



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA
UNIDAD XOCHIMILCO

LICENCIATURA EN AGRONOMÍA

Servicio Social

Modalidad Actividades Relacionadas con la Profesión

**“Uso de drones agrícolas para el control de plagas del cultivo de nopal
(*Opuntia ficus-indica*) en el suelo de conservación, CDMX”**

Prestador del servicio social

Martinez Vargas Gissel Dalay

Inicio de servicio social 08 de Julio 2025 - Termina de 08 de Enero 2026

Doc. Fuentes Ponce Mariela

H. Numero de cedula: 34017

Biol. Montiel Bustos Rocio Penélope

Número de cédula: 6486867

**Directora de Preservación, Protección y Restauración de los Recursos
Naturales**

INDICE

I.	INTRODUCCIÓN	4
	Lugar de realización	6
II.	OBJETIVOS	6
	General	6
	Específicos:	6
III.	JUSTIFICACIÓN	6
	Aporte a la sociedad	7
IV.	MARCO TEORICO	8
	a. Servicio Social.....	8
	b. Importancia del apoyo tecnológico en zonas rurales y de conservación.....	8
	c. Importancia de la agricultura en la Ciudad de México	9
	d. Problemáticas que presenta la agricultura en el suelo de conservación	9
	e. Suelo de conservación	9
	f. Agricultura de precisión.....	10
	g. Beneficios de la tecnología en la agricultura	10
	h. Drones o VANT.....	10
	i. Funciones de los drones	11
	j. Ventajas del uso en drones	11
	k. Sistemas de Información Geográfica (SIG)	11
V.	METODOLOGÍA	12
	Materiales	12
	a) Control remoto y aeronave.....	13
	b) Programar el geoposicionamiento en los GPS.....	17
	c) Preparación de bioinsumos	17
	d) Despliegue de la aeronave	18

¿Qué se hace con las preguntas anteriores?	20
VI. RESULTADOS	21
REFERENCIAS	27

I. INTRODUCCIÓN

El sector agropecuario en México representa un pilar fundamental para la seguridad, el desarrollo económico y social del medio rural, así como para la conservación de los recursos naturales. A través de las actividades agrícolas se garantiza el abastecimiento de alimentos, se generan fuentes de empleo y se preservan prácticas productivas tradicionales que forman parte del patrimonio cultural del país. En este contexto, la Ciudad de México cuenta con extensas áreas catalogadas como suelo de conservación, las cuales desempeñan funciones ambientales estratégicas, tales como la recarga de mantos acuíferos, la regulación del clima, la conservación de la biodiversidad y la protección de los ecosistemas.

El suelo de conservación de la Ciudad de México no solo cumple una función ambiental, sino que también es un espacio productivo donde se desarrollan actividades agrícolas que contribuyen al sustento de las comunidades rurales. Sin embargo, estas zonas enfrentan múltiples problemáticas que ponen en riesgo su equilibrio ecológico y productivo. Entre los principales factores que afectan al suelo de conservación se encuentran el cambio climático, la degradación del suelo, la escasez de agua, la expansión de asentamientos humanos irregulares y el limitado acceso al conocimiento y uso de tecnologías para el manejo adecuado de los sistemas productivos. Estas condiciones dificultan la implementación de prácticas agrícolas eficientes y sostenibles, lo que impacta directamente en la productividad y en la conservación de los recursos naturales.

Ante este panorama, la Comisión de Recursos Naturales y Desarrollo Rural (CORENADR) desempeña un papel fundamental en la protección, restauración y manejo del suelo de conservación de la Ciudad de México. A través de diversos programas y estrategias, esta institución promueve una agricultura sostenible que permita equilibrar la producción agrícola con la conservación ambiental, fomentando prácticas responsables y el uso de herramientas tecnológicas que fortalezcan el sector rural. Entre sus principales líneas de acción se encuentran la capacitación a productores, el monitoreo de cultivos y el aprovechamiento de tecnologías innovadoras para la toma de decisiones, con el fin de mejorar la productividad sin comprometer los recursos naturales.

En este contexto, el presente reporte tiene como objetivo documentar la participación y el aprendizaje adquiridos durante el programa de drones agrícolas en el Suelo de Conservación de la Ciudad de México, dirigido a productores de nopal verdura (*Opuntia ficus-indica*).

Este servicio social se llevó a cabo en el Laboratorio de Información Geoestadística, donde se desarrollaron actividades enfocadas en la aplicación de tecnologías geoespaciales para el análisis y monitoreo de sistemas agrícolas dentro del suelo de conservación. La incorporación de drones permitió la obtención de información detallada sobre que se realiza en el suelo de conservación y así justificarlo con la interpretación de datos al termino de cada ciclo.

Durante el periodo de realización del servicio social, se aplicaron conocimientos teóricos y prácticos adquiridos en la carrera de Agronomía, relacionados con el uso de vehículos aéreos no tripulados (drones), la recopilación, procesamiento y análisis de información geoespacial mediante Sistemas de Información Geográfica (SIG), así como el manejo de bases de datos y el análisis de información utilizando herramientas como QGIS y Excel. Estas actividades contribuyeron al fortalecimiento de los procesos de monitoreo de cultivos y a la generación de información útil para la toma de decisiones en el manejo agrícola del suelo de conservación.

El servicio social representó una valiosa oportunidad para vincular la formación académica con las necesidades reales del sector rural, permitiendo la aplicación práctica de los conocimientos adquiridos en el aula y el desarrollo de habilidades técnicas, analíticas y sociales. Asimismo, favoreció la adquisición de una visión integral sobre la importancia de la conservación del suelo, el uso responsable de los recursos naturales y el papel de la tecnología en la modernización de la agricultura. La interacción con productores y personal técnico permitió comprender de manera directa los retos que enfrenta el sector agrícola en zonas de conservación y la relevancia de implementar estrategias sostenibles.

Finalmente, este documento presenta de manera estructurada el desarrollo de las actividades realizadas durante el periodo comprendido entre agosto de 2025 y enero de 2026, la metodología empleada, así como los resultados obtenidos a partir de la participación en el programa de drones agrícolas. El propósito de este reporte es evidenciar el impacto del servicio social tanto en el ámbito profesional y formativo como en el fortalecimiento de las

acciones de conservación y producción agrícola sostenible en el suelo de conservación de la Ciudad de México

Lugar de realización

En la “Comisión de Recursos Naturales y Desarrollo Rural” CORENADR con dirección Av. Año de Juárez 9,700 Quirino Mendoza, Pueblo de San Luis Tlaxialtemalco, Xochimilco, Distrito Federal 16,610 México, Belisario Domínguez 9,700, San Luis Tlaxialtemalco, Xochimilco, 16,610 Ciudad de México, CDMX

II. OBJETIVOS

General

Participar en el programa de drones agrícolas en Suelo de Conservación (SC) de la Ciudad de México para los productores de nopal verdura (*Opuntia ficus-indica*).

Ññ

Específicos:

- Aprender a manejar los drones agrícolas de la marca DJI, modelo AGRAS T30 y T20
- Comprender y operar los Sistemas de Posicionamiento Global (GPS y GNSS).
- Conocer y entender cómo actúan los extractos vegetales aplicados en el cultivo de nopal verdura (*Opuntia ficus-indica*) para un mejor Manejo Integrado de Plagas (MIP)
- Emplear, sintetizar y procesar la información con ayuda de los sistemas de información geográfica para obtener resultados cuantitativos.

III. JUSTIFICACIÓN

La Ciudad de México cuenta con una superficie de 149,830 hectáreas (ha), de las cuales 88,640 ha (59 %) pertenecen al Suelo de Conservación (SC), (Nava *et al.*, 2022). En dicho espacio se realizan actividades agropecuarias, las cuales ayudan a la producción de estos alimentos localmente. La alcaldía Milpa Alta se caracteriza por ser el segundo productor a nivel nacional de nopal verdura (*Opuntia ficus-indica*), en donde 4,500 ha son destinadas a la producción de dicho cultivo (Secretaría del Medio Ambiente, 2025). La producción de nopal verdura (*Opuntia ficus-indica*), representa un ingreso económico a ocho mil productores, que producen 203,843 toneladas por año, siendo 428.34 millones de pesos anuales (Payan, 2022). Esta actividad

agrícola aporta servicios ecosistémicos (regulación de clima, ciclo de nutrientes, filtración de agua, fotosíntesis, captura de carbono y la formación del suelo) (Martínez *et al.*, 2017).

El cultivo de nopal verdura (*Opuntia ficus-indica*) tiene diferentes problemáticas fitosanitarias que afectan negativamente su rendimiento y calidad. Entre las principales amenazas se encuentran plagas como grana cochinilla (*Dactylopius coccus*) y picudo (*Cactophagus spinolae*), dañando las pencas y así disminuyendo la productividad de la planta. También enfermedades fúngicas como mancha negra (*Pseudocercospora opuntiae*), (*Alternaria* spp. y *Hansfordia* spp.), provocando la descomposición del tejido vegetal, afectando crecimiento y cosecha (Perales *et al.*, 2024). Estas plagas y enfermedades no solo afectan la cantidad y calidad del producto, sino que también causa pérdidas económicas ya que es un producto que se consume de forma fresca y es valorado por su principal apariencia física, lo que influye su comercialización. (SIAP, 2016).

Por tal motivo la Comisión de Recursos Naturales y Desarrollo Rural (CORENADR) de la Ciudad de México cuenta con naves no tripuladas, mejor conocidos como “drones”. Estos drones son utilizados para la aspersión de extractos botánicos que previenen y controlan plagas, esta actividad se ofrece de forma gratuita para los productores por parte del gobierno de la Ciudad de México, como una estrategia de Manejo Integrado de Plagas (MIP), lo que beneficia a las comunidades, al asperjar convencionalmente se gasta entre 100 a 200 litros por hectárea, mientras que con un dron se gasta 30 a 50 litros por hectárea en un aproximado de 15 minutos. El manejo integrado de plagas es una propuesta ante el uso excesivo de plaguicidas que generó una crisis ante las técnicas para el control de plagas, así como una toma de conciencia respecto a proteger la salud de las personas y el medio ambiente.

Aporte a la sociedad

Se realizan aplicaciones por aspersión con un dron agrícola de forma gratuita a productores de nopal verdura (*Opuntia ficus-indica*) pertenecientes al suelo de conservación de la Ciudad de México, se realiza un asesoramiento técnico que engloba las Buenas Prácticas Agrícolas (BPA), manejo de suelo, siembra, cosecha y postcosecha, incluyendo un mejor manejo integrado de plagas (MIP), para optimizar el rendimiento, la producción y calidad del producto, esta tecnología que se realiza con drones agrícolas impacta en la disminución en gasto de agua hasta

un 90%, creando conciencia sobre el uso y aplicación de bioinsumos a base de extractos vegetales los cuales son amigables con el medio ambiente (no contamina suelo y mantos acuíferos), abriendo oportunidades aun nuevo servicio.

IV. MARCO TEORICO

a. Servicio Social

El servicio social en la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM) es una actividad obligatoria para la formación del alumno; esta conlleva la aplicación de los conocimientos que se adquirieron durante la formación académica para posteriormente retribuirlos a la sociedad y contribuir al desarrollo del país. Es un requisito fundamental para la titulación y debe cumplirse con 480 horas en un lapso mínimo de seis meses y máximo de dos años (Universidad Autónoma Metropolitana, 1989)

b. Importancia del apoyo tecnológico en zonas rurales y de conservación

En México, el ámbito agropecuario es un factor importante para la economía y el sustento de millones de personas; en este contexto, la producción de alimentos se ve afectada por el cambio climático, la escasez de agua, la erosión del suelo y las exigencias de mayor calidad del producto en el mercado. La innovación tecnológica es fundamental para la seguridad alimentaria, la rentabilidad y la sostenibilidad en el sector agropecuario; estas herramientas permiten modernizar los procesos productivos y transforman la forma en que se producen los alimentos, haciendo el proceso más eficiente y sostenible. Este cambio es una necesidad para enfrentar la creciente demanda de alimentos. La incorporación de la tecnología en la agricultura beneficia a pequeños y medianos productores al mejorar su capacidad de gestión y comercialización por medio de la digitalización y la automatización; asimismo, herramientas como los sistemas de información geográfica (SIG), las plataformas móviles o los modelos de agricultura de precisión han sido eficientes al aumentar el rendimiento sin necesidad de incrementar el uso de suelo e insumos (CEPAL y FAO, 2023).

El uso de esta tecnología en los sistemas agropecuarios impulsa una productividad sostenible, el riego de precisión ha demostrado que es posible reducir el consumo de agua entre un 30 y 50% sin afectar el rendimiento, esto se ha demostrado en cultivos como árboles frutales, esto

representa un ahorro importante de recursos, energía y costos económicos, esto quiere decir que la tecnología no solo optimiza los recursos si no también fortalece la seguridad alimentaria (Gorthi et al, 2025)

c. Importancia de la agricultura en la Ciudad de México

La agricultura en la Ciudad de México es esencial en la seguridad alimentaria local, ayuda en la economía rural y beneficia la preservación ambiental, destacando el 59 % perteneciente al suelo de conservación, con casi veinticinco mil hectáreas que forman parte de las alcaldías de Milpa Alta, Xochimilco y Tláhuac, donde se producen productos como nopal, hortalizas, romeritos, amaranto, maíz, árboles frutales y flores de temporada, representando un 97 % del valor de cultivos perennes (INIFAP, 2024)

El suelo de conservación ayuda a mantener un alto en la expansión urbana y así proteger los recursos naturales y facilitar la recarga de los mantos acuíferos; ayuda a mantener un desarrollo económico social, siendo una fuente de empleo y sustento para comunidades rurales. Es apoyada por programas (aspersión con dron, entrega de agroquímicos a los diferentes cultivos) para fomentar el consumo local y la reconexión con la naturaleza. La agricultura en la Ciudad de México es esencial para la sostenibilidad y el bienestar social en el suelo de conservación (INIFAP, 2024)

d. Problemáticas que presenta la agricultura en el suelo de conservación

El suelo de conservación enfrenta problemáticas, principalmente por asentamientos irregulares, cambio de uso de suelo, erosión y contaminación; estos factores afectan la pérdida de biodiversidad, la degradación física (compactación del suelo) y la disminución de la capacidad de recarga de agua. Estas problemáticas afectan directamente la capacidad de filtración de agua, aumentan los riesgos de inundación y degradan los servicios ecosistémicos esenciales para las zonas urbanas adyacentes (Universidad del Medio Ambiente, 2022)

e. Suelo de conservación

En la Ciudad de México el 59% del suelo pertenece al suelo de conservación con (87, 291 hectáreas), es una zona que provee servicios ambientales necesarios para mantener una calidad de vida de las personas. Este suelo está compuesto por 38,252 hectáreas de bosque, 500 hectáreas de matorrales y 28,599 hectáreas de uso agropecuario; las cuales se encuentran

principalmente en las alcaldías de Cuajimalpa, Iztapalapa, Magdalena Contreras, Milpa Alta, Alvaro Obregon, Tláhuac, Tlalpan y Xochimilco que esta bajo un modelo ejidal o comunal de la tenencia de la tierra (Universidad Autónoma Metropolitana, 2021)

f. Agricultura de precisión

La agricultura de precisión es un conjunto de tecnologías que se usan para optimizar la producción agrícola a través del manejo en campo. Estas tecnologías se usan en la maquinaria de campo para llevar a cabo las labores de levantamiento topográfico, nivelación, preparación, surcado, siembra mecanizada, fertilización y cosecha (esto depende del tipo de cultivo y las características que tenga). Esta agricultura se basa en utilizar la información científica para así tomar mejores decisiones por parte del productor, y así mejorar la rentabilidad y la sostenibilidad de los recursos naturales. Se ha comparado que un pequeño productor, trabajando de forma independiente, puede tener dificultades económicas para poder implementar una agricultura de precisión, por lo que se le recomienda asociarse a organizaciones para tener una oportunidad viable; esta agricultura de precisión es una herramienta que ayuda a solventar la seguridad alimentaria y forma parte del abordaje para el desarrollo agrícola (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, 2016)

g. Beneficios de la tecnología en la agricultura

La agricultura de precisión optimiza la productividad agrícola y reduce costos mediante el uso de tecnología (GPS, sensores, drones) y aplicar insumos (agua, agroquímicos), aumenta la rentabilidad, mejora la calidad de los cultivos y promueve la sostenibilidad ambiental al reducir la contaminación, teniendo beneficios al ahorrar la economía insumos y agua, optimizando el uso de semillas, fertilizantes y agroquímicos, así aumentar la productividad y el rendimiento del cultivo, mejorando la calidad y cantidad del producto, disminuye la huella de carbono y el impacto ecológico por el uso de agroquímicos y la reducción de la erosión del suelo, facilitando el análisis de datos en tiempo real para anticipar plagas y enfermedades como condiciones climáticas. La agricultura de precisión permite una gestión más eficiente y sostenible, transformando los datos en decisiones agrícolas más precisas (Vilaboa, 2018)

h. Drones o VANT

Los vehículos aéreos no tripulados (VANT), denominados drones, son aeronaves que se manejan sin piloto a bordo, ya sea de forma autónoma o mediante control remoto; son versátiles

y utilizados en agricultura, seguridad, vigilancia y fotografía, con costos menores que los de aeronaves tripuladas. Los tipos de drones se clasifican por la estructura (multirrotor o ala fija) y por su función (pulverización, mapeo, transporte, siembra), los multirrotores son ágiles para áreas pequeñas y los de ala fija para grandes extensiones, mientras que modelos más avanzados pueden llegar a ser híbridos, combinando sensores y sistemas de aplicación para tareas integrales en la agricultura de precisión.

i. Funciones de los drones

- **Drones de pulverización (fumigación):** Equipados con tanques y boquillas para aplicar fertilizantes, pesticidas o bioestimulantes de forma precisa.
- **Drones de mapeo y monitoreo:** Llevan cámaras multiespectrales o RGB para crear orto mosaicos, modelos 3D y detectar estrés hídrico, plagas o enfermedades.
- **Drones de Siembra:** Utilizados para distribuir semillas de manera eficiente en el campo.
- **Drones de Transporte:** Modelos más grandes diseñados para mover cargas pesadas, como semillas o fertilizantes, a largas distancias.

j. Ventajas del uso en drones

Estas ventajas incluyen la captura de perspectivas únicas, desde el acceso a zonas difíciles (en ciertas zonas se puede volar el dron y asperjar esas zonas difíciles de entrar), hasta la mejora de la seguridad de cualquier persona (productor o jornalero), la reducción de costos (agua y agroquímicos), el tiempo en inspección y logística (menor tiempo de trabajo y el control del dron brinda opciones de vuelo), la capacidad de recopilar datos precisos para agricultura (las antenas RTK son demasiado precisas al generar los datos o puntos de georreferenciación), construcción y emergencias, mejorando la toma de decisiones en cualquier sector mencionado.

k. Sistemas de Información Geográfica (SIG)

Los Sistemas de Información Geográfica son herramientas informáticas que capturan, almacenan, analizan, visualizan, verifican, gestionan, actualizan, manipulan, recuperan, transforman, muestran y transfieren datos especialmente referidos a la tierra para conectar esta

información y así entender los patrones, para tomar mejores decisiones. Los recursos y la planificación y logística integran hardware, software, datos (vectoriales y ráster), personal y procedimientos para crear mapas, orto mosaicos y realizar análisis. Los SIG funcionan como una base de datos geográfica, que está asociada a los objetos existentes en un mapa digital; estos conectan mapas con bases de datos y así se conocen sus atributos. El sistema de información permite separar diferentes capas temáticas y se almacenan, permitiendo trabajar con ellas de manera rápida y sencilla, y así facilitar la posibilidad de relacionar la información que ya existe con la obtención de resultados (Servicio Geológico México, 2025).

V. METODOLOGÍA

El presente trabajo se desarrolló en la Comisión de Recursos Naturales y Desarrollo Rural (CORENADR), donde el Laboratorio de Información Geoestadística participa con cuatro pilotos para la aspersión con dron en diferentes cultivos, utilizando los productos establecidos en la NOM-002-RNAT-2019, únicamente en la zona de Suelo de Conservación.

Materiales

1. Dron agrícola marca DJI, modelo T30.
2. Control remoto del dron con dos pilas extra.
3. Pilas de litio (una por cada vuelo efectivo).
4. Fungicida a base de *Bacillus subtilis* y acaricida a base de argemonina, berberina, ricina a-terthienil.
5. Acidificante.
6. Agitador.
7. Probeta de 500 ml y 100 ml.
8. Guantes de nitrilo.
9. Tela manta cielo.
10. 5 radios.
11. 1 Sistema global de navegación por satélite “Nomad”.
12. 1 camioneta.

Esto comienza con la coordinación entre un productor y un piloto de dron, donde el productor reúne de cinco a ocho productores con sus respectivas unidades productivas, procurando que estas se encuentren lo más cerca posible para evitar la pérdida de tiempo durante el traslado entre parcelas. Posteriormente, se agenda al productor con un horario específico y se le solicita el apoyo con veinte litros de agua limpia.

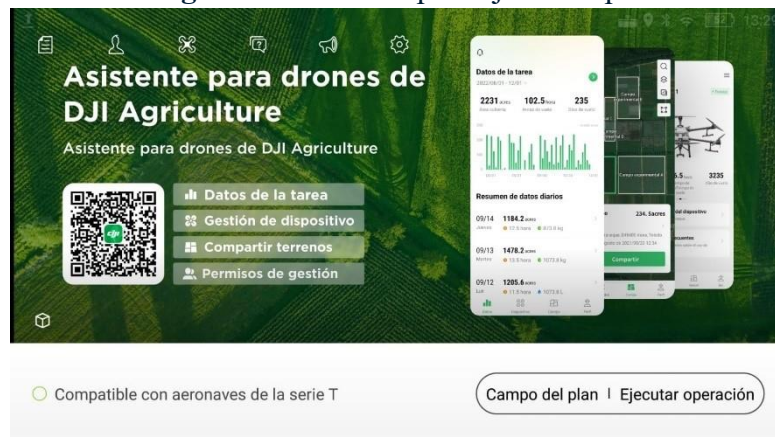
Una vez realizado lo anterior, el equipo de drones llega a la unidad productiva y se divide en parejas. Una pareja delimita la zona de producción mediante el control remoto y, al mismo tiempo, revisa el cultivo para identificar las plagas o enfermedades presentes. Mientras tanto, otra pareja realiza el cuestionario y solicita al productor una copia de su identificación. Finalmente, una tercera pareja prepara los insumos necesarios para controlar la plaga o enfermedad que el primer equipo detectó en el cultivo.

Posteriormente, se explica el procedimiento para delimitar una zona de producción mediante el control remoto, con el fin de realizar una aspersión manual con dron.

a) Control remoto y aeronave

1. En el control remoto levantar las antenas que se encuentran al reverso de este, encender el control remoto dejando presionado una vez el botón de encendido y, posteriormente mantener presionado hasta que vibre.
2. Una vez realizado esto, esperar a que el dispositivo termine de iniciar y aparezca en la pantalla una imagen como la que se muestra en la (figura 1).

Figura 1. Selección para ejecutar operación



3. Una vez que aparezca en la pantalla la (figura 1), se tienen dos opciones. La primera es "Ejecutar operación", la cual permite volar la aeronave sin haber planificado el vuelo. La segunda es "Campo de plan", que despliega una ventana con tres opciones adicionales, como se muestra en la (figura 2).

Figura 2. Método de planificación de campo

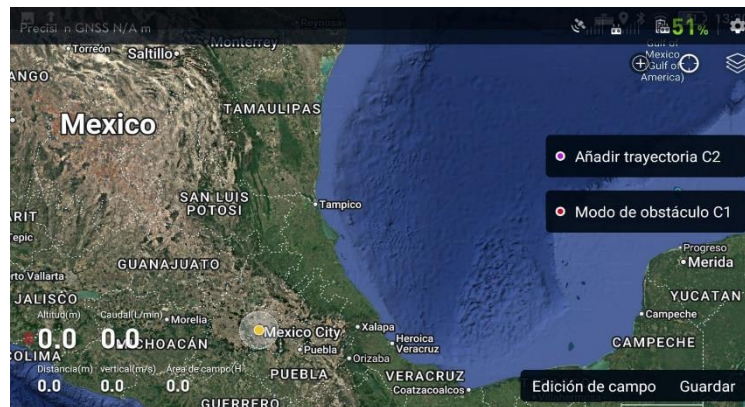


La primera opción es "Caminar con CR", en la que el piloto recorre todo el perímetro de la unidad productiva marcando los vértices con la finalidad de formar un polígono. Este procedimiento permite al piloto conocer la unidad productiva e identificar posibles obstáculos, como cableado, árboles, entre otros, (seleccionaremos esta opción).

La segunda opción es "Caminar con RTK", la cual consiste en conectar una antena tipo USB al control remoto para obtener una mayor precisión al momento de formar el polígono. Para un funcionamiento adecuado, es necesario instalar la antena con aproximadamente una hora de anticipación, con el fin de lograr una mejor recepción de la señal satelital. La tercera opción es "Volar aeronave", que consiste en delimitar el polígono mediante el dron. En este caso, el piloto sobrevuela la unidad productiva para marcar el perímetro. Este procedimiento es similar al de "Caminar con CR"; sin embargo, no se recomienda para unidades productivas pequeñas, ya que consume una batería de vuelo que podría aprovecharse para atender a otro productor.

4. Una vez seleccionada la opción "Caminar con CR", aparecerá en la pantalla una imagen como la que se muestra en la (figura 3). Esperar a que el sistema adquiera correctamente la señal de los satélites y, posteriormente, seleccionar la opción "Edición de campo"

Figura 3. Selección de edición de campo



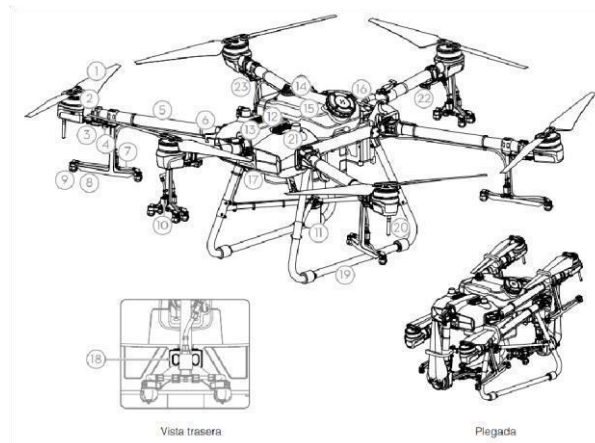
5. Una vez que en la pantalla del control remoto aparezca la imagen como la que se muestra en la (figura 4), se debe caminar por todo el perímetro del área de producción, marcando cada vértice mediante la opción "Añadir", hasta formar un polígono. Una vez realizado este procedimiento, se deben revisar y verificar los parámetros ubicados en el lado izquierdo de la pantalla para confirmar que sean correctos y correspondan a los requerimientos necesarios para la operación que se realizará en ese momento.

Figura 4. Creación de un polígono



6. Una vez marcado el polígono de la unidad de producción, se busca una zona plana y despejada para poder colocar el dron, al bajar el dron se despliegan los brazos y las hélices con cuidado (figura 5), colocar la pila con 100% de batería y encenderlo con un clic y dejando presionado, hasta que se vincule con el control remoto.

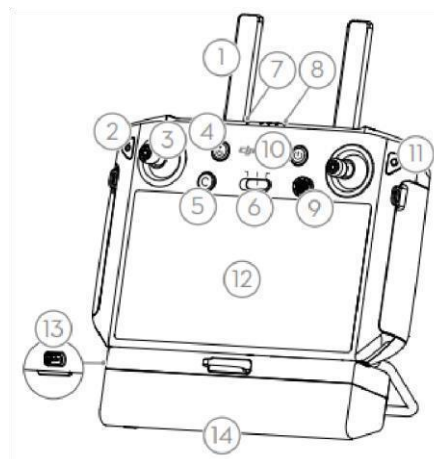
Figura 5. Dron agrícola marca DJI modelo T30



https://dl.djicdn.com/downloads/t30/20220407/T30_User_Manual_v1.4_ES.pdf

7. Ya que ambos estén vinculados, se puede empezar la misión, con las palancas del control remoto crear una “V” (número 3, figura 6) soltar las palancas hasta que salgan unos números en pantalla (número 12, figura 6), para despegarlo se escuchara un “take off” con la palanca de lado izquierdo llevarla hacia enfrente para alzar el dron (soltarlo hasta la altura que se necesite) para desplegarlo de lugar con la manecilla de lado derecho moverlo al lado que se requiere, mientras que la manecilla de lado izquierdo se rotara el dron sobre su mismo eje. Para bajar el dron regresar a la zona donde despegó, y con la palanca de lado izquierdo bajarla despacio hasta que toque el piso, una vez bajar toda la palanca para que se apague totalmente. Una vez estacionada apagar la pila del dron de la misma forma que se prendió, automáticamente se desvinculara y al final apagar el control remoto de la misma manera.

Figura 6. Control remoto del dron agrícola marca DJI, marca T30



https://dl.djicdn.com/downloads/t30/20220407/T30_User_Manual_v1.4_ES.pdf

b) Programar el geoposicionamiento en los GPS

1. Para obtener información en una base de datos se usa el GPS “Sistema de Posicionamiento Global” en el cual se prenden los satélites y esperar unos minutos a que carguen, posteriormente automáticamente aparecerá donde se encuentra, para marcar un polígono de la parcela se debe seleccionar “cuadrado” y posteriormente marcar los vértices de la área interesada, este dispositivo nos proporciona ubicación, coordenadas XYZ, shape, de puntos, líneas, polígonos y se pueden generar un número de preguntas para realizar encuestas a los productores con respecto a su cultivo. Este procedimiento se realiza junto con el geoposicionamiento del control remoto del dron.

Figura 7. Sistema de Posicionamiento Global marca NOMAD



c) Preparación de bioinsumos

Para saber cuánto bioinsumo aplicar, existe una relación con el área, donde 100 mililitros equivale a un metro cuadrado. En una hectárea hay que agregar diez litros de agua en una cubeta y añadir un litro de cada extracto que se desee aplicar y añadir 20 mililitros de coadyuvante (es un adherente formulado por ingredientes que promueven la dispersión, humectación y retiene las gotas de pulverización en las hojas), este se agrega al final. Es importante mencionar que debe haber un orden al momento de aplicar los productos en caso de que sean más de dos, como se muestra en la (Tabla 1). En el suelo de conservación ocupan la NOM-002-RNAT-2019 esto indica que productos se pueden aplicar en esta zona y que se permite realizar. Estos procedimientos (marcar el polígono, realizar el cuestionario y la preparación de bioinsumos) se realiza simultáneamente para ser más eficaz y eficiente la

aspersión de cada productor. Esto con la finalidad de terminar antes de las 11: 00 am y procurar la efectividad del agroquímico y sea efectivo la aspersión del dron.

Tabla 1. Orden de mezcla de productos

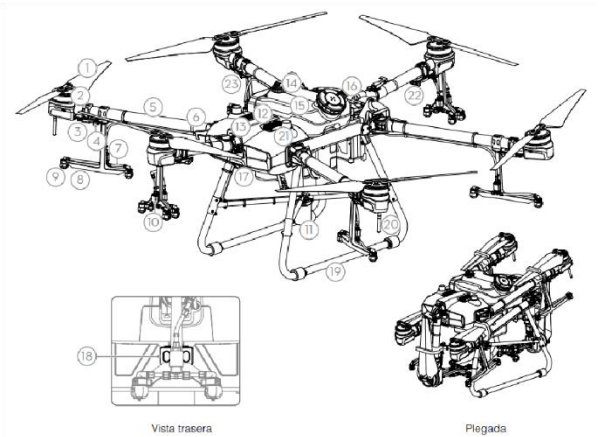
Tipo de producto	Orden
Agua/solvente	Agua solvente
Productos específicos	Reguladores de Ph
	Bolsas hidrosolubles
	Granulados solubles
Productos sólidos	Granulados dispersables
	Polvos mojables
	Polvos solubles
Productos líquidos	Soluciones concentradas
	Soluciones encapsuladas
Otros productos	Suspoemulsiones
	Suspensiones concentradas oleosas
	Emulsiones concentradas
	Líquidos solubles
	Abonos foliares
	Líquidos anti deriva
	Surfactantes/mojadas

Fuente. Elaboración propia con datos de Ing. Agr. Jorgelina Lezaun, 2024

d) Despliegue de la aeronave

Una vez marcado el polígono de las unidades de producción, se busca una zona plana y despejada para poder colocar el dron, al bajar el dron se despliega (figura 7), colocar la pila con 100% de batería y encenderlo con un clic y dejando presionado, hasta que se vincule con el control remoto.

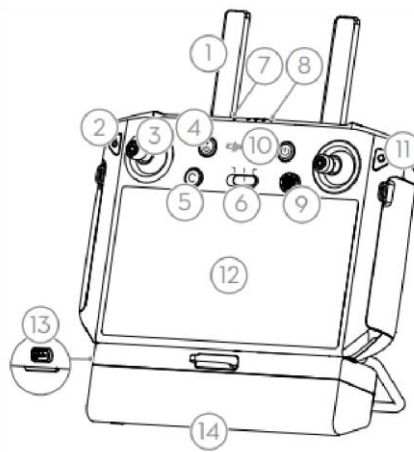
Figura 8. Dron agrícola marca DJI, marca T30



https://dl.djicdn.com/downloads/t30/20220407/T30_User_Manual_v1.4_ES.pdf

En el control remoto levantar las antenas que se encuentran al reverso del control (número 1 de la figura 9), encender el control remoto con un clic y dejando presionando hasta que vibre (número 10, figura 9), una vez encendida prender de la misma forma el dron, esperar a que se vincule la nave con el control remoto. Una vez vinculados con las palancas crear “V” (número 3, figura 9) soltar las palancas hasta que salgan unos números en pantalla (número 12, figura 9), para despegarlo se escuchara un “take off” con la palanca de lado izquierdo llevarla hacia enfrente para alzar el dron (soltarlo hasta la altura que se necesite) para desplegarlo de lugar con la manecilla de lado derecho moverlo al lado que se requiere, mientras que la manecilla de lado izquierdo se rotara el dron sobre su mismo eje. Para bajar el dron regresar a la zona donde despegó, y con la palanca de lado izquierdo bajarla despacio hasta que toque el piso, una vez bajar toda la palanca para que se apague totalmente. Una vez estacionada apagar la pila del dron de la misma forma que se prendió, automáticamente se desvinculara y al final apagar el control remoto de la misma manera.

Figura 9. Control remoto del dron agrícola marca DJI, marca T30



https://dl.djicdn.com/downloads/t30/20220407/T30_User_Manual_v1.4_ES.pdf

Una vez realizado lo anterior, desde la llegada al terreno hasta haber programado la ruta de vuelo, se realizan encuestas al productor o encargado de la parcela donde se asperjo, preguntando lo siguiente:

1. ¿Nombre del productor?
2. ¿Sexo?
3. ¿Edad del productor?

4. ¿Alcaldía a la que pertenece?
5. ¿Pueblo al que pertenece?
6. ¿Paraje donde se encuentra el terreno?
7. ¿Qué cultivo tiene?
8. ¿Edad del cultivo?
9. ¿Cuánta superficie de cultivo tiene sembrada?
10. ¿Es beneficiario de Sembrando Vida o Bienestar para el Campo?
11. ¿Qué producto se aplicó? ¿Cuánto producto se aplicó?
12. ¿Qué problemática presenta su cultivo?
13. ¿Cuánto gasta de agua y agroquímico por aplicación?
14. ¿Cuánta producción tiene?
15. ¿Nivel de estudios?
16. ¿Genera ingresos?

¿Qué se hace con las preguntas anteriores?

Al haber realizado estas preguntas a los productores que se atienden al día, se pasan a una base de datos en el laboratorio de información geoestadística, para tener un registro de cuántos productores se les brinda el apoyo, justificar el uso de los agroquímicos y llevar un registro de las plagas y enfermedades en cada alcaldía, y así, cada año, observar si aumentaron o disminuyeron estos fitopatógenos. Las áreas que se marcan con el control del dron, al caminar su perímetro, se bajan las rutas y en esa misma imagen se agrega toda la información que se le preguntó al productor, con la finalidad de llevar un registro. Estas hojas se guardan en carpetas divididas por folios y alcaldías, y se entregan al finalizar el año a la Dirección General.

VI. RESULTADOS

a. Levantamiento de datos en campo

Mi trabajo consistió en apoyar en el programa "Altepetl", donde pertenecí al equipo de drones, se realizaron salidas a campo donde se usaban productos o insumos utilizados conforme a la norma PROY-NACDMX-002-RNAT-2019, la cual establece qué productos pueden emplearse en el Suelo de Conservación (Tabla 11), con base en esta tabla y orden preparé las mezclas según lo que el productor necesitará y lo que recomendábamos como encargados. Para determinar el producto y la cantidad, primero se hacía un reconocimiento de la parcela, determinando el perímetro con los productores, y a su vez identificar las plagas y enfermedades del cultivo. Se brindaba información a las personas productoras sobre los productos a utilizar, forma de actuar del ingrediente activo y forma de aplicación. Así mismo, se resolvían inquietudes de los productores respecto al buen manejo integrado de plagas, así como la rentabilidad del dron empleado respecto el ahorro del agua y tiempo que realiza una tarea respecto a las técnicas convencionales.

Se aplicaron cuestionarios para determinar el número de productores atendidos, entre cinco y ocho productores al día, así se calculó el uso de los insumos y estadísticas de género y edad lo cual se compara con años anteriores respecto a las áreas sembradas, cultivos predominantes y la dinámica de plagas y enfermedades. En el Laboratorio de Información Geoestadística realice correcciones en los datos de 2022, 2023 y 2024, homogeneizando valores respecto a unidades de medida, abreviaturas etc. con ayuda de las plataformas de QGIS, una vez realizado eso, se interpretaron los datos con ayuda de tablas dinámicas de Excel y de Canva para generar las gráficas, mapas, tablas y finalmente entregar un reporte con los datos interpretados.

Tabla 2. Agroquímicos (extractos botánicos y/o bioestimulantes) utilizados por parte del programa drones agrícolas de 2022 a 2024

Fuente: Elaboración propia con información del Laboratorio de Información Geoestadística, 2026

Imagen 1 y 2. Técnico de Corenadr con chicos de servicio social y actividades que realizábamos cada día



Fuente. Fotos tomadas por el equipo de drones 2025

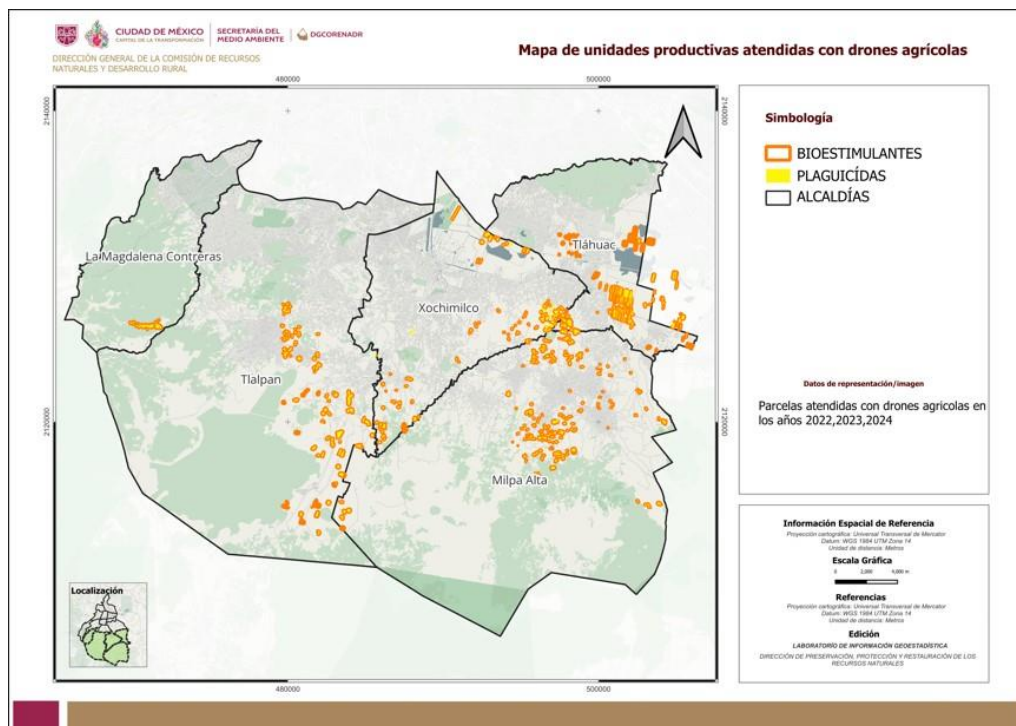
Se les brindó servicio con drones a 557 productores pertenecientes al suelo de conservación, se les escogió porque su área estaba despejada para volar el dron, las aplicaciones realizadas se clasificaron en dos tipos: (1) plaguicidas y (2) bioestimulantes (Mapa 1). Una vez hecho esto, se agregaban junto con los cuestionarios donde firman los productores y la copia de su INE, y así se acomodaban en una carpeta por fecha. Esto con la finalidad de llevar un control de lo que se gasta de insumos y saber si aumentaron o disminuyeron los productores que siembran en el suelo de conservación.

Una vez realizado esto, con los datos que se bajan de los GNSS y con ayuda de las tablas dinámicas de Excel, se construyen tablas para obtener algún dato específico, para después construir mapas con ayuda de QGIS y así representar visualmente los datos que se recopilan en

campo. A continuación, se muestran mapas y gráficos que realicé en el laboratorio desde el año 2022 al 2024.

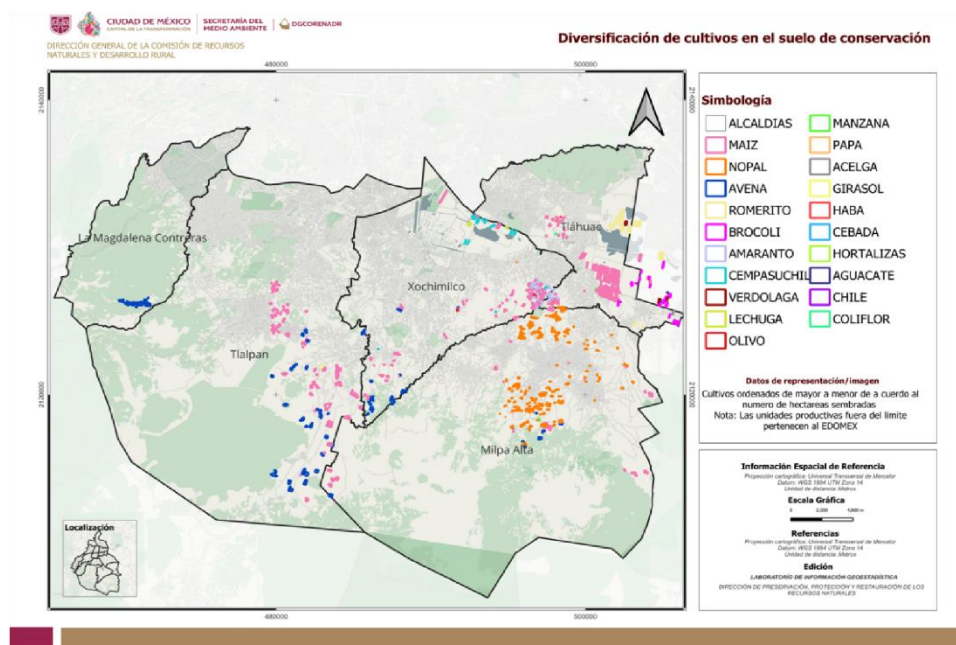
En el (Mapa 1) se muestra las alcaldías más frecuentes, así como los polígonos de las unidades productivas donde se ha realizado la aspersión con dron, siendo las aplicaciones con bioestimulantes más frecuentes que las de plaguicidas, según la cantidad de puntos naranja respecto a las amarillas.

Mapa 1. Mapa de unidades productivas atendidas con drones agrícolas 2026



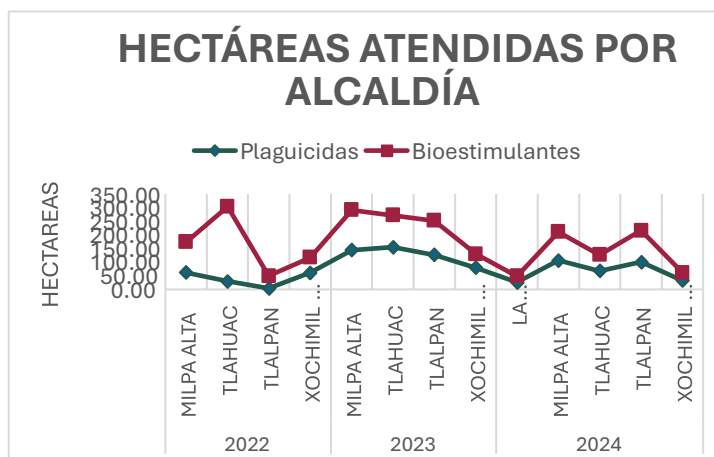
En el Mapa 2 se muestra la diversificación de cultivos en el suelo de conservación, por medio de distintos colores se representa la ubicación y distribución con veinte tipos de cultivos, de los cuales destaca maíz (*Zea mays*), nopal (*Opuntia ficus-indica*), avena (*Amaranthus*) y romeritos (*Suaeda torreyana* S. Watson). Este mapa nos permite a identificar las zonas agrícolas activas, así como los cultivos que predominan en cada área.

Mapa 2. Diversificación de cultivos 2026



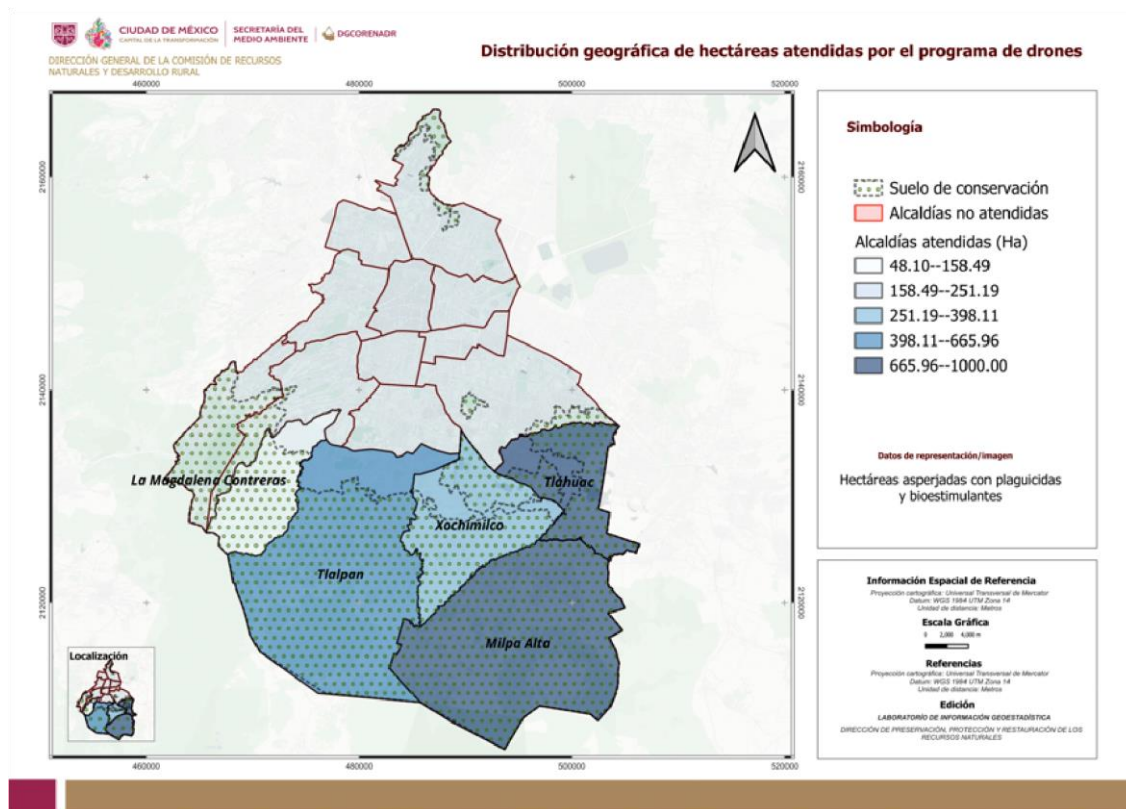
El SC abarca diversas alcaldías, entre ellas Milpa Alta, Tláhuac, Tlalpan y Xochimilco. En el Gráfico 2 se observa que, durante el año 2023, en la aplicación de bioestimulantes, las alcaldías de Milpa Alta, Tlalpan y Xochimilco registraron un incremento en el número de hectáreas, mientras que Tláhuac presentó una disminución del 40.41 %. En el año 2024, todas estas alcaldías mostraron una reducción en las hectáreas atendidas; sin embargo, se incorporó la alcaldía Magdalena Contreras, con un total de 21.94 hectáreas atendidas. Respecto a la aplicación de plaguicidas, en 2023 todas las alcaldías mencionadas reportaron un incremento que osciló entre 13.14 % y 93.86 %, mientras que en 2024 se observó una disminución de entre 32.91 % y 4.43 %. En este mismo año, Magdalena Contreras se integra con 26.16 hectáreas atendidas.

Gráfico 2. Hectáreas atendidas por alcaldía durante el periodo 2022-2024



En el Mapa 3 se presentan las zonas atendidas durante el periodo de 2022 a 2024. Las alcaldías de Milpa Alta y Tláhuac destacan como las más atendidas, con un rango de entre 676 y 700 hectáreas intervenidas. En contraste, las áreas con tonalidades más claras corresponden a las zonas con menor atención, como es el caso de la alcaldía Magdalena Contreras, que registra 48 hectáreas atendidas.

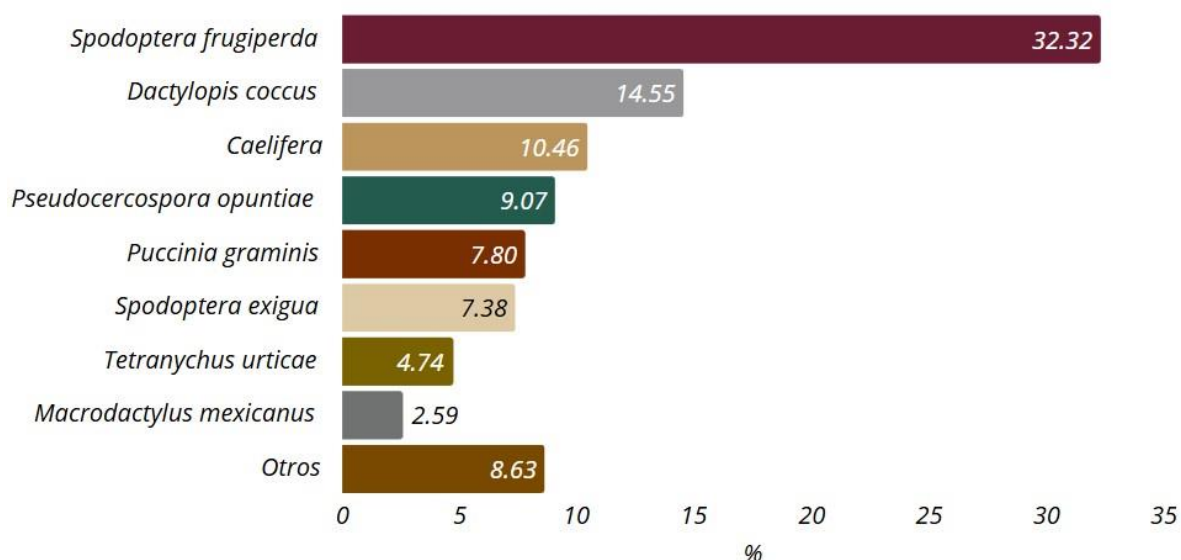
Mapa 3. Total, de hectáreas atendidas por alcaldía 2022-2024



En el SC se encuentran diversas plagas y enfermedades (Gráfico 3), entre las cuales ha predominado, en este periodo, el gusano cogollero representa la plaga más significativa con incidencia de 32.32% seguido de la cochinilla con un 14.55% y el chapulín, con 10.46%. Otras plagas y enfermedades con incidencia moderada son mancha negra (9.07%), roya (7.80%), gusano soldado (7.38%), aunque son menor porcentaje, pueden generar pérdidas significativas. Por otro lado, acaro rojo y frailecillo presentan incidencias más bajas con 4.74% y 2.59%.

Cabe recalcar que el 8.63% equivale a plagas y enfermedades como la mosquita blanca, gallina ciega, minador, gusano de alambre, mal del oro, mildiu, tizón, halo bacteriano y mancha punteada.

Gráfico 3. Principales plagas y enfermedades en el SC



VII. Conclusión

Las aplicaciones de tratamientos con dron de aspersión en todo el suelo de conservación es una solución eficiente al aplicar los plaguicidas y bioestimulantes de forma localizada, minimizando el daño físico en el terreno, el consumo de agua y económico hasta un 90% en comparación con aplicación convencional. La agricultura de precisión aporta grandes ventajas que ayudan en la conservación y el manejo de suelo, con ayuda de los drones se evita la compactado de suelo provocada por maquinaria pesada, permite enfocar las aplicaciones en las áreas afectadas, disminuye la contaminación reduciendo el uso de químicos, son ideales para terrenos irregulares, con pendiente o encharcado donde el tractor no es muy viable, esta tecnología combinada con cámaras multiespectrales, se puede analizar el estrés hídrico, monitoreo y la salud del suelo para tomar decisiones a largo plazo.

Este proyecto de dar asesoramiento, sobre productos permitidos y la aspersión con drones en el suelo de conservación con la finalidad de proteger, restaurar los ecosistemas mediante la agricultura sostenible para poder equilibrar la producción agrícola con el cuidado del medio ambiente, logra fomentar prácticas sostenibles y responsables y el uso de herramientas tecnológicas que fortalecen este sector rural, los técnicos encargados de cada zona capacitan a los productores, monitorean su cultivo y aprovechando las tecnologías innovadoras para tomar sus decisiones, para poder mejorar su productividad sin aprovechar los recursos naturales.

REFERENCIAS

1. CEPAL. FAO. (2023). Una mirada hacia la digitalización en el sector agrícola en América Latina y el Caribe.
2. Dirección General del Servicio de Información Agroalimentaria Pesquera (DGSIAP), (03 de mayo de 2016). El impacto de las plagas y enfermedades en el sector agrícola <https://www.gob.mx/agricultura/%7Cdgsiap/es/articulos/el-impacto-de-las-plagasyenfermedades-en-el-sector-agricola>
3. Gorthi, S., Bhalekar, D., Munguia de la Cruz, J., Khot, L., & Sallato, B. (2025). Precision and Automated Irrigation Technological for Optimal Water Use and Improved Fruit Quality. Washington State University. <https://treefruit.wsu.edu/article/precisionand-automated-irrigation-technological-for-optimal-water-use-and-improved-fruitquality/>
4. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, (IICA) (2016). La agricultura de precisión tiene potencial para transformar el agro. <https://iica.int/es/press/noticias/la-agricultura-de-precision-tiene-potencial-paratransformar-el%20agro/#:~:text=%E2%80%9CLa%20agricultura%20de%20precisi%C3%B3n%20es%20un%20conjunto,Evandro%20Chartuni%20Mantovani%2C%20de%20Empresa%20Brasile%C3%B1a%20de>
5. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), (2024). Desarrollo de la agricultura en la Ciudad de México <https://www.gob.mx/inifap/prensa/development-de-la-agricultura-en-la-ciudad-de-mexico#:~:text=Tambi%C3%A9n%20particip%C3%B3%20el%20Lic.,L%C3%B3pez%20Soto%2C%20Asesora%20en%20Agronegocios>.
6. Lezaun J. (2024). *Lo que debes saber de las mezclas de los productos fitosanitarios o plaguicidas*. CropLife. <https://croplifela.org/es/actualidad/lo-que-debes-saber-delasmezclas-de-los-productos-fitosanitarios-o-plaguicida>
7. Manual de usuario Agras T30. DJI. (2021). https://dl.djicdn.com/downloads/t30/20220407/T30_User_Manual_v1.4_ES.pdf
8. Martínez R., Viguera B., Donatti C., Harvey C., Alpizar F., (2017). *La importancia de los servicios ecosistémicos para la agricultura*. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). https://www.conservation.org/docs/defaultsource/publication-pdfs/modulo-3color.pdf?Status=Master&sfvrsn=342df765_3#:~:text=Servicios%20ecosist%C3%A9micos%20importantes%20para%20la,y%20el%20mantenimiento%20del%20suelo.
9. Nava A., Franco L., Flores M., Nadia N., Moreno F., (2022). *Suelo de conservación y restauración socio ecológica* (Maestría en Agroecología y Sistemas Alimentarios Regenerativos, Universidad del Medio Ambiente). <https://umamexico.com/suelodeconservacionyrestauracionsocioecologica/#:~:text=Suelo%20urbano,extensi%C3%B3n%20aproximada%20de%2088%2C442%20hect%C3%A1reas>
10. Payan C. (2022, 20 de agosto). Producción y desarrollo del campo en la ciudad: El nopal verdura en Milpa Alta y la integración de las cadenas productivas. *La Jornada del*

campo.

<https://www.jornada.com.mx/2022/08/20/delcampo/articulos/nopalmilpaalta.html>

11. Perales C., Gonzalez E., Peñuelas O., Mena J., Perales L., Argente L., (2024). *El Nopal: principales plagas y enfermedades del nopal en México*. Pantanal. <https://www.editorapantanal.com.br/ebooks/2024/el-nopal-principalesplagas-yenfermedades-del-nopal-en-mexico/Cap2.pdf>
12. Secretaria del Medio Ambiente (SEDEMA) (09 de junio de 2025) ¡Un éxito la Feria del Nopal en el corazón de la capital! <https://sedema.cdmx.gob.mx/comunicacion/nota/cdmx-celebra-el-legado-agricola-delsur-con-la-feria-del-nopal-y-la-declaratoria-de-patrimonio-biocultural#:~:text=%C2%A1Un%20%C3%A9xito%20la%20Feria%20del%20Nopal%20en,como%20s%C3%ADmbolo%20de%20identidad%20y%20soberan%C3%ADa%20alimentaria>
13. Servicio Geológico Mexicano (SGM), (2017). Sistemas de Información Geográfica. <https://www.sgm.gob.mx/Web/MuseoVirtual/SIG/Introduccion-SIG.html>
14. Tecnológico de Monterrey, (2018). Agricultura de precisión, la nueva alternativa sustentable <https://conecta.tec.mx/es/noticias/veracruz/educacion/agricultura-deprecision-la-nueva-alternativa-sustentable-opinion>
15. Universidad Autónoma Metropolitana (2021). Reglamento de servicio social a nivel de licenciatura <https://www.uam.mx/legislacion/LEGISLACION-UAM-AGOSTO-2021/LEGISLACION-UAM-AGOSTO-2021-RSS.pdf>
16. Universidad Autónoma Metropolitana unidad Xochimilco (2021). Suelo de conservación de la Ciudad de México: Asuntos ambientales de la metrópoli <https://cauce.xoc.uam.mx/2021/02/13/suelo-de-conservacion-de-la-ciudad-de-mexicoasuntos-ambientales-de-la-metropoli/>
17. Universidad del medio ambiente (2022). Suelo de conservación y restauración socio ecológica <https://umamexico.com/suelo-de-conservacion-y-restauracion-socioecologica/#:~:text=Problem%C3%A1ticas%20e%20impactos%20que%20enfrenta,P%C3%A9rdida%20de%20identidad%20cultural>