moras San Luis Anahuac Xajay

37	Tepoztlan	San Miguel Cañadas
38	Coyotepec	Lomas de Guadalupe
39	Atenco	Francisco I. Madero Ejido San Salvador Acuexcomac
40	Texcoco	Pozo Guadalupe Colonia Lazaro Cardenas
41	Chalco	Caserio de Cortes

El Gobernador del Estado de México se reunió con apicultores de la región de los Volcanes, en el municipio de Juchitepec, a quienes también reconoció el trabajo y esfuerzo que realizan todos los días, lo que permitió que en el año 2018 produjeran casi mil toneladas de miel. El mandatario estatal anunció que se reactivará el programa de núcleos de abejas para que, a través de Sedagro, se den apoyos para la adquisición de lo que requieran e incrementen su producción, así como para que puedan obtener la certificación de abejas reina, cuenten con un laboratorio genético y de análisis clínico que permita producirlas en la región.

El Gobernador escuchó las peticiones y conoció las necesidades de apicultores de Amecameca, Atlautla, Chalco, Juchitepec, Temamatla, Tlalmanalco, Tenango del Aire, Tepetlixpa y Valle de Chalco. Estos fueron solo algunas de las peticiones que se tuvieron en 2018, con el estudio realizado se puede tener un lugar preciso en el cual se pueden implementar cultivos de abejas sin dañar el uso de suelo de estas, mantenerlas alejadas de los contaminantes y claro poder proveer con trabajos y economía en cada una de estas localidades.

CONCLUSIONES

De la evaluación de resultados, se concluye que el método de superposición ponderada, permite visualizar mejor los diferentes efectos de cada una de las variables ambientales, aportando el cálculo de una superficie que puede ser apta para un uso específico, en este caso para el desarrollo de la apicultura en el Estado de México, que además permite una toma de decisiones adecuada para una mejor toma de decisiones en cuanto al cultivo de abejas. Tomando en cuenta los aspectos biológicos que Requiere la abeja *Apis Melífera*.

En este método se puede ajustar a las diferentes exigencias ambientales de la región, ya que va a depender en gran medida de la temperatura del lugar en el que se quiera implementar un cultivo de abejas y por supuesto la disponibilidad de agua que en esta zona se requiera. La determinación de los valores depende de las condiciones de análisis.

Algo muy importante en los cultivos de abejas que se investigaron es la que se le da a la distancia que deben de tener en cuanto a las zonas urbanas, casas y en terrenos de agricultura en donde utilicen pesticidas, ya que en varios casos documentados muchas de las investigaciones reportan el hecho de que el uso de pesticidas en cultivos de donde las abejas se alimentan o recolectan polen, les ocasiona la muerte y también afecta a otros polinizadores, todas las investigaciones realizadas hablan de las mismas importancias para el cultivo de las abejas, cumpliéndolos requerimientos para tener una buena apicultura; algunas propuestas de ciudades tendrán que realizar los estudios correspondientes para que tanto las abejas como los seres humanos no corran riesgo estando tan cerca.

El trabajo realizado muestra buenas zonas para el cultivo de las abejas, dependiendo del factor que más le importe al agricultor será como esta metodologías muestre diferentes escenarios en los resultados; los factores en este estudio fueron tomados dependiendo de las características que muestra este tipo de abeja y viendo en si solo su importancia para su conservación, sin explotar los recursos que esta da (miel, polen, cera).

BIBLIOGRAFÍA

1. ArcGIS, 2013. Ayuda de ArcGIS 10.1, <http://resources.arcgis.com/es/help/main/10.1/index.html#//004m0000000m000000>, Año de consulta 2018.
2. Arnold, N., Zepeda, R., Vásquez M. y Aldasoro, M. 2018. Las abejas sin aguijón y su cultivo en Oaxaca, México con catálogo de especies, San Cristóbal de Las Casas, Chiapas, México. El Colegio de la Frontera Sur. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. pp 46-147.
3. Ayala, B. R., González, V. H and Engel, M. S. 2013. Mexican stingless bees (Hymenoptera: Apidae): diversity, distribution and indigenous knowledge. Editores. Pot-honey. A legacy of stingless bees. Springer, New York, pp 135-152.
4. Ayala, R., Griswold, T. y Yanega, D. 1996. Apoidea. Biodiversidad Taxonomía y Biogeografía de Artrópodos de México. Universidad Nacional Autónoma de México, México, pp 423-464.
5. Barredo, I. and Bosque, J. 1999. Multicriteria Evaluation methods for ordinal data in a GIS environment. Geographical Systems, no° 5, pp 313-327.
6. BOSQUE, J. 1997: Sistemas de Información Geográfica. Madrid, Rialp, 2º edición corregida, p 451.
7. Cala, G. 2016. Apiarios urbanos, alternativa para preservar a las abejas, <https://www.utadeo.edu.co/es/noticia/destacadas/expeditio/264566/apiarios-urbanos-alternativa-para-preservar-las-abejas>. (2017).

8. Caron, D. M. 2010. Manual práctico de apicultura. <http://food4farmers.org/wp-content/uploads/2012/08/MANUALDEWEY1.pdf>. (2020).
9. CLUSAPIDOM. 2015. Manual de buenas prácticas apícolas para la producción de miel de abejas. <http://www.competitividad.org.do/wp-content/uploads/2016/05/MANUAL-DE-BUENAS-PRACTICAS-APICOLAS.pdf>. (2020).
10. Excelsior. 2007: "Temen llegue a México contaminación de abejas." www3.colech.edu.mx/ObservatorioAmbiental/Documents/.../HT_No.1.pdf. 2018.
11. FANDOM, 2010. Agua para las abejas. Apicultura Wiki. https://apicultura.fandom.com/wiki/Agua_para_las_abejas. (2019)
12. Garza, V. (2007). Colapso de las colonias de abejas. Observatorio Ambiental. Colegio de Chihuahua. Vol. 1, p 8.
13. Goodchild, M., Haining, P. 2005. SIG y análisis espacial de datos: perspectivas convergentes. Investigaciones Regionales - Journal of Regional Research. (6)
14. Grajales, A., Serrano, E., Hahn Von, H., Christine, M. 2013. Los métodos y procesos multicriterio para la evaluación multicriterio. Revista Luna Azul. E-ISSN: 1909-2474. pp 285-306.
15. Guzmán, E., Correa, A., Espinosa, Laura & Guzmán, G. 2011. Colonización, impacto y control de las abejas melíferas africanizadas en México. *Veterinaria México*, 149-178. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S030150922011000200005&lng=es&tlng=es. (2019).

16. INEGI. 2001. Sistemas de información geográfica del Estado de México. Publicación única. Edición 2001. www.inegi.gob.mx. (2018).
17. Munda, G. 1993. Información difusa en los modelos de evaluación multicriterio Ambiental. Ámsterdam: Universidad Libre de Ámsterdam. pp 87-120.
18. Navarro, E. 2010. Las abejas y el clima. Apicultura en Valero, p. 2.
19. Powell, A. and Powell. G. 1987. Population dynamics of male euglossine bees in Amazonian forest fragments. *Biotropica* 19. pp 176-179.
20. Pumain, D. (2004). Análisis Espacial, Fundamentos epistemológicos. <http://www.hypergeo.eu>. (2020).
21. Reyes, J., Galarza, J., Muñoz, R. y Moreno, A. 2014. Diagnóstico territorial y espacial de la apicultura en los sistemas agroecológicos de la Comarca Lagunera, *Rev. Mex. Cienc. Agríc. Texcoco*
22. SAGARPA, SENASICA, 2018. Buenas prácticas pecuarias en la producción primaria de miel. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/395732/Manual_BPP_en_la_Produccion_primaria_de_Miel_octubre_2018.pdf. (2019).
23. SAGARPA, SENASICA. 2017. Acuerdo por el que se dan a conocer los lineamientos para la operación orgánica de las actividades agropecuarias; producción animal clase insecta: apicultura/meliponicultura. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/419667/Borrador_guia_apicultura_organica_2017-11-24.pdf. (2019).
24. Salamanca, G. 2000. Criterios relacionados con la actividad apícola tropical y el fenómeno Colombiano. Apiservices. <https://www.apiservices.biz/es/articulos/ordenar-por-popularidad/732-criterios-relacionados-con-la-actividad-apicola-tropical>. (2019)

25. SCHNEIDER SS and MCNALLY LC. 1992. Factors influencing seasonal absconding in colonies of the African honeybee, *Apis mellifera scutellata*. *Insectes Sociaux*.
26. Semarnat. 2001. Situación de la flora y fauna del Estado de México respecto a la NOM-059. Secretaría del Medio Ambiente, Gobierno del Estado de México. Segunda Edición 2007, pp 21-24.
27. Semarnat. 2013. Informe de la situación del medio ambiente en México. Compendio de estadísticas ambientales. Indicadores clave y de desempeño ambiental. Secretaría de Medio ambiente y Recursos Naturales. México.
28. Smith-Pardo, A. H. y Gonzalez, V. 2007. Diversidad de abejas (Hymenoptera: Apoidea) en estados sucesionales del bosque húmedo tropical. *Acta Biológica Colombiana* 12(1): 43-56.
29. Vergara, C. y Badano, E. 2009. Pollinator diversity increases fruit production in Mexican coffee plantations: The importance of rustic management systems. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 129. pp 117–123.
30. Vidal, E. 2012. Historia de la apicultura en México, *Boletín de la Dirección General de Agricultura*. p 35.

Otras:

<http://ocw.upm.es/proyectos-de-ingenieria/fundamentos-de-los-sistemas-de-informacion-geografica/contenidos/Material-de-clase/tema7.pdf>

