



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

USO DE SIGs EN TRES LOCALIDADES PRODUCTORAS DE NOPAL

**VERDURA EN MORELOS PARA ESTIMAR LA POBLACIÓN EXPUESTA A
PLAGUICIDAS SINTÉTICOS**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS
AGROPECUARIAS Y DESARROLLO RURAL**

PRESENTA:

ITZEL MARTÍNEZ ORTEGA

**DIRECTOR DE TESIS
DR. VÍCTOR LÓPEZ MARTÍNEZ**

**Co-DIRECTOR DE TESIS
DRA. NIDIA BÉLGICA PÉREZ DE LA O**

CUERNAVACA, MORELOS, 27 DE MAYO DE 2024



**FACULTAD DE CIENCIAS
AGROPECUARIAS**

**USO DE SIGs EN TRES LOCALIDADES PRODUCTORAS DE NOPAL VERDURA
EN MORELOS PARA ESTIMAR LA POBLACIÓN EXPUESTA A PLAGUICIDAS
SINTÉTICOS.**

Tesis realizada por **Itzel Martínez Ortega** bajo la dirección del Comité Revisor indicado,
aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y DESARROLLO RURAL

COMITÉ REVISOR

Director de tesis:

Dr. Víctor López Martínez

Co-Director de tesis:

Dra. Nidia Bélgica Pérez de la O

Revisor:

Dr. Edgar Martínez Fernández

Revisor:

Dra. María Claudia Rueda Barrientos

Revisor:

Dr. Irán Alía Tejacal

Revisor:

Dr. Nelson Avonce Vergara

ÍNDICE DE CUADROS

| | |
|---|----|
| Cuadro 1. Superficie total y polígonos calculados por uso de suelo en un área buffer de 1 km ² de tres municipios de Morelos, México. | 20 |
| Cuadro 2. Municipios, número de unidades de producción (nopal verdura y nopal verdura más aguacate), superficie, promedio por unidad de producción y área analizada (Buffers). | 23 |
| Cuadro 3. Clasificación de insecticidas utilizados en nopal verdura (Ramírez Bustos <i>et al.</i> , 2018; Aldana Madrid <i>et al.</i> , 2008; Cerón-González <i>et al.</i> , 2012). | 25 |
| Cuadro 4. Volumen de plaguicidas potencialmente aplicados en tres localidades de Morelos, México, a tres áreas buffers..... | 26 |
| Cuadro 5. Índice de Riesgo Ambiental y Perfil Toxicológico de insecticidas utilizados en el cultivo de nopal verdura en Morelos, México. | 27 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1. Localización del municipio de Tlalnepantla, Morelos, México. (Fuente: Google Earth Pro ver. 7.3.4.8642. Febrero 2021)..... | 13 |
| Figura 2. Localización del municipio de Tlayacapan, Morelos, México. (Fuente: Google Earth Pro ver. 7.3.4.8642. Febrero 2021)..... | 14 |
| Figura 3. Localización del municipio de Totolapan, Morelos, México. (Fuente: Google Earth Pro ver. 7.3.4.8642. Febrero 2021)..... | 14 |
| Figura 4. Construcción de tres áreas buffer (50, 500 y 1,000 m) a partir de las manzanas urbanas de Tlayacapan, Morelos, México. | 15 |
| Figura 5. Ejemplo de clasificación de áreas agrícolas dentro del área de estudio, A) nopal, B) hortaliza, C) perturbado, D) nopal-aguacate, E) temporal-aguacate, F) suelo desnudo, G) aguacate, H) temporal (imágenes de Google LLC -2022-). | 16 |
| Figura 6. Resultado final de la poligonización de áreas agrícolas dentro del área buffer de 1,000 alrededor del área urbana de Tlalnepantla, Morelos, México. | 17 |
| Figura 7. Concatenación de datos mediante Geoda y Qgis 3.28.2..... | 18 |
| Figura 8. Polígonos y buffers de los municipios de A) Tlayacapan; B) Tlalnepantla; C) Totolapan..... | 22 |
| Figura 9. Parcelas aledañas a las áreas urbanas en Tlalnepantla Morelos..... | 24 |

ÍNDICE GENERAL

| | |
|---|----|
| 1. INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| Objetivo General..... | 4 |
| Objetivos específicos..... | 4 |
| Hipótesis..... | 4 |
| 2. REVISION DE LITERATURA | 5 |
| 2.1 Generalidades del cultivo | 5 |
| 2.1.1. Origen | 5 |
| 2.1.2. Distribución | 5 |
| 2.1.3 Importancia económica | 6 |
| 2.1.3.1. Importancia económica a nivel mundial | 6 |
| 2.1.3.2. Importancia económica en México..... | 6 |
| 2.1.3.3. Importancia del cultivo de nopal verdura en el estado de Morelos..... | 7 |
| 2.1.3.3.1. Problemática | 7 |
| 2.2. Principales plagas del cultivo | 8 |
| 2.2.1. Picudo de las espinas (<i>Cylindrocopturus biradiatus</i> Champion) | 8 |
| 2.2.2. Chinche gris (<i>Chelinidea tabulata</i> (Burmeister))..... | 8 |
| 2.2.3. Grana cochinilla (<i>Dactylopius</i> spp.)..... | 9 |
| 2.2.4. Picudo del nopal (<i>Cactophagus spinolae</i> Gyllenhal) | 9 |
| 2.2.5. Chinche roja del nopal (<i>Hesperolabops nigriceps</i> Reuter) | 10 |
| 2.3. Control químico de plagas..... | 11 |
| 2.4. Sistemas de Información Geográfica (SIG) | 12 |
| 3. MATERIALES Y METODOS | 13 |
| 3.1. Área de estudio | 13 |
| 3.2. Poligonización de plantaciones de nopal verdura..... | 15 |
| 3.3. Concatenación de datos | 17 |

| | |
|----------------------------------|----|
| 3.4. Información censal..... | 18 |
| 3.5. Toxicidad del cultivo | 18 |
| 4. RESULTADOS | 20 |
| 5. DISCUSIÓN..... | 29 |
| 6. CONCLUSIONES..... | 33 |
| 7. LITERATURA CITADA | 34 |
| ANEXO..... | 40 |

RESUMEN

El nopal *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller se encuentra expuesto a diversos problemas fitosanitarios principalmente al ataque por plagas donde el primordial manejo es el control químico, las comunidades rurales cercanas a campos de cultivo son las zonas de mayor exposición a plaguicidas debido a la deriva del rociado y volatilización. Debido a que los plaguicidas son potencialmente tóxicos para los seres humanos, la exposición a los mismos implica riesgos a la salud pública. El objetivo del estudio fue calcular el volumen de plaguicidas sintéticos aplicados alrededor de tres áreas urbanas de Morelos, México (Tlalnepantla, Tlayacapan y Totolapan,) asociadas al cultivo de nopal verdura. Se calculó el área cultivada al poligonizar todas las unidades de producción dentro de tres áreas buffers (50, 500 y 1,000 m) alrededor de las áreas urbanas de interés. Se recopiló información asociado a los plaguicidas aplicados en el cultivo. Tlalnepantla fue el municipio con mayor superficie cultivada (313.767 ha) y en donde se presenta el mayor riesgo de contaminación por deriva hacia sus habitantes (8,374). En el cultivo se registra la aplicación de hasta 17 plaguicidas distintos, 14 de ellos son prohibidos a nivel mundial.

Palabras clave: contaminación, organofosforados, salud pública.

Abstract

The cactus *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller is exposed to various phytosanitary problems, mainly attack by pests where the primary management is chemical control, rural communities near crop fields are the areas with the greatest exposure to pesticides due to spray drift and volatilization. Because pesticides are potentially toxic to humans, exposure to them poses public health risks. The study aimed to calculate the volumen of synthetic pesticides applied around three urban areas from Morelos, Mexico (Tlalnepantla, Tlayacapan, and Totolapan) associated with cultivating the prickly pear cactus. The cultivated area was calculated by polygonizing all production units within three buffer zones (50, 500, and 1,000 m) around the urban areas of interest. Information associated with pesticides applied to the crop was collected. Tlalnepantla was the municipality with the largest cultivated area (313,767 ha) and the highest risk of pollution due to drift exposure to its residents (8,374). The application of up to 17 different pesticides is recorded in the crop, and 14 are banned worldwide.

Keywords: pollution, organophosphates, public health.

AGRADECIMIENTOS

A Dios y al Sr. Santiago

Por la vida y el conocimiento que me dieron para sí poder desarrollar esta investigación y culminarla, por apoyarme en cada momento difícil de los cuales salí victoriosa y cada vez más fuerte. Por permitirme a mis padres los cuales fueron fundamentales en todo este proceso del posgrado. Gracias por nunca abandonarme hasta en los momentos que sentía que estaba sola y perdida en la vida.

A mi madre Ruth Ortega López

Por todo su apoyo incondicional que a pesar por las adversidades que pasamos siempre se mostró firme y comprometida apoyarme hasta el último momento. Por nunca dejarme sola por muy fuerte que fuera la situación.

A mi padre José Domingo Martínez Vázquez

Por acompañarme en todo el proceso de la investigación, brindándome su apoyo, conocimiento, tiempo y dedicación, a buscar herramientas para salir triunfadores en este proceso.

A mis maestros

Dr. Víctor López Martínez por la oportunidad de trabajar con él, por todo el apoyo que me brindo, por su motivación y consejos.

Al Dr. Dagoberto Guillen Sánchez (DEP) por ser mi mentor, por formar a este gran ser humano que gracias a sus consejos hoy en día soy la profesional que soy.

DEDICATORIA

A **Dios** por la vida y la salud, por estar en cada momento y en cada paso que daba en este proceso para poder formarme como una profesional en este posgrado. Por la vida de mis padres que todos juntos somos un gran equipo que sumando fuerzas culminé mis estudios. Gracias padre mío por nunca dejarme sola, gracias por el conocimiento que me brindaste para poder desarrollar esta gran investigación.

A mi madre **Ruth Ortega López** por nunca soltar mi mano y acompañarme en este camino, le doy gracias a Dios por tu vida y por ser una gran madre, la cual nunca flaqueo en los momentos que más te necesite. Gracias por formar a este ser humano que siempre estará agradecida contigo, esta investigación y este grado de maestría es para ti con mucho cariño de parte de tu hija Itzel.

A mi padre **José Domingo Martínez Vázquez** por dejar todos sus proyectos y ayudarme a desarrollar la investigación, gracias por compartir sus conocimientos conmigo los cuales quedarán marcados en mi memoria.

A mi hermana **Deasy M. Martínez Ortega** y mis sobrinos **Kehily Erin Flores Martínez**, **Kelly Ailin Flores Martínez** y **Joseph Emanuel Flores Martínez** por su apoyo y cariño incondicional.

A mi abuela **Rosa López Orzuna** por su cariño y por su apoyo moral el cual me sirvió de mucho para no rendirme en este camino.

1. INTRODUCCIÓN

El nopal, *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller, es la principal cactácea cultivada en el mundo por su importancia cultural y económica, se distribuye desde Canadá hasta la Patagonia Argentina, y se cultiva en países de América, África, Europa y Oceanía (Kiesling, 1999; Casas y Barbera, 2002; Bravo *et al.*, 1995; FAO, 2018). La producción de nopal a nivel mundial se divide en nopal verdura (nopalitos), nopal tunero y nopal forraje (Saravia, 2002). México es el principal país productor de nopal verdura a nivel mundial para consumo en fresco, en 2021 la superficie sembrada y cosechada fue de 12,599.70 ha y 12,452.65 ha respectivamente, con producción total de 869,262.89 t (SIAP, 2021). Los principales estados productores de nopal verdura son Morelos, Ciudad de México, México, Tamaulipas, Michoacán, Jalisco, Puebla, Aguascalientes, Zacatecas y Baja California (SIAP, 2021).

Morelos es el estado líder en producción de nopal verdura a nivel nacional con una superficie total sembrada en 2021 de 4,217.00 ha y producción de 405,580.79 t, los municipios de los Altos de Morelos (Tlalnepantla, Tlayacapan, Totolapan y Tepoztlán) cuentan con la mayor superficie sembrada del cultivo (3,030.00, 572.00, 554.00 y 61 hectáreas, respectivamente); debido a la excelente calidad el nopal, se comercializa en el mercado nacional y también es exportado a Estados Unidos, Canadá y Europa (SADER, 2019; SIAP, 2021).

El nopal se cultiva para consumo en fresco (cladodios), para la producción de fruta, como forraje y como hospedante de la grana cochinilla (Reyes-Agüero *et al.*, 2005a). El cultivo es producido durante todo el año, pero la demanda aumenta en diciembre-marzo, ya que

la producción en algunas entidades se reduce debido a las bajas temperaturas y el precio aumenta hasta 5 veces del precio habitual, siendo más redituable para los productores; en contraste, en época de calor (abril-septiembre) la oferta se incrementa, pero el precio disminuye (INIFAP, 2014).

El cultivo de nopal está expuesto a diversos problemas fitosanitarios, principalmente al ataque por plagas pertenecientes a las familias Curculionidae, Coreidae, Dactylopiidae y Miridae, causantes de la disminución de productividad y calidad del nopal, por ejemplo el curculiónido *Metamasius spinolae* (Gyllenhal) tanto adultos como larvas causan daño al cultivo, las larvas realizan galerías en las pencas maduras y el adulto daña los márgenes de los nopalitos (Vargas *et al.*, 2008; Palomares-Pérez *et al.*, 2016). El principal tipo de control de dichas plagas es el químico, los plaguicidas utilizados pertenecen al grupo químico de los organofosforados, considerados como extremadamente tóxicos, pero elegidos por los productores por su alta efectividad y por el desplazamiento que sucedió con los insecticidas organofosforados (Aldana *et al.*, 2008; Ramírez-Bustos *et al.*, 2018).

Las comunidades rurales donde la principal fuente de trabajo es la agricultura, son las zonas de mayor exposición a plaguicidas (Dawson *et al.*, 2018). La población mayormente expuesta a concentraciones y niveles de plaguicidas altos, son los habitantes que viven cerca de campos agrícolas tratados con agroquímicos y al menos un integrante de la familia es trabajador agrícola ocupacional (Dereumeaux *et al.*, 2020; Butler-Dawson *et al.*, 2018). La exposición no ocupacional es por medio de la inhalación del aire exterior, ingestión de agua subterránea contaminada y contaminación del polvo doméstico. La población con exposición alta a los residuos de plaguicidas son los menores de edad, en comparación con los adultos, por su estructura física,

comportamiento y fisiología; los problemas de salud que se presenta en ambos casos son cáncer, déficit cognitivo y conductual, reducción de la función pulmonar, cáncer de mama, entre otros padecimientos (Butler-Dawson *et al.*, 2018; Dereumeaux *et al.*, 2020; Kim *et al.*, 2016). La deriva del rociado y volatilización de agroquímicos se dispersa desde los 500 a 1,250 m, más allá del área tratada.

Los modelos de sistemas de información geográfica (SIG) pueden asistir en el cálculo de la superficie agrícola a una distancia específica de los hogares de los residentes, (Dereumeaux *et al.*, 2020). En nopal verdura no se tiene registro de la aplicación de SIG para el cálculo de riesgo de contaminación por plaguicidas.

Objetivo General

Calcular el número de personas expuestas a la aplicación de insecticidas asociadas a nopal verdura en tres áreas urbanas en Morelos, México.

Objetivos específicos

1.- Calcular la superficie cultivada de nopal verdura en tres áreas buffer alrededor de tres áreas urbanas en Morelos, México.

2.- Estimar el volumen de plaguicidas aplicados a nopal verdura en áreas buffer asociadas a tres áreas urbanas de Morelos, México.

Hipótesis

La localidad urbana con mayor superficie cultivada de nopal verdura en sus alrededores cercanos, será la que mayor riesgo de exposición a plaguicidas representará para su población.

2. REVISION DE LITERATURA

2.1 Generalidades del cultivo

2.1.1. Origen

El nopal, *Opuntia* sp., es originario del continente americano; se han descubierto 1,400 especies de cactus, de las cuales, 670 se encuentran en México (508 endémicas). El país es reconocido como el centro de mayor diversidad de cactus y nopales del continente (SEMARNAT, 2017). Se considera que fue la base de la economía cazadora recolectora indígena chichimeca del Altiplano mexicano, el fruto era recolectado y guardado para ser consumido en meses posteriores; junto con el maguey y mezquite fueron las plantas sagradas en el México precolombino (Reyes-Agüero *et al.*, 2011).

2.1.2. Distribución

En México el nopal se siembra principalmente en zonas áridas y semiáridas, aunque puede encontrarse también en otras regiones climáticas (Hernández *et al.*, 2020; INIFAP, 2014). Nuestro país cuenta con una gran diversidad genética de nopal a nivel mundial, el género *Opuntia* es el más extenso de la familia Cactaceae, y está constituido por 189 especies, de las cuales 83 son mexicanas (Reyes-Agüero *et al.*, 2005b). Las principales especies cultivadas en el país son *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill, *O. megacantha* Salm-Dyck, *O. streptacantha* Lem, *O. engelmannii* var. *lindheimeri* (Engelm) B.D.Parfitt & Pinkava y *O. leucotricha* DC (FAO, 2018; Anaya, 2003). Las especies del género se distribuyen desde el centro-norte de la Altiplanicie Meridional, noroeste, el Bajío, eje Neovolcánico y el valle de Tehuacán-Cuicatlan (Guzmán *et al.*, 2003; Reyes-Agüero *et al.*, 2005b; Anaya, 2003).

2.1.3 Importancia económica

2.1.3.1. Importancia económica a nivel mundial

Debido a la gran adaptación a climas secos, el cultivo de nopal se ha extendido por varios países del mundo, con usos distintos en cada uno de ellos, en América se encuentra en Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Perú, y México; en el continente africano, Etiopía, Marruecos, Sudáfrica, y Tunes; y en Europa se cultiva en Italia, Portugal y España. Brasil es el principal productor de nopal para forraje a nivel mundial con superficie de 500,000 ha, la producción de tuna y nopal fresco en Chile se destina para consumo nacional (FAO, 2018). México ocupa el primer lugar en el mundo como consumidor de tuna y nopal fresco, la producción de nopal para forraje es semi-comercial debido a que el país cuenta con abundancia de otros forrajes (FAO, 2018).

2.1.3.2. Importancia económica en México

México cuenta con la mayor diversidad genética de *Opuntia* en el mundo y amplia distribución geográfica, además de especies endémicas; lo que contribuye significativamente a generar miles de empleos y es uno de los recursos vegetales más importantes para los habitantes de las zonas áridas y semiáridas del país. Es consumido en fresco por su alto valor nutritivo, ya que contiene pectinas, fibras y propiedades medicinales, también se consume el fruto y diversas especies de nopal son destinadas para la alimentación ganadera (CONABIO, 2021; Torres-Ponce *et al.*, 2015).

2.1.3.3. Importancia del cultivo de nopal verdura en el estado de Morelos

Morelos es el estado con mayor producción y calidad de nopal a nivel nacional, en 2021 la superficie total sembrada fue de 4,217.00 ha con producción de 405,580.79 t; los municipios de los Altos de Morelos: Tlalnepantla (3,030.00 ha), Tlayacapan (572.00 ha), Totolapan (554.00 ha) y Tepoztlán (60 ha), cuentan con la mayor superficie sembrada. Debido a la excelente calidad de la verdura, abastece al mercado nacional y es exportado a Estados Unidos, Canadá y Europa (SADER, 2019; SIAP, 2021).

2.1.3.3.1. Problemática

La principal limitante para obtener el mejor rendimiento y calidad en la producción de nopal son las plagas, responsables de pérdidas considerables. En los altos de Morelos para el manejo de los problemas fitosanitarios del nopal, mediante monitoreos por campos productores, se encontraron envases de insecticidas e insecticidas-acaricidas, pertenecientes a los grupos químicos carbamatos, piretroides, organoclorados y organofosforados, este último en mayor cantidad en comparación con el resto (Ramírez-Bustos *et al.*, 2018). Durante la manipulación y aplicación de plaguicidas por parte de trabajadores agrícolas sin el equipo adecuado, aumenta el riesgo de exposición a intoxicaciones aumenta; además, la familia también se encuentra en riesgo de inhalar residuos de plaguicidas ya que estos se impregnan a la ropa del aplicador. Estudios han demostrado la existencia de residuos de organofosforados en polvo doméstico con concentraciones más altas en hogares agrícolas que en no agrícolas y la proximidad a campos de cultivo, entre más cerca los hogares, mayor concentración de plaguicidas (Butler-Dawson *et al.*, 2018).

2.2. Principales plagas del cultivo

2.2.1. Picudo de las espinas (*Cylindrocopturus biradiatus* Champion)

El picudo de las espinas, *Cylindrocopturus biradiatus* (Coleoptera: Curculionidae), es una plaga de importancia económica en Querétaro. En los municipios de Toluca, Temascaltepec y San Felipe del Progreso, Estado de México, se han reportado dos especies de *Cylindrocopturus*, *C. biradiatus* y *C. ganglbaueri*. En marzo existe la mayor incidencia de adultos de *C. biradiatus*, y disminuyen en mayo y julio, con ausencia en septiembre a noviembre, debido a los cambios climatológicos. Los síntomas del daño asociado a esta especie son visibles a simple vista como secreciones en las pencas, a medida que le severidad aumenta, se forma costras duras de color oscuro en las zonas afectadas. Las pencas dañadas deben ser eliminadas y el control químico debe realizarse en marzo antes de que los adultos ovipositen. El control cultural es clave para la disminución de incidencia del picudo de las espinas, ya que, si no son retiradas las pencas afectadas, se reduce la productividad en gran proporción al año siguiente de cosecha (Vargas *et al.*, 2008; Castañeda-Vildózola *et al.*, 2021).

2.2.2. Chinche gris (*Chelinidea tabulata* (Burmeister))

La chinche gris *Chelinidea tabulata* (Burmeister), pertenece al orden Hemiptera y familia Coreidae es una plaga presente en el cultivo de nopal donde la población de adultos es más alta en mayo, lo que se atribuye a su estrecha relación con las temperaturas. El nopal silvestre actúa como hospedante alternativo, los adultos se alimentan succionando los jugos celulares de las pencas y causan manchas cloróticas con diámetros que varían entre 2 y 8 mm, las variaciones de medida se relacionan con el individuo que se alimente, ninfas o adultos (Vargas *et al.*, 2008).

2.2.3. Grana cochinilla (*Dactylopius* spp.)

En la actualidad existe una diversidad de especies del género *Dactylopius*, entre las cuales destacan *D. confertus*, *D. confusus*, *D. opuntiae* y *D. coccus*. Como especie silvestre es una plaga por su hábito como parásito en la superficie del nopal verdura, se alimenta de la savia de las pencas del nopal desde el estado ninfal hasta adulto, produce clorosis tanto en cladodios como en frutos, este daño debilita a la planta y queda susceptible por las heridas causadas a infecciones por patógenos. En incidencia alta causa la muerte de la planta. La hembra presenta una metamorfosis incompleta con aspecto similar a la ninfa, es de cuerpo oval, cubierto por una sustancia polvosa algodonosa secretada por glándulas que le sirven como mecanismo de defensa contra sus depredadores. El macho presenta una metamorfosis completa, desarrolla alas y muere después de copular. *Dactylopius* es una de las plagas de mayor importancia económica en el cultivo del nopal, el control químico es el más empleado por los productores para el control de esta especie (Hernández-Hernández *et al.*, 2005; Vanegas Rico *et al.*, 2010).

2.2.4. Picudo del nopal (*Cactophagus spinolae* Gyllenhal)

Pertenece al orden Coleoptera, familia Dytrochthoridae, género *Cactophagus*, se han identificado al menos ocho especies pertenecientes a este género. En México el picudo del nopal es una de las principales plagas económicas, se encuentra en las principales zonas productoras de nopal: Milpa Alta (Ciudad de México), Estado de México y Morelos. El daño principal es causado por las larvas al alimentarse del tejido interno de los cladodios maduros, forman galerías en las pencas y éstas secretan goma para cubrir las heridas y evitar la entrada a fitopatógenos, debido al daño provocado, la planta se debilita

y causa el desprendimiento de cladodios. Lo anterior repercute en la producción de nopalitos y en ataques severos, la planta muere. El adulto es de color negro con franjas color rojo a anaranjado, se alimenta de los cladodios tiernos de la planta de nopal y causa bajo rendimiento en la producción de nopal verdura. El principal control para reducir la población es la aplicación de insecticidas, otra alternativa que ha dado resultado es la eliminación manual de los insectos adultos, método que ha sido implementado en Tlalnepantla, Morelos, para reducir las aplicaciones de plaguicidas (Orduño-Cruz y Vanegas Rico, 2018).

2.2.5. Chinche roja del nopal (*Hesperolabops nigriceps* Reuter)

Orden Hemiptera, familia Miridae. El daño en el cultivo de nopal tunero o verdura es causado por ninfas y adultos quienes insertan el estilete al interior de los cladodios para succionar la savia, posteriormente se forma una mancha rodeada por un halo clorótico transformándose en pústula de color amarillo ocre sobre la superficie del cladodio, por la apariencia que causa es comúnmente llamado el “Cacarizo del nopal”. Los adultos depositan los huevos entre la cutícula de las pencas antes de las heladas y eclosionan a finales de la primavera, ya que el adulto muere en época de invierno (Palomares Pérez *et al.*, 2010; Palomares Pérez *et al.*, 2016).

2.3. Control químico de plagas

El cultivo del nopal enfrenta una alta incidencia de plagas, lo que afecta significativamente la producción y el rendimiento, el control químico es la alternativa más eficiente y el método mayormente utilizado por los productores, es importante resaltar que, aunque se utilizan generalmente no existen plaguicidas autorizados para su aplicación en el cultivo del nopal (Vanegas-Rico *et al.*, 2010; Ramírez-Bustos *et al.*, 2018). En los municipios de Tepoztlán, Tlalnepantla, Tlayacapan y Totolapan, en campos de cultivos de nopal se han encontrado envases vacíos de insecticidas e insecticidas-acaricidas, empleados para el control de plagas, en su mayoría fueron envases de organofosforados, con los ingredientes activos Clorpirifós etil, Diclorvós, Metamidofós, Metidatió, Monocrotofós y Ometoato. También fueron encontrados envases de organoclorados, carbamatos y piretroides, pero en menor proporción (Ramírez-Bustos *et al.*, 2018). La contaminación ambiental es alta, así como la población que habita cerca de tierras agrícolas es la más propensa a la deriva y volatilización de plaguicidas. Estudios anteriores han demostrado que las concentraciones de organofosforados en el polvo doméstico son más altas en los hogares agrícolas en comparación a hogares no agrícolas y la proximidad a campos de cultivo, al igual por su uso doméstico como desinfección y desinfestación de áreas y edificios públicos (Butler-Dawson *et al.*, 2018; Carod-Benedico, 2002). Aun incluso en niveles bajos de exposición, puede haber consecuencias desfavorables en la salud, efectos a corto plazo como irritación de la piel y ojos, dolor de cabeza, mareos y náuseas, así como impactos crónicos como cáncer, asma y diabetes; estos efectos se encuentran estrechamente relacionados con el periodo y nivel de exposición. Los plaguicidas pueden entrar al cuerpo vía dérmica, oral, ocular y respiratoria, por tal motivo la población con mayor exposición son los ocupacionales (trabajadores agrícolas), ya que no en todos los

casos utilizan el equipo adecuado para realizar las aplicaciones de productos químicos (Butler-Dawson *et al.*, 2018; Kim *et al.*, 2016).

2.4. Sistemas de Información Geográfica (SIG)

Un Sistema de Información Geográfica (SIG) combina software especializado y datos georreferenciados para capturar, almacenar, manipular, analizar y presentar una amplia gama de información geográfica, desde mapas de carreteras hasta la identificación de parcelas agrícolas (SGM, 2017). Los modelos de sistemas de información geográfica, comprenden múltiples usos y son de carácter complejo multipropósito, en la actualidad son empleados para resolver problemas sociales y ambientales. En la agricultura, los modelos SIG se basan en la estimación de la superficie agrícola a una distancia espacial de los hogares de los pobladores. Sistemas que pueden ser utilizados para medir la exposición a plaguicidas sintéticos y así, evaluar la población con mayor riesgo a deriva y volatilización a plaguicidas en hogares ocupacionales y no ocupacionales (Dereumeaux *et al.*, 2020).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Área de estudio

El estudio se llevó a cabo en tres municipios productores de nopal verdura del estado de Morelos, México: Tlalnepantla, Tlayacapan y Totolapan (Figuras 1, 2 y 3), con climas prevalecientes templado subhúmedo, semicálido subhúmedo y subtropical húmedo; y con elevación de 2,060, 1,641 y 1,897 metros sobre el nivel del mar, respectivamente (Tlalnepantla, 2022; Totolapan, 2022).

De acuerdo con SIAP (2022), la superficie sembrada de nopal verdura en Tlalnepantla fue de 3,030 ha, 575 ha en Tlayacapan y 553 ha para Totolapan, con producción de 293,304.00; 54,625.00 y 52,811.50 t por cada municipio.



Figura 1. Localización del municipio de Tlalnepantla, Morelos, México. (Fuente: Google Earth Pro ver. 7.3.4.8642. Febrero 2021).



Figura 2. Localización del municipio de Tlayacapan, Morelos, México. (Fuente: Google Earth Pro ver. 7.3.4.8642. Febrero 2021).

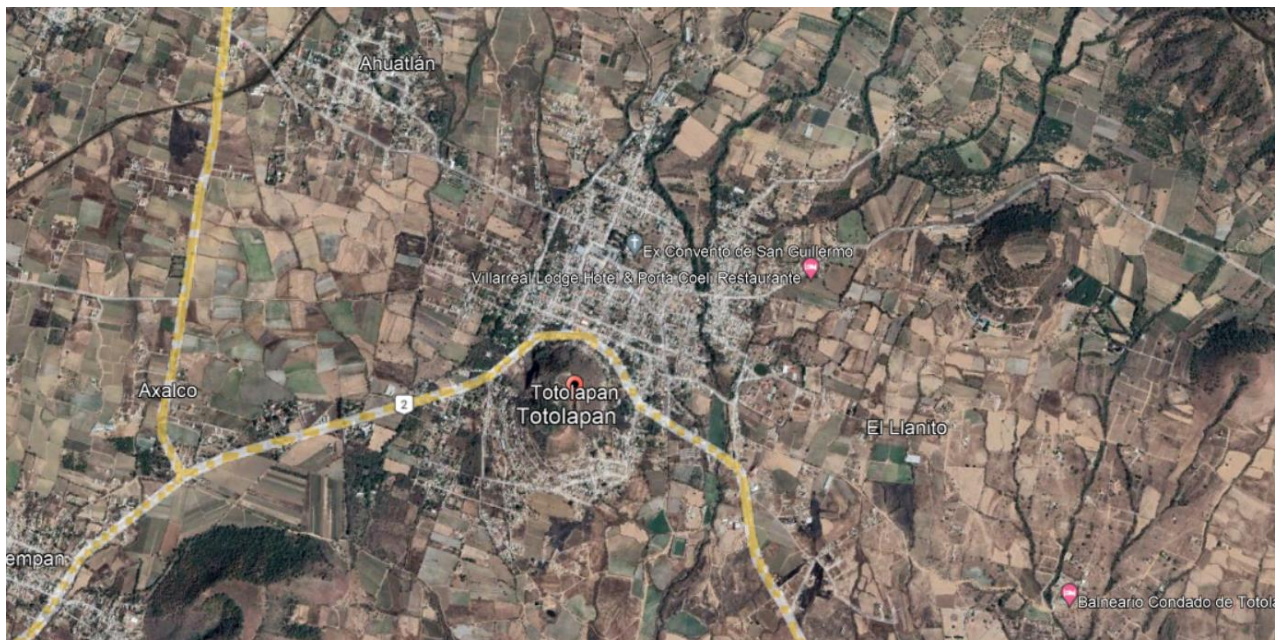


Figura 3. Localización del municipio de Totolapan, Morelos, México. (Fuente: Google Earth Pro ver. 7.3.4.8642. Febrero 2021).

3.2. Poligonización de plantaciones de nopal verdura

Se utilizó la imagen satelital del área de estudio proveniente de Google satélite contenida dentro de la extensión QuickMapService ver.0.19.33 del software QGIS ver.3.28.2. Firenze. En QGIS fueron proyectadas las manzanas urbanas por cada localidad, a partir de las bases de datos generadas por INEGI (2020), posteriormente, con la herramienta buffer de QGIS, fueron creadas tres áreas de influencia a partir de las manzanas de cada municipio. Los buffers tuvieron una distancia de 50, 500, y 1,000 m en cada localidad (Figura 4).

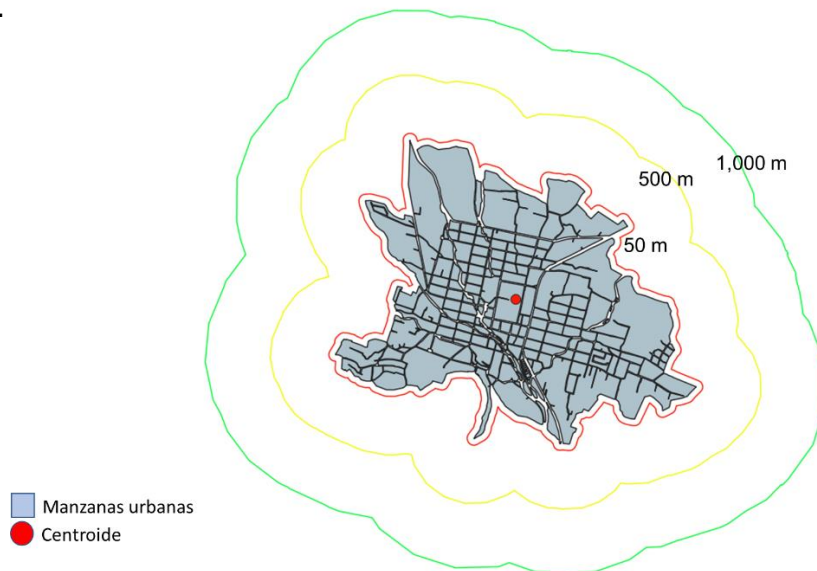


Figura 4. Construcción de tres áreas buffer (50, 500 y 1,000 m) a partir de las manzanas urbanas de Tlayacapan, Morelos, México.

Se analizó el área dentro de cada buffer para distinguir las áreas agrícolas, áreas no perturbadas y/o parcialmente urbanizadas; cuando se detectaron espacios cultivados, estos fueron clasificados por la presencia de nopal verdura, aguacate, hortaliza, temporal, perturbado, nopal-aguacate, temporal-aguacate y suelo desnudo (Figura 5).



Figura 5. Ejemplo de clasificación de áreas agrícolas dentro del área de estudio, A) nopal, B) hortaliza, C) perturbado, D) nopal-aguacate, E) temporal-aguacate, F) suelo desnudo, G) aguacate, H) temporal (imágenes de Google LLC -2022-).

Posteriormente, con la opción calculadora de campos ($\$area / 10000$) dentro de QGIS, fue calculada la superficie en hectáreas para cada polígono trazado. Después se realizó un recorte de polígonos por buffer, para contabilizar el área cultivada dentro de cada área de influencia (50, 500 y 1,000 m) (Figura 6).

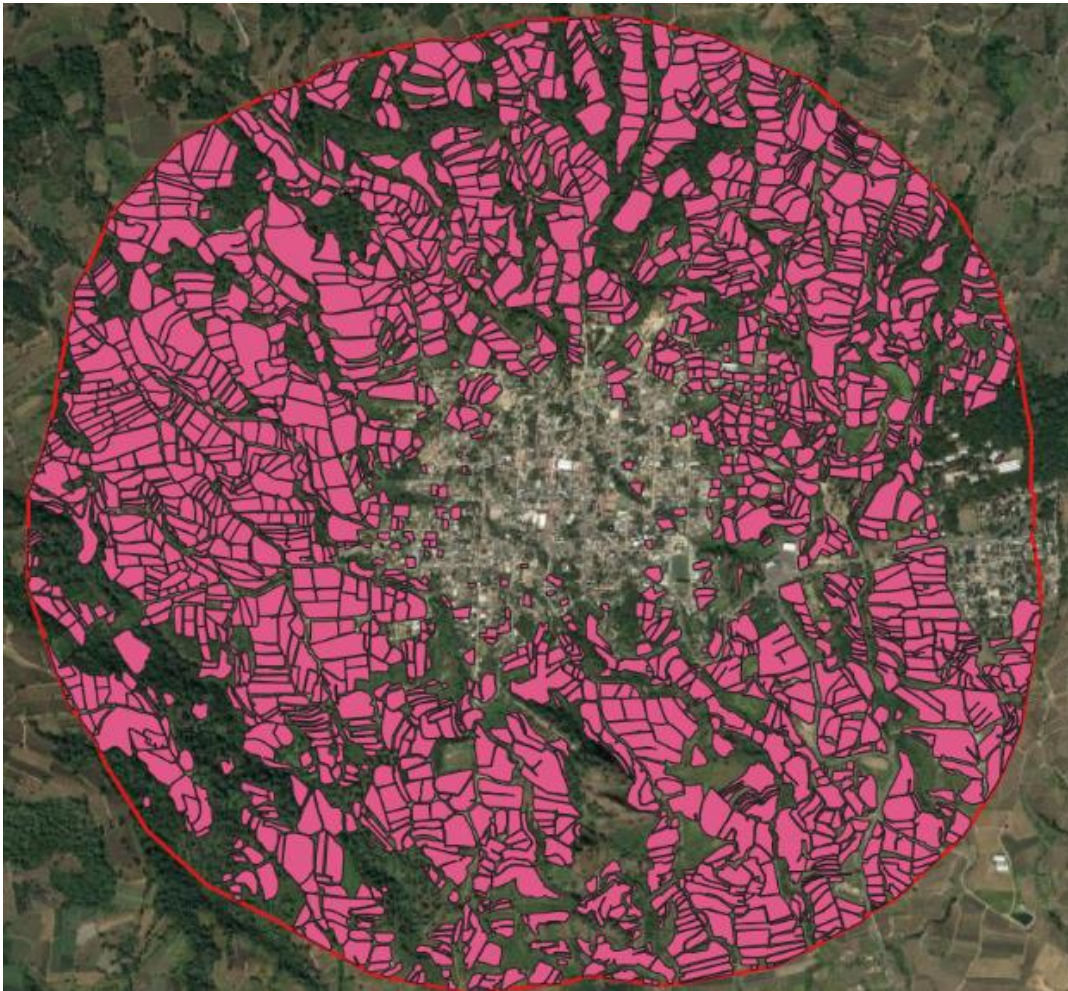


Figura 6. Resultado final de la poligonización de áreas agrícolas dentro del área buffer de 1,000 alrededor del área urbana de Tlalnepantla, Morelos, México.

3.3. Concatenación de datos

Una vez terminada la poligonización de las parcelas dentro de las áreas buffer, se concatenaron los datos de clasificación de polígonos y superficie de polígonos, mediante el programa GeoDa ver 1.20.0.36, que es la agregación de columnas a un shapefile (Figura 7).

Parcelas Tlalnepantla—Objetos Totales: 1916, Filtrados: 1916, Seleccionados: 0

| id | area_ha | Cultivos |
|----|---------|----------------|
| 1 | 0.093 | Nopal |
| 2 | 0.056 | Nopal |
| 3 | 0.045 | Temporal |
| 4 | 0.061 | Aguacate |
| 5 | 0.088 | Nopal |
| 6 | 0.136 | Nopal |
| 7 | 0.12 | Nopal |
| 8 | 0.076 | Nopal |
| 9 | 0.015 | Temporal |
| 10 | 0.036 | Nopal |
| 11 | 0.022 | Nopal |
| 12 | 0.015 | Nopal |
| 13 | 0.037 | Nopal |
| 14 | 0.037 | Nopal-Aguacate |
| 15 | 0.102 | Nopal |
| 16 | 0.082 | Nopal |
| 17 | 0.068 | Nopal-Aguacate |
| 18 | 0.013 | Nopal |
| 19 | 0.094 | Nopal |
| 20 | 0.052 | Nopal |
| 21 | 0.218 | Nopal |
| 22 | 0.126 | Nopal-Aguacate |
| 23 | 0.131 | Nopal |
| 24 | 0.213 | Nopal |

Mostrar todos los objetos espaciales

Figura 7. Concatenación de datos mediante Geoda y Qgis 3.26.1

3.4. Información censal

Para determinar la densidad poblacional a nivel de manzana, se concatenaron los datos del Censo de Población y Vivienda 2020 (INEGI, 2020) y Principales resultados por localidades en 2020 (INEGI, 2021) de Tlalnepantla, Tlayacapan y Totolapan.

3.5. Toxicidad del cultivo

Se utilizó el Índice de Riesgo Ambiental (ERI, por sus siglas en inglés) propuesto por Alister y Korgan (2006), expresado de la forma siguiente:

$$\text{ERI} = (\text{P} + \text{L} + \text{V} + \text{TP}) \text{D}$$

Donde:

P= persistencia en suelo

L= Lixiviación

V= Volatilidad

TP= Perfil toxicológico

D= Dosis del plaguicida.

El perfil toxicológico para cada plaguicida fue calculado de acuerdo con lo planteado por Alister y Korgan (2006) y modificado por Agost y Velázquez (2020).

$$\text{TP} = \text{K}_{\text{ow}} + \text{Rfd} + \text{LC}_{50} + \text{AT}$$

Donde:

K_{ow} = coeficiente de partición (Octanol-agua)

Rfd= dosis de referencia

LC_{50} = concentración aguda letal por inhalación.

Se hizo una búsqueda exhaustiva de reportes, artículos científicos, manuales técnicos, tesis, de plaguicidas utilizados en la región. Una vez obtenido el listado, se compiló la información para calcular el ERI de cada plaguicida a través de la consulta de las bases de acceso abierto: Pesticide Properties DataBase, PubChem, The EXTensionTOCicologyNETwork y el Catálogo de Plaguicidas de Uso Agrícola Autorizados en México (SENASICA 2022).

4. RESULTADOS

Las diferencias entre las superficies cultivadas, clases de uso de suelo y polígonos entre los municipios estudiados (Cuadro 1) (Figura 8). Totolapan concentró la mayor superficie (1,189 ha), polígonos (2,194) y número de clases (8); 2.65 y 3.57 veces, la superficie de Tlalnepantla y Tlayacapan, respectivamente. El 91.19 % de la superficie clasificada estuvo integrada por cultivos de temporal de granos básicos (964.821 ha), nopal verdura (669.39 ha) y aguacate (161.999 ha), mientras que las cinco clases restantes abarcaron el 8.80 %.

Cuadro 1. Superficie total y polígonos calculados por uso de suelo en un área buffer de 1 km² de tres municipios de Morelos, México.

| Clasificación del suelo | Número de polígonos y superficie por clase | | |
|-------------------------|--|---------------|---------------|
| | Tlayacapan | Tlalnepantla | Totolapan |
| Nopal | 416/176.4 | 1,195/313.767 | 278/179.172 |
| Aguacate | 20/3.758 | 310/65.73 | 173/92.511 |
| Nopal-Aguacate | 6/3.478 | 179/32.157 | 33/19.705 |
| Temporal | 416/122.863 | 151/22.771 | 1,560/819.187 |
| Hortalizas | 70/20.824 | 5/0.571 | 3/3.043 |
| Suelo desnudo | 0/0 | 0/0 | 4/2.483 |
| Temporal-Aguacate | 0/0 | 0/0 | 61/30.711 |
| Perturbado | 27/5.753 | 75/12.471 | 82/42.292 |

La vocación agrícola de cada municipio refleja sus prácticas y preferencias culturales.

En Totolapan, predominan los cultivos de temporal, especialmente granos básicos cultivados solos, y en menor proporción, en combinación con aguacate (849.898 ha, 71.47% de la superficie clasificada en el municipio). El cultivo de nopal verdura es relativamente importante, ya que puede cultivarse solo o en combinación con aguacate y representa el 26.15 % de la superficie cuantificada. El aguacate es un cultivo menor, se cultiva solo o en combinación con nopal verdura y representa el 9.43 % de la superficie.

La agricultura es de minifundio, son superficie en promedio por polígono de 0.541 ha) (Cuadro 1).

Tlalnepantla se caracteriza por su cultivo de nopal verdura, como monocultivo (313.767 ha) o en asociación con aguacate (32.157 ha), y comprende el 77.30 % de la superficie analizada. El aguacate ha comenzado a ganar relevancia, cultivado solo o en asociación con nopal verdura (97.887 ha), y representa el 21.87 % de los polígonos analizados. Similar a Totolapan, el tamaño promedio de los polígonos medidos fué 0.233 ha, indicativo de una agricultura atomizada (Cuadro 1).

En Tlayacapan se registró una agricultura enfocada a la siembra de nopal verdura principalmente como monocultivo (179.878 ha, 54.00% de su superficie) y de agricultura de temporal (122.863 ha, 36.88 % de su superficie), con participación baja de hortalizas (6.25 % del total del municipio), y donde el aguacate se cultiva marginalmente (2.17 % del total). De forma similar a los municipios anteriores, la superficie por polígono es reducida a 0.348 ha (Cuadro 1).

En cuanto a clases de uso del suelo, la agricultura de temporal domino en los tres municipios estudiados (2,127 polígonos y 964.82 ha), seguido de nopal verdura y aguacate, siguieron en importancia ocupando el 91.19 % del total de la superficie y 4,519 polígonos. La superficie por clase mostró una distribución variada entre los municipios, por ejemplo, en el caso de la agricultura de temporal, el 84.90 % se concentró en Totolapan, 12.73 % en Tlayacapan y 2.36 % en Tlalnepantla. El nopal verdura en monocultivo fue la segunda clase en términos de superficie en 1,889 polígonos en una superficie de 669.339 ha, el 46.87 % de esta superficie fue ubicada en Tlalnepantla; Tlayacapan y Totolapan registraron prácticamente superficie similar. Totolapan lidero en el cultivo de Aguacate (92.511 ha, 57.10 % del total de la clase), pero con poca superficie

en Tlayacapan (2.31 % del total de la clase y 20 ha). Situación similar se observó para las clases hortalizas (85.21 % de la superficie concentrada en Tlayacapan), nopal-aguacate (58.10 % observado en Tlalnepantla) y perturbado (69.88 % ubicado en Totolapan). Exclusivamente en Totolapan se encontraron las clases de suelo desnudo y temporal-aguacate (Cuadro 1).

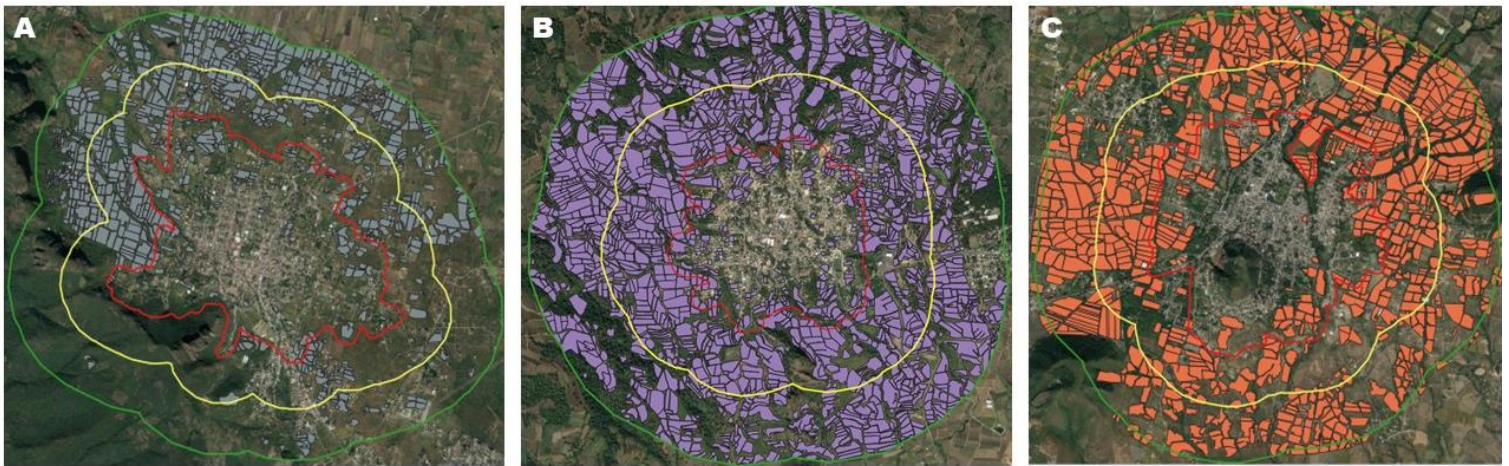


Figura 8. Polígonos y buffers de los municipios de A) Tlayacapan; B) Tlalnepantla; C) Totolapan.

Cuadro 2. Municipios, número de unidades de producción (nopal verdura y nopal verdura más aguacate), superficie, promedio por unidad de producción y área analizada (Buffers).

| Municipio | | 50 m | 500 m | 1,000 m |
|------------------|---|-------------|--------------|----------------|
| Tlayacapan | Número de unidades de producción (parcelas) | 41 | 199 | 436 |
| | Superficie (ha) | 10.48 | 72.44 | 167.55 |
| | promedio/unidad de producción | 0.255 | 0.364 | 0.384 |
| Tlalnepantla | Número de unidades de producción (parcelas) | 184 | 715 | 1,374 |
| | Superficie (ha) | 21.41 | 138.5 | 310.53 |
| | promedio/unidad de producción | 0.11 | 0.193 | 0.226 |
| Totolapan | Número de unidades de producción (parcelas) | 24 | 68 | 141 |
| | Superficie (ha) | 9.19 | 37.24 | 94.7 |
| | promedio/unidad de producción | 0.38 | 0.547 | 0.671 |

Hubo discrepancia en las unidades de producción de nopal y nopal-aguacate entre los municipios (Cuadro 2). Tlalnepantla tiene la mayor cantidad de parcelas de estas dos clases (2,273), lo que es 3.36 veces mayor que Tlayacapan y 10 veces que Totolapan (470.44 ha); sin embargo, el tamaño promedio de cada unidad de producción es menor a 66.31% en comparación con lo reportado en Totolapan.

Esta proporción de superficie cultivada se mantiene inclusive al radio de 500 m donde la superficie de Tlalnepantla es mayor a 3.71 veces a Totolapan y 1.91 a Tlayacapan. Si bien a 50 m Tlalnepantla posee la mayor superficie de nopal, la proporción con respecto a los otros dos municipios cambia, con respecto a Tlayacapan es 2.04 veces mayor y con respecto a Totolapan, 2.32 veces.

Vivir en Tlalnepantla es la zona más riesgosa a la deriva de la aspersion de insecticidas aplicados a nopal verdura, debido al número de las parcelas y la superficie dedicada al cultivo.

Además, en los tres municipios evaluados existen parcelas de nopal verdura dentro de las áreas urbanas, lo que incrementa la exposición por la deriva de producto o por contaminación indirecta por almacenamiento inadecuado de productos y equipo de aplicación (Figura 9). Tlalnepantla cuenta con un total de 2,273 polígonos, Tlayacapan 676 y Totolapan 233, con superficie de 470.44, 250.47 y 141.13 ha.



Figura 9. Parcelas aledañas a las áreas urbanas en Tlalnepantla Morelos.

Cuadro 3. Clasificación de insecticidas utilizados en nopal verdura (Ramírez Bustos *et al.*, 2018; Aldana Madrid *et al.*, 2008; Cerón-González *et al.*, 2012).

| Grupo químico | Ingrediente activo | Dosis (ha) | Número de veces de aplicación |
|------------------|--------------------|-------------------|-------------------------------|
| Carbamatos | Metomilo | 250-500 g/ha | _* |
| | Oxamil | 2-4 L/ha | _* |
| Organoclorados | Dicofol | 3.0-5.0 L/ha | _* |
| | Dimetoato | 0.5-1.0 L/ha | una aplicación |
| Organofosforados | Clorpirifós etil | 1.5-2.0 L/ha | una aplicación |
| | Diclorvós | 25-50 (mL/L agua) | _* |
| | Metamidofós | 1.0-1.5 L/ha | _* |
| | Metidación | 1.0-1.5 L/ha | _* |
| | Monocrotofós | 0.5-1.5 L/ha | _* |
| | Diazinón | 1.0-1.5 L/ha | 3 aplicaciones |
| | Malatión | 0.5-1.0 L/ha | _* |
| | Paratión metílico | 10.0-15.0 (Kg/ha) | _* |
| Piretroides | Ometoato | 400-600 (mL/ha) | _* |
| | Permetrina | 0.5-0.8 (Kg/ha) | _* |
| | Cipermetrina | 200-400 (mL/ha) | _* |
| | Deltametrina | 200-250 (mL/ha) | _* |
| | Fenvalerato | 1 L/ha | _* |

*No existe claridad en el número de aplicaciones del producto

Para controlar las plagas que disminuyen el rendimiento en el cultivo de nopal verdura se pueden emplear más de 17 ingredientes activos (i.a.). Entre estos, los organofosforados predominan con 8 i.a., mientras que los carbamatos y organoclorados con 2 i.a. respectivamente. Por otro lado, los piretroides con 5 i.a. tienen importancia intermedia utilizados. El diazinón es un ingrediente muy empleado por los productores agrícolas, con la recomendación de aplicar 3 veces en el ciclo productivo del cultivo.

Cuadro 4. Volumen de plaguicidas potencialmente aplicados en tres localidades de Morelos, México, a tres áreas buffers.

| Ingrediente activo | Dosis | Tlayacapan | | | Tlalnepantla | | | Totolapan | | |
|--------------------|-----------|------------|--------|---------|--------------|---------|---------|-----------|--------|---------|
| | | 50 m | 500 m | 1,000 m | 50 m | 500 m | 1,000 m | 50 m | 500 m | 1,000 m |
| Metomilo | 0.25 Kg | 2.6 | 18.11 | 41.88 | 5.35 | 34.625 | 77.5 | 2.29 | 9.31 | 23.67 |
| Oxamil | 2 L/ha | 20.96 | 144.88 | 335.1 | 42.82 | 277 | 621 | 18.38 | 74.48 | 189.4 |
| Dicofol | 3 L/ha | 31.44 | 217.32 | 502.65 | 64.23 | 415.5 | 931.59 | 27.57 | 111.72 | 284 |
| Dimetoato | 0.5 L/ha | 5.24 | 36.22 | 83.77 | 10.7 | 69.25 | 155.26 | 4.59 | 18.62 | 47.33 |
| Clorpirifós etil | 1.5 L/ha | 15.72 | 108.66 | 251.32 | 32.11 | 207.75 | 465.79 | 13.78 | 55.86 | 142.05 |
| Diclorvós | 1.025L/ha | 10.74 | 74.25 | 171.73 | 21.94 | 141.96 | 318.29 | 9.41 | 38.17 | 97.06 |
| Metamidofós | 1 L/ha | 10.48 | 72.44 | 167.55 | 21.41 | 138.5 | 310.53 | 9.19 | 37.24 | 94.7 |
| Metidación | 1 L/ha | 10.48 | 72.44 | 167.55 | 21.41 | 138.5 | 310.53 | 9.19 | 37.24 | 94.7 |
| Monocrotofós | 0.5 L/ha | 5.24 | 36.22 | 83.77 | 10.7 | 69.25 | 155.26 | 4.59 | 18.62 | 47.33 |
| Diazinón | 1 L/ha | 31.44 | 217.32 | 502.65 | 64.23 | 415.5 | 931.59 | 27.57 | 111.72 | 284.1 |
| Malatión | 0.5 L/ha | 5.24 | 36.22 | 83.77 | 10.7 | 69.25 | 155.26 | 4.59 | 18.62 | 47.33 |
| Paratión metílico | 10 Kg/ha | 104.8 | 724.4 | 1,675.5 | 214.1 | 1,385.0 | 3,105.3 | 91.9 | 372.4 | 947 |
| Ometoato | 0.4 L/ha | 4.19 | 28.97 | 67.02 | 8.56 | 55.4 | 124.21 | 3.67 | 14.89 | 37.88 |
| Permetrina | 0.5 Kg/ha | 5.24 | 36.22 | 83.77 | 10.7 | 69.25 | 155.26 | 4.59 | 18.62 | 47.35 |
| Cipermetrina | 0.2L/ha | 2.09 | 14.48 | 33.51 | 4.28 | 27.7 | 62.1 | 1.83 | 7.44 | 18.94 |
| Deltametrina | 0.2 L/ha | 2.09 | 14.48 | 33.51 | 4.28 | 27.7 | 62.1 | 1.83 | 7.44 | 18.94 |
| Fenvalerato | 1 L/ha | 10.48 | 72.44 | 167.55 | 21.41 | 138.5 | 310.53 | 9.19 | 37.24 | 94.7 |

El Oxamil, Dicofol, Diclorvós, Diazinón y Paratión metílico son los insecticidas con mayor volumen aplicado, debido principalmente a la dosis recomendada y en menor influencia la frecuencia de aplicaciones (3 para Diazinón). Por el contrario, los piretroides representan el menor riesgo debido a las dosis recomendadas (inferiores a 1 litro o 1 kg). La población urbana a 50 m en Tlalnepantla es potencialmente la que mayor exposición de insecticidas tiene, con un potencial de 494 L por ciclo anual del cultivo (Cuadro 4).

Cuadro 5. Índice de Riesgo Ambiental y Perfil Toxicológico de insecticidas utilizados en el cultivo de nopal verdura en Morelos, México.

| | DT50 típica | GUS Leaching index | Vapour Pressure | TP* | Dosis | ERI |
|-------------------|-------------|--------------------|-----------------|-----|-------|-----|
| Metomilo | 1 | 4 | 1 | 20 | 1 | 26 |
| Oxamil | 1 | 4 | 4 | 20 | 1 | 29 |
| Dicofol | 3 | 3 | 4 | 18 | 1 | 28 |
| Dimetoato | 1 | 4 | 4 | 21 | 1 | 30 |
| Clorpirifos etil | | | | | | |
| Diclorvós | 1 | 4 | 4 | 21 | 1 | 30 |
| Metamidofós | 1 | 4 | 4 | 19 | 1 | 28 |
| Metidatión | 1 | 4 | 4 | 13 | 1 | 22 |
| Monocrotofós | 1 | 4 | 4 | 20 | 1 | 29 |
| Diazinón | 1 | 4 | 4 | 17 | 1 | 26 |
| Malatión | 1 | 1 | 4 | 19 | 1 | 25 |
| Paratión metílico | 1 | 4 | 4 | 23 | 1 | 32 |
| Ometoato | 1 | 4 | 4 | 9 | 1 | 18 |
| Permetrina | 1 | 1 | 4 | 17 | 1 | 23 |
| Cipermetrina | 1 | 1 | 4 | 19 | 1 | 25 |
| Deltametrina | 2 | 1 | 4 | 20 | 1 | 27 |
| Fenvalerato | 2 | 4 | 4 | 18 | 1 | 28 |

*DT₅₀ típica= Persistencia en el suelo; *Gus leaching index= Lixiviación; *Vapor Pressure= Volatilidad; *TP= Perfil toxicológico.; *ERI= Índice de Riesgo Ambiental. Para determinar cuáles ingredientes activos son de riesgo bajo, medio, alto y muy alto se consideró la siguiente clasificación con valores del perfil toxicológico: Bajo = 1 (<=8); Medio = 2 (8<=14); Alto = 3 (14<=20) y Muy alto = 4 (>= 20).

Solo fue posible calcular el ERI y TP para 16 de los 17 i.a. reportados para el cultivo, debido a la falta de información. El 87.5 % de los i.a. utilizados son considerados de riesgo Muy Alto (Metomilo, Oxamil, Dimetoato, Diclorvós, Monocrotofós, Paratión metílico y Deltametrina) Alto (Dicofol, Metamidofós, Diazinón, Malatión, Permetrina, Cipermetrina y Fenvalerato), el resto de los i.a. registrados fueron clasificados como de riesgo Medio (Ometoato y Metidatión).

5. DISCUSIÓN

En los altos de Morelos se localiza la mayor producción de nopal verdura del país siendo la principal fuente de trabajo para los pobladores de los municipios de Tlayacapan, Tlalnepantla y Totolapan; además de ser un cultivo que aporta a la alimentación nacional y contribuye al desarrollo económico regional con la exportación del producto. El nopal verdura ha trascendido de una estructura económica de autoconsumo hacia la producción de grandes extensiones para consumo nacional e internacional. Factores claves para esta situación incluyen la cercanía a la capital del país y la organización territorial de esta actividad por ser manejada por los productores locales, lo que ha beneficiado sus condiciones productivas y comerciales (Aguilar Sánchez *et al.* 2022; Rodríguez Medina *et al.* 2022).

Históricamente, Tlalnepantla ha destacado como el principal productor de nopal verdura del país, en términos de extensión y volumen; cuenta con una extensión territorial de 124.092 km², 706 ha de propiedad ejidal, tres ayudantías municipales y tres fraccionamientos, el cultivo de nopal genera muchas fuentes de trabajo por lo que la migración es casi nula (Ramos Chávez, 2014).

La variabilidad en las superficies registradas por municipios se relaciona en gran medida a la orografía: los municipios estudiados presentan sistemas montañosos que dificultan la expansión de las áreas agrícolas; ya que forman parte del Corredor Biológico Chichinautzin, con rangos altitudinales entre 1,200 a 3,400 msnm (Pulido-Esparza *et al.*, 2009). Por otro lado, Totolapan se caracteriza por una vocación de producción de cultivos de temporal como es el maíz, tiene cerros aislados como son el Coaltepec y Miostomayor, alcanzando una altura de 2500 msnm. Estas diferencias se reflejan en el volumen

potencial de plaguicidas al que están expuestos los pobladores de cada municipio, donde vivir en el área urbana de Tlalnepantla incrementa la posibilidad de exponerse a los efectos agudos y crónicos por la gran cantidad de parcelas agrícolas sembradas de nopal verdura, así como terrenos de traspatio.

En relación con la producción de nopal verdura se recopiló información de plaguicidas de los grupos carbamatos (2), organoclorados (1), organofosforados (8) y piretroides (4). Es importante destacar que ninguno de estos plaguicidas está autorizado para su uso en el cultivo del nopal y 14 (82.35 %) de ellos están prohibidos a nivel internacional (Aguilar y Sánchez, 2022). Para poder obtener una alta calidad y productividad, al parecer los productores incrementaron el número de plaguicidas debido a que el cultivo es muy susceptible a sufrir daños por el ataque de plagas de importancia económica, y a la generación de resistencia hacia insecticidas; Sin embargo, ninguno de estos productos cuenta con registro para ser empleado en nopal verdura (Cerón-González *et al.*, 2012; COFEPRIS, 2023).

Los organofosforados se originaron desde la segunda guerra mundial, constituyen un amplio grupo de compuestos generalmente altamente tóxicos, pero químicamente poco estables. El uso en la agricultura ha sido para el control de diversas plagas de insectos. Su empleo se ha expandido como consecuencia de la prohibición de los insecticidas organoclorados. Debido a su poca estabilidad y su vida media en el organismo que no sobrepasa una semana, surge la razón por la que son ampliamente utilizados en la agricultura, lo que ha producido un control de plagas peligrosas. El desconocimiento sobre su correcta aplicación ha llevado a problemas significativos de salud humana y contaminación ambiental por residuos de organofosforados (Conicyt, 2010).

Diclorvos un organofosforado aplicado en dosis altas, es utilizado eficazmente como insecticida, pertenece al grupo de los organofosforados y en dosis altas pueden ser perjudicial para la salud humana afectando una enzima importante del cerebro: la acetilcolinesterasa (ATSDR, 1997). El Paratión es otro ingrediente activo que pertenece al grupo de los organofosforados, empleado para el control de insectos y ácaros en la agricultura. Al entrar en contacto con el aire es transformado por la luz solar y ozono en paraoxón, una sustancia más tóxica. La exposición a Paratión puede ocurrir al respirar niveles muy bajos que puede estar presentes en el aire en regiones agrícolas, además, puede permanecer en los suelos y afecta principalmente al sistema nervioso (ATSDR, 2017). Aunque se aplican en menor medida, el Metomilo, la Cipermetrina y la Deltametrina no están autorizados para su uso en nopal verdura (COFEPRIS, 2023). Las intoxicaciones por organofosforados forman un problema de salud pública, aunque en la actualidad estos productos tienen una amplia aplicación en la agricultura, la inhalación accidental en trabajadores agrícolas y el uso inadecuado de protección como la vestimenta para realizar las labores lo coloca en un grado alto de exposición a intoxicación (Saborío-Cervantes *et al.*, 2019).

Como alternativa para reducir en número de aplicaciones de insecticidas, se han buscado propuestas de bioinsecticidas para el control de las principales plagas del cultivo (Hernández Pérez *et al.*, 2019). Sin embargo, todavía no logran sustituir por completo la diversidad de insecticidas sintéticos empleados en la región.

La clasificación toxicológica de los plaguicidas sugiere que estos productos representan una seria amenaza para la salud y el medio ambiente, una amenaza seria para aves, peces e insectos benéficos, la fauna silvestre es uno de los componentes de la

biodiversidad con importancia para el medio ambiente y es un recurso natural fundamental (FAO,2023).

Los plaguicidas son compuestos químicos que ayudan a mitigar las plagas en la agricultura y mejoran la producción, sin embargo, su uso inadecuado y lavado incorrecto de equipo, puede resultar en una contaminación al ambiente irreversible; la cual afecta a la población humana. La eliminación de insectos benéficos y el equilibrio fisiológico de todos los organismos expuestos a ellos, incluidos los seres humanos resultan ser afectados (Del puerto Rodríguez *et al.*, 2014).

6. CONCLUSIONES

Tlalnepantla es el municipio en Morelos con mayor superficie sembrada de nopal verdura, tanto como monocultivo como en asociación con aguacate, por lo que el volumen de aplicación de insecticidas es mayor en esta localidad. Derivado de lo anterior, la exposición de los pobladores de esta localidad es mayor en comparación con Tlayacapan y Totolapan. El número y volumen de productos sintéticos aplicados en la producción de nopal verdura permiten estimar el desarrollo de problemas futuros en la salud de sus habitantes.

7. LITERATURA CITADA

- Aguilar, D., Sánchez, M.T. 2022. La organización territorial de la producción de nopal verdura en Tlalnepantla, Morelos. *Investigaciones Geográficas* 108: e60490.
- Agost L., Velázquez, G.A. 2020. Peri-urban pesticide contamination risk index. *Ecological Indicators* 114: 106338.
- Aldana, M.L., García, M.d.C., Rodríguez, G., Silveira, M.I., Valenzuela, A.I. 2008. Determinación de insecticidas organofosforados en nopal fresco y deshidratado. *Revista Fitotecnia Mexicana* 31: 133-139.
- Alister C., Kogan, M. 2006. ERI: Environmental risk index. A simple proposal to select agrochemicals for agricultural use. *Crop Protection* 25: 202-211.
- Anaya, M.A. 2003. Historia del uso de *Opuntia* como forraje en México. Pp:169-179. *En: El nopal (Opuntia spp.) como forraje*. Mondragón Jacobo, C., Pérez González, S., Sánchez, D.M. (eds.). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación. Roma, Italia.
- [ATSDR]. Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades. 1997. Resumen de salud pública Diclorvos. Disponible en: https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs88.pdf Consultado el: 16/11/2023
- [ATSDR] Agencia para Sustancias Toxicas y el Registro de Enfermedades. 2017. Paration (Parathion). Disponible en: https://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts205.html Consultado el: 16/11/2023
- Bravo, H., Scheinvar, L. 1995. El interesante mundo de las cactáceas. México. Ed Fondos de Cultura Económica. Colección Ciencia y Tecnología. P: 233.
- Butler-Dawson, J., Galvin, K., Thorne, P.S., Rohlman, D.S. 2018. Organophosphorus pesticide residue levels in homes located near orchards. *Journal of Occupational and Environmental Higiene* 15: 847-856. <https://doi.org/10.1080/15459624.2018.1515489>
- Carod-Benedico, E. 2002. Insecticidas organofosforados. De la Guerra química al riesgo laboral y doméstico. *MEDIFAM* 12: 333-340.
- Casas, A., Barbera, G. 2002. Mesoamerican Domestication and Diffusion. *Cacti: Biology and uses*. 1 Edition. University of California Press. Editors Park, S.N. Pp: 143-162.

- Castañeda-Vildózola, A., Sánchez-Pale, J.R., Franco-Mora, O., Valdéz-Carrasco, J. 2021. Nuevo registro de *Cylindrocopturus* y la asociación con nuevas especies de *Opuntia* en el Estado de México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 12: 149-154. <https://doi.org/10.29312/remexca.v12i1.2448>
- Cerón-González, C., Rodríguez-Leyva, E., Lomeli-Flores, J.R., Hernández-Olmos, C.E., Peña-Martínez, R., Mora-Aguilar, G. 2012. Evaluación de insecticidas sintéticos sobre adultos de *Metamasius spinolae* (Coleoptera: Curculionidea) procedentes de Tlalnepantla, Morelos. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 3: 217-229.
- [COFEPRIS]. Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios. 2023. Registro de plaguicidas agrícolas. Disponible en: <http://siipris03.cofepris.gob.mx/Resoluciones/Consultas/ConWebRegPlaguicida.aspx> Consultado el: 16/11/2023
- [CONABIO]. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 2021. Nopales. Disponible en: <https://www.biodiversidad.gob.mx/diversidad/alimentos/nopales> Consultado el 30/04/22.
- [Conicyt]. 2010. Evaluación de la exposición a plaguicidas organofosforados en escolares de la provincia de Talca: identificación de factores de riesgo asociados. Disponible en: https://www.conicyt.cl/wp-content/themes/fondef/encuentra_proyectos/PROYECTO/A1/0/SA10I20001.html#:~:text=Los%C3%B3rganofosforados%20corresponden%20a%20un,pesticidas%20%C3%B3rganoclorados%20en%20la%20agricultura Consultado el:13/12/2023
- Dereumeaux, C., Fillol, C., Quenel, P., Denys, S. 2020. Pesticide exposures for residents living close to agricultural lands: A review. *Environment International* 134: 105210. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.105210>
- Del Puerto Rodríguez, A.M., Suárez Tamaño, S., Palacio Estrada, D.E. 2014. Efecto de los plaguicidas sobre el ambiente y la salud. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología* 52: 372-387.
- [FAO]. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. 2018. *Ecología del cultivo, manejo y usos del nopal*. Pp: 18-22.

- [FAO]. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. 2023. Conjunto de herramientas para la gestión forestal sostenible (GFS). Disponible en: <https://www.fao.org/sustainable-forest-management/toolbox/modules-alternative/wildlife-management/basic-knowledge/es/> Consultado el: 13/12/2023
- Google LLC. 2022. Google Earth Pro ver 7.3.4.8642. Disponible en: <https://www.google.com/earth/about/versions/#download-pro>
- Guzmán, U., Arias, S., Dávila, P. 2003. Catálogo de cactáceas mexicanas. Univ. Nacional Autónoma de México y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. P: 315.
- Hernández, B.E., Ruiz, A.M., Ramírez, V., Sandoval, S.J., Dávila, M. 2020. Análisis económico de productores y comercialización de nopal en el Valle de Teotihuacán. Revista Iberoamericana de Contaduría, Economía y Administración 9: 1-37. <https://doi.org/10.23913/ricea.v9i17.147>
- Hernández-Hernández, F. de la C., García Gil, F.L., del Río, I., Lanz, C.J.H. 2005. La cochinilla fina del nopal, colorante mexicano para el mundo. Revista Ciencia 56: 78-87.
- Hernández-Pérez, R., Bravo Silva, G., Martínez Martínez, J., González Hernández, A., Ramírez Pedraza, T.d.J. 2019. Evaluación de la efectividad biológica de bioinsecticidas para el control de cochinilla silvestre (*Dactylopius opuntiae* Cockerell), en nopal (*Opuntia ficus-indica* (L.) (Mill.), en Totolapan, Morelos, México. Revista Chilena de Entomología 45: 55-64.
- [INEGI]. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. 2020. Principales resultados por AGEB y manzana urbana 2020. Disponible en: <https://www.inegi.org.mx/app/scitel/Default?ev=10>. Consultado el 20/04/2021.
- [INEGI]. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. 2021. Censo de Población y Vivienda 2020. Disponible en: https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/?ps=microdatos#Datos_abiertos Consultado el 20/04/2021.
- [INIFAP]. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. 2014. Tecnología para la producción intensiva de nopal para verdura en Tamaulipas. Foll.Nopal.Verdura. Pp: 1-19.

- Kiesling, R. 1999. Origen, domesticación y distribución de *Opuntia ficus-indica*. Asociación Profesional para el Desarrollo de Cactus. 3:50-59.
- Kim, K.-H., Kabir, E., Jahan, S.A. 2016. Exposure to pesticides and the associated human health effects. *Science of the Total Environment* 575: 525-535. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.09.009>
- Orduño Cruz, N., Vanegas Rico, J.M. 2018. Arthropoda Mexicana: *Cactophagus spinolae* (Gyllenhal) "Picudo del nopal". *Boletín de la Sociedad Mexicana de Entomología* 4: 13-17.
- Pulido-Esparza, V.A., Espejo-Serna, A., López-Ferrari, A.R. 2009. Las monocotiledóneas nativas del corredor biológico chichinautzin. *Acta Botánica Mexicana* 86:9-38.
- Palomares-Pérez, M., Rodríguez-Leyva, E., Brailowsky, H., Ramírez-Alarcón, S., 2010. First record of *Hesperolabops nigriceps* Reuter (Hemiptera: Miridae) on *Opuntia ficus-indica* in Milpa Alta, Mexico City. *Neotropical Entomology* 39: 829-830. <https://doi.org/10.1590/S1519-566X2010000500025>
- Palomares-Pérez, M., Rodríguez-Leyva, E., Ortega-Arenas, L.D., Santillán-Galicia, Ma.T., Valdovinos-Ponce, G., Ramírez-Alarcón, S. 2016. El cacarizo del nopal en *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller, Milpa Alta, CIUDAD DE MÉXICO. *Agrociencia* 50: 877-887.
- Rodríguez-Medina, O., Torres-Torres, F., Alvarado-Lagunas, E. 2022. Competencia y transmisión de precios en la producción de nopal en milpa alta, ciudad de México y Tlalnepantla, Morelos. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo* 19(2)184-212. <https://doi.org/10.22231/asyd.v19i2.1341>
- Ramírez-Bustos, I.I., López-Martínez, V., Juárez-López, P., Guillén-Sánchez, D., Alia-Tejacal, I., Rivera-León, I., Saldarriaga-Noreña, H.A., Jiménez-García, D. 2018. Identificación de envases vacíos de plaguicidas en plantaciones de nopal verdura, *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill. (Cactaceae), en Morelos, México. *Acta Agrícola y Pecuaria* 4: 18-25.

- Ramos Chávez, A. 2014. Producción de nopal y dinámicas de interacción social en Tlalnepantla, Morelos (2005-2008). *Sociedades rurales, producción y medio ambiente*. 14(28):72-101.
- Reyes-Agüero, J.A. 2011. ¿Qué fue, qué es y que será el nopal?. *Cactáceas Suculentas Mexicanas* 56: 115-121.
- Reyes-Agüero, J.A., Aguirre-Rivera, J.R., Hernández, H.M. 2005a. Systematic notes and a detailed description of *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill. (CACTACEAE). *Agrociencia* 39: 395-408.
- Reyes-Agüero, J.A., Aguirre-Rivera, J.R., Flores-Flores, J.L. 2005b. Variación morfológica de *Opuntia* (Cactaceae) en relación con su domesticación en la altiplanicie meridional de México. *Interciencia* 30: 476-484.
- Rodríguez-García, J., Collado-Machuca, J.C. (eds.). 1997. Andulancia en el umbral del siglo XXI. Congreso de Ciencia Regional de Andalucía. Pp: 789-804.
- Saborío-Cervantes, I.E., Mora-Valverde, M., Duran-Monge, M.D.P. 2019. Intoxicación por organofosforados. *Revista Medicina Legal de Costa Rica* 36: 111-117.
- [SADER]. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. 2019. Morelos produce el mejor nopal y lidera la producción en todo el país. Disponible en <https://www.gob.mx/agricultura/morelos/articulos/morelos-produce-el-mejor-nopal-y-lidera-la-produccion-en-todo-el-pais?idiom=es#:~:text=Morelos%20mantiene%20el%20primer%20lugar,729%20millones%20603%20mil%20pesos>. Consultado el 26/04/2022.
- Saravia, P.L. 2002. AGRUPAMIENTOS PRODUCTIVOS (CLUSTER) DEL NOPAL. Disponible en: http://www.contactopyme.gob.mx/estudios/docs/nopal_mexico.PDF Consultado el: 12/05/2022.
- [SENASICA]. 2022. Registro de plaguicidas agrícolas. <https://www.gob.mx/senasica/documentos/registro-de-plaguicidas-agricolas?state=published>
- [SEMARNAT]. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2017. Nopal, planta que documenta la historia de México. Disponible en <https://www.gob.mx/semarnat/articulos/nopales->

ANEXO

1. <http://extoxnet.orst.edu/pips/dimethoa.htm>
2. <https://www3.epa.gov/pesticides/endanger/litstatus/effects/redleg-frog/methamidiphos/appendicies.pdf>
3. https://archive.epa.gov/pesticides/reregistration/web/pdf/methidathion_red.pdf
4. <https://www.coromandel.biz/wp-content/uploads/2021/08/Monocrotophos-Technical.pdf>
5. https://www3.epa.gov/pesticides/chem_search/reg_actions/reregistration/red_PC-057801_31-Jul-06.pdf
6. <https://www.fao.org/3/ca9626en/ca9626en.pdf>
7. https://archive.epa.gov/pesticides/reregistration/web/pdf/permethrin_amended_red.pdf
8. https://www3.epa.gov/pesticides/chem_search/reg_actions/reregistration/red_PC-109702_14-Jun-06.pdf
9. <https://www3.epa.gov/pesticides/endanger/litstatus/effects/redleg-frog/2013/deltamethrin/analysis.pdf>
10. <http://extoxnet.orst.edu/pips/esfenval.htm>



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS



FACULTAD DE CIENCIAS
AGROPECUARIAS

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

Dirección
Jefatura de los Programas Educativos de Posgrado

Cuernavaca, Morelos, 24 de abril de 2024

Asunto: voto aprobación de tesis.

MTRO. JESÚS EDUARDO LICEA RESENDIZ
DIRECTOR DE LA FACULTAD DE CIENCIAS
AGROPECUARIAS
P R E S E N T E.

Por medio del presente le informo a usted que después de revisar el trabajo de tesis titulado **USO DE SIGs EN TRES LOCALIDADES PRODUCTORAS DE NOPAL VERDURA EN MORELOS PARA ESTIMAR LA POBLACIÓN EXPUESTA A PLAGUICIDAS SINTÉTICOS**, se presenta la **ING. ITZEL MARTÍNEZ ORTEGA**, mismo que fue desarrollado bajo mi dirección y la codirección de la **DRA. NIDIA BÉLGICA PÉREZ DE LA OY**, que servirá como requisito parcial para obtener el grado de **MAESTRA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y DESARROLLO RURAL**, lo encuentro satisfactorio, por lo que emito mi **VOTO DE APROBACIÓN** para que la estudiante continúe con los trámites necesarios para presentar el examen de grado correspondiente.

Sin más por el momento y agradeciendo de antemano su valiosa colaboración, quedo de usted.

Atentamente
Por una humanidad culta

Firma electrónica
DR. VÍCTOR LÓPEZ MARTÍNEZ
Comité Evaluador

c.i.p. Archivo



Av. Universidad 1001 Col. Chamilpa, Cuernavaca Morelos, México, 62209, edificio 10-A,
Tel. (777) 329 701 1, 329 70, 00, Ext. 3582 / www.uaem.mx fagropecuarias@uaem.mx

UAEM
RECTORÍA
2023-2029



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

Sello electrónico

VICTOR LOPEZ MARTINEZ | Fecha:2024-05-30 20:29:12 | FIRMANTE

E98jUVIxzNgTFhe6jec2gfk9IDv9cVbvZbub9tH8+Gq79UMSC/vbomlmKzFWBFsnLUeXPbQZMntJN82pCI5tX+7eZ0TYAliklaN15RSsxndvYiB0h47/zGiiNicz7NRYeF0EsoGtF3t
wrYK/alAI3OJHXZmDUw8uLH63oCYZl7jMerKfY3k23ysgkkPpYhLgdpCgJc1oFPkFnRIBPTuTc3d55pLIQwOppIMyF2ZPaWkVWL5RoIfvM2SCMPE10E9olip9ld+IrHjEbpJ7GTNc
0F2ZG2/yfMH7/cQp6EYO0nl4zCPp4FE2wznM1mDBbnQaYdIKNr8DNXmUtmuNuSw==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o
escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



[kWIL671F](#)

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/upswXrWVjSsijvF50vTpd5c1QgXoBtvd>



UAEM
RECTORÍA
2023-2029



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS



FACULTAD DE CIENCIAS
AGROPECUARIAS

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

Dirección
Jefatura de los Programas Educativos de Posgrado

Cuernavaca, Morelos, 24 de abril de 2024

Asunto: voto aprobación de tesis.

MTRO. JESÚS EDUARDO LICEA RESENDIZ
DIRECTOR DE LA FACULTAD DE CIENCIAS
AGROPECUARIAS
P R E S E N T E.

Por medio del presente le informo a usted que después de revisar el trabajo de tesis titulado **USO DE SIGs EN TRES LOCALIDADES PRODUCTORAS DE NOPAL VERDURA EN MORELOS PARA ESTIMAR LA POBLACIÓN EXPUESTA A PLAGUICIDAS SINTÉTICOS**, se presenta la **ING. ITZEL MARTÍNEZ ORTEGA** mismo que fue desarrollado bajo la dirección del **DR. VÍCTOR LÓPEZ MARTÍNEZ** y la codirección de la **DRA. NIDIA BÉLGICA PÉREZ DE LA O** y que servirá como requisito parcial para obtener el grado de **MAESTRA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y DESARROLLO RURAL**, lo encuentro satisfactorio, por lo que emito mi **VOTO DE APROBACIÓN** para que la estudiante continúe con los trámites necesarios para presentar el examen de grado correspondiente.

Sin más por el momento y agradeciendo de antemano su valiosa colaboración, quedo de usted.

Atentamente
Por una humanidad culta

Firma electrónica
DR. EDGAR MARTÍNEZ FERNÁNDEZ
Comité Evaluador

c.i.p. Archivo





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

Sello electrónico

EDGAR MARTINEZ FERNANDEZ | Fecha:2024-05-31 18:48:51 | FIRMANTE

dWOrKZQ1sGPhw6e6gXQH8HwkpQ+1am1q3wCmi4Tg2qbtyX96IAdNymLrFyhQxGeZtmq5II71/Ohy+kGYXQFDWmAho0TAbgfB/SjQXo3HZYRk0GNgpBY0CAE2PodFnIMsMFI
+oFZGT6vONitXTA0YETDdixcjERmMBzuV+hUu7SrpWyxdbY/mjCS2xL8eLcnEIQ+so4Lmv7Q+m1fbGcsTD35feFrmAv2R3SewJd6iH0VWR2DL6JntuIAPceOyZpK6N6Wo04EFf
XS6x3ismwYoKy8ubZ2PkbEEgZ0mnrNtDiw0BBmyDYtbp3/GdtVV99oPtm01mOU1UZWE/vb+FURNbQ==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o
escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



[diuUY0DPX](#)

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/sDGv2s6cBYNkOW1TgVd99hwByBwpVfw4>



UAEM
RECTORÍA
2023-2029



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS



FACULTAD DE CIENCIAS
AGROPECUARIAS

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

Dirección
Jefatura de los Programas Educativos de Posgrado

Cuernavaca, Morelos, 24 de abril de 2024

Asunto: voto aprobación de tesis.

MTRO. JESÚS EDUARDO LICEA RESENDIZ
DIRECTOR DE LA FACULTAD DE CIENCIAS
AGROPECUARIAS
P R E S E N T E.

Por medio del presente le informo a usted que después de revisar el trabajo de tesis titulado **USO DE SIGs EN TRES LOCALIDADES PRODUCTORAS DE NOPAL VERDURA EN MORELOS PARA ESTIMAR LA POBLACIÓN EXPUESTA A PLAGUICIDAS SINTÉTICOS**, se presenta la **ING. ITZEL MARTÍNEZ ORTEGA** mismo que fue desarrollado bajo la dirección del **DR. VÍCTOR LÓPEZ MARTÍNEZ** y la codirección de la **DRA. NIDIA BÉLGICA PÉREZ DE LA O** y que servirá como requisito parcial para obtener el grado de **MAESTRA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y DESARROLLO RURAL**, lo encuentro satisfactorio, por lo que emito mi **VOTO DE APROBACIÓN** para que la estudiante continúe con los trámites necesarios para presentar el examen de grado correspondiente.

Sin más por el momento y agradeciendo de antemano su valiosa colaboración, quedo de usted.

Atentamente
Por una humanidad culta

Firma electrónica
DRA. MARÍA CLAUDIA RUEDA BARRIENTOS
Comité Evaluadora

c.i.p. Archivo





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

Sello electrónico

MARIA CLAUDIA RUEDA BARRIENTOS | Fecha:2024-05-31 18:39:11 | FIRMANTE

RyTbzh/Dihqll2JzXoXF7yMeiYLBtjdNObAbJ1yWxW5Giyv/ORNme0vwqn8aoMfvJlp8ds33elWbyf6y3AtlZ2ppikD3V9hj9q3BfYixmBujMsra5jKfWoiJHvHJwL6k3PIABKXfkK9jvKN6wRmAVPxpj6wkE3npDFDdRYBy4OsdQyCyrN1NsTMM6C31+xjmPLFunlBuaqh6ArRxK1b+GwRdq++KqTLQbuTGdkuZDXtqLRkaJwW4cQTcJTKWAIM0nKpsRyOJKIY5LlwbQAqQz8H4fhSWkNvAbdVWIVh1q9wmKtJe8T3ODZaO9r+o84vM585gG1i9hOtvB3iCca+XzQ==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



[GoP0fXxez](#)

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/yOqnlGytdYdLgCFPRWxCNiO4o3WDnoL>



UAEM
RECTORÍA
2023-2029



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS



FACULTAD DE CIENCIAS
AGROPECUARIAS

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

Dirección
Jefatura de los Programas Educativos de Posgrado

Cuernavaca, Morelos, 24 de abril de 2024

Asunto: voto aprobación de tesis.

MTRO. JESÚS EDUARDO LICEA RESENDIZ
DIRECTOR DE LA FACULTAD DE CIENCIAS
AGROPECUARIAS
P R E S E N T E.

Por medio del presente le informo a usted que después de revisar el trabajo de tesis titulado **USO DE SIGs EN TRES LOCALIDADES PRODUCTORAS DE NOPAL VERDURA EN MORELOS PARA ESTIMAR LA POBLACIÓN EXPUESTA A PLAGUICIDAS SINTÉTICOS** que presenta la **ING. ITZEL MARTÍNEZ ORTEGA** mismo que fue desarrollado bajo la dirección del **DR. VÍCTOR LÓPEZ MARTÍNEZ** y la codirección de la **DRA. NIDIA BÉLGICA PÉREZ DE LA O** y que servirá como requisito parcial para obtener el grado de **MAESTRA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y DESARROLLO RURAL** lo encuentro satisfactorio, por lo que emito mi **VOTO DE APROBACIÓN** para que la estudiante continúe con los trámites necesarios para presentar el examen de grado correspondiente.

Sin más por el momento y agradeciendo de antemano su valiosa colaboración, quedo de usted.

Atentamente
Por una humanidad culta

Firma electrónica
DR. IRAN ALIA TEJACAL
Comité Evaluador

c.i.p. Archivo





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

Sello electrónico

IRAN ALIA TEJACAL | Fecha:2024-05-31 07:01:35 | FIRMANTE

IciTXGD18cc0miSc+jag7og5U8H92RbYwXVkgqI8yrTr08dukae0nw6Q4OFecRab46yuEDLrdb5BX61Z4L0Huw7FItclNOtLfdKlLudbUPmmOismZ7MSrC19nK53mXY7DznE0Nc
rbHIAqMK0XqOz2Nyhck/wWR/YiYg6WPXWluzEZkM6iesituT33qYgKi6/NUaqwCPrHOgs9AqvioWqdqO3R3FSauosiRq7B1YBHSvP1XxRbOIJ6RVc2GLY3FL5+QJnhzMNCIVjQi
+xl/UC7ly05y3hiVQJf8giabf3F1Ifsvx939Jm03nACJBH06yEFenN+9DQ9ZY8sOf0HT2w==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o
escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



[CWoH3pMKR](#)

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/VkrYNpTUIEmhLxgvBUz6tlyWzhZceCgx>



UAEM
RECTORÍA
2023-2029



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS



FACULTAD DE CIENCIAS
AGROPECUARIAS

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

Dirección
Jefatura de los Programas Educativos de Posgrado

Cuernavaca, Morelos, 24 de abril de 2024

Asunto: voto aprobación de tesis.

MTRO. JESÚS EDUARDO LICEA RESENDIZ
DIRECTOR DE LA FACULTAD DE CIENCIAS
AGROPECUARIAS
P R E S E N T E.

Por medio del presente le informo a usted que después de revisar el trabajo de tesis titulado **USO DE SIGs EN TRES LOCALIDADES PRODUCTORAS DE NOPAL VERDURA EN MORELOS PARA ESTIMAR LA POBLACIÓN EXPUESTA A PLAGUICIDAS SINTÉTICOS** que presenta la **ING. ITZEL MARTÍNEZ ORTEGA** mismo que fue desarrollado bajo la dirección del **DR. VÍCTOR LÓPEZ MARTÍNEZ** y la codirección de la **DRA. NIDIA BÉLGICA PÉREZ DE LA O** y que servirá como requisito parcial para obtener el grado de **MAESTRA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y DESARROLLO RURAL** lo encuentro satisfactorio, por lo que emito mi **VOTO DE APROBACIÓN** para que la estudiante continúe con los trámites necesarios para presentar el examen de grado correspondiente.

Sin más por el momento y agradeciendo de antemano su valiosa colaboración, quedo de usted.

Atentamente
Por una humanidad culta

Firma electrónica
DR. NELSON AVONCE VERGARA
Comité Evaluador

c.i.p. Archivo





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

Sello electrónico

NELSON AVONCE VERGARA | Fecha:2024-06-01 09:44:57 | FIRMANTE

XV/sRVfaspRd+cl1rV/sOfHT7gPoJAXOxb+HRNzzy0ICBguL8pK6DfPvVHET5J+aOnW0p1GXW9Kv3Qn7a+f/1JcG6D96XyuWHgrFF/u2wHleduxc+kGncuydgy0U4vVemSvTv/S2Cm3BHTcS9gsjcfbLr353lyc6wgCL0u6LKUCotTqYw8cefeOnFtdWJhjGILqoOC7RZ04DInDstCBK3PIVdcl0udXAd3PahAqGdO7eQfHmQNxMJCv8x660QEuEguxXdwVbEJ4V0SMjnBUhf/LWgv0xToz0M4t65FjJjaem5rTIV8jK61Bxae2PUiqcRjdTTpMdqtTigA9OyVkgA==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



[LAyaBKFT8](#)

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/sKDNEONdftAUrWkz1iYUatmla6i0onqC>



UAEM
RECTORÍA
2023-2029