



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS**

---

---

**FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS E INGENIERÍA**  
DOCTORADO EN INGENIERÍA AMBIENTAL Y TECNOLOGÍAS SUSTENTABLES



**“USO Y MANEJO SUSTENTABLE DE PLAGUICIDAS EN EL  
CULTIVO DE HIGO (*Ficus carica* L.) EN EL ESTADO DE  
MORELOS”**

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE

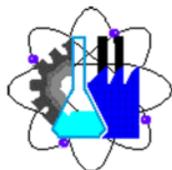
**DOCTOR EN INGENIERÍA AMBIENTAL Y TECNOLOGÍAS SUSTENTABLES**

PRESENTA:

**MTRA. JAEL ROSAS SÁNCHEZ**

**DIRECTOR DE TESIS:  
DR. HUGO ALBEIRO SALDARRIAGA NOREÑA**

**CODIRECTOR DE TESIS:  
DRA. VIRIDIANA AYDEÉ LEÓN HERNÁNDEZ**



Facultad de Ciencias  
Químicas e Ingeniería

CUERNAVACA, MORELOS

NOVIEMBRE 2022

Este proyecto se realizó en colaboración con el Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Morelos (CESVMOR) y con los productores de higo (*Ficus carica* L.) de la localidad de Telixtac, del municipio de Axochiapan del estado de Morelos, bajo la dirección del Dr. Hugo Albeiro Saldarriaga Noreña y la codirección de la Dra. Viridiana Aydeé León Hernández, con el apoyo financiero del Programa de Becas de Posgrado del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) con el número de becario 719627.

## **COMITÉ TUTORAL**

Director - Dr. Hugo Albeiro Saldarriaga Noreña

Codirección – Dra. Viridiana Aydeé León Hernández

Dra. Irene Iliana Ramírez Bustos

Dra. Patricia Mussali Galante

## DEDICATORIA

A Dios por su inmenso amor, misericordia y gracia.

A mi amada familia  
Miguel y Miguel Angel



## AGRADECIMIENTOS

Mi mayor y más grande agradecimiento es a Dios, por todas las bendiciones recibidas durante todo este tiempo.

A toda mi familia, porque estuvieron conmigo y porque siempre recibí su apoyo incondicional y amor en cada paso que daba, los amo, gracias por todo.

Al Dr. Hugo por la excelente dirección, por el apoyo, trato y palabras de motivación que siempre recibí. Reconozco y agradezco las enseñanzas, pero sobre todo que siempre mostro su calidad humana acompañada de su profesionalismo, gracias.

A la Dra. Viridiana por todo el apoyo incondicional y confianza que recibí desde que inicié el posgrado. Gracias por creer en mí y porque siempre estuvo pendiente.

A la Dra. Irene por todo su tiempo, conocimiento y apoyo que me brindó desde que la conocí. Gracias por permitir formar vínculos con externos y por el seguimiento realizado a distancia.

A la Dra. Patricia por su apoyo, enseñanzas y tiempo que se tomó en formar parte de este trabajo, gracias por su dedicación.

Al comité revisor por dedicar parte de su tiempo en la revisión de este trabajo, agradezco cada uno de sus comentarios.

A la coordinación del DIATS, en especial a la Dra. Mariana, por todo su apoyo, paciencia y guía, muchas gracias por todo amiga.

A la Facultad de Ciencias Químicas e Ingeniería, a mis amigos que aún siguen allí y también a los que ya partieron, gracias por todo, por los momentos vividos, que hacen que uno vuelva a seguir adelante y ponerse de pie, los llevo en mi corazón.

Al Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Morelos (CESVMOR) y a los productores de higo (*Ficus carica* L.) de la localidad de Telixtac, del municipio de Axochiapan del estado de Morelos, muchas gracias por su participación.

Que Dios bendiga a cada uno de ustedes.

# ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	1
ABSTRACT.....	3
I. INTRODUCCIÓN .....	5
II. MARCO TEÓRICO .....	8
CAPÍTULO 1.....	8
1.1. PRODUCCIÓN DE HIGO EN MÉXICO.....	8
1.2. PLAGAS Y ENFERMEDADES DEL CULTIVO DE HIGO.....	11
1.3. LA AGRICULTURA Y LOS OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE DE LA AGENDA 2030 .....	13
CAPITULO 2.....	15
2.1. USO DE PLAGUICIDAS EN CULTIVOS AGRÍCOLAS.....	15
2.2. PLAGUICIDAS APLICADOS EN MÉXICO Y SU CLASIFICACIÓN.....	17
2.3. MARCO LEGAL PARA EL USO DE PLAGUICIDAS EN MÉXICO.....	24
2.4. NORMATIVA PARA RESIDUOS DE PLAGUICIDAS EN VEGETALES .....	27
2.5. PLAGUICIDAS ALTAMENTE PELIGROSOS AUTORIZADOS EN MÉXICO Y PROHIBIDOS EN OTROS PAÍSES	29
2.6. VÍAS DE EXPOSICIÓN A PLAGUICIDAS Y SUS EFECTOS EN LA SALUD .....	31
2.7. MONITOREO DE RESIDUOS DE PLAGUICIDAS EN MÉXICO .....	36
2.8. CONTAMINACIÓN AMBIENTAL OCASIONADA POR EL USO DE PLAGUICIDAS .....	38
CAPITULO 3.....	40
3.1. ANÁLISIS DE PLAGUICIDAS EN MATRICES VEGETALES.....	40
3.2. TÉCNICAS DE EXTRACCIÓN.....	41
3.3. TÉCNICAS CROMATOGRÁFICAS .....	47
3.4. DISIPACIÓN DE PLAGUICIDAS EN VEGETALES .....	52
3.4. CINÉTICAS DE DISIPACIÓN DE LOS PLAGUICIDAS .....	55
III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	60
IV. JUSTIFICACIÓN.....	61
V. OBJETIVOS .....	61
OBJETIVO GENERAL.....	61
OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	61
VI. HIPÓTESIS.....	62
VII. METODOLOGÍA .....	63
ENCUESTAS .....	64
<i>Diseño de encuestas</i> .....	64
<i>Aplicación y Validación de encuestas</i> .....	65
DETERMINACIÓN DE RESIDUOS DE PLAGUICIDAS EN DIVERSOS CULTIVOS DE HIGO DEL ESTADO DE MORELOS. ....	67
<i>Experimentos de campo</i> .....	67
<i>Productos químicos y Materiales</i> .....	67
<i>Preparación y limpieza de muestras</i> .....	70
<i>Rendimiento del método analítico</i> .....	70
<i>Análisis de cromatografía de gases-espectrometría de masas en tándem (GC-MS / MS)</i> .....	71

<i>Análisis de espectrometría de masas en tándem de cromatografía líquida de ultra rendimiento (UPLC-MS / MS)</i> .....	72
<i>Condiciones climáticas</i> .....	73
<i>Ingesta diaria y evaluación de riesgos para la salud</i> .....	74
DISIPACIÓN DE CIPERMETRINA Y PIRACLOSTROBIN EN EL CULTIVO DE HIGO EN EL ESTADO DE MORELOS .....	75
<i>Lugar de estudio</i> .....	75
<i>Trazo de la parcela experimental</i> .....	75
<i>Diseño experimental</i> .....	76
<i>Calibración del equipo de dosificación de los plaguicidas</i> .....	78
<i>Aplicación de plaguicidas</i> .....	79
<i>Análisis de resultados</i> .....	79
GUÍA DE REFERENCIA: BUEN USO Y MANEJO DE LOS PLAGUICIDAS AGRÍCOLAS Y EL CUMPLIMIENTO CON LOS OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE DE LA AGENDA 2030 .....	80
<b>VIII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	<b>84</b>
ANÁLISIS DE ENCUESTAS.....	84
<i>Información general de productor</i> .....	84
<i>Información general de la parcela</i> .....	87
<i>Labores culturales</i> .....	94
<i>Análisis de fiabilidad</i> .....	108
DETERMINACIÓN DE LOS RESIDUOS DE PLAGUICIDAS EN CULTIVOS DE HIGO EN MORELOS .....	109
<i>Concentraciones de residuos de plaguicidas</i> .....	109
<i>Cálculo de la ingesta diaria y del índice de riesgo para la salud humana</i> .....	112
DISIPACIÓN DE CIPERMETRINA Y PIRACLOSTROBIN EN EL CULTIVO DE HIGO ( <i>FICUS CARICA L.</i> ) DEL ESTADO DE MORELOS.....	114
<i>Concentraciones de residuos de plaguicidas</i> .....	114
<i>Resultados de la disipación de los residuos de plaguicidas</i> .....	115
GUÍA DE REFERENCIA: BUEN USO Y MANEJO DE PLAGUICIDAS AGRÍCOLAS .....	119
<i>Contenido</i> .....	119
<i>Cumplimiento en las metas de los ODS</i> .....	120
<b>IX. CONCLUSIONES</b> .....	<b>123</b>
<b>X. PERSPECTIVAS</b> .....	<b>125</b>
<b>XI. RECOMENDACIONES</b> .....	<b>125</b>
<b>XII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>127</b>
<b>XIII. ANEXOS</b> .....	<b>155</b>
ENCUESTA “CARACTERIZACIÓN DE LAS CONDICIONES Y MANEJO DE LOS AGROQUÍMICOS EN EL CULTIVO DE HIGO ( <i>FICUS CARICA L.</i> )” .....	155
APLICACIÓN DE PLAGUICIDAS EN LA UNIDAD EXPERIMENTAL.....	160
GUÍA DE REFERENCIA: BUEN USO Y MANEJO DE PLAGUICIDAS AGRÍCOLAS. ....	164

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Producción Agrícola Nacional: Producción de Higo.....	9
Cuadro 2. Producción Agrícola del Estado de Morelos: Producción Higo (SIAP, 2019)....	10
Cuadro 3. Clasificación de los plaguicidas. ....	16
Cuadro 4. Ejemplo de la clasificación de algunos plaguicidas de acuerdo con su origen. ....	20
<b>Cuadro 5.</b> Clasificación de plaguicidas según la plaga que atacan. ....	20
Cuadro 6. Clasificación de plaguicidas de acuerdo con su presentación comercial. ....	21
Cuadro 7. Clasificación de plaguicidas de acuerdo a su persistencia en el ambiente. ....	21
Cuadro 8. Clasificación de plaguicidas de acuerdo con su toxicidad, expresada en DL <sub>50</sub> (mg/kg).....	22
Cuadro 9. Clasificación de plaguicidas de acuerdo con su familia química.....	22
Cuadro 10. Instrumentos legales para el uso y manejo de plaguicidas. ....	25
Cuadro 11. Normas Oficiales Mexicanas aplicables en materia de plaguicidas. ....	27
Cuadro 12. Sustancias químicas y plaguicidas prohibidas o severamente restringidas en México.....	29
Cuadro 13. Principales plaguicidas autorizados en México que están prohibidos en otros países.....	31
Cuadro 14. Ingredientes Activos del estudio. ....	68
Cuadro 15. Resumen de los parámetros optimizados para cada plaguicida por GC-MS / MS. ....	72
Cuadro 16. Resumen de los parámetros optimizados para la determinación de cada plaguicida por UPLC-MS / MS.....	72
Cuadro 17. Tratamientos y fechas de muestreo en cultivo de Higo ( <i>Ficus carica</i> L.)” .....	76
Cuadro 18. Cálculo de volumen de agua.....	78
Cuadro 19. Cálculo de dosis de Ingrediente Activo (I.A). ....	78
Cuadro 20. Plaguicidas utilizados en plagas y enfermedades en cultivos de higo. ....	99
Cuadro 21. Análisis de fiabilidad.....	108
Cuadro 22. Análisis de fiabilidad aceptada de la encuesta. ....	109
Cuadro 23. Concentraciones (mg/kg) de residuos y límites máximos de residuos de plaguicidas detectados en el cultivo de higo en el estado de Morelos. ....	110
Cuadro 24. Comparación de los resultados de la ingesta diaria estimada (IDE) con la ingesta diaria admitida (IDA) y valores del índice de riesgo de salud (RHI) para residuos de plaguicidas detectados en higo en el estado de Morelos.....	112
Cuadro 25. Resumen de las linealizaciones obtenidas para cada plaguicida .....	114
Cuadro 26. Índice de la Guía de Referencia de buen uso y manejo de plaguicidas agrícolas de forma sustentable. ....	119
Cuadro 27. Cumplimiento de metas de los ODS que se consideraron aplicables en la guía de referencia son los siguientes:.....	120

**Los cuadros sin referencia han sido elaboración propia.**

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Fruto de higo ( <i>Ficus carica L.</i> ).....	8
Figura 2. A) Higuera sana, B) Larva de gusano barrenador, C) Síntomas de hojas secas, provocada por la enfermedad de la roya. ....	11
Figura 3. Concentración de residuos de plaguicidas en la cadena alimentaria.....	34
Figura 4. Ciclo de los plaguicidas en el medio ambiente.....	39
Figura 5. Representación de una extracción líquido-líquido. ....	43
Figura 6. Extractor Soxhlet.....	44
Figura 7 Método de extracción QuEChERS.....	46
Figura 8. Representación esquemática de un cromatógrafo de gases. ....	49
Figura 9. Esquema de un cromatógrafo de gases de columna abierta/ espectrómetro de masas.....	50
Figura 10. Esquema de un cromatógrafo de gases con detector específico y monitor.....	51
Figura 11. Gráfica de la velocidad de reacción <i>entre ICl y H<sub>2</sub></i> .....	56
Figura 12. Gráfica de orden de reacción cero.....	57
Figura 13. Gráfica de orden de primera reacción.....	57
Figura 14. Gráfica de orden de segunda reacción.....	58
Figura 15. Encuesta en la localidad de Telixtac.....	66
Figura 16. Encuesta en la localidad de Telixtac.....	66
Figura 17. Condiciones climáticas durante el período de estudio.....	73
Figura 18. Bloque experimental (8 árboles).....	76
<b>Figura 19.</b> Aplicación de plaguicidas.....	79
Figura 20. Objetivos de desarrollo sostenible.....	81
<b>Figura 21.</b> Escolaridad de los productores.....	84
Figura 22. Etapa de vida de los productores.....	85
Figura 23. Tiempo que han realizado actividades agrícolas.....	85
Figura 24. Empacadora o lugar donde los productores venden.....	87
Figura 25. Número de parcelas que tienen los productores.....	88
Figura 26. Superficie de parcelas.....	88
Figura 27. Tiempo cultivando higo.....	89
Figura 28. Rendimiento de cultivo de higo.....	89
Figura 29. Cultivos cerca de las parcelas de higo.....	90
Figura 30. Tipo de certificado o reconocimiento de productores de higo.....	91
Figura 31. Mercado donde se vende el higo.....	92
Figura 32. Preparación de suelo mediante rastreo y surcado.....	94
Figura 33. Tipo de rastreo y surcado que se realiza en la zona de Telixtac.....	94
Figura 34. Temporada o mes de trasplante de planta nueva.....	95
Figura 35. Lugar donde se compra la planta de higo.....	95
Figura 36. Productores y trabajadores que fertilizan los cultivos.....	96
Figura 37. Uso de EPP para fertilizar o abonar.....	97
Figura 38. Lugar de donde se toma el agua para riego y aspersiones.....	97
Figura 39. Frecuencia de riego en las parcelas.....	98

Figura 40. Productores que realizan análisis al agua para riego y aspersiones. ....	98
Figura 41. Plaguicidas utilizados en los cultivos de higo en la localidad de Telixtac.....	99
Figura 42. Tipos de poda que se realizan en el cultivo de higo.....	101
Figura 43. Meses de cosecha del cultivo de higo. ....	102
Figura 44. Productores que cuentan con estaciones sanitarias en las parcelas.....	103
Figura 45. Productores que cuentan con área de alimentos en el trabajo. ....	103
Figura 46. Productores que cuentan con área para objetos personales en el trabajo. ....	104
Figura 47. Productores que cuentan con almacén para fertilizantes y plaguicidas. ....	104
Figura 48. Productores que cuentan con área para el EPP.....	105
Figura 49. Productores que cuentan con procedimientos. ....	105
Figura 50. Productores que cuentan con un programa documentado.....	106
Figura 51. Productores que cuentan con bitácoras y registros.....	106
<b>Figura 52.</b> Curva de disipación de Cipermetrina.....	115
<b>Figura 53.</b> Curva de disipación de Piraclostrobin.....	116

**Las figuras sin referencia han sido elaboración propia.**

## Resumen

De acuerdo con el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), el estado de Morelos es el principal productor de higo (*Ficus carica* L.) a nivel nacional. Aunque el higo no es un producto de la canasta básica, se ha considerado con valor potencial debido a la demanda de países que no producen higo, como Estados Unidos, Japón y Canadá (SADER, 2019b).

Los municipios del estado de Morelos con mayor producción de higo de variedad Black Mission son: Ayala, Tepalcingo y Axochiapan, sin embargo, de este último municipio, en la localidad Telixtac los productores han tenido inconvenientes al momento de comercializar sus productos en empacadoras, debido a la presencia de residuos de plaguicidas en sus cosechas, esto a causa de que utilizan plaguicidas para otros cultivos, ya que no se cuenta con productos específicamente para el fruto de higo que sean destinados y autorizados por las instancias competentes, por consiguiente, se desconoce las dosis de aplicación y los intervalos de seguridad para las cosechas.

A pesar del uso de los plaguicidas para contrarrestar las plagas que se presentan en los cultivos agrícolas, la aplicación excesiva de productos químicos sin control ni medidas de prevención representan riesgos a la salud de los productores y de los consumidores (Chirinos *et al.*, 2019), y por otra parte, generan un impacto ambiental.

En este trabajo se presentan los resultados de la investigación donde se evaluó la disipación de los plaguicidas que son utilizados con mayor frecuencia por los productores de higo (*Ficus carica* L.) de la localidad de Telixtac (municipio de Axochiapan) del estado de Morelos. Para ello, se realizó una encuesta a agricultores sobre las actividades realizadas en el cultivo de higo, desde la preparación de suelo, uso de equipo de protección personal y uso de los plaguicidas. La encuesta se validó con el modelo Alfa de Cronbach, que se basa en el promedio de las correlaciones entre variables. Cabe mencionar que la estructura de la encuesta se

basó en los lineamientos para obtener el certificado en Sistemas de Reducción de Riesgos Contaminantes (SRRC) que otorga el Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad (SENASICA). Se detectó la presencia de nueve plaguicidas en las cosechas de higo, dos de los cuales fueron identificados en la encuesta; estos dos plaguicidas se analizaron mediante cinéticas de disipación, donde se determinaron los tiempos de vida media y el tiempo de seguridad en los cuales se podrían tener cosechas sin presencia de residuos.

Adicionalmente, se determinó el contenido de los residuos de los nueve plaguicidas de diferentes cultivos de higo. Con los datos obtenidos, se calculó la Ingesta Diaria Estimada (IDE), misma que se comparó con la Ingesta Diaria Admitida (IDA), establecida por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), con el fin de determinar si existe el riesgo en la salud al consumir estos frutos con residuos de plaguicidas.

Los valores de la IDE comparados con la IDA estuvieron por debajo de los valores establecidos por la FAO, sin embargo, no se descarta el riesgo que representa el consumo de alimentos con residuos de plaguicidas.

Por otra parte, otro de los objetivos de este proyecto fue implementar un instrumento de capacitación que será proporcionado a los técnicos, para que sea compartido y aplicado por los productores agrícolas. El instrumento generado fue una guía de referencia, donde se explica de manera sencilla los pasos que deben seguir para el uso y manejo sustentable de plaguicidas agrícolas. Esta guía sumará esfuerzos y permitirá obtener mayores beneficios encaminados hacia el cumplimiento de algunas metas establecidas en los 17 objetivos de desarrollo sostenible de la agenda 2030. Esto con la finalidad de disminuir los posibles riesgos en la salud del productor, consumidor y del medio ambiente.

## Abstract

According to the Agro-Food and Fisheries Information Service (SIAP), the state of Morelos is the main producer of figs (*Ficus carica* L.) nationwide. Although the fig is not a basic basket product, it has been considered with potential value due to the demand from countries that do not produce figs, such as the United States, Japan and Canada (SADER, 2019b).

The municipalities of the state of Morelos with the highest production of the Black Mission variety fig are: Ayala, Tepalcingo and Axochiapan, however, in the latter municipality, in the town of Telixtac, the producers have had problems when marketing their products in packing houses, due to to the presence of pesticide residues in their crops, this is because they use pesticides for other crops, since there are no products specifically for the fig fruit that are dedicated and authorized by the competent authorities, therefore, it is unknown application doses and safety intervals for crops.

Despite the use of pesticides to counteract the pests that occur in agricultural crops, the excessive application of chemical products without control or prevention measures represent risks to the health of producers and consumers (Chirinos *et al.*, 2019 ), and on the other hand, it generates an environmental impact.

This paper presents the results of the investigation where the dissipation of the pesticides that are most frequently used by fig (*Ficus carica* L.) producers in the town of Telixtac (municipality of Axochiapan) in the state of Morelos are evaluated. For this, a survey was carried out with farmers on the activities carried out in the fig cultivation, from soil preparation, use of personal protective equipment and use of pesticides. The survey was validated with the Cronbach's Alpha model, which is based on the average of the correlations between variables. It is worth mentioning that the structure of the survey was based on the guidelines to obtain the certificate in Polluting Risk Reduction Systems (SRRC) granted by the National Health, Safety and Quality Service (SENASICA). The presence of nine pesticides was detected in the fig crops, two of which were identified in the survey; These two pesticides were

analyzed through dissipation kinetics, where the half-life times and the safety time in which crops could be harvested without the presence of residues were determined.

Additionally, the residue content of the nine pesticides of different fig crops was determined. With the data obtained, the Estimated Daily Intake (IDE) was calculated, which was compared with the Admitted Daily Intake (IDA), established by the Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), in order to determine if there is a health risk when consuming these fruits with pesticide residues.

The values of the IDE compared to the ADI were below the values established by the FAO, however, the risk represented by the consumption of foods with pesticide residues is not ruled out.

On the other hand, another of the objectives of this project was to implement a training instrument that will be provided to technicians, so that it can be shared and applied by agricultural producers. The instrument generated was a reference guide, where the steps that must be followed for the use and sustainable management of agricultural pesticides are explained in a simple way. This guide will add efforts and will allow obtaining greater benefits towards the fulfillment of some goals established in the 17 sustainable development objectives of the 2030 agenda. This in order to reduce possible risks to the health of the producer, consumer and the environment.

## I. INTRODUCCIÓN

El higo (*Ficus carica* L.) pertenece a la familia *Moraceae*, fue de los primeros árboles frutales cultivados en el mundo (Baldoni *et al.*, 2016), específicamente en el Medio Oriente, donde se piensa que los fenicios lo introdujeron en el Mediterráneo y los griegos en Palestina y Asia Menor. Los principales países productores se encuentran en la cuenca del Mediterráneo, donde destaca Turquía (FRC, 2017). El género ficus comprende alrededor de 700 especies, la mayoría nativas de las zonas tropicales y subtropicales (López *et al.*, 2012).

De acuerdo con la literatura, el cultivo de higo fue introducido a México en la época de la Colonia por los Franciscanos españoles en 1683, quienes cultivaron plantas en los atrios de las iglesias en los estados de Hidalgo, Guanajuato, Morelos, San Luis Potosí y Zacatecas. Actualmente la planta de higo se puede encontrar en la mayoría de los estados de la República Mexicana; sin embargo, en 2018 solo se reportó su cultivo comercial para 15 estados (INTAGRI, 2020).

El fruto del higo botánicamente tiene forma de un sicono, se representa como un receptáculo carnoso que en su interior tiene muchas y muy pequeñas flores y frutos, está constituido por 80 % de agua, es rico en azúcares, además contiene cradina, sustancia digestiva en la que se encuentran ciertas cantidades de ácidos cítrico, málico y acético; también posee cantidades importantes de potasio, magnesio y calcio; además de vitaminas A, B1, B2, B3 y C (SADER, 2016). Desde la antigüedad los higos han sido apreciados por sus valores medicinales y nutritivos (Gallego *et al.*, 1996).

De acuerdo con la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER) en el 2016, en México se cultivaron cerca de mil 200 hectáreas de higo, con una producción estimada de cinco mil 380 toneladas, con un valor de producción de alrededor de 50 millones de pesos anuales. Donde los principales productores fueron los estados de Morelos, Baja California Sur, Puebla, Veracruz e Hidalgo (SADER, 2016).

Según datos de la SADER, el 2019 el estado de Morelos fue el principal productor a nivel nacional con 3,713 toneladas en el año, mismas que representan un valor de la producción de más de 31 millones de pesos anuales (SADER, 2019b).

De los 36 municipios del estado de Morelos, solo 14 son productores de higo, de los cuales Ayala, Axochiapan y Tepalcingo, son los de mayor superficie sembrada (SIAP, 2019).

Parte de los problemas sanitarios que se han presentado en el cultivo del higo en el estado de Baja California Sur, México, son ocasionados por nematodos, gusano barrenador y roya (Cabada-Tavares *et al.*, 2016). Por otro lado, en el estado de Morelos se reporta la presencia de moscas de higo *Zaprionus indianus* y *Drosophila suzukki*; plagas consideradas de importancia económica, ya que a nivel mundial causan pérdidas que van de 26 a 100% de los cultivos, ocasionando graves problemas fitosanitarios (López-Martínez *et al.*, 2019). También, se ha identificado un hongo patógeno de género *Alternaria* sp., que causa una enfermedad foliar, la cual se presenta como manchas necróticas en las hojas del higo (Olmos-Hernández, 2019).

A pesar del beneficio que representa el uso de los plaguicidas para contrarrestar las plagas que se encuentran en los cultivos agrícolas, su aplicación excesiva, sin control y sin medidas de prevención, representa un alto riesgo a la salud de los productores y de los consumidores (Chirinos *et al.*, 2019), asimismo generan contaminación ambiental.

El manejo fitosanitario mediante el uso adecuado de plaguicidas sintéticos es necesario para aumentar la producción agrícola segura, sin comprometer las cosechas de los cultivos y así brindar los mejores productos del campo (Zhang *et al.*, 2007). En 2015 la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, por sus siglas en inglés), reportó que en el año 2013 se obtuvo una producción agrícola a nivel mundial de 23.34 billones de toneladas; para lo cual se aplicaron 1.29 millones de toneladas de plaguicidas (insecticidas, herbicidas, fungicidas y bactericidas) (García Hernández *et al.*, 2018).

En México, aproximadamente 32 millones de hectáreas están destinadas a la agricultura. De acuerdo con la FAO, durante el periodo 2013-2017, se estimó que en México se utilizaron en promedio 2 kg de plaguicidas por hectárea de cultivo (Díaz-Vallejo *et al.*, 2021). La gran diversidad de plaguicidas que existe en la actualidad, ha servido para mejorar significativamente la producción agrícola y por consecuencia el nivel de vida de la población, sin embargo, también han ejercido una presión importante sobre el medio ambiente y la salud humana, debido al uso inadecuado de las mismos (Kishi y LaDou, 2001).

El principal uso de los plaguicidas en la producción agrícola ha sido para el control de plagas y enfermedades, así como para disminuir los riesgos y pérdidas de los sistemas agrícolas (Pérez *et al.*, 2013). Si bien el uso de plaguicidas tiene un efecto en el control de plagas, también se incrementa la posibilidad de su presencia en los frutos al momento de ser cosechados, lo que sugiere la necesidad de reducir su cantidad a lo mínimo posible, maximizando los plazos de seguridad y disminuyendo el uso de estas sustancias antes de realizar la cosecha (Skidmore y Ambrus, 2003).

En esta investigación, se evaluó la disipación de los plaguicidas que son utilizados con mayor frecuencia por los productores de higo de la localidad de Telixtac (municipio de Axochiapan) del estado de Morelos. También, se llevó a cabo el análisis de contenido de plaguicidas en diversos cultivos de higo, calculando la ingesta diaria estimada y comparando valores con la ingesta diaria admitida establecidos por la FAO. La información obtenida en el presente trabajo se tomó como base para elaborar una guía de referencia de uso y manejo de plaguicidas agrícolas, que servirá de apoyo para brindar capacitación a los productores agrícolas, que permita lograr mayores beneficios encaminados hacia el cumplimiento de algunas metas establecidas en los 17 objetivos de desarrollo sostenible de la agenda 2030, como un compromiso común en búsqueda de enfrentar retos en la investigación para un desarrollo sostenible.

## II. MARCO TEÓRICO

### CAPÍTULO 1.

#### 1.1. Producción de higo en México

El higo (*Ficus carica* L.) pertenece a la familia *Moraceae* y fue de los primeros árboles frutales cultivados en el mundo (Figura 1). Su descubrimiento como alimento nutritivo rico en nutrientes ha incrementado el interés de los consumidores por este producto (Baldoni *et al.*, 2016). El fruto del higo botánicamente tiene forma de un sicono, el cual se caracteriza por tener un receptáculo carnoso que en su interior contiene numerosas y muy pequeñas flores y frutos. Está constituido por un 80 % de agua, es rico en azúcares, además contiene cradina, sustancia digestiva en la que se encuentran ciertas cantidades de ácido cítrico, málico y acético; también posee cantidades importantes de potasio, magnesio y calcio; además de vitaminas A, B1, B2, B3 y C (SADER, 2016). Desde la antigüedad los higos han sido apreciados por sus valores medicinales y nutritivos (Gallego *et al.*, 1996). Se puede consumir como fruto seco, en almíbar, en conserva, en mermeladas, en pasta para la elaboración de galletas, bombones de higos revestidos de chocolate, rellenos con dulce de leche, licor de higo, entre otras presentaciones (INTAGRI, 2020).



**Figura 1.** Fruto de higo (*Ficus carica* L.).

Fuente: INTAGRI, 2020.

Aun cuando los principales productores de higo a nivel internacional se encuentran en el Mediterráneo, específicamente en Turquía. En México, los estados que se destacan en la producción de higo son: Baja California Sur, Morelos, Puebla y Veracruz. Esta situación le da la oportunidad a México de entrar al mercado de exportación internacional.

Estados Unidos, es uno de los principales importadores de higo mexicano, de esta forma se impulsa el incremento de la superficie plantada de estos cultivos y asimismo se genera una gran derrama económica en el país trayendo consigo una mejor calidad de vida en los productores mexicanos (FRC, 2017).

En México, el higo es un cultivo frutal minoritario y no tan relevante, si lo comparamos con otros más significativos como el maíz y el frijol, sin embargo, es un producto que tiene mucho potencial. A nivel nacional es un fruto que cuenta con una superficie de siembra de 1,838.60 ha, de acuerdo con el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP, 2019) (Cuadro 1).

**Cuadro 1.** Producción Agrícola Nacional: Producción de Higo.

No.	Entidad	Superficie (ha)		Producción (t)	Valor Producción (miles de Pesos)
		Sembrada	Cosechada		
1	Aguascalientes	2	0	0	0
2	Baja California Sur	602	302	992	34,778.00
3	Chihuahua	3	0	0	0
4	Ciudad de México	10.85	10.85	54.91	430.2
5	Durango	27.4	22.4	156.8	2,276.88
6	Guanajuato	4	4	22.4	157.27
7	Hidalgo	40	36	240	2,077.60
8	Jalisco	24	24	160.36	2,403.41
9	Michoacán	123.2	113.5	1,274.85	28,266.97
10	Morelos	497.3	497.3	3,351.48	119,509.73
11	Puebla	164.85	142.25	1,199.19	8,383.86
12	San Luis Potosí	3	3	15	106.57
13	Sonora	105	0	0	0
14	Veracruz	230	165	1,980.00	15,910.35
15	Zacatecas	2	2	19.46	544.88
<b>Total</b>		<b>1,838.60</b>	<b>1,322.30</b>	<b>9,466.45</b>	<b>214,845.72</b>

Fuente: Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) 2019.

Del Cuadro 1 se observa que los estados de Baja California Sur y Morelos poseen una mayor superficie sembrada, con 602 ha (33%) y 497.3 ha (27%), respectivamente. A pesar de que Baja California Sur cuenta con mayor superficie sembrada, de acuerdo con los datos reportados en 2019, su cosecha es del 50% a diferencia de Morelos que es del 100%.

Considerando estos datos, la producción de higo es proporcional a los beneficios obtenidos económicamente, ya que, al contar con mayor superficie sembrada y cosechada, mayor es su valor de producción. En el Cuadro 2, se observa que Morelos encabeza el valor de producción a nivel nacional con 119,509.73 miles de pesos anualmente.

**Cuadro 2.** Producción Agrícola del Estado de Morelos: Producción Higo (SIAP, 2019).

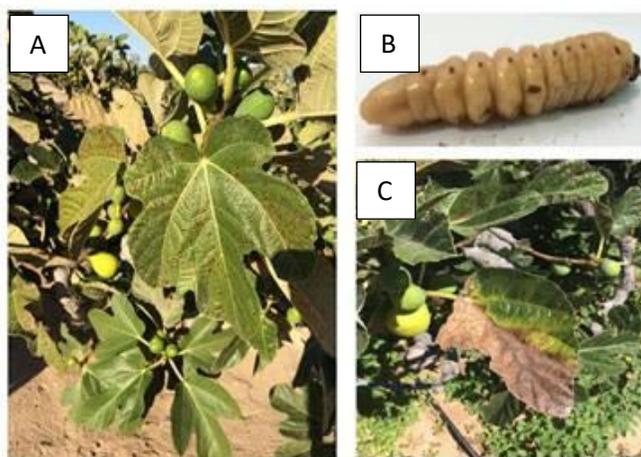
No.	Municipio	Superficie (ha)		Producción (t)	Valor Producción (miles de Pesos)
		Sembrada	Cosechada		
1	Axochiapan	120	120	804	28,544.00
2	Ayala	150	150	1,050.00	38,460.00
3	Cuautla	22	22	145.42	5,288.70
4	Jantetelco	16	16	104	3,841.80
5	Jojutla	18	18	140.4	5,194.80
6	Jonacatepec	8	8	56	2,038.80
7	Tepalcingo	115	115	782	29,043.79
8	Tetecala	1	1	5.5	19.25
9	Tlalnepantla	8	8	53.2	433.71
10	Tlaltizapán de Zapata	3	3	7.7	281.05
11	Xochitepec	2	2	10	37
12	Yautepec	3	3	19.5	715.65
13	Yecapixtla	29	29	159.5	5,133.00
14	Temoac	2.3	2.3	14.26	478.18
<b>Total</b>		<b>497.3</b>	<b>497.3</b>	<b>3,351.48</b>	<b>119,509.73</b>

Fuente: Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) 2019.

De los 36 municipios del estado de Morelos, solo 14 son los productores de higo (Cuadro 2), de los cuales Ayala, Axochiapan y Tepalcingo son los de mayor superficie sembrada con 150 ha, 120 ha y 115 ha, respectivamente (SIAP, 2019).

## 1.2. Plagas y enfermedades del cultivo de higo

Algunos problemas sanitarios que presenta el cultivo del higo en el estado de Baja California Sur, México, son ocasionados principalmente por nematodos, gusano barrenador y roya. Los nematodos son invisibles a simple vista, atacan las raíces de los árboles ocasionando pérdida de frutos y vigor en su estructura física, lo que significa poco fruto y posiblemente la muerte del árbol; la roya es una especie de hongo que produce una enfermedad que provoca el secado de las hojas y la pérdida de las mismas, ocasionando menor número y tamaño de frutos, así como el secado, deshidratado y quemado de los mismos; el gusano barrenador es un escarabajo que penetra los árboles a través de las heridas o perforaciones en el tronco, especialmente en su base. De acuerdo con Cabada-Tavares *et al.* (2016), el gusano barrenador, en su etapa de larva se alimenta del interior de las higueras (en especial de las raíces), debilitando el árbol hasta causar su muerte (Figura 2).



**Figura 2.** A) Higuera sana, B) Larva de gusano barrenador, C) Síntomas de hojas secas, provocada por la enfermedad de la roya.

Fuente: Cabada-Tavares *et al.*, 2016.

En un trabajo realizado en España por Casadomet *et al.* (2016), menciona que los ácaros encontrados en los cultivos de higo no parecen ser plagas de importancia económica, no obstante, *Aceria ficus*, sí puede considerarse peligroso al ser trasmisor del virus del mosaico de la higuera. Otros insectos coleópteros mencionados en esta investigación son *Carpophilus hemipterus*, especie carpófaga, conocidos como gorgojos que parasitan en los frutos del higo, provocando daños considerables al alimentarse de frutos en su etapa de maduración. Aparte del *Carpophilus hemipterus* otras especies también parasitan dentro de los frutos de higo son *Oryzaephilus mercator*, *Oryzaephilus surinamensis*, *Sitophilus granarius*, *Tenebrio obscurus*, *Tenebroides mauritanicus*, *Tribolium castaneum*, *Tribolium confusum*, *Tenebrio molitor*. Por otra parte, *Hypoborus ficus* y *Trichoferus fasciculatus* son coleópteros cuyas larvas se alimentan de la madera de higueras hasta debilitarlas.

Otra investigación llevada a cabo en Costa Rica para diagnosticar las principales plagas y enfermedades en el cultivo de higo en diferentes zonas de producción, se encontraron plagas, enfermedades, nematodos y plantas parásitas que afectan al cultivo, muchas de las cuales, según Cerda *et al.* (2019), no han sido previamente reportadas por el servicio fitosanitario del estado costarricense, además de que se identificaron bacterias endófitas en el cultivo del higo, así como la presencia del virus del mosaico de la higuera en tres variedades foráneas.

Asimismo, en otro estudio realizado en Costa Rica por Schmidt-Durán *et al.* (2015), identificaron uno de los principales insectos que daña al cultivo del higo, *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith), insecto polífago, voraz, de grandes poblaciones y tiene una alta tasa de dispersión, por lo que esta especie es considerada una plaga extremadamente peligrosa, siendo una de las más destructivas de América.

En México, un estudio realizado en el estado de Morelos en los cultivos de higo por (López-Martínez *et al.*, 2019), reportó la presencia de moscas de higo *Zaprionus indianus* y *Drosophila suzukii*; plagas consideradas de importancia económica, ya que a nivel mundial causan pérdidas que van de 26 a 100% de los cultivos, ocasionando graves problemas fitosanitarios.

Por otro lado, en cultivos de higo ubicados en Axochiapan, Morelos Olmos-Hernández (2019), identificó un hongo patógeno del género *Alternaria sp.*, el cual causa una enfermedad foliar, que se presenta como manchas necróticas en las hojas del higo.

### **1.3. La agricultura y los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la Agenda 2030**

La Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible fue aprobada en el año 2015 por 193 Estados miembros de las Naciones Unidas, como hoja de ruta hacia un nuevo paradigma de desarrollo en el que las personas, el planeta, la prosperidad, la paz y las alianzas toman un rol central, integrando los tres pilares del desarrollo sostenible: económico, social y medioambiental (CEPAL, 2015). La Agenda 2030 es una oportunidad para que los países, instituciones, empresas y ciudadanos, emprendan un nuevo camino donde la calidad de vida mejore para todos, sin dejar a nadie atrás. Entre los desafíos de los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) se encuentran: la eliminación de la pobreza y el hambre, el combate al cambio climático, la garantía de una educación inclusiva, equitativa y de calidad, la defensa de la igualdad de la mujer, la protección del medio ambiente o el diseño de ciudades más inclusivas, seguras, resilientes y sostenibles (Naciones Unidas, 2018).

En este marco, es relevante hacer hincapié en el segundo objetivo, “eliminación del hambre” donde se considera poner fin al hambre mediante la seguridad alimentaria, mejorar la nutrición, y promover la agricultura sostenible. También, hace referencia a la práctica de una buena agricultura, que pueda suministrar comida nutritiva para todos y generar ingresos decentes, mientras se apoya el desarrollo de la gente que trabaja el campo y la protección del medio ambiente (Naciones Unidas, 2018). Este objetivo, cuenta con 5 metas; de las cuales la número 4, se describe a continuación: *“Asegurar la sostenibilidad de los sistemas de producción de alimentos y aplicar prácticas agrícolas resilientes que aumenten la productividad y la producción, contribuyan al mantenimiento de los ecosistemas, fortalezcan la capacidad de*

*adaptación al cambio climático, los fenómenos meteorológicos extremos, las sequías, las inundaciones y otros desastres, y mejoren progresivamente la calidad del suelo y la tierra” (ONU, 2015).*

Además, de que los ODS plantean lograr la seguridad alimentaria como se describió anteriormente, se suma la necesidad de contribuir en la nutrición y promoción de la agricultura sustentable, donde se asegure la producción de alimentos inocuos y de buena calidad (González-Martell *et al.*, 2019). Donde se rescata el concepto de agricultura sustentable como la actividad agrícola basada en un sistema de producción productiva y rentable que genera desarrollo en las comunidades que la practican. De igual forma, que la agricultura sustentable es una opción a la producción de alimentos en el presente y hacia el futuro; ya que protege uno de los recursos más importante en este proceso: el suelo, al mismo tiempo que fortalece la salud del mismo (SADER, 2019c).

De acuerdo con Gortari (2020) la agricultura sustentable parte del reconocimiento de la heterogeneidad de los ecosistemas naturales y de los sistemas agrícolas, propiciando que las soluciones e intervenciones tecnológicas se diseñen de manera que las comunidades consideren sus condiciones históricas y sociales. Donde se preserve la cultura local, fomentando la participación de la comunidad, generando la conservación y regeneración de los recursos naturales entre otras, como prácticas locales. Así, la agricultura tendrá una propia conservación, recuperación, protección y cuidado del suelo a diferentes escalas iniciando desde pequeños productores agrícolas como una pieza clave.

Una agricultura sustentable, engloba desde las actividades más simples de los agricultores hasta poder obtener su producto final y llevarlo hasta un comercio, local, nacional o internacional. Engloba todas las prácticas que se suman para poder llevar a cabo cada labor agrícola, desde la preparación de suelos, mantenimiento, conservación y obtención del producto.

## **CAPITULO 2**

### **2.1. Uso de plaguicidas en cultivos agrícolas**

Desde tiempo atrás, se han aplicado diversos plaguicidas en cultivos agrícolas con el objetivo de evitar y disminuir los daños que estos puedan provocar, asegurando la cosecha de los alimentos y por otra parte aumentar la producción agrícola, ya que las pérdidas causadas por la presencia de las plagas en ocasiones llegan a ser elevadas. Durante años se ha calculado que alrededor de un tercio de la producción alimenticia del mundo, se perdería si los agricultores no utilizaran plaguicidas para contrarrestar el efecto de las plagas y enfermedades en los cultivos (Martín y Camazano, 1985).

La introducción de plaguicidas sintéticos, tales como los organoclorados, organofosforados, carbamatos y piretroides, en la década de 1950, marcó el inicio de la era de los plaguicidas modernos y una nueva etapa en el desarrollo de los cultivos agrícolas. Desde entonces los plaguicidas han demostrado una gran eficacia para prevenir, destruir o controlar cualquier plaga. Por ello, su aplicación en las prácticas agrícolas permitió mejorar el rendimiento de los cultivos y obtener productos de mayor calidad, para satisfacer la demanda de alimentos de la población mundial en continuo crecimiento. Sin embargo, con el aumento del uso de plaguicidas, se generaron una serie de preocupaciones de algunos sectores sociales, dados los efectos adversos que estos ocasionan a la salud y al ambiente (Osman y Abdulrahman, 2003).

Los plaguicidas son sustancias químicas destinadas a prevenir, atraer (mediante trampas), repeler o combatir cualquier plaga, que se presente durante la producción, almacenamiento y distribución de los productos agrícolas. Existen diferentes tipos de plaguicidas, como son: insecticidas, fungicidas, herbicidas, acaricidas, molusquicidas, nematocidas, rodenticidas (SADER y SENASICA, 2010). Estos pueden clasificarse de acuerdo con el organismo que controlan, el modo en el cual

actúan, los usos a los que están destinados y su composición química. Para el caso de su composición los plaguicidas se dividen en orgánicos, inorgánicos y biológicos. En su mayoría los plaguicidas presentan una estructura molecular de tipo orgánico, a su vez estos pueden dividirse en organoclorados, organofosforados, carbamatos y piretroides (Ortiz *et al.*, 2014) (Cuadro 3).

**Cuadro 3.** Clasificación de los plaguicidas.

Organismo que controlan	Uso al que se destinan	Modo de acción	Composición química
Insecticida	Agrícolas	Por contacto	Orgánicos
Acaricida	Forestales	Por ingestión	Inorgánicos
fungicida	Urbanos	Sistémico	Biológicos
Bactericida	Jardinería	Fumigante	
Antibiótico	Pecuarios	Repelente	
Herbicida	Domésticos	Defoliante	
Rodenticida	Industriales		
Molusquicida	Salud pública		

Fuente: Ortiz *et al.*, 2014.

A pesar del uso de los plaguicidas para contrarrestar las plagas que se presentan en los cultivos agrícolas, las aplicaciones de los productos químicos excesivas y sin control, han generado resistencia en los insectos plaga; generando mayores costos, elevando las pérdidas de cultivos por plagas fuera de control. Además, las aplicaciones continuas de los plaguicidas sin medidas de prevención representan riesgos a la salud de los productores y de los consumidores, así como la posible contaminación ambiental (Chirinos *et al.*, 2019).

Un factor considerado con mayor relevancia en la agricultura son los suelos agrícolas, ya que son susceptibles a ser modificados por las prácticas intensivas, desde la labranza mecánica hasta el uso constante de insumos, como los plaguicidas (Gamboa *et al.*, 2018), provocando un deterioro en los suelos agrícolas, presentando como consecuencia la disminución de propiedades físicas, químicas, y biológicas, generando la pérdida de fertilidad, lixiviación de nutrientes, disminución de la productividad, incremento de emisiones de gases de efecto invernadero y disminución del secuestro de carbono y actividad microbiana (Friedrich, 2014).

Si bien es cierto que los plaguicidas son productos que contribuyen a la obtención y producción de alimentos, también es cierto que la aplicación incorrecta de estas sustancias representa un riesgo potencial para el medio ambiente, afectando la fertilidad del suelo, como se mencionó anteriormente, asimismo, afecta a los organismos benéficos, la fauna silvestre, los reservorios de agua dulce y la salud humana (López Dávila *et al.*, 2019).

Algunos autores consideran que el uso a nivel global de plaguicidas en los cultivos agrícolas será 2.7 veces mayor en el 2050 que en el 2000, exponiendo a los seres humanos y al medio ambiente a niveles de riesgo considerablemente más altos (Kumari y Reddy, 2013).

## **2.2. Plaguicidas aplicados en México y su clasificación**

En México la agricultura es una de las actividades con mayor relevancia, debido a su aporte en la alimentación nacional y su contribución en la economía (Vargas-González *et al.*, 2019). Para poder mantener mayor eficiencia en la producción agrícola, se requiere del uso de grandes cantidades de plaguicidas que se aplican para reducir pérdidas ocasionadas por microorganismos, hongos, insectos, malezas y otros depredadores de los cultivos (Silveira-Gramont *et al.*, 2018). Desde tiempo atrás, los plaguicidas permitían aumentar la producción de alimentos, sin embargo, ahora su uso indiscriminado representa una amenaza para la seguridad alimentaria (Varah *et al.*, 2020).

La aplicación de los plaguicidas en la agricultura puede ser por aspersion de polvos o mezclas acuosas al follaje de las plantas y/o malezas que crecen junto a los cultivos. Otra forma de aplicar los plaguicidas, son por medio de fumigaciones aéreas que pueden ser arrastrados por el viento a varios kilómetros de distancia del área donde se aplican (Silveira-Gramont *et al.*, 2018).

Aunque los plaguicidas son eficaces, han resultado ser la causa de contaminación en ecosistemas por sus efectos tóxicos, incrementando el riesgo potencial en la salud humana (Moo-Muñoz *et al.*, 2020).

De acuerdo con los datos disponibles, las regiones con mayor uso de plaguicidas son: Sinaloa, Chiapas, Veracruz, Jalisco, Nayarit, Colima, Sonora, Baja California, Tamaulipas, Michoacán, Tabasco, Estado de México, Puebla y Oaxaca. Donde se calcula que en ellas se aplica el 80 % de total de plaguicidas usados en el país, lo que comprueba que el uso de plaguicidas tiene una fuerte concentración en algunas regiones y algunos cultivos. Aunque esto varía según el cultivo, en términos generales los plaguicidas de mayor uso son los herbicidas, seguidos de insecticidas y fungicidas (Albert, 2005).

En el año 2005, el consumo de plaguicidas en México fue de 95, 025 toneladas, en las zonas noroeste (Sinaloa, Sonora, Chihuahua y Baja California) y en el centro de México (Guanajuato y Jalisco) se aplicaron grandes cantidades de plaguicidas para producir cultivos de granos y una gran variedad de hortalizas de exportación, entre ellas, tomate, cucurbitáceas y chile. Por otra parte, en las zonas cañeras se aplicaron grandes cantidades de herbicidas e insecticidas y en zonas de plátano fueron principalmente fungicidas. En la zona de Villa Guerrero, en el Estado de México, se utilizaron cantidades importantes de diversos plaguicidas para la producción de flores, mientras que para el maíz se aplican sobre todo herbicidas (González *et al.*, 2017).

Para atender las demandas de los plaguicidas, y no tan solo para las actividades agrícolas, sino también para los usos pecuario, forestal, industrial, urbano, en salud pública y doméstico, a nivel mundial se estima que se han desarrollado más de 6,400 ingredientes activos correspondientes a plaguicidas que al combinarse con compuestos “inertes” resultan en más de 100 mil productos comerciales. La FAO reportó que, para el 2015, se usaron más de 2.7 millones de toneladas de plaguicidas en tan solo 32 países de las diferentes regiones del planeta; sin embargo, en México no se cuenta con cifras oficiales sobre las cantidades que se

están usando actualmente (INECC *et al.*, 2019). Por lo tanto, al no tener información detallada sobre el grupo o los ingredientes activos más utilizados, se desconoce el uso específico de estos plaguicidas tanto por Estado de la República como por cultivo (García *et al.*, 2018). No obstante, la Dirección General de Epidemiología (DGE) y la secretaría de salud (SSA) reportaron alrededor de 3, 062 casos de intoxicaciones por plaguicidas en 2019 (SINAVE *et al.*, 2019; SSA, 2020).

Actualmente existe poca información publicada sobre los patrones de uso de plaguicidas en las prácticas agrícolas a nivel nacional. Sin embargo, hay estudios puntuales que reportan su uso en algunos estados como Campeche, Chiapas, Estado de México, Morelos, Nayarit, Puebla, Sinaloa, Sonora, Tabasco, Tamaulipas, Veracruz y Yucatán. Los reportes son en su mayoría cualitativos sobre el uso de plaguicidas obtenidos mediante entrevistas y pocos son reportes cuantitativos, donde presentan estimaciones basadas en ventas, en conteo de envases vacíos y/o en entrevistas, ya que no existen estadísticas nacionales oficiales del uso de plaguicidas en nuestro país (García *et al.*, 2018).

Por mencionar algunos ejemplos, un estudio realizado para conocer los agroquímicos utilizados en el Distrito de Desarrollo Rural (DDR) conocido como el Valle de Yaqui, lugar más importante en la agricultura en Sonora, México, reveló que el 40%, 35% y 25% de los agroquímicos fueron fungicidas, insecticidas y herbicidas, respectivamente. De los cuales, los más usados fueron organofosforados y carbamatos. Para corroborar los datos obtenidos, solicitaron información de las ventas de agroquímicos reportadas por las distribuidoras localizadas en el Valle del Yaqui. Posteriormente, se realizó un muestreo de envases vacíos de agroquímicos. Derivado del muestreo se identificaron cuatro clases de insecticidas: organofosforados, piretroides, organoclorados y carbamatos, donde se destacó mayor presencia de los organofosforados (González *et al.*, 2017).

En otro trabajo de investigación realizado en el estado de Morelos, se identificó la presencia de plaguicidas en envases vacíos en los cultivos de nopal verdura *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill. (Cactaceae). Donde se encontraron envases de

insecticidas, insecticidas/acaricidas, herbicidas y fungicidas (238,199, 142 y 81, respectivamente); la mayor presencia la tuvieron los insecticidas organofosforados, organoclorados, carbamatos y piretroides (Bustos *et al.*, 2018).

Los plaguicidas se clasifican considerando diversos factores, tales como: origen, plaga que atacan, presentación comercial, persistencia en el ambiente y toxicidad (FERTILAB, 2019). A los plaguicidas, como a muchas sustancias o grupos de sustancias, se les puede clasificar en naturales y sintéticos (Cuadro 4) (SADER, 2019a).

**Cuadro 4.** Ejemplo de la clasificación de algunos plaguicidas de acuerdo con su origen.

Plaguicidas naturales	Plaguicidas sintéticos
Nicotina	DDT
Piretrinas	2,4-D
Rotenona	Malatión

Fuente: Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER), 2019a.

Otra forma de clasificar a los plaguicidas se determina con base en la plaga que atacan. Así, a las sustancias que impiden o retrasan el desarrollo de los hongos se les llama fungicidas, a las que controlan o eliminan a los insectos, insecticidas; a las que controlan a los ácaros, acaricidas, etc. (Cuadro 5) (SADER, 2019a).

**Cuadro 5.** Clasificación de plaguicidas según la plaga que atacan.

Plaguicida	Plaga que ataca
Insecticida	Insectos
Fungicida	Hongos
Molusquicida	Moluscos
Ovicida	Huevecillos
Herbicida	Maleza
Acaricida	Ácaros
Rodenticida	Roedores
Nematicida	Nematodos

Fuente: Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER, 2019a).

De acuerdo con la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER), la clasificación de los plaguicidas se realiza en base a su presentación comercial (Cuadro 6) y persistencia en el ambiente.

**Cuadro 6.** Clasificación de plaguicidas de acuerdo con su presentación comercial.

Presentación	Tiempos de efectos al ambiente	Vías de intoxicación
Polvos	Contaminación de manera lenta	Vía respiratoria
Líquidos	Efectos tóxicos inmediatos	Vía dérmica y digestiva
Gases	Efectos tóxicos inmediatos	Vía respiratoria
Comprimidos	Contaminación relativamente lenta	Vía digestiva

Fuente: Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER, 2019a).

Por su vida media, los plaguicidas se clasifican en permanentes, persistentes, moderadamente persistentes y no persistentes, como se muestra en el cuadro 7 (Rámirez y Lacasaña, 2001).

**Cuadro 7.** Clasificación de plaguicidas de acuerdo a su persistencia en el ambiente.

Persistencia	Vida media	Ejemplo
No persistente	De días hasta 12 semanas	Malatión, diazinón, carbarilo, diametrín
Moderadamente persistente	De 1 a 18 meses	Paratión, lannate
Persistente	De varios meses a 20 años	DDT, aldrín, dieldrín
Permanente	Indefinidamente	Productos hechos a partir de mercurio, plomo y arsénico

Fuente: Ramírez y Lacasaña, 2001.

La Organización Mundial de la Salud (OMS), en 1978 estableció una clasificación basada en su peligrosidad o grado de toxicidad aguda, definida ésta como la capacidad del plaguicida de producir un daño agudo a la salud a través de una o múltiples exposiciones, en un período de tiempo relativamente corto (Cuadro 8, OMS, 2020; Rámirez y Lacasaña, 2001;).

**Cuadro 8.** Clasificación de plaguicidas de acuerdo con su toxicidad, expresada en DL<sub>50</sub> (mg/kg).

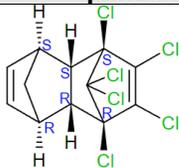
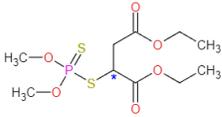
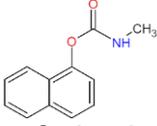
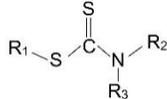
Clase	Toxicidad	Oral	Dérmica	Ejemplo
IA	Extremadamente Peligroso	<5	<50	Paratión, dieldrín
IB	Altamente peligroso	5-50	50-200	Eldrín, diclorvos
II	Moderadamente Peligroso	50-2000	200-2000	DDT, clordano
III	Ligeramente peligroso	>2000	>2000	Malatión
U	Poco probable que presente un peligro agudo	>5000	>5000	

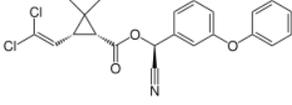
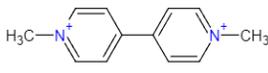
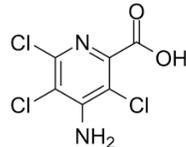
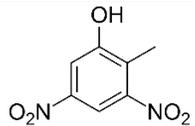
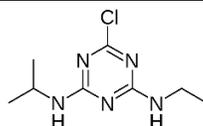
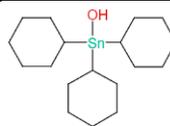
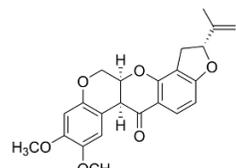
Fuente: Organización Mundial de la Salud, 2020.

Entretanto, la toxicidad se mide a través de la dosis letal media (DL<sub>50</sub>) o de la concentración letal media (CL<sub>50</sub>). Ambos parámetros varían conforme a múltiples factores como la presentación del producto (sólido, líquido, gas, polvo, etc.) y la vía de entrada (oral, dérmica, respiratoria).

De acuerdo con su estructura química, estos se clasifican principalmente en organoclorados, carbamatos, piretroides, organofosforados, entre otros (Cuadro 9)(Gil *et al.*, 2012).

**Cuadro 9.** Clasificación de plaguicidas de acuerdo con su familia química.

Familia química	Ejemplos	Ejemplo de estructura química
Organoclorados	DDT, aldrín, endosulfán, endrín	 <p>Aldrín</p>
Organofosforados	Bromophos, diclorvos, malatión	 <p>Malatión</p>
Carbamatos	Carbaryl, methomyl, propoxur	 <p>Carbaryl</p>
Tiocarbamatos	Ditiocarbamato, mancozeb, maneb	 <p>Ditiocarbamatos</p>

Piretroides	Cipermetrina, fenvalerato, permetrín	 <p>Cipermetrina</p>
Derivados bipiridilos	Cloromequat, diquat, paraquat	 <p>Paraquat</p>
Derivados del ácido fenoxiacético	Dicloroprop, piclram, silvex	 <p>Piclram</p>
Derivados cloronitrofenólicos	DNOC, dinoterb, dinocap	 <p>DNOC</p>
Derivados de triazinas	Atrazine, ametryn, desmetryn, simazine	 <p>Atrazine</p>
Compuestos orgánicos del estaño	Cyhexatin, dowco, plictrán	 <p>Cyhexatin</p>
Compuestos inorgánicos	Arsénico pentóxido, obpa, fosfito de magnesio, cloruro de mercurio, arsenato de plomo, bromuro de metilo, antimonio, mercurio, selenio, talio y fósforo blanco	<p>Cl-Hg-Hg-Cl</p> <p>Cloruro de mercurio</p>
Compuestos de origen botánico	Rotenona, nicotina, aceite de canola	 <p>Rotenona</p>

Fuente: Gil *et al.*, 2012.

### **2.3. Marco legal para el uso de plaguicidas en México**

Antes de 1987, todas las actividades relacionadas con el control y registro de plaguicidas en México era competencia exclusiva de la Secretaría de Agricultura. Solo tomando en cuenta la eficacia biológica del producto, sin considerar los riesgos para la salud y el ambiente o la opinión de otras autoridades. Solo se contaba con el nombre comercial y la fecha de registro. Durante más de 40 años (1946-1988) numerosos plaguicidas de alta peligrosidad, incluyendo todos los organoclorados, tuvieron registro válido en México, el cual tenía una renovación de cada dos años. Este manejo y poco control de plaguicidas en el país, propiciaba que hubiera numerosas áreas no reguladas, en desorden y provocando afectaciones al ambiente y la salud de la población (América, 2019).

En México, las instancias o dependencias involucradas en la reglamentación relacionada con la producción, distribución y utilización de plaguicidas, son las siguientes: la Secretaría de Salud (SSA), quien regula los aspectos sanitarios; la Comisión Federal para la Protección Contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS); la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), quien se encarga del impacto al medio ambiente; la SADER, quien se encarga de la efectividad biológica de los productos para uso agrícola y los límites máximos de residuos en el campo asociados a las buenas prácticas agrícolas; el Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA), encargado de los plaguicidas; y la Subsecretaría de Agricultura responsables de nutrientes vegetales (SADER y SENASICA, 2019a).

En resumen, para la regulación de las sustancias químicas, incluyendo los plaguicidas, participan los tres órdenes de gobierno, donde las leyes generales junto con sus reglamentos tienen aplicación a nivel nacional, mientras que las normas oficiales mexicanas son específicas de acuerdo con el objeto de qué se pretende regular. Ambos ordenamientos y sus actualizaciones son publicados en el Diario Oficial de la Federación (DOF) (INECC, 2014).

A continuación, se muestra los instrumentos legales que regulan la gestión, uso y manejo de los plaguicidas (Cuadro 10).

**Cuadro 10.** Instrumentos legales para el uso y manejo de plaguicidas.

Ley	Reglamento	Ordenamiento de reglamento
Ley General de la Salud	<input type="checkbox"/> Reglamento en Materia de Registros, Autorizaciones de Importación y Exportación y Certificados de Exportación de Plaguicidas, Nutrientes Vegetales y Sustancias y Materiales Tóxicos o Peligrosos.	<input type="checkbox"/> Registro de Plaguicidas y Nutrientes Vegetales.  <input type="checkbox"/> Autorización para la Importación de Plaguicidas, Nutrientes Vegetales, Sustancias y Materiales Tóxicos o Peligrosos.  <input type="checkbox"/> Autorización sanitaria para las empresas que manufacturan plaguicidas, sustancias tóxicas y nutrientes vegetales.  <input type="checkbox"/> Catálogo de plaguicidas.
Ley Federal de Sanidad Vegetal		<input type="checkbox"/> Establece la regulación para el control de la importación, exportación, transporte, comercialización y uso de plaguicidas.
Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente	<input type="checkbox"/> Reglamento en Materia de Evaluación de Impacto Ambiental, el cual tiene por objeto reglamentar la LGEEPA en esta materia a nivel federal, especificando las obras y actividades que requieren someterse a este procedimiento.  <input type="checkbox"/> Reglamento en Materia de Prevención y Control de la Contaminación de la Atmósfera, mismo que tiene por objeto reglamentar la LGEEPA, en particular para aquellas fuentes fijas y móviles de competencia federal.  <input type="checkbox"/> Reglamento en Materia de Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes, que tiene por objeto reglamentar la LGEEPA en esta materia, estableciendo los requisitos para la integración y actualización de dicho registro, entre otros aspectos.	<input type="checkbox"/> Licencia Ambiental Única (LAU).  <input type="checkbox"/> Cédula de Operación Anual (COA).  <input type="checkbox"/> Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes (RETC).  <input type="checkbox"/> Estudios de Riesgo Ambiental (ERA).  <input type="checkbox"/> Manifestación de Impacto Ambiental (MIA).  <input type="checkbox"/> Autorizaciones de importación y exportación (notificaciones requeridas por el Convenio de Róterdam).

	<input type="checkbox"/> Reglamento en Materia de Auditoría Ambiental, que tiene por objeto reglamentar las auditorías ambientales previstas en el artículo 38 BIS de la LGEEPA, a fin de obtener la certificación ambiental.  <input type="checkbox"/> Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos.	
Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos	<input type="checkbox"/> Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos	<input type="checkbox"/> Registro de planes de manejo.  <input type="checkbox"/> Registro como generador de residuos peligrosos.  <input type="checkbox"/> Consentimiento para el tránsito de residuos peligrosos por el territorio nacional.  <input type="checkbox"/> Autorización para la transferencia de sitios contaminados con residuos peligrosos.  <input type="checkbox"/> Autorización para la importación y exportación de residuos peligrosos.  <input type="checkbox"/> Autorización para el manejo de residuos peligrosos.  <input type="checkbox"/> Propuesta de remediación.
Ley General de Cambio Climático	<input type="checkbox"/> Reglamento de la Ley General De Cambio Climático en Materia del Registro Nacional de Emisiones	<input type="checkbox"/> Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes (RETC).
Ley de Aguas Nacionales		Medidas de control:  <input type="checkbox"/> Procuraduría Federal y Protección al Ambiente PROFEPA  <input type="checkbox"/> Comisión Nacional del Agua CONAGUA

Fuente: (González *et al.*, 2017).

En México, el enfoque del marco regulatorio que se tiene para los plaguicidas está en su mayoría basado en la evaluación y manejo del riesgo y no en tomar decisiones basadas en la peligrosidad y en aplicar el principio de prevención, a pesar de que esto sería más consistente con la obligación constitucional de proteger los derechos

humanos fundamentales a la salud y medio ambiente, que se han visto afectados por la exposición a plaguicidas (González *et al.*, 2017).

Ante este panorama, es relevante destacar que la repuesta de la recomendación de la Comisión Nacional de Derechos Humanos (CNDH) para la restricción del uso de sustancias tóxicas, se han asentado bases para crear la Ley Federal de Plaguicidas y Fertilizantes, donde representantes del Gobierno de México firmaron el Acta Constitutiva que formaliza la conformación del grupo interinstitucional para elaborar dicha Ley (SENASICA, 2019b).

## 2.4. Normativa para residuos de plaguicidas en vegetales

De acuerdo con el marco jurídico, las normas oficiales mexicanas aplicables para los plaguicidas se presentan en el cuadro 11 (COFEPRIS, 2021).

**Cuadro 11.** Normas Oficiales Mexicanas aplicables en materia de plaguicidas.

Clave	Título	Temas
NOM-082-SAG-FITO/SSA1-2017	NORMA Oficial Mexicana NOM-082-SAG-FITO/SSA1-2017. Límites máximos de residuos. Lineamientos técnicos y procedimiento de autorización y revisión.	Plaguicidas
NOM-232-SSA1-2009	Artículos de alfarería vidriada, cerámica vidriada y Plaguicidas: que establece los requisitos del envase, embalaje y etiquetado de productos grado técnico y para uso agrícola, forestal, pecuario, jardinería, urbano, industrial y doméstico.	Cerámica y alfarería, plaguicidas, envases, etiquetado
NOM-232-SSA1-2009	Norma Oficial Mexicana NOM-232-SSA1-2009, Plaguicidas: que establece los requisitos del envase, embalaje y etiquetado de productos grado técnico y para uso agrícola, forestal, pecuario, jardinería, urbano, industrial y doméstico, publicada el 13 de abril de 2010. DOF-04-04-2012.	Cerámica y alfarería, plaguicidas, envases, etiquetado

NOM-232-SSA1-2009	Norma Oficial Mexicana NOM-232-SSA1-2009 Plaguicidas: Que establece los requisitos del envase, embalaje y etiquetado de productos grado técnico y para uso agrícola, forestal, pecuario, jardinería, urbano, industrial y doméstico, publicada el 13 de abril de 2010.	Cerámica y alfarería, plaguicidas, envases, etiquetado
NOM-256-SSA1-2012	Condiciones sanitarias que deben cumplir los establecimientos y personal dedicados a los servicios urbanos de control de plagas mediante plaguicidas.	Plaguicidas

Fuente: COFEPRIS, 2021.

A partir del 2017, en México entro en vigor la Norma Oficial Mexicana NOM-082-SAG-FITO/SSA1-2017, donde se establecen los lineamientos técnicos y procedimientos para la autorización de límites máximos de residuos de plaguicidas químicos de uso agrícola con fines de registro y uso (DOF, 2017).

Para la aplicación de los plaguicidas en las actividades agrícolas se recomienda hacer caso a las normas de inocuidad, las cuales establecen los límites máximos de residuos (LMR) para que los riesgos de corto y mediano plazo en los consumidores sea mínimo. El Límite Máximo de Residuo (LMR) se expresa en partes por millón (ppm) y se define como la cantidad máxima de residuo de un plaguicida específico permitido legalmente en los alimentos y piensos, las concentraciones máximas son establecidas y emitidas por la Comisión del Codex Alimentarius. Los LMR se basan en datos de las Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) y los alimentos derivados de productos que cumplen con los respectivos LMR están destinados a ser toxicológicamente aceptables (Nava *et al.*, 2019).

Por otra parte, el Codex Alimentarius contribuye, a través de sus normas, directrices y códigos de prácticas alimentarias internacionales, a la inocuidad, la calidad y la equidad en el comercio internacional de alimentos. Por lo que el monitoreo y cuantificación de los residuos de plaguicidas en los alimentos se hace necesaria para corroborar su adecuado uso y determinar la calidad y seguridad de los alimentos (CODEX ALIMENTARIUS *et al.*, 2021).

## 2.5. Plaguicidas altamente peligrosos autorizados en México y prohibidos en otros países

Los plaguicidas de uso agrícola son insumos útiles para la prevención y control de plagas agrícolas en beneficio de la agricultura del país, sin embargo, su aplicación tiene efectos tóxicos directos e indirectos en la salud humana y ambiente. El registro de plaguicidas en México requiere de tres aspectos fundamentales para su autorización: el cumplimiento con las características de patrón de uso (cultivo, plaga, dosis, número e intervalos de aplicación para los que fueron creados), cumplimiento con los estándares de minoración de riesgos a la salud humana y el cumplimiento con los estándares de minoración de riesgos al ambiente (SENASICA, 2020b).

Para el uso de plaguicidas altamente peligrosos se cuenta con referencias a nivel internacional, algunos de los ejemplos más conocidos se describen en el Convenio de Estocolmo, el cual considera 16 plaguicidas, y el Convenio de Rotterdam, que considera 32 plaguicidas y 3 formulaciones de plaguicidas extremadamente peligrosas. Cada uno de ellos en su propio ámbito de actuación, busca lograr que el manejo de los plaguicidas implique el menor riesgo posible, tanto a la salud humana como al medio ambiente. En el Cuadro 12 se presentan las sustancias prohibidas o severamente restringidas en México (INECC, 2014).

**Cuadro 12.** Sustancias químicas y plaguicidas prohibidas o severamente restringidas en México.

Nombre de la sustancia química	Nivel de restricción
Acetato o propionato de fenil	P
Mercurio Erbón	P
Ácido 2,4,5-T	P
Formotión	P
Aldrín	P
Fluoracetato de sodio (1080)	P
Cianofos	P
Fumisel	P
Cloranil	P
Kepone/Clordecone	P
DBCP	P
Mirex	P
Dialifor	P
Monurón	P
Dieldrín	P
Nitrofén	P

Dinoseb	P
Schradán	P
Endrín	P
Triamifos	P
Sulfato de talio	P
DDT	RS
BHC	RS
Aldicarb	RS
Mevinfos	RS
Dicofol	RS
Parquat	RS
Forato	RS
Pentaclorofenol	RS
Lindano	RS
Quintozeno	RS
Metoxicloro	RS

P: Prohibición

RS: restricción severa.

Fuente: INECC, 2014.

Por otra parte, los plaguicidas autorizados en México y prohibidos o no autorizados en otros países suman 140 ingredientes activos, de los cuales 65 son plaguicidas altamente peligrosos según los criterios establecidos por el grupo de expertos de la FAO y la OMS. De acuerdo a criterios adicionales por la Red Internacional de Plaguicidas (PAN, por sus siglas en inglés) se consideran 111 plaguicidas altamente peligrosos. Por lo que se consideran otros plaguicidas prohibidos en otros países que no están incluidos en la lista de PAN o no cumplen con los criterios de FAO-OMS, como el herbicida 2,4-D, el acaricida e insecticida amitraz, el fungicida Captan y el insecticida Dicofol. En el Cuadro 13 solo se presentan 10 de los 63 plaguicidas prohibidos o no autorizados en 31 o más países que cuentan con un registro sanitario en México (González *et al.*, 2017).

**Cuadro 13.** Principales plaguicidas autorizados en México que están prohibidos en otros países

No.	Plaguicida (Ingrediente activo)	Plaguicidas Altamente Peligrosos Criterios FAO-OMS	Plaguicidas Altamente Peligrosos Criterios PAN internacional	Número de países prohibidos
1	Endosulfán	1	1	75
2	DDT	1	1	71
3	Captafol	1	1	64
4	Pentaclorofenol (PCP) y sales	1	1	62
5	Monocrotofos	1	1	60
6	Paratión metílico	1	1	59
7	Aldicarb	1	1	56
8	Carbofuran	1	1	49
9	Fosfamidon	1	1	49
10	Metamidofos	1	1	49

Fuente: González *et al.*, 2017.

La enumeración 1, significa si están dentro de la lista de plaguicidas altamente peligrosos de acuerdo a los criterios establecidos por la FAO-OMS o PAN internacional.

## **2.6. Vías de exposición a plaguicidas y sus efectos en la salud**

Las principales fuentes de exposición de los plaguicidas en la población son los alimentos de origen vegetal (frutas, verduras, cereales, leguminosas) o animal (carne bovina, porcina y sus derivados, pescado, productos lácteos, huevo, etc.), también, se presentan en agua, aire, tierra, fauna y flora. Las vías de exposición a los plaguicidas en los seres vivos pueden ser varias y simultáneas, siendo las más comunes la vía dérmica, la digestiva y la respiratoria (Ramírez y Lacasaña, 2001).

Una vez que los plaguicidas se encuentran en el medio ambiente, estos productos tienen la capacidad de transferirse de una matriz a otra. Por ejemplo, en la actividad agrícola, una vez que se realiza la fumigación, los residuos de plaguicidas se depositan en el suelo y a través de procesos de infiltración, los compuestos pueden ser arrastrados por la lluvia hasta alcanzar cuerpos de agua, con la consecuente transferencia a los organismos acuáticos o eventualmente pueden llegar a niveles freáticos donde pueden extraerse grandes cantidades de agua a través de pozos

para el aprovechamiento humano. El consumo de agua contaminada con plaguicidas representa un riesgo directo a los seres humanos. Otro ejemplo de exposición de los plaguicidas se presenta durante las aplicaciones aéreas, debido a que algunos plaguicidas son de espectro amplio, lo que quiere decir que no es selectiva específica para un solo objetivo, lo cual significa que puede entrar en contacto directo con una amplia de insectos, hierbas u hongos, incluyendo animales de granja, otros cultivos e incluso trabajadores y población que se encuentre cerca del área de la aplicación (Ortiz *et al.*, 2014).

Ante el hecho de las vías de exposición, las afectaciones por la aplicación de los plaguicidas inadecuadamente, ya sea por la falta de información sobre los datos de toxicidad o por la falta de buenas prácticas en el manejo de los plaguicidas, conllevan a poner en riesgo la salud humana y la posible contaminación en los ecosistemas (Zamora *et al.*, 2020).

De acuerdo con Puerto *et al.*, (2014), los plaguicidas tienen efectos agudos y crónicos en la salud; se entiende por agudos aquellas intoxicaciones vinculadas a una vía de exposición de corto tiempo con efectos sistémicos o localizados, y por crónicos aquellas manifestaciones o patologías vinculadas a la vía de exposición a bajas dosis por largo tiempo. La toxicidad de los plaguicidas se puede expresar en cuatro formas:

1. *Toxicidad oral aguda*: se refiere a la ingestión "de una sola vez" de un plaguicida, que causa efectos tóxicos en un ser vivo. Puede afectar tanto al manipulador como al resto de la población expuesta, aunque el riesgo de ingerir en una sola dosis la cantidad correspondiente a la DL 50 oral aguda sólo puede ocurrir por accidente, error, ignorancia o intento suicida.
2. *Toxicidad dérmica*: se refiere a los riesgos tóxicos debidos al contacto y absorción del plaguicida por la piel, aunque es menos evidente y sus dosis

letales son siempre superiores a las orales, es por eso que presenta mayor riesgo para el manipulador que para el resto de la población.

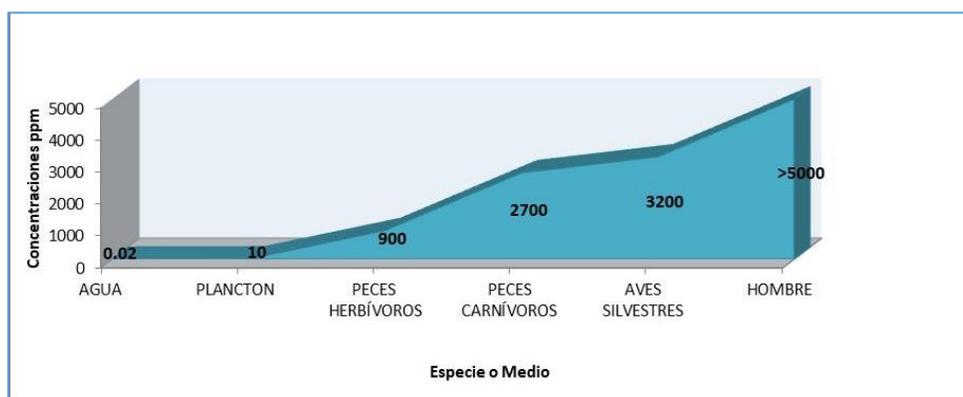
3. *Toxicidad por inhalación*: se produce al respirar una atmósfera contaminada por el plaguicida, como ocurre con los fumigantes, o cuando un ser vivo está inmerso en una atmósfera cargada de un polvo insecticida o en pulverizaciones finas (nebulización, rociamiento o atomización).
4. *Toxicidad crónica*: se refiere a la utilización de dietas alimenticias preparadas con dosis variadas del producto tóxico. Las alteraciones más importantes a considerar son: problemas reproductivos, cáncer, trastornos del sistema neurológico, efectos sobre el sistema inmunológico, alteraciones del sistema endocrino y suicidio.

De igual forma Molina *et al.* (2019) mencionan que los efectos de los plaguicidas sobre la salud se pueden presentar de manera inmediata tras el contacto directo, ocasionando una intoxicación aguda por plaguicidas, donde los síntomas van desde entumecimiento, dolor muscular, visión borrosa, dolor de cabeza, desorientación, náusea y vómito, en ocasiones se presentan convulsiones y pérdida de consciencia; en caso de una exposición continua de plaguicidas, se presenta una intoxicación crónica, aun en bajas dosis. Los efectos ocasionados muestran un carácter acumulativo, ya que se pueden producir enfermedades que se manifiestan en mediano y largo plazo, por ejemplo, trastornos del hígado, pulmones, sistema nervioso central, sistema inmunitario, así como desestabilizaciones endocrinas y cáncer.

Al igual que en otras investigaciones Bravo *et al.*, (2013) afirman que existen diferentes formas de que el ser humano entre en contacto con los plaguicidas, ya sea vía oral, dérmica o inhalatoria a través de matrices ambientales o productos contaminados por plaguicidas, lo que llevaría a experimentar efectos adversos en su salud desde intoxicaciones agudas hasta intoxicaciones crónicas que se manifiestan en diferentes grados (leves, moderados y/o severos). No obstante, Albert (2005) menciona que no existe un sistema eficiente que permita conocer la

magnitud y características de los daños de los plaguicidas en la salud ni se cuenta con estadísticas completas y confiables al respecto.

Como parte de una contaminación residual, a medida que los plaguicidas ascienden en la escala alimenticia, aumenta la probabilidad de llegar hasta los seres humanos en concentraciones más altas (Figura 3).



**Figura 3.** Concentración de residuos de plaguicidas en la cadena alimentaria.

Fuente: Albert, 2005.

El uso inadecuado de plaguicidas en las prácticas agrícolas se ve reflejado en los problemas de salud que presenta la población mundial. En un estudio realizado para evaluar las prácticas de manejo y análisis de riesgos por el uso de plaguicidas en la Comarca Lagunera, Coahuila y Durango, México, se evaluaron los cultivos de melón, sandía, chile y jitomate; donde se observó que el plaguicida más usado fue el carbofurano. En este trabajo se menciona que a pesar de que el 40 % de los productores recibieron capacitación para el uso del equipo de protección personal (EPP), el 75 % de ellos no contaba con EPP, esto podría representar la causa de que el 34 % de productores presentaron intoxicaciones, mareos, vómitos, dolor de cabeza y fiebre (Esquivel-Valenzuela *et al.*, 2019).

Los efectos de los plaguicidas en las poblaciones que se encuentran expuestas dependen del tipo de molécula o dosis, la forma de ingreso al organismo, el tiempo de exposición, así como la susceptibilidad de los individuos. Los efectos pueden ser agudos como: vómitos, abortos, cefaleas, somnolencia, alteraciones en el comportamiento, convulsiones, coma e inclusive la muerte. En mayor o menor

medida los plaguicidas poseen efecto genotóxico, es decir que pueden provocar algún tipo de modificación en la información genética donde se ha establecido una correlación positiva entre los individuos expuestos a éstos, ya sea de forma ocupacional o accidental y el incremento del riesgo de padecer cáncer (Martínez-Valenzuela y Gómez -Arroyo, 2007). De acuerdo con Zúñiga-Venegas *et al.* (2020) en un estudio realizado en Chile, la exposición prolongada a plaguicidas se asocia al deterioro cognitivo, alteraciones reproductivas, cáncer, diabetes, alteraciones neuroconductuales y del neurodesarrollo, malformaciones congénitas, enfermedades cardiovasculares, enfermedades respiratorias, desórdenes neurodegenerativos tales como el Parkinson y el Alzheimer, entre otras; por esta razón, es importante considerar la regulación y vigilancia de la exposición ocupacional a este tipo de sustancias a nivel mundial.

Por otra parte, Aravena (2021) menciona que otra de las afectaciones en la salud, por uso de plaguicidas coincide con la aparición de ciertas patologías como afectaciones tiroideas, ya que se ven ligadas a los disruptores endocrinos que actúan a través de diferentes mecanismos en la glándula tiroidea: alterando su metabolismo, inhibiendo la captación de yodo, provocando la interrupción en la unión hormona- receptor y alterando la función tiroidea normal, aumentando el riesgo de padecer hipotiroidismo, nódulos, bocio, quistes y cáncer tiroideo. Como argumentan García *et al.* (2018) al no existir límites de exposición segura a sustancias con propiedades de disrupción endocrina, cualquier nivel de exposición de los plaguicidas pueden presentar un riesgo a la salud humana.

El uso indiscriminado y exhaustivo de plaguicidas ha creado serios problemas tanto para el ambiente como para los seres vivos (Martínez-Valenzuela y Gómez -Arroyo, 2007). Derivado de los problemas a la salud y en el ambiente por estas sustancias químicas, en México fue creada la Comisión Intersecretarial para el Control del Proceso y uso de Plaguicidas, Fertilizantes y Sustancias tóxicas (CICOPLAFEST), ahora Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS). Reconociendo que el uso indiscriminado de estos compuestos representa una

amenaza a la salud y al medio ambiente (García-Gutiérrez y Rodríguez-Meza, 2012).

## **2.7. Monitoreo de residuos de plaguicidas en México**

En México se estableció un Programa Nacional de Monitoreo de Residuos de Plaguicidas en Vegetales, llevada por los comités estatales de sanidad vegetal para garantizar la seguridad alimentaria, fortaleciendo la sanidad e inocuidad agroalimentaria como medio para proteger la salud de la población. Mediante este monitoreo se detecta la presencia de residuos de plaguicidas y microorganismos patógenos. Este programa busca implementar mecanismos de operación necesarios para corregir y/o prevenir la presencia de contaminantes (SADER y SENASICA, 2019b).

De acuerdo con Pérez-Olvera *et al.* (2011), en México son contadas las propuestas de métodos para la cuantificación de residuos de plaguicidas en hortalizas; de igual forma, son pocos los estudios realizados en el monitoreo de residuos de plaguicidas en las hortalizas destinadas al mercado nacional. Sin embargo, el Centro Nacional de Residuos y Contaminantes (CNRPyC) desde 2005 realiza un monitoreo anual en más de 40 cultivos comerciales, principalmente hortalizas y frutales entre 16 y 19 estados productores de la República Mexicana. El CNRPyC establecido en 1991, donde inició con un programa de evaluación anual en zonas donde han existido malas prácticas con relación al uso y aplicación de plaguicidas.

En México, el CNRPyC apoyado por los Comités Estatales de Sanidad Vegetal, realizan monitoreos en cultivos para detectar residuos de plaguicidas, mediante análisis de los vegetales en laboratorios autorizados por el Servicio Nacional de Sanidad Inocuidad y Calidad Agroalimentaria y acreditados por la Entidad Mexicana de Acreditación (EMA), que prestan servicios a importadores y exportadores en la determinación de análisis de residuos de plaguicidas (Pérez *et al.*, 2013).

La recopilación de datos en un monitoreo de plaguicidas, tanto de alimentos como en el medio ambiente, es esencial para la toma de decisiones acertadas, siempre y cuando se realicen bajo un cumplimiento legal y una supervisión segura y eficaz (Matthews *et al.*, 2020). Por lo tanto, un programa de monitoreo de plaguicidas en México da la oportunidad de garantizar un manejo adecuado de plaguicidas en la actividad agrícola, la cual brindará información relevante en cuanto a dosis de aplicación y tiempos de cosecha, obteniendo alimentos libres de residuos de plaguicidas (OECD, 2021).

En un ejemplo de monitoreo realizado por Ramírez-Bustos *et al.* (2018) en dos centros de acopio ubicados en el estado de Morelos en nopal verdura (*Opuntia ficus-indica* L.) reportaron la presencia de los siguientes plaguicidas: Clorpirifos, Dimetomorf, Malatión, Ometoato, Carbendazim e Imidacloprid. Del total de 60 muestras analizadas, solo el 30 % presentaron residuos de plaguicidas; cabe mencionar que el plaguicida más frecuente fue el Carbendazim.

En otro estudio realizado en el tianguis de Jiquilpan, Michoacán, se detectó la presencia de residuos de plaguicidas organofosforados en vegetales de calabaza, pepino, jitomate, cebolla, fresa y en jitomate y fresa de producción orgánica; asimismo, se reportó la presencia de residuos de clorpirifos en cebolla y manzana; las muestras orgánicas no presentaron residuos de plaguicidas (Ramírez-Jiménez y Oregel-Zamudio, 2018).

Un importante acontecimiento registrado a causa de la presencia de residuos de plaguicidas se presentó en el Departamento de Salud Pública del Estado de California (CDPH, por sus siglas en inglés) en el año 2014, donde se reportaron plaguicidas en nopal proveniente de México (de los estados de Morelos y Baja California), resultado de una muestra tomada en una investigación de rutina por el Departamento de Regulación de Plaguicidas de California (CDPR, por sus siglas en inglés), donde se detectó la concentración de 5.8 mg/L de “Monocrotofos”, plaguicida prohibido desde el año 1989. Ante esa situación, la SENASICA estableció un Programa Nacional de Monitoreo de Contaminantes en la producción primaria

de vegetales, específicamente en unidades de producción de nopal, donde se realizaría el monitoreo de contaminantes a nivel nacional para el cultivo de nopal mediante la toma de muestra en unidades de producción, tomando de referencia el Manual Técnico de Muestreo de Productos Agrícolas para la Determinación de Residuos de Plaguicidas (SADER *et al.*, 2014).

## **2.8. Contaminación ambiental ocasionada por el uso de plaguicidas**

La contaminación de suelos agrícolas es principalmente causada por el uso de plaguicidas, ya que, mediante la aplicación y dispersión de estas sustancias cuando caen al suelo alteran sus propiedades físicas y químicas, de tal manera que el plaguicida se acumula hasta producir efectos adversos, generando impactos negativos. Por otra parte, las partículas de los plaguicidas pueden ser emitidos a la atmósfera mediante la volatilización, ya sea por aplicaciones terrestres o por fumigaciones aéreas, donde los plaguicidas cubren grandes áreas superficiales debido a que el tamaño de las partículas contribuye al fácil transporte o arrastre de ellas, afectando la calidad del aire hasta ser depositadas en otros suelos o cuerpos de agua superficial (Bhandari *et al.*, 2020).

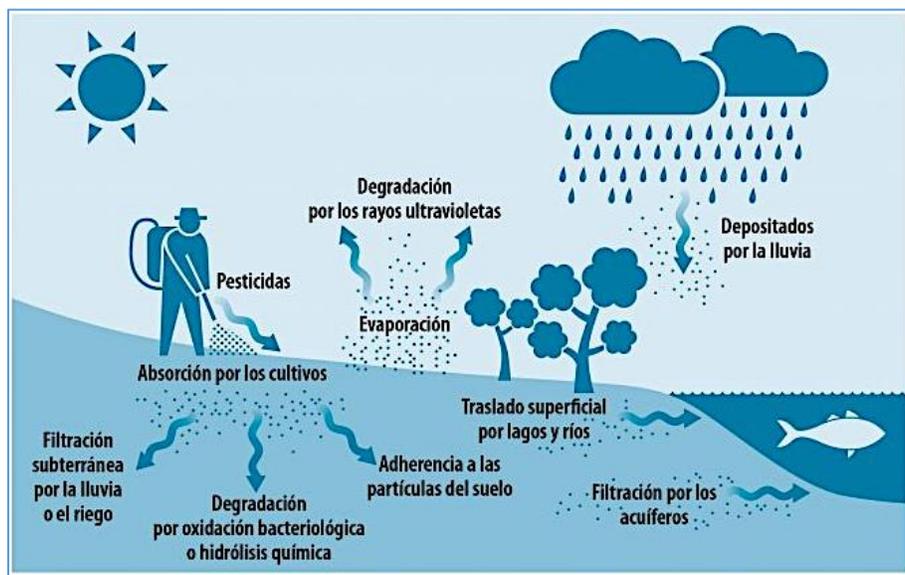
De la misma forma el agua contaminada por plaguicidas, es causa de las aplicaciones desmedidas en las actividades agrícolas, donde una vez que son depositados estos químicos en los suelos agrícolas, por corrientes de lluvias, irrigación u otras fuentes, son llevados hasta arroyos, ríos y mares, provocando afectaciones en el ambiente, como la desaparición de especies nativas en zonas específicas, la destrucción de insectos benéficos y la alteración en los ecosistemas (Castillo *et al.*, 2020).

Cabe mencionar que la contaminación por plaguicidas, depende del tipo de plaguicidas, de sus concentraciones, de la estación del año, propiedades físicas y químicas del compuesto (solubilidad en agua, la persistencia o vida media o la capacidad de retención en el suelo), la topografía del terreno y la frecuencia de la

lluvia. Por consecuencia, estos factores hacen muy difícil predecir el destino de un plaguicida y la capacidad con la que afecta al medio ambiente (Balaguer *et al.*, 2018).

En resumen, los residuos de plaguicidas pueden trasladarse por mecanismos de deriva, escorrentía y volatilización, causando la contaminación en el suelo, agua y aire, a consecuencia de esto se generan diversos impactos negativos en los ecosistemas, por ejemplo, Blanco *et al.* (2020) mencionan que en la fauna silvestre existen alteraciones del comportamiento, supresión del sistema inmune, malformaciones fetales, disrupción endócrina, alteraciones reproductivas, carcinogénesis, e incluso mortalidad como consecuencia de intoxicaciones agudas y crónicas con residuos plaguicidas. Por otro lado, Soto *et al.*, (2020) mencionan que la fauna acuática es más sensible debido a su corto y largo plazo de exposición de plaguicidas a comparación de los terrestres.

En la Figura 4 se representa el ciclo de los plaguicidas y su transporte a través del aire, agua y suelo, poniendo en peligro los ecosistemas cercanos a los campos de cultivo.



**Figura 4.** Ciclo de los plaguicidas en el medio ambiente.

Fuente: Balaguer *et al.*, 2018.

En un estudio realizado en Hong Kong se detectó la presencia de los plaguicidas siguientes: hexaclorohexanos (HCH), diclorodifeniltricloroetano (DDT), hexaclorobenceno (HCB), endrina y  $\alpha$ -endosulfán. Las muestras fueron tomadas de 0-10 cm, 10-30 cm y mayor de 30 cm de profundidad. Las concentraciones de HCH aumentaron gradualmente desde la capa superior del suelo hasta la capa inferior, mientras que la concentración más baja de DDT se encontró generalmente en el subsuelo (10-30 cm) en la mayoría de los sitios que se muestrearon (Zhang *et al.*, 2006).

Entretanto, una investigación realizada por Guo *et al.* (2020) muestran un análisis de varios informes realizados en 25 países (Turquía, China, Francia, Grecia, Gran Bretaña, Brasil, España, Egipto, Estados Unidos, Alemania, México, Países Bajos, Irán, Pakistán, Indonesia, Bélgica y otros países) sobre la contaminación ambiental a causa de diversas toxinas reportadas desde el año 2002 hasta 2019. En la investigación resalta la presencia de toxinas fúngicas y otras de tipo ambientales, incluyendo metales pesados, plaguicidas, nitratos y medicamentos veterinarios; no solo encontrados en alimentos, piensos, especias, hierbas y productos de salud y nutrición, sino también en muestras biológicas de los seres humanos.

## **CAPITULO 3.**

### **3.1. Análisis de plaguicidas en matrices vegetales**

La determinación de los residuos de plaguicidas en matrices alimentarias se ha convertido en una prioridad debido a la toxicidad que representan los agentes xenobióticos. Las metodologías para determinar residuos de plaguicidas deben garantizar resultados verdaderos y precisos con límites de detección adecuadamente bajos para un amplio espectro de analitos (Wilkowska y Biziuk, 2011).

El Codex Alimentarius contribuye mediante normas, directrices y códigos de prácticas alimentarias internacionales, aspectos de inocuidad, calidad y equidad en el comercio internacional de alimentos. Las normas del Codex se basan en la mejor información científica disponible, respaldada por órganos internacionales independientes de evaluación de riesgos o consultas especiales organizadas por la FAO y la OMS. Es importante aclarar que estas normas actualmente se encuentran vigentes para el desarrollo de la mayoría de los procedimientos que realizan los laboratorios autorizados para el análisis de residuos de plaguicidas en matrices vegetales (Alonso, 2015).

En las metodologías analíticas de los programas de control y monitorización de alimentos de consumo humano, se han ido consolidando los métodos de análisis multiresiduos de plaguicidas, ya que cada vez son más sensibles y selectivos permitiendo determinar un mayor número de compuestos a la vez y a menores concentraciones (Narenderan *et al.*, 2020). Para la determinación de multiresiduos de plaguicidas se requiere de una preparación de las muestras que permita la extracción de los plaguicidas en el medio en el que se encuentran para poder identificar y cuantificar cada uno de ellos con certeza (Yang *et al.*, 2018).

Los procedimientos para determinar residuos de plaguicidas en las muestras de matrices vegetales recibidas en laboratorio consisten en la extracción de los plaguicidas de la muestra que lo contiene y posteriormente en la identificación y cuantificación de la molécula previamente extraída, empleando cromatografía de gases y de líquidos de alta resolución.

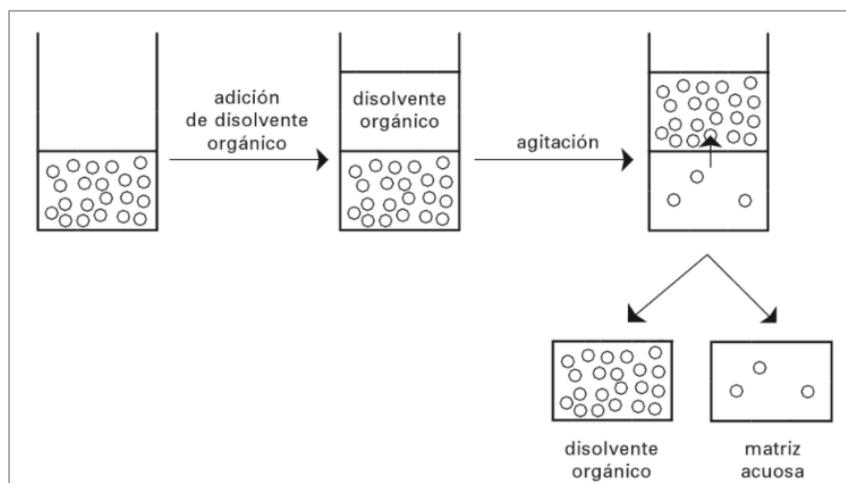
### **3.2. Técnicas de extracción**

El análisis de residuos de plaguicidas en muestras sólidas es complejo debido a las múltiples interferencias presentes en la matriz y a las bajas concentraciones de los compuestos de interés. Para esto es necesario un tratamiento previo de la muestra que incluye triturado, tamizado y secado. Durante décadas, se han propuesto varias

técnicas para reducir la manipulación de muestras y desechos tóxicos, es por esto que, para maximizar la recuperación de los analitos y minimizar las interferencias que los acompañan se utilizan técnicas de extracción y limpieza adecuadas (Sobhanzadeh *et al.*, 2009).

El muestreo y el análisis de residuos se deben llevar a cabo mediante la aplicación de buenas prácticas de análisis, la comprensión de los procesos químicos involucrados, la verificación de los datos de validación y el uso de procedimientos estandarizados que proporcionen información lo más exacta posible. Las muestras deben almacenarse bajo ciertas condiciones, estando seguros que no causarán cambios en la concentración ni en la naturaleza del residuo (Martin-Guerrero, 2018). No existe una técnica de preparación de muestras que sea estándar o universal, ya que la metodología dependerá de la naturaleza de los analitos, la matriz, y el método de análisis final. Por lo tanto, la selección y optimización del procedimiento de preparación de muestras será un factor clave en el éxito final del análisis. Así, la elección de un procedimiento adecuado influirá ampliamente en la fiabilidad y la precisión del análisis y por tanto en los resultados. Minimizar el número de pasos de preparación y tratamiento de la muestra es fundamental no sólo en la reducción de las fuentes de error, sino también para ahorrar tiempo de operación y costos (Sánchez y David, 2019).

La técnica de Extracción Líquido-Líquido (LLE) (Figura 5) consiste en la separación de dos líquidos distintos inmiscibles entre sí, o parcialmente inmiscibles, con el objetivo de separar compuestos de interés de los demás componentes, en especial para extraer moléculas orgánicas (Farajzadeh y Khoshmaram, 2014;



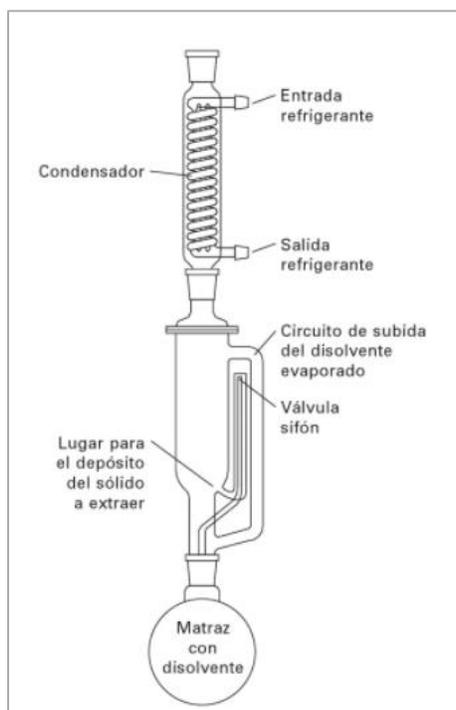
**Figura 5.** Representación de una extracción líquido-líquido.

Fuente: Eugenio y Angel, 2004.

La Figura 5 representa un proceso de extracción líquido-líquido. Inicialmente parte de una matriz acuosa que contiene el analito a extraer. A esta matriz se le adiciona un volumen de disolvente orgánico en el que el analito es más soluble. La mezcla se agita para poner en contacto la matriz acuosa con el disolvente orgánico. En ese momento, los analitos pasan al disolvente orgánico, ya que su solubilidad es mayor en este medio. Tras la agitación se deja reposar la mezcla para separar ambas fases, donde se obtendrá la matriz acuosa y el disolvente orgánico que contiene la mayoría de las moléculas de los analitos. Como las dos fases son inmiscibles, será fácil separar ambas capas de disolvente y se habrá extraído el analito desde la matriz original hasta el disolvente orgánico. Esta extracción, líquido-líquido, suele ser muy útil en la determinación de xenobióticos en Toxicología, Ciencias Ambientales y Farmacología, ya que estos son mucho más solubles en disolventes orgánicos que en disoluciones acuosas (Eugenio y Angel, 2004). Esta técnica es una de las más utilizadas para la separación de compuestos orgánicos e inorgánicos, como por ejemplo para la determinación de trazas de plaguicidas en sistemas acuáticos (Mondal *et al.*, 2018; Sánchez y David, 2019).

La extracción Soxhlet, es un proceso de extracción de analitos desde una matriz sólida a una matriz líquida (Figura 6). La técnica de extracción sólido-líquido (ESL),

en la que se hace pasar una disolución a través de un sólido poroso arrastrando compuestos de interés analítico. Una de las técnicas más utilizadas por su versatilidad en cuanto a la diversidad de compuestos que pueden ser extraídos es la extracción en fase sólida (EFS), la cual permite extraer, concentrar y purificar los analitos de interés. Esta técnica es quizás la más utilizada para la extracción de plaguicidas de muestras acuosas (Wang *et al.*, 2019).



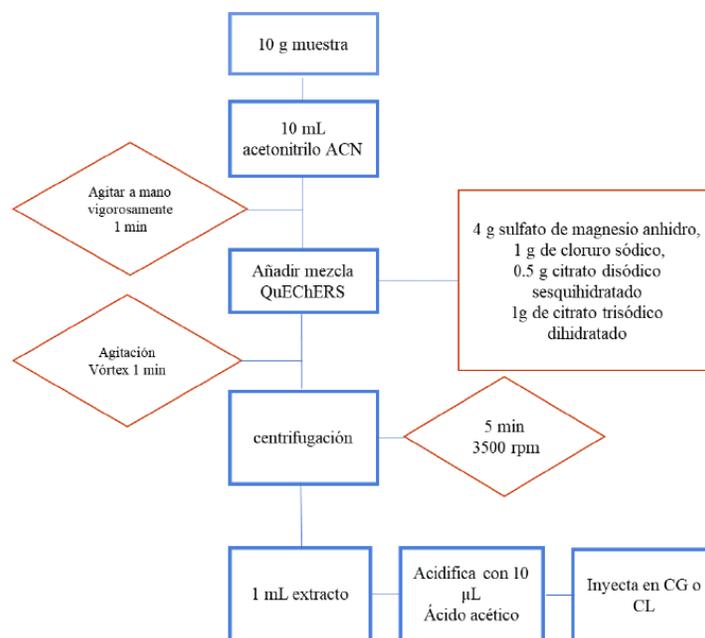
**Figura 6.** Extractor Soxhlet.

Fuente: Eugenio y Angel, 2004.

La Figura 6 muestra el dispositivo experimental utilizado en las extracciones Soxhlet. El matraz inferior se calienta y evapora el disolvente, que pasa a través de la derivación exterior al condensador. Cuando el disolvente condensó, cae gota a gota en el depósito interior, donde se encuentra el sólido sobre el que se hará la extracción. El disolvente caliente hace contacto con el sólido y empieza la transferencia de masa hacia el líquido. El disolvente condensado se acumula en el receptáculo interior del extractor y cuando se alcanza el nivel de la válvula interior, el líquido es succionado y devuelto al matraz inferior. El matraz inferior continúa

calentándose y el disolvente es destilado de nuevo, repitiéndose el proceso las veces necesarias, lo que da lugar a decenas de ciclos de extracción con el mismo disolvente. Dado el punto de ebullición del analito siempre será superior al del disolvente empleado, el disolvente destilado no contiene cantidades importantes de éste, con lo que nunca se alcanzará el límite de solubilidad del analito en el depósito interior y, por lo tanto, la transferencia de masa desde el sólido hasta el disolvente se estará produciendo hasta que desaparezca la matriz. La principal desventaja de este sistema es que se requiere grandes volúmenes de disolvente y es un proceso muy lento (Eugenio y Angel, 2004).

Por otro lado, en los últimos años se ha implementado el método QuEChERS, Quick (Rápido), Easy (fácil), Cheap (barato), Effective (eficaz), Rugged (robusto) y Safe (seguro) propuesto por Anastassiades *et al.* (2003). Originalmente este proceso fue utilizado para el análisis de plaguicidas en alimentos. Sin embargo, actualmente también se utiliza para el análisis multiresiduo de distintos compuestos (antibióticos, fármacos, entre otros) (Sánchez y David, 2019). La técnica QuEChERS (Figura 6) se realiza en dos etapas: extracción con acetonitrilo y posterior partición-reparto con la adición de sales ( $MgSO_4$  y  $NaCl$ , citrato trisódico dihidrato y citrato disódico sesquihidrato). Las sales se utilizan para eliminar trazas de agua, mejorar la polaridad de la fase orgánica y regular el pH. Una vez recuperada la fase extractante (acetonitrilo), se suele añadir un sólido (PSA: amina primaria-secundaria) como adsorbente para eliminar interferentes químicos (azúcares, ácidos grasos o pigmentos) que se separan por filtración o centrifugación. De esta forma se consigue un procedimiento fácil y rápido de implementar, reduciendo el uso de reactivos tóxicos y reduciendo el tiempo y coste de tratamiento por muestra (Amador *et al.*, 2019) (Figura 7).



**Figura 7** Método de extracción QuEChERS.

El método QuEChERS ha tenido diferentes modificaciones, las cuales se han utilizado para determinar residuos de plaguicidas, tanto de forma individual como múltiple (Buah-Kwofie y Humphries, 2019). Las modificaciones mejoraron el método para el análisis de más analitos en matrices diferentes o consideradas difíciles (Sánchez y David, 2019). Una modificación importante de este método fue la adición de un tampón a la etapa inicial para una mejor extracción de analitos ácidos/básicos. Esencialmente hubo dos modificaciones en cuanto al tampón se refiere. El primero de ellos fue el uso del tampón de acetato, que proporcionaba un pH de 4.8, publicado por la AOAC como el método oficial 2007.01 (AOAC Official Method, 2007). El segundo cambio fue el uso de un tampón de citrato, que ofrecía un pH entre 5 y 5.5, publicado como Método Estándar EN 15662 del CEN (Comité Europeo de Normalización). Este último tampón se obtiene añadiendo sales de citrato trisódico dihidratado y dihidrogenocitrato disódico sesquihidratado. Estas sales mantienen el pH estable y evitan así posibles degradaciones de los analitos e inducen la partición de los mismos (UNE, 2019; Sánchez y David, 2019).

### 3.3. Técnicas cromatográficas

Las técnicas más comunes y utilizadas para la separación de un analito de otros compuestos en los extractos de una muestra se dan mediante el análisis de cromatografía de gases (CG) y cromatografía líquida de alta resolución (CLAR), ambas acopladas a espectrometría de masas (EM) (Dean, 1998).

La espectrometría de masa es altamente selectiva y sensible, proporciona información estructural incluye el peso molecular de una molécula y se puede usar para la identificación de compuestos orgánicos y en matrices complejas. La espectrometría de masas es la única técnica de cuantificación aplicada para la determinación simultánea de una gran variedad de contaminantes presentes a bajas concentraciones. La espectrometría de masas en tándem (EM/EM) proporciona información estructural detallada, y en muchos casos su sensibilidad y selectividad son esenciales para el análisis de concentraciones traza de contaminantes orgánicos (Bueno *et al.*, 2012; Sánchez y David, 2019).

La cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas permite la cuantificación de sustancias orgánicas que están presentes en una muestra y es útil para la confirmación de presencia o ausencia de uno o varios analitos en una muestra determinada. La ventaja de este acoplamiento permite en una mezcla compleja, mayor rapidez y máxima sensibilidad posible mediante la selección de la técnica de detección SIR (registro de iones seleccionados). En esta modalidad de trabajo se detectan solamente algunas masas de interés, en lugar de trabajar con la técnica de selección de TIC (total de los iones). De esta forma, se aumenta la selectividad del método, reduciéndose las interferencias (Gutiérrez-Bouzán y Droguet, 2002).

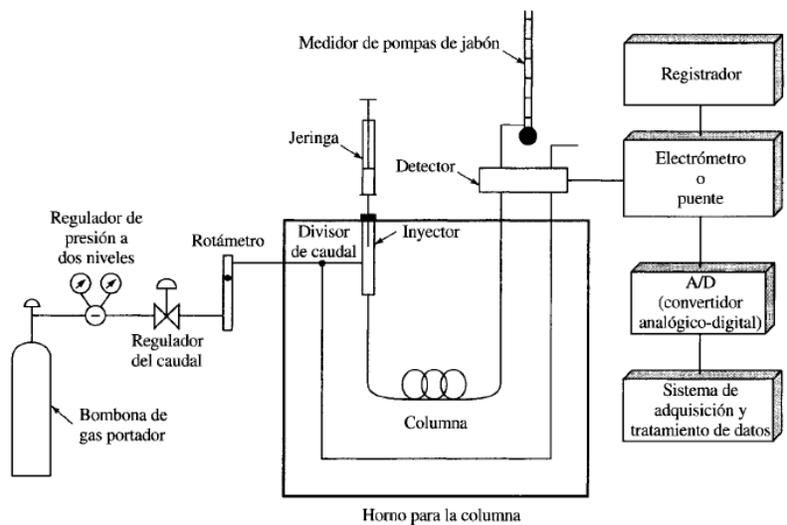
En la determinación cuantitativa de plaguicidas en muestras ambientales, la cromatografía de gases (CG) se puede aplicar directamente a compuestos con una elevada volatilidad, pero en el caso de los compuestos polares y semi-polares, es preferible analizarlos por cromatografía de líquidos (CL).

De acuerdo con Moreno y Dallos (2002), para el análisis de los residuos de plaguicidas en matrices de origen vegetal, la cromatografía de gases y cromatografía de líquidos acopladas a espectrometría de masas son las técnicas más utilizadas dada la alta sensibilidad de detección y cuantificación, buena reproducibilidad y elevada robustez, que garantizan mayor confiabilidad en los resultados obtenidos.

En los últimos años se han desarrollado nuevas técnicas de análisis para los plaguicidas, tanto en muestras ambientales como en muestras biológicas. Las metodologías están dirigidas principalmente en los plaguicidas organoclorados y organofosforados (Hardt y Angerer, 2000), insecticidas como piretroides sintéticos, triazinas y cloroacetanilidas, los herbicidas como carbamatos y clorofenoles (Olsson *et al.*, 2004; Swan *et al.*, 2003). Así también, como clorpirifos, malatión, diazinón y metilparatión. Incluyendo algunos metabolitos de plaguicidas que frecuentemente son monitoreados en muestras biológicas como p'-DDE, el mercapturato de atrazina, el 2-isopropoxifenol y el ácido 3-fenoxibenzoico (Bravo *et al.*, 2005).

La cromatografía de gases con detector de captura de electrones (ECD) es la técnica más usada para el análisis de muchos plaguicidas junto con el acoplamiento a espectrometría de masas (EM) o espectrometría de masas de alta resolución (HRMS) que permite realizar análisis altamente específicos y con ello se pueden mejorar los límites de detección al evitar la mayoría de las interferencias, especialmente cuando se analizan matrices complejas como las muestras biológicas (Lacassie *et al.*, 2001).

A continuación, se presenta el esquema de un cromatógrafo de gases (Figura 8) (Skoog *et al.*, 2001):



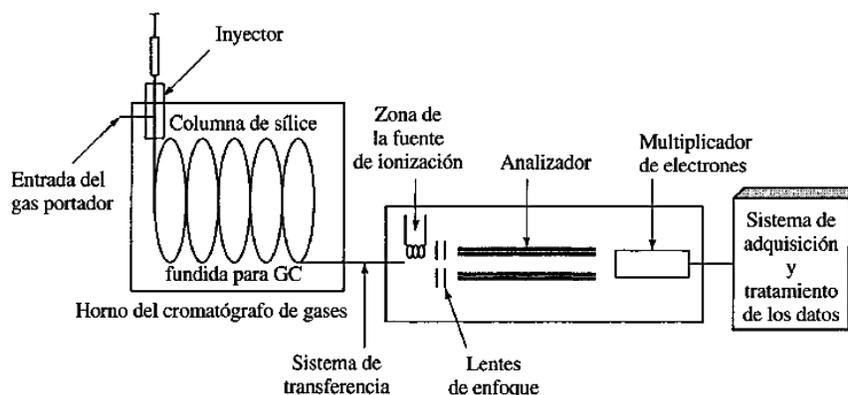
**Figura 8.** Representación esquemática de un cromatógrafo de gases.

Fuente: Skoog *et al.* 2001.

La cromatografía de gases ha sido la técnica de separación predominante en el análisis de plaguicidas, donde la separación de los distintos plaguicidas se lleva a cabo en una columna analítica (columna capilar) que contiene una fase estacionaria y una fase móvil la cual es un gas inerte (helio o hidrógeno) que fluye a través de la columna (Hernández y Beltrán, 1995). La cromatografía de gas-sólido produce la retención de los analitos en una fase estacionaria sólida como consecuencia de la adsorción física. Esta cromatografía ha tenido una aplicación limitada debido a la retención semipermanente de las partículas activas o polares y a la obtención de picos de elución con colas muy significativas. Por otro lado, la cromatografía de gas líquido, se basa en la distribución del analito entre una fase móvil gaseosa y una fase líquida inmovilizada sobre la superficie de un sólido inerte (Skoog *et al.*, 2001).

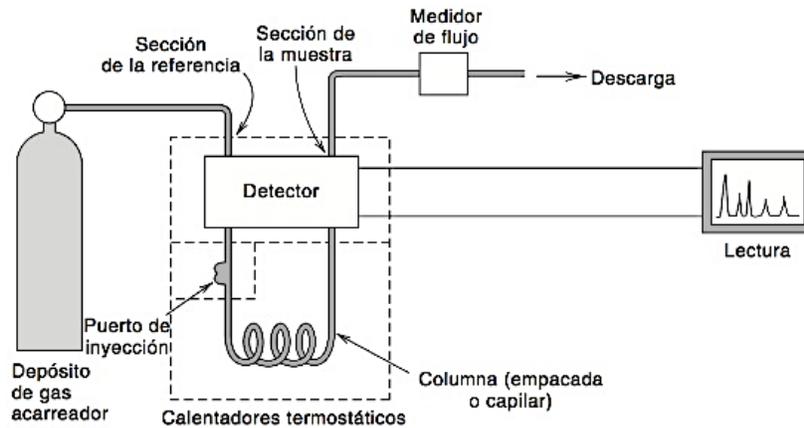
La cromatografía de gases se combina con otras técnicas selectivas como la espectroscopia y electroquímica. Estos métodos se denominan como métodos acoplados. En los primeros métodos acoplados de un cromatógrafo de gases con

espectrometría de masas (Figura 9), los gases efluentes de una columna cromatográfica (después de ser detectados por un detector no destructivo y no selectivo) se recogían como fracciones separadas en una trampa fría, estas eran investigadas por resonancia magnética nuclear, infrarrojo, espectrometría de masas o por medidas electro-analíticas, una limitante de esta metodología es que se obtenían cantidades de soluto muy pequeñas (micromoles) (Skoog *et al.*, 2001). Un segundo método general, que se tiene actualmente, consiste en la aplicación de un método selectivo que permita controlar continuamente el efluente de la columna, mediante la recuperación de datos por medio de instrumentos como un ordenador y su memoria, para el almacenamiento de los datos, posteriormente tener su presentación en espectros y cromatogramas que permiten el análisis de las muestras procesadas (Figura 10).



**Figura 9.** Esquema de un cromatógrafo de gases de columna abierta/ espectrómetro de masas.

Fuente: Skoog *et al.*, 2001.



**Figura 10.** Esquema de un cromatógrafo de gases con detector específico y monitor.

Fuente: Skoog *et al.*, 2001.

La cromatografía de gas-sólido, se basa en la adsorción de sustancias gaseosas sobre superficies sólidas. En esta técnica los coeficientes de distribución generalmente son mucho mayor que en la cromatografía de gas-liquido, por consecuencia la cromatografía gas-solido es útil para retener especies que no se retienen en columnas de gas-líquido, tales como componentes de aire, sulfuro de hidrogeno, disulfuro de carbono, óxidos de nitrógeno, monóxido de carbono, dióxido de carbono y gases nobles.

Es importante mencionar que el acoplamiento de la cromatografía de gases a masas (GC-MS) anteriormente mencionada, se logró en la década de 1950 con instrumentos comerciales disponibles a partir de la década de 1970. Ahora, los sistemas GC-MS son relativamente baratos y fiables, como una característica de muchos laboratorios de bioquímica clínica y son indispensables en varias áreas donde se requiere el análisis de mezclas complejas y la identificación inequívoca, por ejemplo, el análisis de muestras de orina para detectar errores innatos del metabolismo o de fármacos. El acoplamiento de cromatografía liquida con masas (LC-MS) fue una extensión obvia, pero el progreso en esta área fue limitado durante muchos años debido a la relativa incompatibilidad de las fuentes de iones de MS

existentes con una corriente líquida continua. Se desarrollaron varias interfaces, pero eran complejas de usar y poco fiables, por lo que la aceptación por parte de los laboratorios clínicos fue muy limitada. Las razones para elegir LC-MS en lugar de LC con detectores convencionales son esencialmente las mismas que con GC-MS, es decir, alta especificidad y capacidad para manejar mezclas complejas (Pitt, 2009). Estos equipos pueden llevar a cabo los análisis de diversas matrices que se requieren en investigaciones científicas, mediante técnicas y procedimientos analíticos muy sofisticados, mismos que se encuentran en evolución constante para enfrentar retos de análisis de residuos de plaguicidas en muestras de interés alimentario y del medio ambiente.

### **3.4. Disipación de plaguicidas en vegetales**

La disipación de plaguicidas de la superficie de las plantas o vegetales depende de una variedad de factores que incluyen condiciones meteorológicas, las propiedades fisicoquímicas del plaguicida y las características de la planta (Lyons y Hageman, 2021).

La evaluación de la disminución de las concentraciones de plaguicidas aplicados en vegetales en función de ciertos periodos, permite entender el comportamiento de estos, ya que, a través del tiempo, los residuos de plaguicidas disminuyen considerablemente, aunque la velocidad de disminución puede diferir entre sustancias, pero también, pueden ser por otros factores (fotólisis, hidrólisis, oxidación o reducción a otras sustancias químicas, entre otros). Varios términos son usados para definir este proceso, entre ellos incluyen descomposición, decaimiento, declinación, degradación o disipación (Walter y Frehse, 1995).

Un factor determinante para la disipación de un plaguicida, es la volatilización, este proceso sucede facialmente en las superficies de las plantas o cultivos, ya que está relacionada con su presión de vapor, e influenciado por otros parámetros

medioambientales, tales como fluctuaciones diurnas de la temperatura y radiación solar. Por ejemplo, la luz solar produce la fotodescomposición de un plaguicida sobre la superficie de hojas, frutos o suelo y se acelera su disipación en presencia del agua (Fantke y Juraske, 2013); ya que la disipación o degradación de los plaguicidas en ambientes naturales ocurre bajo reacciones fotocatalíticas de óxido-reducción, hidrólisis química y biodegradación (Valderrama *et al.*, 2012). Monadjemi *et al.* (2011) enfatiza sobre la degradación inducida por la radiación solar ya que es una importante vía de disipación de plaguicidas en el medio ambiente e incluso menciona que puede ser el principal proceso de degradación de algunos plaguicidas en las aguas superficiales. Sin embargo, rara vez se tiene en cuenta la fotodegradación en la superficie de la vegetación tras la pulverización de los cultivos, aunque hace unos 30 años se observó que "una proporción significativa de plaguicidas no es estable a la luz solar en los cultivos tras su aplicación en el campo".

Para el caso de los insecticidas, algunos estudios realizados indican que luego de ser aplicado este producto sobre los cultivos, sus residuos pueden ser encontrados en suelos, aguas superficiales y sedimentos; sin embargo, la degradación biológica es relativamente rápida y los residuos no permanecen de manera prolongada en el ambiente. La fotodegradación o fotodescomposición y la biodegradación, son procesos que pueden limpiar naturalmente al ambiente. El proceso de fotodegradación o fotodescomposición depende de la intensidad y el tiempo de exposición de plaguicida a la radiación solar. La sensibilidad del plaguicida a la luz y a ciertas temperaturas son dos factores importantes que determinan la duración residual de estos productos (Cardona *et al.*, 2015), ya que la presencia de catalizadores fotoquímicos favorecen la descomposición. Otros factores determinantes son el pH del suelo, el grado de aireación del suelo, el estado en el que se encuentra el plaguicida (sólido, líquido, vapor, etc.), el grado de adsorción y la estructura química del plaguicida. Mientras que la biodegradación ha experimentado un gran desarrollo en la aplicación de los microorganismos que transforman diferentes compuestos xenobióticos, en otros compuestos que resultan ser de menor impacto en el ambiente. En este caso, aunque las bacterias son las

más empleadas en el proceso de biodegradación de plaguicida, también se han empleado otros microorganismos como hongos, algas, cianobacterias y actinomicetos. Rosa Cruz *et al.* (2014) mencionan que la capacidad de biodegradación de los microorganismos depende de las características físicas, químicas y microbiológicas del suelo y de las propiedades químicas del contaminante. Cabe mencionar que la tasa de biodegradación aumenta con la temperatura y el aumento de la humedad del suelo debido al incremento de la población microbiana.

En un trabajo realizado por Ramadan *et al.* (2016), se estudió la disipación de cuatro insecticidas después de haber realizado tres aplicaciones a las dosis recomendadas en frutos de tomate en condiciones de campo abierto. Los resultados obtenidos indicaron que los residuos de insecticidas disminuyeron con diferentes intervalos de días después de la aplicación. Las concentraciones iniciales fueron 0.255, 4.28, 0.205 y 0.647 mg/kg para abamectina, clorpirifos, espinosad y tiametoxam, respectivamente. Los niveles de residuos de clorpirifos y tiametoxam disminuyeron hasta alcanzar 0.326 y 0.03 mg/kg después de 15 días desde la aplicación, lo que indica que el 92.4% y el 95.4% de clorpirifos y tiametoxam se disiparon, respectivamente. Los residuos de abamectina y espinosad disminuyeron hasta alcanzar 0.1 y 0.026 mg/kg en 5 días. Los residuos de abamectina y espinosad eran indetectables después de 7 días de aplicación. Los valores de vida media fueron 4.1, 2.5, 1.7 y 6.3 días para abamectina, clorpirifos, espinosad y tiametoxam, respectivamente.

### 3.4. Cinéticas de disipación de los plaguicidas

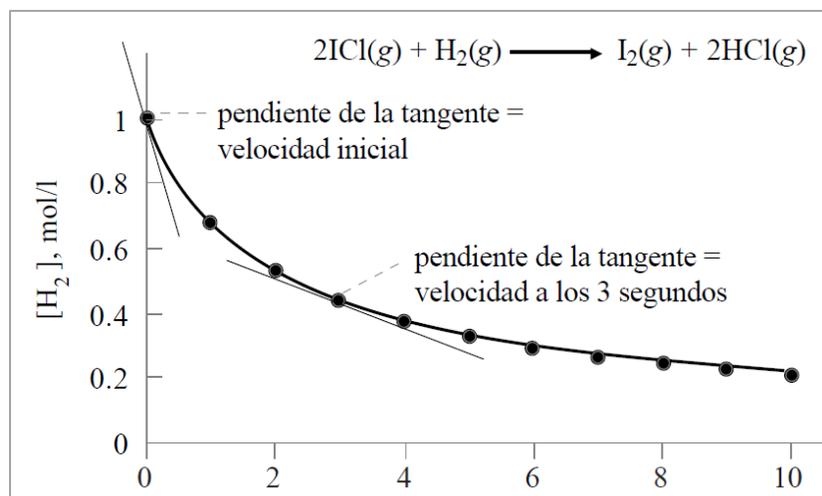
La cinética química estudia las velocidades de las reacciones químicas y los mecanismos a través de los cuales éstas se producen. La velocidad de reacción es la velocidad con la que desciende la concentración de un reactivo o aumenta la de un producto en el curso de una reacción, la cual se representa en la siguiente ecuación:

$$\text{Reactivos} \rightarrow \text{Productos} \quad v = \frac{-d[\text{Reactivos}]}{dt} = \frac{+d[\text{Productos}]}{dt}$$

Donde la velocidad de reacción se define en términos de concentraciones, órdenes y constantes de velocidad. Se considera el comportamiento respecto al tiempo como de la concentración de los reactivos en reacciones elementales con órdenes simples. El comportamiento con respecto al tiempo se determina integrando la ley de velocidad para una expresión de velocidad particular. El orden de reacción con respecto a un reactivo es el exponente de su término de concentración en la ley de velocidad (Ecuación 1) (Figura 11). (Atkins *et al.*, 1993; Avery, 2020).

$$v = k[\text{ICl}][\text{H}_2]$$

**Ecuación 1.** Ley de velocidad en la reacción entre ICl y H<sub>2</sub>



**Figura 11.** Gráfica de la velocidad de reacción *entre ICl y H<sub>2</sub>*

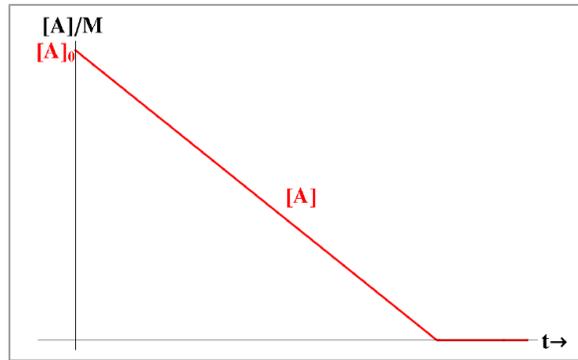
Fuente: Atkins *et al.*, 1993.

Lo que lleva a definir, que el orden de reacción global es la suma de los exponentes de todos los términos de concentración (Atkins *et al.*, 1993).

La ecuación de orden cero se presenta en la ecuación 2.

$$[A] = [A]_0 - kt \quad \text{Ecuación 2. Orden de reacción cero}$$

Donde la  $[A]$  es la concentración de reactivo en un tiempo  $t$ , la  $[A]_0$  es la concentración inicial del reactivo, la  $k$  es la constante de velocidad la cual depende de factores como la temperatura y la  $t$  es el tiempo, en que ocurre la reacción (Figura 12).



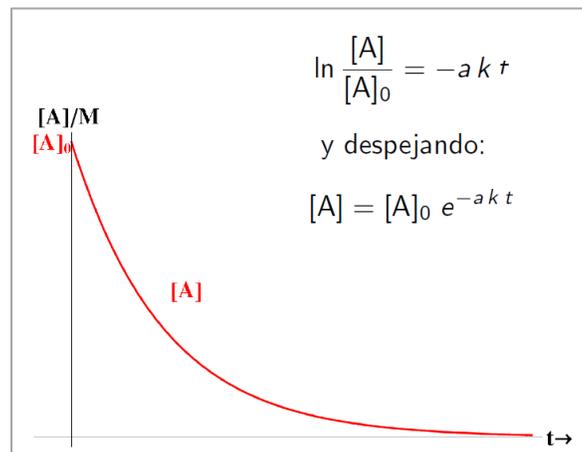
**Figura 12.** Gráfica de orden de reacción cero

Fuente: Atkins *et al.*, 1993.

En la ecuación 3 (de primer orden) la  $[A]_0$  representa la concentración inicial de la reacción, es decir, cuando  $t = 0$ , y  $[A]$  es la concentración del mismo en el instante  $t$  cualquiera (Figura 13).

$$\ln \frac{[A]}{[A]_0} = -kt$$

**Ecuación 3.** Orden de primera reacción



**Figura 13.** Gráfica de orden de primera reacción.

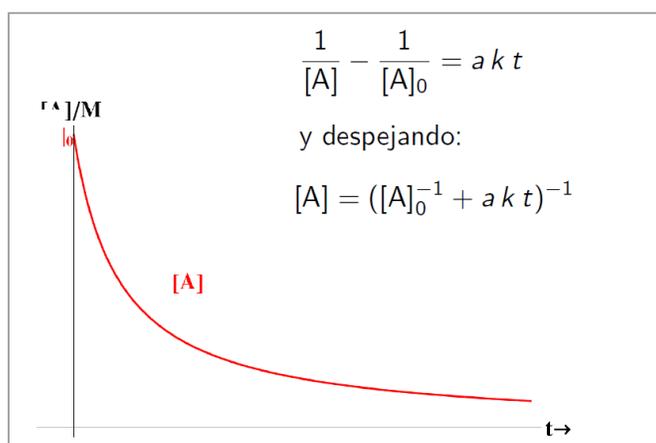
Fuente: Atkins *et al.*, 1993.

Para el cálculo de la vida media,  $t_{1/2}$ , de un reactivo es el tiempo necesario para que su concentración pase a ser la mitad del valor inicial. Para una reacción de primer orden, la vida media no depende la concentración del reactivo (Ecuación 4).

$$t_{1/2} = \frac{\ln 2}{k} \quad \text{Ecuación 4. Tiempo de vida media}$$

La ecuación de segundo orden (Ecuación 5), se representa gráficamente en la figura 14. Como se puede apreciar por la expresión obtenida, se observa que la representación gráfica de la inversa de la concentración de [A] frente al tiempo, nos debe dar una línea recta de pendiente igual a k.

$$\frac{1}{[A]} = \frac{1}{[A]_0} + kt \quad \text{Ecuación 5. Orden de segunda reacción}$$



**Figura 14.** Gráfica de orden de segunda reacción.

Fuente: Atkins *et al.*, 1993.

Para calcular la vida media de la ecuación de segundo orden (Ecuación 6) se toma en consideración el valor de la concentración inicial  $[A]_0$  y el valor de  $k$ .

Por último, la ecuación de tercer orden se presenta en la ecuación 6.

$$\frac{1}{[A]^2} = \frac{1}{[A]_0^2} + 2kt$$

**Ecuación 6.** Orden de tercera reacción.

Para calcular la concentración de reactivo remanente en un lapso de tiempo o el tiempo necesario para que determinada cantidad de reactivo se consuma, es útil integrar la ecuación de velocidad. La vida media,  $t_{1/2}$ , de un reactivo es el tiempo necesario para que su concentración pase a ser la mitad del valor inicial. Para una reacción de primer orden, la vida media no depende la concentración del reactivo, como se mencionó anteriormente (Atkins *et al.*, 1993). Por otra parte, la cinética química representa el estudio de la velocidad de las transformaciones químicas en sistemas homogéneos y heterogéneos, tanto catalizados como no catalizados. La cinética representa de velocidad satisfactoria, desde una perspectiva empírica, que permita interpretar y predecir la velocidad a la cual tiene lugar una transformación química en condiciones dadas (Navarro-Laboulais *et al.*, 2017).

$$t^{1/2} = \frac{1}{k[A]_0}$$

**Ecuación 7.** Tiempo de vida media de segunda reacción.

La persistencia y la movilidad determinan gran parte del comportamiento ambiental de los plaguicidas, ya que a mayor persistencia mayor potencial de contaminación. La persistencia está principalmente determinada por la degradación de origen biológico, e íntimamente relacionada con la tasa o cinética de disipación (Pila, 2018). La cinética de disipación de los plaguicidas se ve comprometida por la cantidad del plaguicida y accesibilidad del sistema que lo va a degradar, por ejemplo, cuando el plaguicida es absorbido no es accesible a los organismos del suelo o por lo contrario puede estar como emulsión en agua fácilmente accesible.

### **III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

En la localidad de Telixtac del municipio de Axochiapan en el estado de Morelos, los productores de higo (*Ficus carica* L.) utilizan plaguicidas que no están autorizados para el cultivo de este fruto. Si bien, existen plaguicidas registrados y autorizados por la COFEPRIS, el inconveniente resulta ser que no hay variedad en productos para atacar plagas que se presentan en el cultivo de higo, excepto uno. Esta situación ha generado que el uso de plaguicidas tenga un efecto negativo en el cultivo del higo morelense, ya que al no contar con dosis de aplicación e intervalos de seguridad, el fruto al ser cosechado, excede los límites máximos de residuos, lo que representa un riesgo potencial a la salud de los productores y consumidores, así como el gran impacto ambiental al entorno y, finalmente, como una barrera de entrada del higo morelense en mercados nacionales e internacionales, generando una situación de desventaja y limitación económica para los productores del estado de Morelos.

#### **IV. JUSTIFICACIÓN**

Ante la ausencia de conocimiento y manejo adecuado de plaguicidas por parte de los productores de higo (*Ficus carica* L.) en la localidad de Telixtac del municipio de Axochiapan en el estado de Morelos que les permita asegurar cosechas libres de residuos tóxicos, es pertinente realizar una investigación que:

- Identifique las necesidades de los productores.
- Establezca los requisitos de un plan de manejo de plaguicidas que considere los tiempos de disipación de estos, los periodos de cosecha, de tal forma que se garantice la nula presencia de residuos de plaguicidas en el producto final
- Desarrolle una guía de referencia donde se presente el uso y manejo adecuado de plaguicidas agrícolas que coadyuve a la disminución del impacto ambiental al entorno.

#### **V. OBJETIVOS**

##### **Objetivo general**

Identificar las condiciones del uso y manejo de los plaguicidas utilizados por los productores morelenses en el control de plagas del cultivo de higo para el establecimiento de un plan de manejo sustentable en el estado de Morelos.

##### **Objetivos específicos**

- Aplicar una encuesta a los productores de higo (*Ficus carica* L.), para recopilar información sobre las labores culturales y técnicas que llevan a cabo sobre el uso de plaguicidas.
- Determinar el contenido de residuos de plaguicidas en diversos cultivos de higo (*Ficus carica* L.) y compararlos con los límites máximos permisibles.

- Evaluar el riesgo a la salud que representa el contenido de residuos de plaguicidas en cultivos de higo (*Ficus carica* L.), mediante el cálculo de ingesta diaria estimada (IDE).
- Determinar la cinética de disipación de Piraclostrobin y Cipermetrina como plaguicidas utilizados en el cultivo de higo (*Ficus carica* L.) y calcular la vida media de los mismos.
- Elaborar una guía de referencia de buen uso y manejo sustentable de plaguicidas agrícolas que coadyuve a la disminución del impacto ambiental.

## **VI. HIPÓTESIS**

El uso inadecuado de los plaguicidas en el cultivo de higo (*Ficus carica* L.) representa un riesgo de contaminación al ambiente y a la salud de los trabajadores expuestos y los consumidores, debido a la presencia de residuos de plaguicidas al momento de ser cosechados los frutos.

## VII. METODOLOGÍA

En los capítulos del marco teórico se realizó una recopilación de información enfocada en el tema de investigación que permite delimitar el objeto de estudio: productores de higo en el estado de Morelos y el uso de plaguicidas.

El proceso de investigación se desarrolló en el siguiente orden:

Paso 1. Se realizó una encuesta a los productores de higo, de la cual se obtuvo información sobre el uso de plaguicidas, abarcando las labores culturales y técnicas que han aplicado en la agricultura.

Paso 2. De la información obtenida de las encuestas, se determinó analizar dos de los plaguicidas que los productores usan con mayor frecuencia. Mediante el modelo de primer orden se graficaron curvas de disipación, las cuales mostraron el comportamiento de los plaguicidas. También, se calculó la vida media y los días en que pueden ser cosechados los frutos sin presencia de residuos de plaguicidas.

Por otra parte, se analizaron cosechas de diferentes cultivos de higo, para determinar si existían residuos de plaguicidas. De los resultados obtenidos, se verificó si las concentraciones estaban dentro de los límites máximos de residuos, de acuerdo con la base de datos de la Unión Europea. Para verificar el riesgo a la salud, se calculó la ingesta diaria estimada, misma que se comparó con la ingesta diaria admitida con base en los valores establecidos por la FAO.

Paso 3. Conforme se avanzaba en el proyecto, se fue llevando a cabo el desarrollo de una guía de referencia: buen uso y manejo sustentable de plaguicidas agrícolas, producto que servirá como un instrumento para la capacitación de los productores agrícolas del estado de Morelos. Cabe mencionar que esta guía considera puntos relevantes, para el cumplimiento de algunas metas establecidas en los objetivos de desarrollo sostenible.

## Encuestas

### Diseño de encuestas

De acuerdo con la literatura, la encuesta es la herramienta metodológica más utilizada en el desarrollo de una investigación, este instrumento permite obtener y analizar información sobre el sujeto de estudio de manera rápida y eficaz (Anguita *et al.*, 2003). En el desarrollo de este proyecto se diseñó una encuesta que permitirá generar información como los plaguicidas usados con más frecuencia por los productores de higo, además de conocer las prácticas agrícolas que se llevan a cabo en el lugar de estudio para el cultivo de higo.

A continuación, se describen las secciones que conforman la encuesta:

**I.- Sección Informativa.** En este apartado se describe el objetivo principal de la encuesta. También se menciona que la información recopilada será para definir proyectos que darán soluciones a problemáticas específicas, también, en esta parte se indica que el encuestado autoriza mediante firma autógrafa el uso de la información únicamente para fines de la investigación.

**II.- Sección de Instrucciones.** En esta sección se describen las instrucciones de cómo debe ser contestada la encuesta y sobre todo se menciona que todas las hojas deben contar con la rúbrica del encuestado, esto para validar su autorización y uso de datos.

**III.- Sección de Preguntas.** Esta sección se divide en tres apartados, ya que se requiere de información específica del cultivo del higo.

- Información general del productor
- Información de la parcela
- Laborales culturales: preparación del suelo, trasplante, fertilización, riego, poda, control de plagas, control de enfermedades, cosecha, infraestructura física disponible, infraestructura documental disponible.

**IV.- Sección de Cierre.** Finalmente, se agradece al encuestado su participación y se solicita escriba su nombre y firma. Por último, se registran los datos del responsable de la encuesta, como autenticidad y elaboración propia.

Para el diseño de la encuesta se tomaron como referencia algunos de los requisitos de los lineamientos para obtener el certificado o reconocimiento en Reducción de Riesgos de Contaminación (SRRC), Buen Uso y Manejo de Plaguicidas (BUMP) y Buenas Prácticas en la Actividad de Cosecha (BPCo) que otorga el Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA).

El formato de la encuesta se presenta en el apartado de anexos.

La información obtenida se procesó mediante el uso del software SPSS, el cual, mediante un análisis de alfa de Cronbach, se estimó la fiabilidad de la encuesta, mediante el cálculo del promedio de las correlaciones entre las preguntas (Frías-Navarro, 2014). El valor de Alfa de Cronbach oscila de 0 a 1. Cuanto más cerca se encuentre el valor del alfa a 1 mayor es la consistencia interna de las preguntas analizadas. De acuerdo con la literatura, el valor mínimo aceptable para el coeficiente Alfa de Cronbach es 0.7; lo que representa una fuerte correlación entre cada una de las preguntas. Por lo contrario, un valor inferior a 0.7 revela una débil relación entre ellas (Bojórquez Molina *et al.*, 2013).

### **Aplicación y Validación de encuestas**

Una vez que las encuestas fueron aplicadas a productores de higo de las localidades de Telixtac del municipio de Axochiapan (Figuras 15 y 16), la información fue ingresada al software SPSS para calcular el alfa de Cronbach y verificar si el instrumento utilizado en el presente trabajo es fiable para poder ser aplicado a una población estudio.



**Figura 15.** Encuesta en la localidad de Telixtac.



**Figura 16.** Encuesta en la localidad de Telixtac .

La información obtenida de las encuestas será presentada en gráficas realizadas en Excel, obtenidas de tablas de frecuencia.

## **Determinación de residuos de plaguicidas en diversos cultivos de higo del estado de Morelos.**

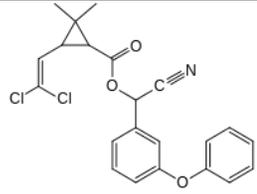
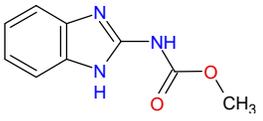
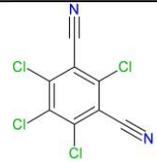
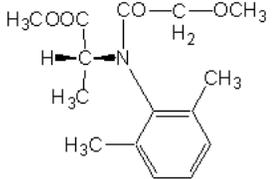
### **Experimentos de campo**

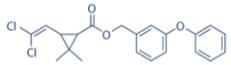
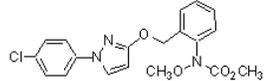
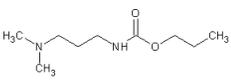
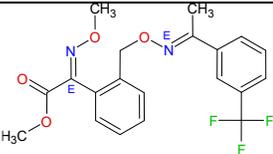
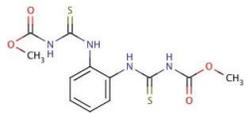
Para la determinación del contenido de plaguicidas en diversos cultivos de higo y los experimentos de campo se llevaron a cabo en 15 parcelas diferentes. Las plantas se seleccionaron al azar de cada cultivo y se tomaron 20 piezas de higo (2 kg, aproximadamente). Luego se colocaron dentro de bolsas de polietileno estériles, se refrigeraron y se transportaron al laboratorio para su análisis. Una vez en el laboratorio, las muestras se procesaron de acuerdo con el documento guía sobre procedimientos de validación y control de calidad de métodos analíticos para la determinación de residuos de plaguicidas en alimentos y piensos (FAO y OMS, 2017).

### **Productos químicos y Materiales**

Los plaguicidas analizados se presentan en este apartado con sus respectivos porcentajes de pureza, los cuales son cipermetrina 99.2%, carbendazim 99.2%, clorotalonil 99.1%, metalaxil-M 99.1%, permetrina 97.8%, piraclostrobin 97.1%, propamacarb 99.2%, trifloxistrobina 99.1%, tiofanato-metil 99.1% y atrazina como patrón interno (Cuadro 14) (AccuStandar, New Haven, CT, EE. UU.). Todos los disolventes (tolueno, acetonitrilo, metanol, ácido acético, ácido fórmico y agua grado pesticida) se obtuvieron de TEDIA High Purity Solvents (Carson City, CA, EE. UU.). El kit de extracción en fase sólida dispersiva QuEChERS se compró a Waters, Company (México).

**Cuadro 14.** Ingredientes Activos del estudio.

Ingrediente Activo	Número CAS	Grupo Químico	Modo de Acción	Fórmula Molecular	Peso Molecular (g/mol)	Presión de Vapor A 20°C (mPa)	Punto de Fusión C°	Estructura molecular
Cipermetrina	52315-07-8	Piretroide	Insecticida	$C_{22}H_{19}Cl_2NO_3$	416.3	$6.78 \times 10^{-3}$	60-80	
Carbendazim	10605-21-7	Bencimidazol	Fungicida	$C_9H_9N_3O_2$	191.2	0.09	305	
Clorotalonil	1897-45-6	Cloronitrilo	Fungicida	$C_8Cl_4N_2$	265.9	0.076	252.1	
Metalaxyl-M	70630-17-0	Fenilamida	Fungicida	$C_{15}H_{21}NO_4$	279.33	3.3	38.7	

Permetrina	52645-53-1	Piretroide	Insecticida	$C_{21}H_{20}Cl_2O_3$	391.3	$7 \times 10^{-3}$	34.5	
Piraclostrobina	175013-18-0	Carbamato	Fungicida	$C_{19}H_{18}ClN_3O_4$	387.8	$2.60 \times 10^{-5}$	63.7	
Propamocarb	24579-73-5	Carbamato	Fungicida	$C_9H_{20}N_2O_2$	188.27	$1.66 \times 10^{-3}$	45-55	
Trifloxistrobina	141517-21-7	Estrobilurina	Fungicida	$C_{20}H_{19}F_3N_2O_4$	408.4	$3.40 \times 10^{-3}$	72.9	
Tiofanato-metilo	23564-05-8	Bencimidazol	Fungicida	$C_{14}H_{18}N_4O_4S_2$	370.5	$9 \times 10^{-3}$	172	

Fuente: AccuStandar, New Haven, CT, EE. UU.

## **Preparación y limpieza de muestras**

El procedimiento de extracción y limpieza utilizado se basó en el método de preparación de muestras QuEChERS (rápido, fácil, barato, eficaz, resistente y seguro) para plaguicidas. El fruto de higo se preparó primero homogeneizando 2.0 kg en una licuadora. Luego se colocaron 10 g de muestra homogeneizada en un tubo de centrífuga de politetrafluoroetileno (PTFE) de 50 mL con 10 mL de acetonitrilo que contenía atrazina (estándar interno 0.000133 mg / kg), 1 g de citrato de sodio ( $\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$ ), 1 g de Cloruro de sodio ( $\text{NaCl}$ ) y 4 g de sulfato de magnesio ( $\text{MgSO}_4$ ). Cada tubo se agitó durante 2 min, y posteriormente se llevó a un baño de ultrasonido durante 5 min, luego se centrifugaron las muestras a 3500 rpm durante 3 min. De esta solución se tomó una alícuota de 5 mL en un tubo de plástico que contenía 900 mg de sulfato de magnesio ( $\text{MgSO}_4$ ), 150 mg de PSA (amina primaria y secundaria), 150 mg de resina C18 y 80 g de carbón activado, luego se agitó en un vórtice y se centrifugó a 3500 rpm durante 3 min. El sobrenadante se filtró a través de una membrana de nylon (0.2  $\mu\text{m}$ ), el filtrado se dividió en dos alícuotas iguales para el análisis por cromatografía de gases y líquida.

## **Rendimiento del método analítico**

Se realizaron soluciones madre individuales de plaguicidas (1 mg/mL) y luego una serie de diluciones hasta obtener una solución madre de 20 ng/mL, utilizando acetonitrilo como disolvente. Las curvas de calibración se prepararon mediante la dilución adecuada de la solución madre en la muestra blanco (higo homogeneizado) para corregir el efecto de la matriz. Las concentraciones de las curvas de calibración variaron entre 0.00011, 0.00032, 0.00107, 0.00218, 0.00641 y 0.01202 mg/kg. Las proporciones de la concentración de cada compuesto sobre la concentración del estándar interno se trazaron frente a las relaciones de las áreas de cada estándar sobre el área del estándar interno, y se ajustaron mediante regresión lineal simple para obtener la ecuación de las gráficas estándar para los plaguicidas probados.

Los estándares internos de los plaguicidas analizados fueron Cypermethrin 99.2%, Carbendazim 99.2%, Chlorothalonil 99.1%, Metalaxyl-M 99.1%, Permetrin 97.8%, Pyraclostrobin 97.1%, Promacarb 99.2%, Trifloxystrobin 99.1%, Thiophanate-methyl 99.1% (AccuStandar, New Haven, CT, EE. UU.).

La prueba de recuperación media se realizó utilizando muestras de higo en blanco enriquecidas con tres niveles de concentración diferentes de plaguicidas seleccionados (0.005, 0.2 y 1.0 mg/kg). Las muestras enriquecidas se dejaron reposar durante 2 horas a temperatura ambiente antes de la etapa de extracción; este procedimiento se realizó para distribuir el plaguicida de manera uniforme y garantizar una interacción completa con la matriz de la muestra. Las muestras enriquecidas se procesaron como se explicó anteriormente.

### **Análisis de cromatografía de gases-espectrometría de masas en tándem (GC-MS / MS)**

Se analizaron cipermetrina, clorotalonil, metalaxil-M y permetrina mediante cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas triple cuadrupolo (GC / QqQ, Agilent, Santa Clara, CA, EE. UU.) con ionización electrónica (EI). La separación de los compuestos se llevó a cabo en una columna HP 5, 15 m, 250 µm DI, 0.25 µm de espesor de película (Agilent, Santa Clara, CA, EE. UU.). La temperatura del horno se fijó a 90 °C y se mantuvo durante 2 min, luego se elevó a una rampa de 15 °C (1 min) a 180 °C (2 min), luego a una rampa de 5 °C (1 min) a 330 °C (5 min). Se utilizó nitrógeno como gas de colisión QqQ (99.9999%, INFRA, Ciudad de México, México) a 1.5 mL / min y el gas portador fue Helio (99.9999%, INFRA, Ciudad de México, México) a 2.25 mL / min. La energía de ionización fue de 70 eV y las temperaturas de los cuadrupolos se fijaron en 150 °C. Se realizaron experimentos de iones de producto y de energía de colisión para determinar los dos iones de producto óptimos, las energías de colisión y las relaciones entre los iones cuantificadores y calificadores. La línea de transferencia del detector selectivo de masas (MSD) estuvo a 250 °C y la fuente de iones se estableció a 320 °C. El Cuadro

15 resume las transiciones de monitoreo de reacción múltiple (MRM) y la energía de colisión para cada transición.

**Cuadro 15.** Resumen de los parámetros optimizados para cada plaguicida por GC-MS / MS.

Ingrediente Activo	Primera transición (m/z)	Energía de colisión (V)	Segunda transición (m/z)	Energía de colisión (V)
Cipermetrina	181→152	20	163 →127	5
Clorotalonil	265 → 133	40	263 → 168	25
Metalaxyl-M	234→174	10	220 → 192	10
Permetrina	183→153	15	183 → 77	35

### **Análisis de espectrometría de masas en tándem de cromatografía líquida de ultra rendimiento (UPLC-MS / MS)**

El análisis de carbendazima, piraclostrobina, propamacarb, trifloxistrobina y tiofanato-metilo se realizó en un cromatógrafo de líquidos Waters UPLC-MS / MS (XEVO TQ-MS Mass Spectrometer, Waters, Milford, MA, EE. UU.) en ionización por electrospray en modo positivo (ESI). Para la desolvatación se utilizó gas nitrógeno a un flujo de 100 L / h 500 °C, argón como gas de colisión a un flujo de 0.15 mL / min (Columna C18, Acquity, UPLC BEH, 1.7 µm, 2.1 x 100 mm, Waters, Milford, MA, EE.UU.), a una temperatura de 60 °C, el volumen de inyección fue de 10 µL. Las fases móviles A y B fueron acetonitrilo y ácido fórmico al 0.1% (70:30 (v / v)), a un caudal constante de 0.30 mL / min. La energía de la celda de colisión y el voltaje de fragmentación se optimizaron en el modo dinámico de Monitoreo de Reacciones Múltiples (MRM) (Cuadro 16).

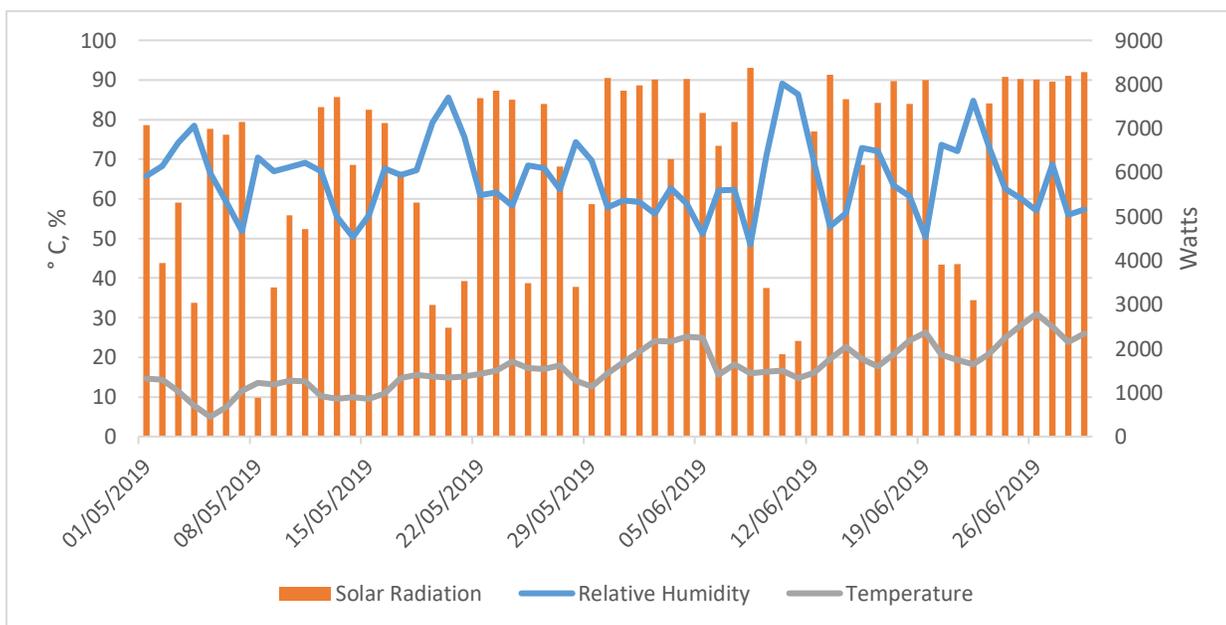
**Cuadro 16.** Resumen de los parámetros optimizados para la determinación de cada plaguicida por UPLC-MS / MS.

Plaguicida	Primera transición (m/z)	Energía de colisión (V)	Segunda transición (m/z)	Energía de colisión (V)
Carbendazim	192→160	10	192 → 132	27
Piraclostrobin	388 → 194	17	388 → 163	33
Promacarb	189→ 102	23	189 → 144	17

Trifloxystrobina	409 → 186	25	409 → 145	60
Tiofanato de metil	343 → 151	25	343 → 311	11

### Condiciones climáticas

Durante el desarrollo del estudio (mayo-junio 2019), las condiciones climáticas presentaron los siguientes valores promedio: temperatura 17.4 °C (max: 31.0, min: 5.0 °C), humedad relativa (RH) 65.0% (max: 89.0, min: 48.5%), radiación solar (SR) 6421.0 Watts (max: 8377.6, min: 1869.9 Watts) y duración de la luz solar (SD) 564.7 minutos (max: 960.6, min: 0 minutos) (Figura 17).



**Figura 17.** Condiciones climáticas durante el período de estudio.

## Ingesta diaria y evaluación de riesgos para la salud

Para el cálculo de la ingesta diaria estimada (IDE) se multiplica la concentración residual del plaguicida (mg/kg) por la tasa de consumo de alimentos (kg/día) y dividiendo por un peso corporal de 60 kg para la población adulta (Ecuación 6). La ingesta diaria promedio de higo para adultos (LP) considerada fue de 0.0235 kg / persona/día, según el atlas agroalimentario de México (SIAP, 2017).

$$IDE = \frac{LP * HR}{bw}$$

**Ecuación 6.** *Ingesta Diaria Estimada*

Donde LP: consumo diario (kg/peso/día)  
HR: residuo del pesticida (mg/kg)  
bw: peso corporal promedio

Posteriormente los valores calculados de la IDE comparados con los valores proporcionados por la OMS los de la ingesta diaria admisible (IDA) se calcula el Índice de Riesgo de Salud (RHI; por sus siglas en inglés) de los residuos, utilizando la Ecuación 7, modificada después por La Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA; por sus siglas en inglés).

$$RHI = \frac{IDE}{IDA}$$

**Ecuación 7.** *Índice de Riesgo de Salud*

El EDI es la ingesta diaria estimada, la IDA es la ingesta diaria admisible. Si el valor  $RHI > 1$ , se considera no seguro para la salud humana (Rey *et al.*, 2018).

## **Disipación de cipermetrina y piraclostrobin en el cultivo de higo en el estado de Morelos**

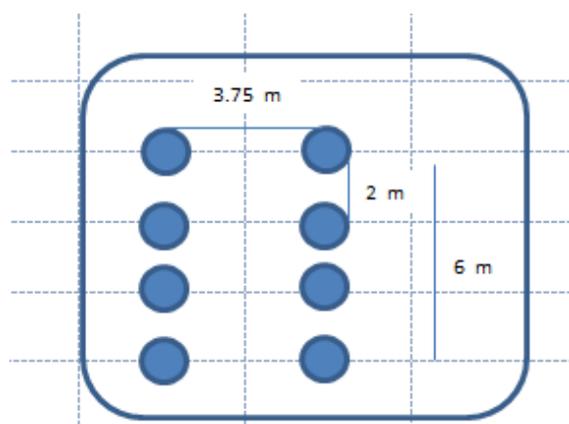
### **Lugar de estudio**

El municipio de Axochiapan del estado de Morelos, México, colinda al norte con los municipios de Tepalcingo, Jonacatepec y Jantetelco; al este y sur con Puebla; al oeste con Puebla y el municipio de Tepalcingo. Cuenta con una superficie de 141.954 Km<sup>2</sup> (SEDESOL, 2013), de los cuales 1,093 hectáreas son de uso agrícola. El tipo de suelo se compone de vertisol (63.34%), Durisol (18.97%), Regosol (7.78%) y Phaeozem (4.43%); el clima es cálido subhúmedo con lluvias en verano. El rango de precipitación reportado va de 800 a 1000 mm (INEGI, 2009).

El lugar de estudio está localizado en la localidad Telixtac, ubicada dentro del municipio de Axochiapan. El campo experimental donde se llevó a cabo este trabajo fue en la “Huerta Arias 2”, ubicada en las coordenadas 18°33'59.0" Norte y 98°47'26.2 Oeste, cuenta con una superficie aproximada de 8,000 m<sup>2</sup>. El riego rodado es el que se realiza en los cultivos de esta zona, la huerta tiene un total 600 árboles, distribuidos a una distancia de 3.75 m entre hileras y 2 m dentro de la misma hilera. Cada árbol cuenta con un follaje abundante y con una altura de 2 metros en promedio.

### **Trazo de la parcela experimental**

Para la toma de muestras se tomó en consideración el Manual Técnico de Muestreo de Productos Agrícolas para la Determinación de Residuos de Plaguicidas (SADER y SENASICA, 2010), donde se menciona que la muestra para el análisis residual de plaguicidas debe ser tomada de un área de 20 m<sup>2</sup>. De acuerdo con la distribución de los árboles en la huerta experimental “Huerta Arias 2”, se calculó que ocho árboles corresponden al área requerida mencionada anteriormente, considerando esta área un bloque y del cual se obtiene una repetición, por lo tanto, se requiere la cantidad de 24 árboles lo que correspondería a tres bloques y de cada uno obtener una muestra y así tener las tres repeticiones (Figura 18).



**Figura 18.** Bloque experimental (8 árboles).

Previo a la aplicación de los plaguicidas a analizar, se tomaron 1.5 kg de frutos en árboles de bloque testigo, donde se verificó mediante un análisis de laboratorio que efectivamente este cultivo no tuviera algún otro residuo de plaguicida.

### Diseño experimental

El diseño del estudio se realizó en bloques al azar, para dos ingredientes activos, con tres repeticiones (A, B, C), tomadas en tres periodos de tiempo (Cuadro 17).

**Cuadro 17.** Tratamientos y fechas de muestreo en cultivo de Higo (*Ficus carica* L.)”

No.	Producto	Ingrediente Activo (I.A.)	Dosis (I.A./Agua)	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
				11 de mayo	25 de mayo	8 de junio
1	ZULU	Cipermetrina	25 mL/ 20 L	A-B-C	A-B-C	A-B-C
2	HEADLINE	Piraclostrobin	25 mL/ 20 L			
3	NA	Testigo	NA	NA	NA	NA

NA: No aplica

De acuerdo con la programación de los muestreos, el primero se realizó el 11 de mayo de 2019, dos horas después de la aplicación de los plaguicidas, y posteriormente a los 15 y 30 días. Los frutos cosechados se enviaron a un laboratorio de Agrolab, ubicado en el municipio de Cuautla, donde realizan análisis de residuos de plaguicidas y también es laboratorio tercero autorizado por la Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS). Antes de la aplicación de los plaguicidas, los tres bloques de ocho árboles fueron señalados con una cinta, esto para una mayor identificación al momento de realizar la aplicación de los plaguicidas. Los árboles estaban a una distancia de 3.75 m entre hileras y 2 m dentro de la misma hilera, esta distribución permitió tener una mejor manipulación al momento de la toma de muestras, llevando a cabo las recomendaciones en el Manual Técnico de Muestreo de Productos Agrícolas para la Determinación de Residuos de Plaguicidas (SADER y SENASICA, 2010). Con base a los lineamientos, se tomó 1.5 kg del fruto, se colocó en una bolsa de plástico transparente, se etiquetó y preservó en una hielera, para posteriormente ser transportada al laboratorio.

De acuerdo con la literatura, la cipermetrina es un insecticida piretroide, sintetizado en 1974 e introducido en el mercado en 1977, la Organización Mundial de la Salud (OMS) lo clasifica como “Moderadamente peligroso” (clase II), en banda color amarilla; este plaguicida está registrado a nivel mundial para el manejo de plaga de insectos en pastos (*Collaria scenica*), cosechas, invernáculos, campos agrícolas y tratamiento de post-cosecha (Cardona *et al.*, 2015; Lewis *et al.*, 2016a). Por otro lado, el piraclostrobin es un fungicida clasificado como “Moderadamente peligroso” (clase II), identificado con banda color amarilla en su etiqueta. Este fungicida es utilizado para controlar los principales patógenos como *Septoria tritici*, *Puccinia* spp.; *Pyrenophora teres*, que se presentan en vegetales, cereales y otros cultivos. Aunque es más recomendado para los cultivos de cereales (incluidos trigo, cebada y avena), maíz forrajero, remolacha azucarera, patatas, hortalizas (incluidas las brassicas, zanahoria), frijoles, guisantes; fruta (incluyendo fresa y grosellas negras) (BASF, 2018; Lewis *et al.*, 2016).

### Calibración del equipo de dosificación de los plaguicidas

Antes de la aplicación de los plaguicidas, fue necesario calibrar el equipo de aspersión, fumigadora de alta presión SHP-800 (bomba de pistón de doble acción, tanque semi-transparente para controlar el nivel de la solución de plaguicidas, con sistema reductor de vibraciones para el confort de los usuarios). Una vez que se calibró el equipo de aspersión, considerando la cantidad de 10 árboles se determinó que el volumen gastado fue de 8.2 L de agua. Por lo tanto, se hizo la conversión de volumen que se puede gastar asperjando la cantidad de 24 árboles, como se presenta en el Cuadro 18.

**Cuadro 18.** Cálculo de volumen de agua.

Árboles		Agua
10	=	8.2 L
24	=	19.68 L

El gasto promedio para 24 árboles fue de 20 L de agua. Tomando de referencia las recomendaciones de las etiquetas de los fabricantes, se realizó el cálculo de la dosis del ingrediente activo (Cuadro 19). De acuerdo al resultado anterior, la dosis que se necesita para al volumen de 20 litros de agua es de 25 mL de ingrediente activo, para los 24 árboles.

**Cuadro 19.** Cálculo de dosis de Ingrediente Activo (I.A).

Dosis I.A.		Agua
250 mL	=	200 L
25 mL	=	20 L

## Aplicación de plaguicidas

Para la aplicación de los plaguicidas, se tomaron en consideración las recomendaciones de los fabricantes de los plaguicidas, en horas con poca radiación solar, vientos no mayores a 15 km/hora y usar el equipo de protección personal (Figura 19) (Anexo 2).

<p><b>Datos</b> <b>Fecha:</b> 11 de mayo del 2019 <b>Huerta:</b> Arias 2 <b>Localidad:</b> Telixtac <b>Municipio:</b> Axochiapan <b>Coordenadas:</b> 18°33'59.0" Norte y 98°47'26.2 Oeste <b>Temperatura:</b> 19°C <b>Radiación solar:</b> 0.9 W/m<sup>2</sup> <b>Humedad:</b> 52% <b>Hora de aplicación :</b> 7:30 am</p>	
--	---

**Figura 19.** Aplicación de plaguicidas.

## Análisis de resultados

Una vez que se obtengan los resultados del laboratorio, se procederá a analizar los datos mediante ecuaciones de los modelos de 1 st, 1.5 st y 2 do orden, mismas que permitan seleccionar el modelo que mejor represente la cinética de disipación de los plaguicidas estudiados, así como también se podrá calcular el tiempo de vida media.

## **Guía de referencia: Buen uso y manejo de los plaguicidas agrícolas y el cumplimiento con los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la Agenda 2030**

Durante del desarrollo de la investigación se elaboró una guía de referencia: buen uso y manejo adecuado de los plaguicidas agrícolas, donde se integran temas relacionados con las actividades agrícolas en la aplicación de plaguicidas. Esta guía parte desde lo más básico: qué es un plaguicida, la clasificación de los plaguicidas, el uso correcto de equipo de protección personal, plaguicidas autorizados, entre otros. También se menciona el manejo de envases de plaguicidas como residuos peligrosos, y la importancia de no dejarlos tirados sobre las parcelas o cultivos, ya que pueden ocasionar contaminación ambiental y por otro lado, al reutilizar estos envases en actividades domésticas, ponen en riesgo la salud de los propios agricultores y sus familias.

Esta guía de referencia servirá de apoyo para brindar capacitaciones sobre el buen uso y manejo adecuado de plaguicidas agrícolas. Este documento será proporcionado al Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Morelos (CESVMOR), con la finalidad de que lo puedan utilizar en las capacitaciones dirigidas a los productores agrícolas de Morelos.

Uno de los beneficios que tendrá este instrumento de capacitación, es que no solo servirá para productores de higo, sino que también, podrá ser usado por todos los productores agrícolas independientemente del tipo de cultivo que practiquen, ya que los temas a considerar serán dirigidos de forma general. De esta manera, la guía de referencia coadyuvará a la actividad agrícola del estado de Morelos, previniendo los impactos negativos en el entorno, evitando la posible contaminación y riesgos a la salud del productor y del consumidor por la inadecuada disposición de los envases vacíos de plaguicidas, considerados por sus características como residuos peligrosos.

Por otra parte, la guía de referencia servirá para mejorar las actividades agrícolas encaminadas a una agricultura sustentable o sostenible, contribuyendo al llamado universal de la Agenda 2030, donde se establecen los 17 Objetivos de Desarrollo

Sostenible (ODS) para lograr el crecimiento económico, la inclusión social y la protección del medio ambiente, donde la agricultura sostenible ha demostrado ser un acelerador para que los países alcancen múltiples objetivos, tales como, erradicar la pobreza extrema, el hambre, la malnutrición; promover la gestión sostenible de recursos naturales, incluidos la biodiversidad, pesca, bosques, tierra, suelos, agua y océanos; atenuar los efectos del cambio climático, adaptándose a él y creando resiliencia (Naciones Unidas, 2018).

Es por ello que la guía de referencia considera la aplicación de algunos de los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) (Figura 20). Objetivos que abordan retos y desafíos más urgentes de manera global, promoviendo la protección del planeta de la degradación ambiental, abordando el cambio climático y el asegurar que todas las personas puedan disfrutar vidas prósperas, saludables y satisfactorias; fomentando sociedades pacíficas, justas e inclusivas, libres de violencia y sin miedo (SDSN Australia/Pacific, 2017).



**Figura 20.** Objetivos de desarrollo sostenible.

Fuente: SDSN Australia/Pacific, 2017.

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) que se pretenden considerar en la guía de referencia son los siguientes:

- **ODS 2 – Hambre Cero**  
Poner fin al hambre, lograr la seguridad alimentaria y la mejora de la nutrición y promover la agricultura sostenible.
- **ODS 6 – Agua Limpia y Saneamiento**  
Garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos.
- **ODS 8 – Trabajo decente y Crecimiento Económico**  
Fomentar el crecimiento económico sostenido, inclusivo y sostenible, el empleo pleno y productivo, y el trabajo decente para todos.
- **ODS 12 – Producción y Consumo Responsable**  
Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles.
- **ODS 13 – Acción por el Clima**  
Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos.
- **ODS 15 – Vida de Ecosistemas Terrestres**  
Gestionar sosteniblemente los bosques, luchar contra la desertificación, detener e invertir la degradación de las tierras y detener la pérdida de biodiversidad.
- **ODS 17 – Alianzas para lograr los objetivos**  
Revitalizar la Alianza Mundial para el Desarrollo Sostenible.

Los ODS enfatizan las interconexiones tanto entre las dimensiones sociales, económicas y medioambientales del desarrollo sostenible, relacionando entre sí los objetivos. Para el cumplimiento de los mismos, se incluyen metas orientadas a movilizar los recursos necesarios para implementarlos, como alianzas, financiación y políticas activas (Nilsson *et al.*, 2016). Se reconoce que al abordar los desafíos que plantean los ODS es responsabilidad de todos y llama explícitamente a las empresas, la sociedad civil, al tercer sector y al sector académico, entre otros, a colaborar para lograr el cumplimiento de los ODS (SDSN Australia/Pacific, 2017).

Es por ello, que mediante la guía de referencia se busca colaborar y cumplir con algunas de las metas de los ODS que se mencionaron anteriormente.

Pero, sobre todo, el objetivo de esta guía de referencia es proporcionar información necesaria y básica a los productores agrícolas. De forma gráfica y entendible para que se puedan sentir seguros y confiados al momento de realizar correctamente sus actividades, donde los beneficios que se enmarcan no tan solo serán económicos, sino también, sociales, ambientales y sobre todo en la salud.

## VIII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

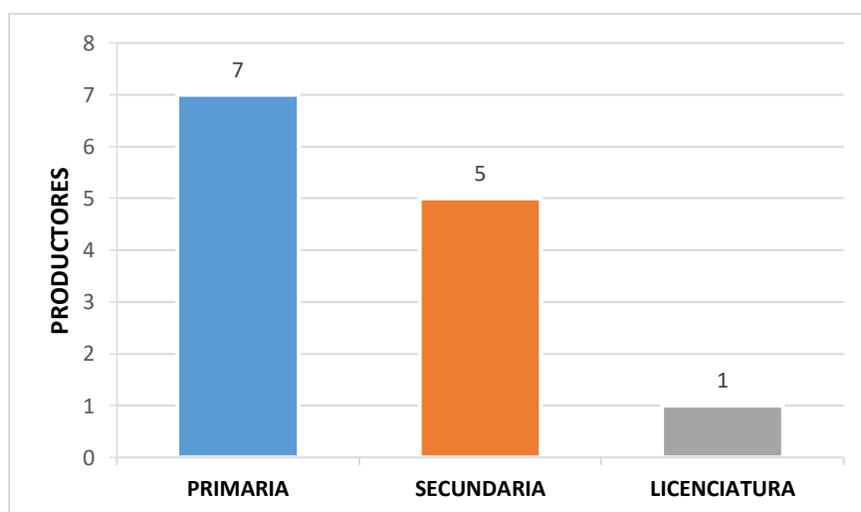
### Análisis de encuestas

Los resultados que se presentan a continuación son derivados de la sección de preguntas de las encuestas, donde abarca desde la información general del productor, información de la parcela y las labores culturales que practican los productores.

### Información general de productor

De acuerdo con la información proporcionada por el Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Morelos (CESVMOR), los productores del estado se encuentran agrupados por zonas y tipo de cultivo que siembran. En el municipio de Axochiapan se tiene registrado a 40 productores de higo, del total de este grupo, la encuesta fue aplicada a 13 productores ubicados en la localidad de Telixtac. Para el presente trabajo, el 100 % de los productores encuestados fueron del sexo masculino.

En la Figura 21, se presenta el nivel de escolaridad que tienen los productores que se dedican al cultivo de higo, en la localidad de Telixtac en Axochiapan donde se realizó el estudio.



**Figura 21.** Escolaridad de los productores.

Solo diez de los productores cuenta con la primaria, siguiendo secundaria y por último la universidad. En esta encuesta los rangos considerados para representar la edad son los siguientes: Joven de 18 a 29 años, Adulto de 30 a 60 años y Adulto Mayor más de 60 años (Figura 22).

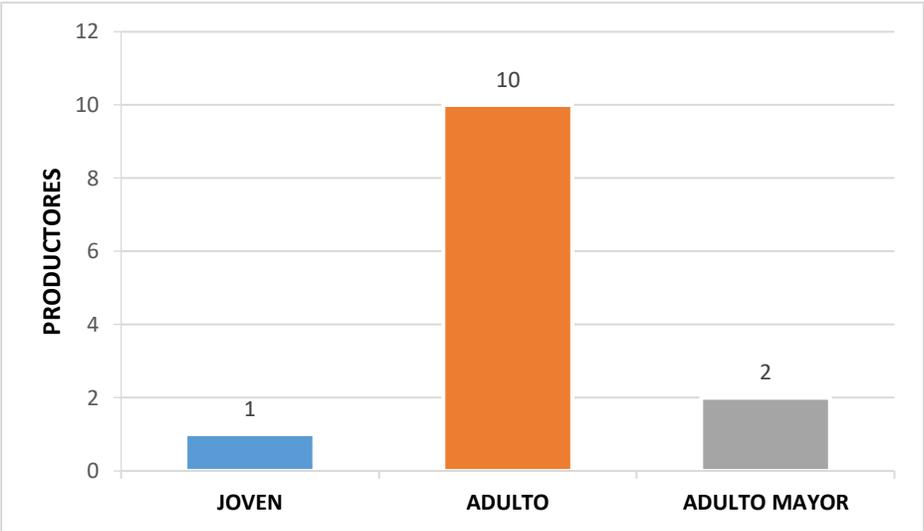


Figura 22. Etapa de vida de los productores.

El tiempo en que se han dedicado a las actividades agrícolas oscilan entre los 3 o más de 10 años (Figura 23).

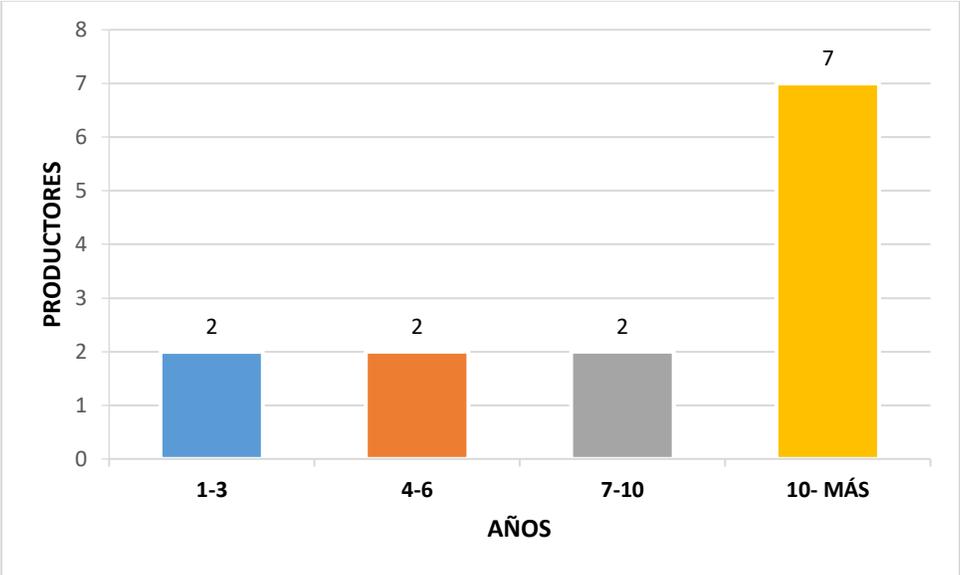
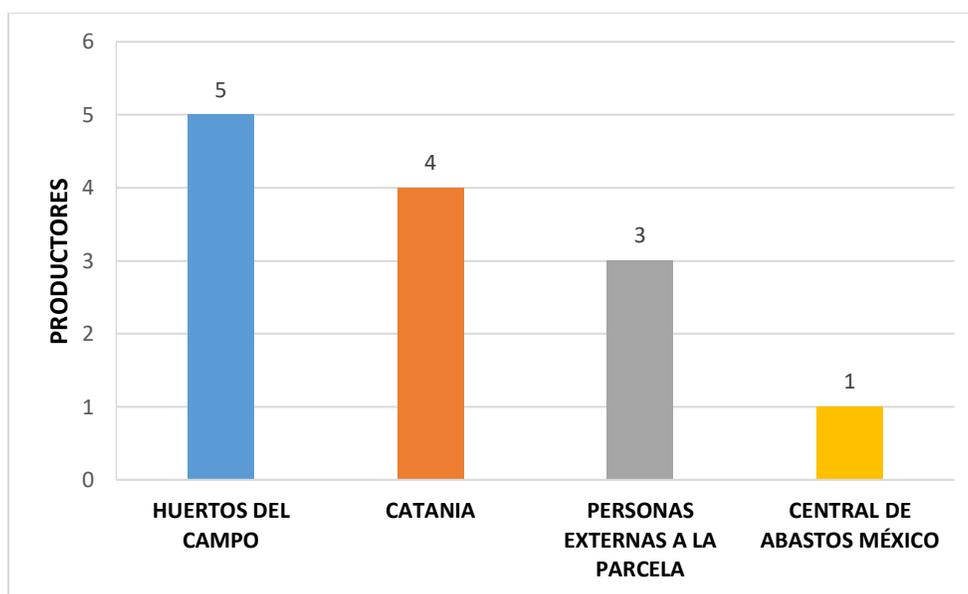


Figura 23. Tiempo que han realizado actividades agrícolas.

De acuerdo a los resultados los productores de higo de la localidad de Telixtac el 100% son hombres y la mayor parte de este grupo de agricultores se encuentran en la etapa adulta, los cuales han realizado de diez a más años la actividad agrícola en su vida. Cabe mencionar que el 53% solo han terminado la primaria, 38% la secundaria y solo el 8% ha concluido sus estudios a nivel licenciatura. A pesar de lo mencionado anteriormente no es exclusivo de este estudio, ya que en una investigación de uso práctico de plaguicidas en Cuba realizada por López-Dávila *et al.*(2020) mencionan que los trabajadores agrícolas se encuentran en una edad adulta y que el 55% de ellos contaban con un nivel de estudio secundario y que el 15.7% ha finalizado algún estudio universitario. Caso parecido en el estudio por Ordoñez-Beltrán *et al.* (2019) donde el 80% de productores agrícolas son hombres y la edad promedio de los trabajadores oscila entre los 50-56 años, considerandolos en etapa adulta. Por otra parte, es importante mencionar que a pesar de que no se tuvo contemplado en el presente estudio incluir dentro de la encuesta, la edad en que ellos iniciaron con los trabajos en el campo, durante las encuestas varios productores comentaban que desde niños ayudaban a sus familias en las labores agrícolas.

## Información general de la parcela

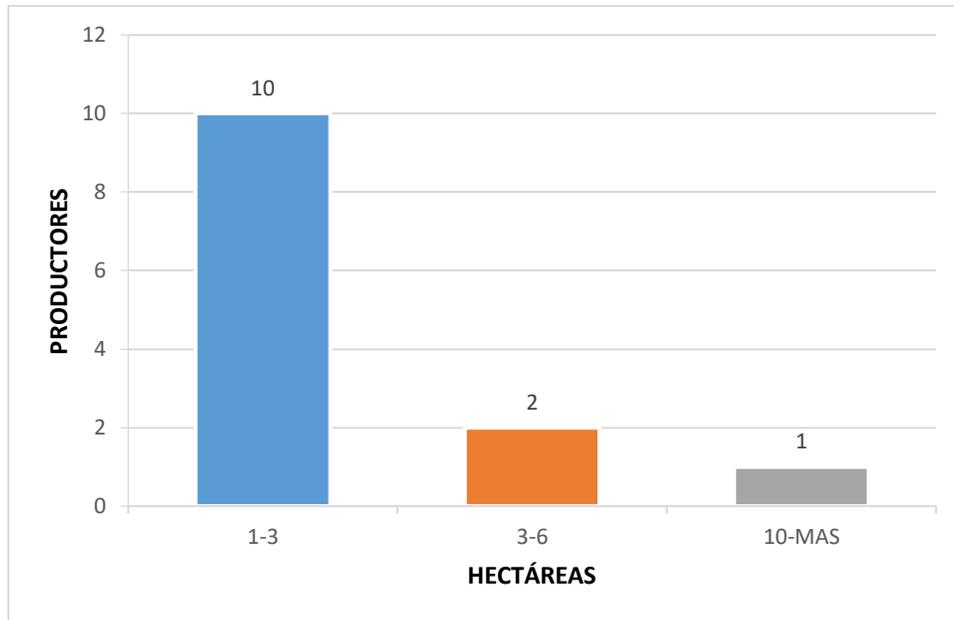
Una vez cosechados los frutos de higo, los productores llevan a cabo comercialización de su producto. Las empacadoras donde llevan su producto son Huertos del Campo y Catania. Solo un productor vende en la Central de Abastos de México y en ocasiones, llegan personas hasta sus parcelas para realizar la compra (Figura 24).



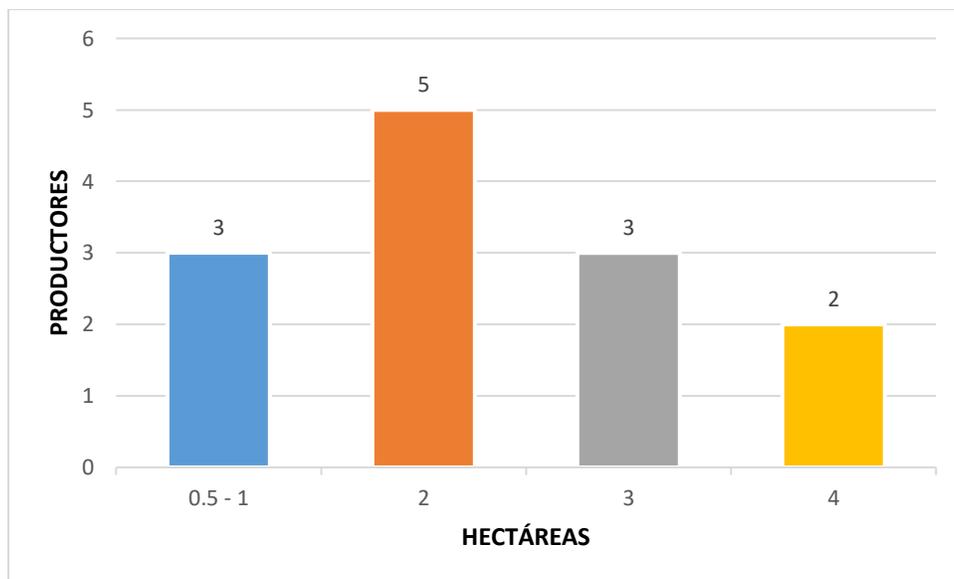
**Figura 24.** Empacadora o lugar donde los productores venden.

La variedad de higo que cultivan los productores es 100 % Black Mission, esto debido a la firmeza de su fruto y la buena aceptación en el mercado nacional, Estados Unidos y Canadá (Balderas, 2021).

En la Figura 25 se presenta la cantidad de parcelas que tienen los productores y en la Figura 26 la superficie de las mismas.

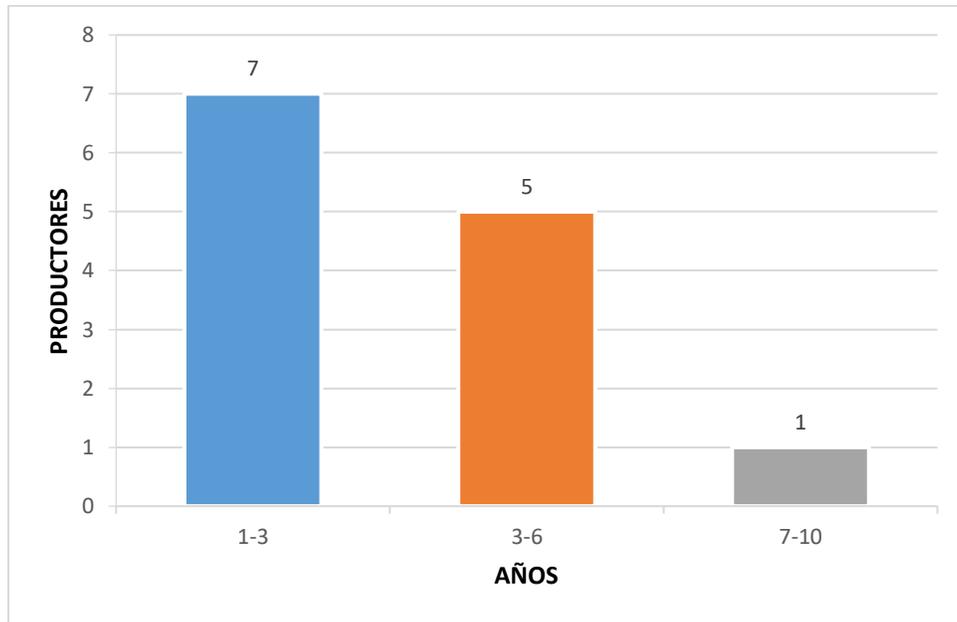


**Figura 25.** Número de parcelas que tienen los productores.



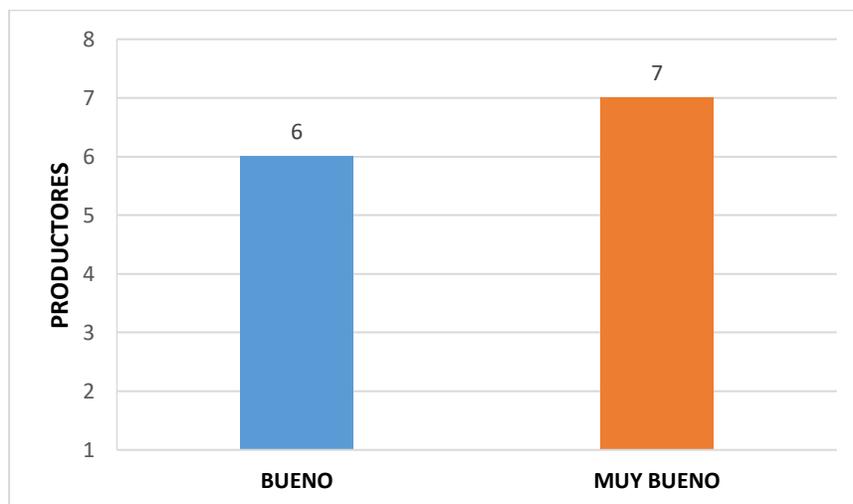
**Figura 26.** Superficie de parcelas.

Por otra parte, el tiempo que los productores reportan con actividad agrícola en el cultivo de higo (Figura 27) van desde los 1 hasta 10 años.



**Figura 27.** Tiempo cultivando higo.

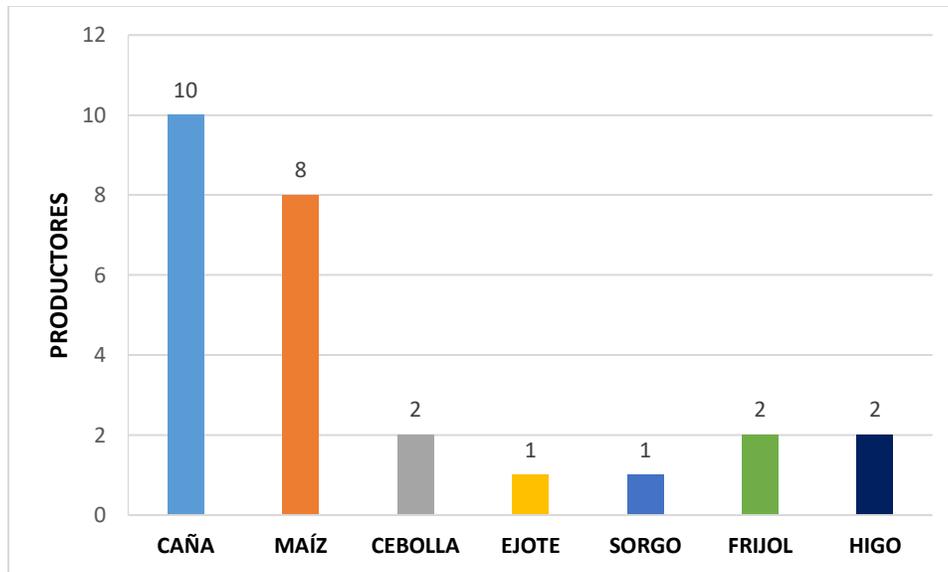
El rendimiento que los productores han tenido cultivando higo se presenta en la Figura 28. De acuerdo a la encuesta, siete de los productores obtienen un rendimiento 5 a 8 toneladas al año, considerandolo como un rendimiento muy bueno. Por otro lado, seis de los productores llegan de 1 a 4 toneladas al año, considerando este rendimiento bueno.



**Figura 28.** Rendimiento de cultivo de higo.

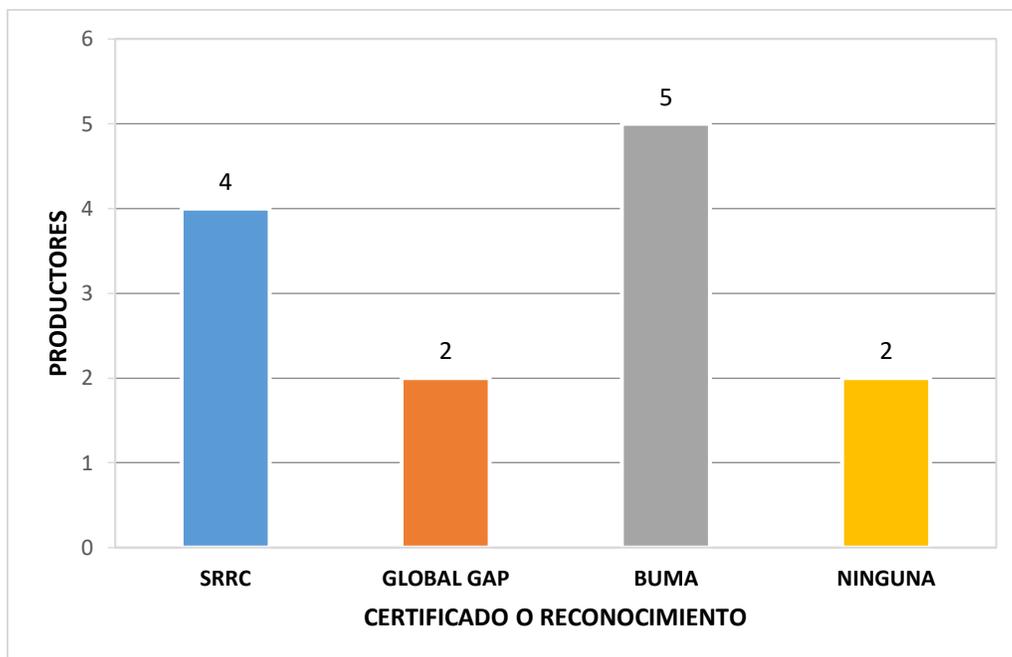
De acuerdo con los productores, el cultivo de higo representa en general un buen rendimiento, por la cantidad de fruto cosechado.

Algunos de los cultivos que se encuentran aun costado de las parcelas de los productores de higo, se presentan en la Figura 29.



**Figura 29.** Cultivos cerca de las parcelas de higo.

Los productores buscan tener oportunidades en la venta de sus cultivos, es por ello, que algunos han decidido iniciar con buenas prácticas agrícolas que les permita tener un certificado que avale la producción de frutos libres de contaminantes y la obtención de sus cultivos de forma responsable con el consumidor y con el medio ambiente. En la encuesta, 11 productores contestaron tener alguna de sus parcelas reconocidas, por lo tanto, solo 2 no cuentan con ningún tipo de reconocimiento o certificado. En la Figura 30 se muestra el tipo de certificado o reconocimiento con el que cuentan los productores.

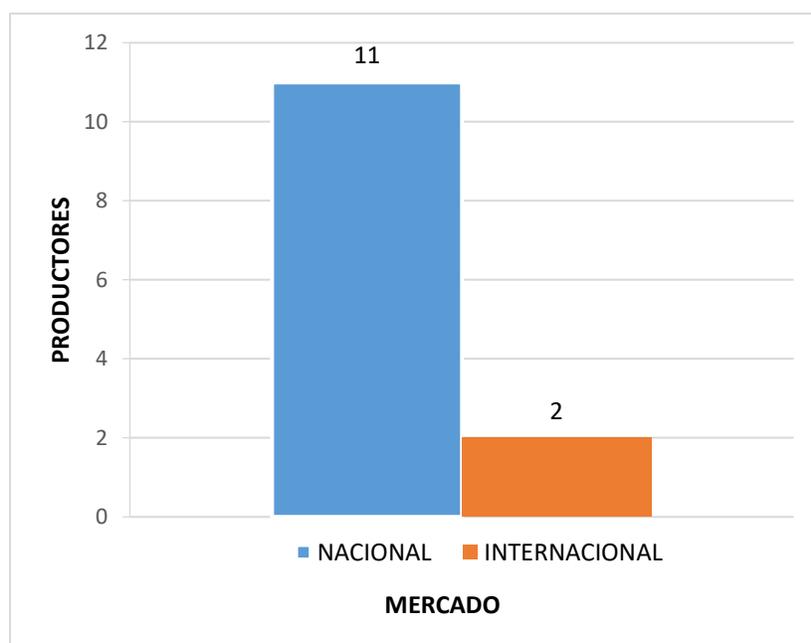


SRRC: Sistemas de Reducción de Riesgos de Contaminación  
 GLOBAL GAP: Good Agricultural Practices, por sus siglas en inglés  
 BUMA: Buen Uso y Manejo de Agroquímicos

**Figura 30.** Tipo de certificado o reconocimiento de productores de higo.

El Buen Uso y Manejo de Agroquímicos (BUMA) forma parte de las medidas que deben implementar las unidades de producción agrícola que aplican los sistemas de Reducción de Riesgos de Contaminación (SRRC) para ofrecer a los consumidores mayores garantías de que los alimentos que producen están libres de agentes contaminantes químicos, físicos y microbiológicos (SENASICA, 2018). El certificado de Sistema de Reducción de Sistemas de Contaminación (SRRC), establece medidas y procedimientos que reduce la posible contaminación que pueda presentarse durante la producción y proceso de alimentos, este sistema permite mejorar las condiciones de comercialización de sus mercancías en los mercados nacionales y extranjeros, ya que satisfacen las exigencias de calidad de los consumidores (SENASICA, 2019a). Por otro lado, la certificación de Global GAP, reconoce el esquema diseñado para lograr una producción segura y sostenible con el fin de beneficiar a los productores, minoristas y consumidores de todo el mundo.

A pesar de que dos productores cuentan con sus parcelas reconocidas por Global GAP, cinco con BUMA y cuatro con SRRC, sólo dos de éstos tienen la oportunidad de exportar los frutos de sus cultivos de higo y los demás comercializan de manera nacional (Figura 31).



**Figura 31.** Mercado donde se vende el higo.

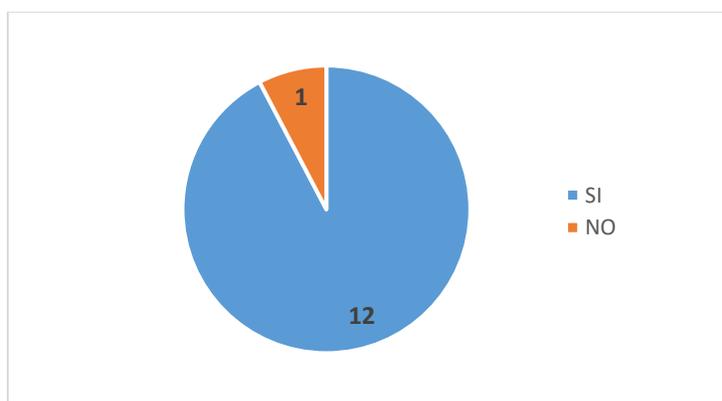
La empacadora Catania exporta a países como Canadá y Japón, entre otros.

En resumen, la variedad de higo que se produce en localidad de Telixtac es 100% Black misión, por sus características físicas y su calidad. Varios de los productores han tenido la posibilidad de comercializar sus frutos tanto en empacadoras, como en la central de abastos y en ocasiones llegan personas hasta sus parcelas para comprar sus productos. Con respecto a esto, cabe mencionar que el higo ha incrementado su demanda a nivel nacional, a pesar de que no forma parte de la canasta básica, sino mas bien un fruto exótico y apenas un cultivo joven en esta localidad, el cual han llevado acabo de uno a diez años. De acuerdo a la SADER (2016) la producción de higo fue de cinco mil 380 toneladas a nivel nacional. Posteriormente en el 2019 el estado de Morelos se registró como principal productor a nivel nacional con tres mil 713 toneladas en el año (SIAP, 2019). No

obstante, con esta información los productores del presente estudio consideran que la producción de cinco a ocho toneladas al año representa un rendimiento muy bueno, y que de uno a cuatro toneladas al año es un rendimiento bueno. Por otro lado, a pesar de que no todos cuentan con algún certificado o reconocimiento, de SRRC, GLOBAL GAG y BUMA, están convencidos de que el tener alguno de estos documentos les daría la oportunidad de comercializar sus productos y de ser posible llegar a exportarlos.

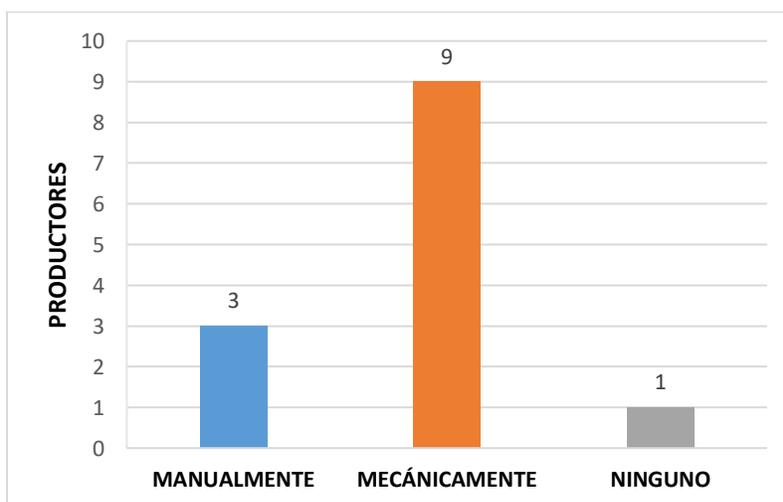
## Labores culturales

Preparación de suelo, trasplante y fertilización: el suelo que se encuentra en la zona de estudio en su mayor porcentaje es arcilloso. La preparación antes de plantar son el rastreo y surcado (Figura 32). De los 13 encuestados, solo 1 productor que representa el 13% no realiza estas dos actividades. Por otro lado, 12 productores que representan el 92% si realizan el surcado y rastreo, en la preparación de suelo.



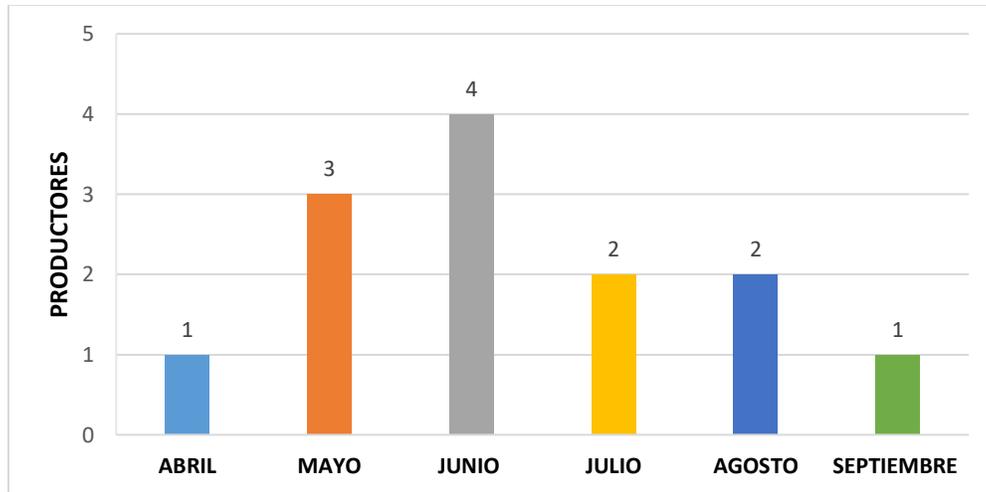
**Figura 32.** Preparación de suelo mediante rastreo y surcado.  
N= 13

De acuerdo con la Figura 33, en la zona de estudio los productores solo practican dos tipos de rastreo y surcado: mecánico (9) y manual (3); y uno no realiza ninguno de los dos.



**Figura 33.** Tipo de rastreo y surcado que se realiza en la zona de Telixtac.

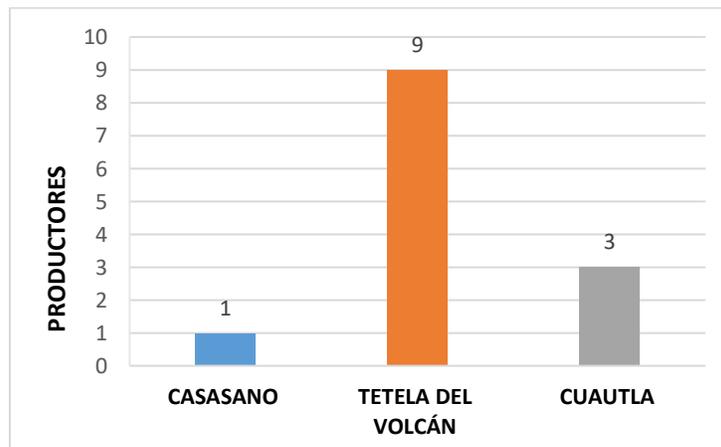
El trasplante de las nuevas plantas para sustituir las que estén dañadas se realiza entre los meses de abril y septiembre, siendo la mayor actividad en el mes de junio (Figura 34).



**Figura 34.** Temporada o mes de trasplante de planta nueva.

El trasplante se realiza a una profundidad de 30 a 40 cm y una distancia de 3.75 a 4 m entre hileras y 2 m dentro de la misma hilera.

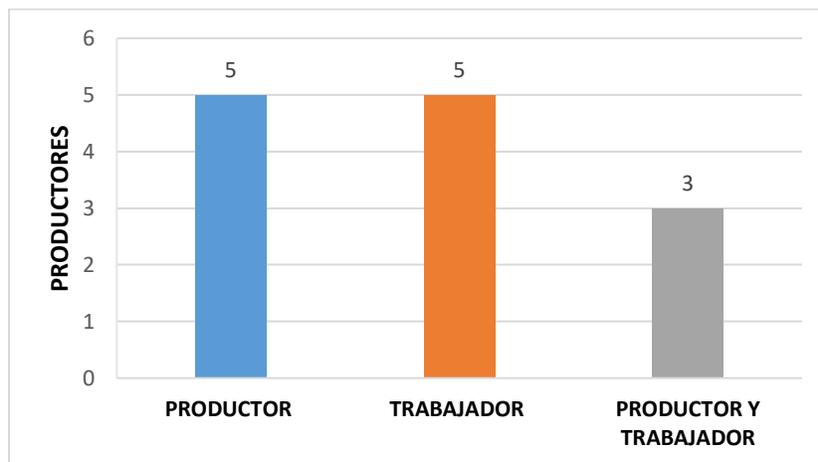
El lugar donde se compra la planta de higo se presenta en la Figura 35. Cabe mencionar que el sitio donde se adquieren estas plantas, no cuentan con ninguna certificación sanitaria.



**Figura 35.** Lugar donde se compra la planta de higo.

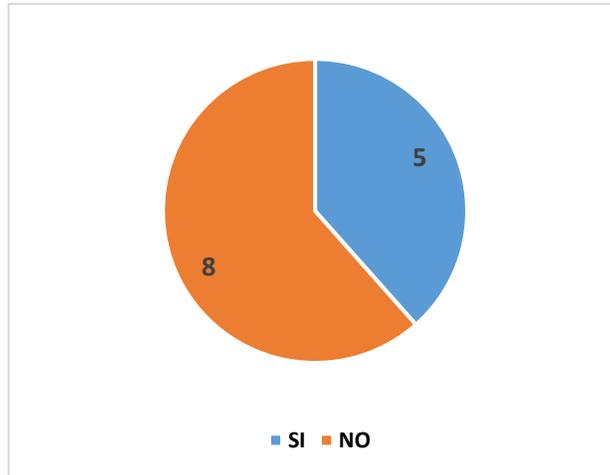
Para la adquisición de las nuevas plantas, los productores consideran algunas características físicas como la altura, buen follaje, tallo grueso, que este frondosa, con buena raíz y sobre todo que se observe que sea una planta sana sin presencia de plaga.

Para poder ofrecer un buen producto, los productores fertilizan o abonan sus cultivos. Todos los productores llevan a cabo esta labor de forma manual, ya sea el propio productor o en ocasiones cuentan con trabajadores para realizar esta actividad (Figura 36). A pesar de que todos han recibido la capacitación de uso de equipo de protección personal (EPP), solo 5 productores hacen uso de él, al momento de fertilizar o abonar sus cultivos (Figura 37).



**Figura 36.** Productores y trabajadores que fertilizan los cultivos.

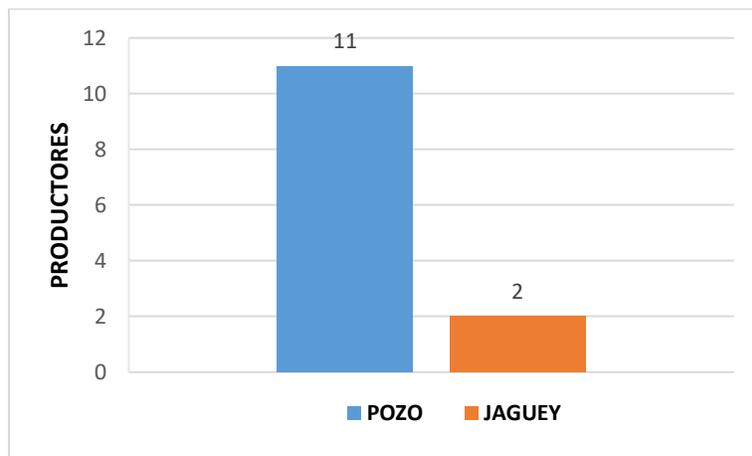
Algunos productos que utilizan para abonar sus cultivos son: fosfonitrato, fosfato monopotásico, fosfato de amonio, triple 16 y nitrofoska, entre otros. Menionan que al momento de abonar las plantas lo realizan manualmente, toman aproximadamente un puño con sus manos y lo aplican en parte inferior de la planta. Esto lo llevan a cabo durante los meses de septiembre, noviembre, febrero y mayo.



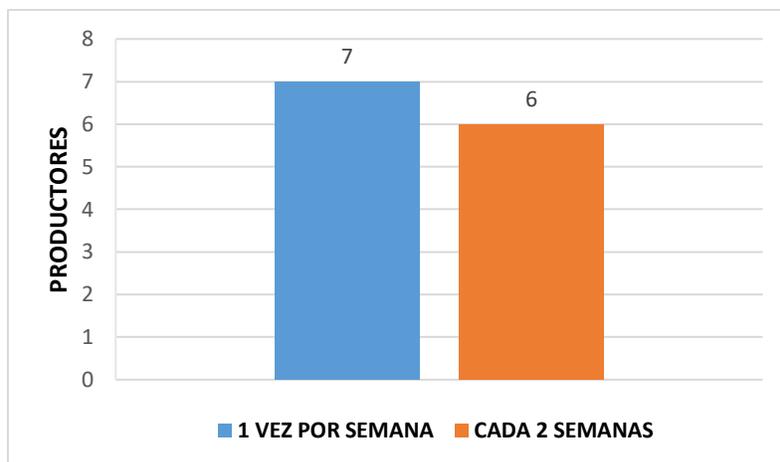
**Figura 37.** Uso de EPP para fertilizar o abonar.  
N= 13

Parte del EPP que utilizan para abonar son lentes, cubre bocas, mascarilla, impermeables, camisas de manga larga, overol, guantes y botas.

El riego que se practica en la localidad de Telixtac es rodado, mismo que es abastecido por pozos profundos y otros cuerpos de agua (Figura 38) se realiza cada semana o cada dos semanas (Figura 39) mediante hidrantes que se encuentran estratégicamente ubicados en las parcelas. Se utiliza la misma agua tanto para el riego como para las aspersiones en la aplicación de fertilizantes y plaguicidas.

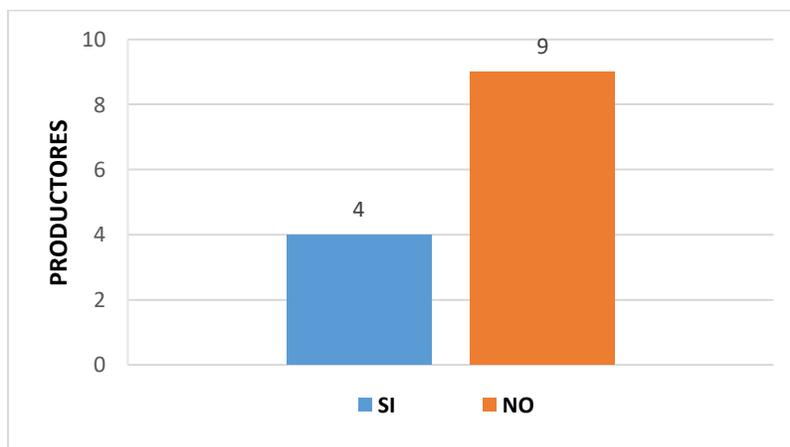


**Figura 38.** Lugar de donde se toma el agua para riego y aspersiones.



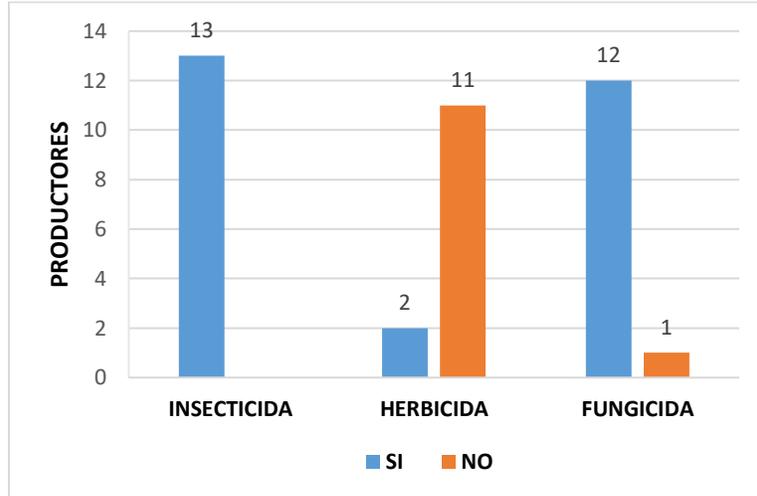
**Figura 39.** Frecuencia de riego en las parcelas.

Solo cuatro productores realizan análisis microbiológico y de metales pesados al agua que utilizan tanto para el riego como para las aspersiones de fertilizantes y plaguicidas (Figura 40).



**Figura 40.** Productores que realizan análisis al agua para riego y aspersiones.

Los plaguicidas que utilizan los productores en sus cultivos de higo son insecticidas, fungicidas y herbicidas. Los plaguicidas más utilizados son los insecticidas, siguiendo los fungicidas y por último los herbicidas. Por otro lado, once de los productores no usan herbicidas y solo uno mencionó no usar fungicidas (Figura 41).



**Figura 41.** Plaguicidas utilizados en los cultivos de higo en la localidad de Telixtac.

La forma de aplicar plaguicidas en la zona de estudio es mediante mochilas de bomba motor con las respectivas mezclas de los productos. A pesar de que no se cuenta con variedad de productos específicos que sean autorizados para el cultivo de higo, los productores aplican plaguicidas que son destinados para otros cultivos, con la finalidad de contrarrestar la plaga que se presentan en sus cultivos de higo (Cuadro 20).

**Cuadro 20.** Plaguicidas utilizados en plagas y enfermedades en cultivos de higo.

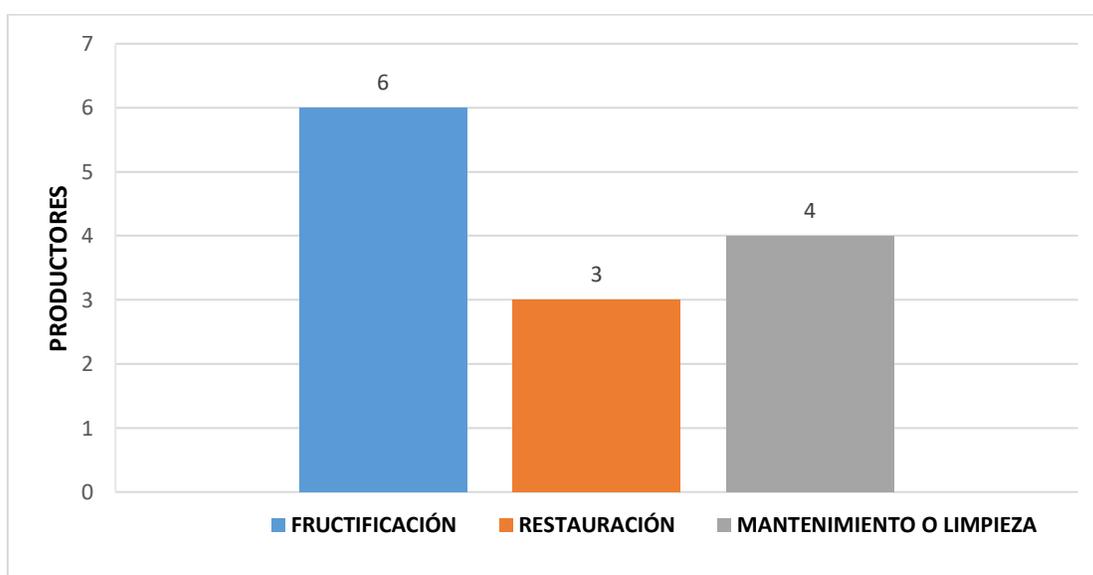
Plaguicida	Plaga y enfermedad que se presenta
Cipermetrina, piraclostrobin	Gallina, mosquita de fruta, hongo, roya
Cipermetrina, malation, piraclostrobin, tiofanato, clorotalonil	Gallina ciega, mosco de vinagre, gusano barrenador
Cipermetrina, permetrina, promyl	Mosquito, mosca, mancha
Cipermetrina, clorotalonil	Gusano barrenador
Diazinón, cipermetrina, malation, piraclostrobin, clorotalonil	Gallina ciega, gusano barrenador, trips
Diazinón, cipermetrina, piraclostrobin, clorotalonil	Gallina ciega, gusano barrenador, trips
Piraclostrobin	Cenicilla, trips
Piraclostrobin, cipermetrina	Cenicilla, trips
Piraclostrobin, cabrio c, tiofanato metil	Gallina ciega, coleóptero, nematodo

Piraclostrobin, cipermetrina, tiofanato metil	clorotalonil, Barrenador, roya
Piraclostrobin, flwaz	Roya, trips
Piraclostrobin, folicur	Roya, gallina ciega, barrenador
Talonil	Roya

Como se mencionó anteriormente, no se cuenta con variedad de plaguicidas autorizados para higo. El único producto que cuenta con registro y autorización por parte de la COFEPRIS para este cultivo es el diazinon (SENASICA, 2020a), mismo que no cubre todas las necesidades de los productores cuando se llegan a presentar las plagas en los cultivos de higo. En el Cuadro 20, se observa los dos plaguicidas que se utilizan más, cipermetrina y piraclostrobin, con el 66% y 77% respectivamente. A pesar de que a nivel mundial se han implementado varias estrategias donde se apliquen las buenas prácticas agrícolas que ayuden a eliminar o reducir el uso de plaguicidas (C. FAO, 2021) el uso de estos productos se han ido incrementando debido a la necesidad de los agricultores para producir más alimentos y así evitar pérdidas en sus cultivos (Ordoñez-Beltrán *et al.*, 2019). Por lo tanto, el uso de plaguicidas es inminente y el aplicar productos destinados a otros cultivos también, ya que, al no contar con opciones de plaguicidas que resuelvan los problemas que se presentan en las parcelas, los productores hacen uso de diversos plaguicidas aunque no estén destinados para sus cultivos. Por esta razón, es importante brindar capacitación de uso y manejo de plaguicidas, y aunque en el presente trabajo se reporta que todos la han recibido, claro está que falta mucho por hacer, ya que del 100% de los productores solo el 38% hace uso de su equipo de protección personal. Por su parte, Cervantes *et al.* (2021) confirman que en muchos casos existen trabajadores capacitados que no aplican las medidas de prevención de riesgos, a pesar de haber recibido la información. Por otro lado, se necesita incluir dentro de las capacitaciones los riesgos a la salud humana ante la falta de conocimiento y manejo de los plaguicidas. Esto sumando a que se deben seguir todas las indicaciones proporcionadas en las capacitaciones que se especifican en las etiquetas de los plaguicidas y que concuerda con lo establecido por la Norma NOM-032-SSA1-2009, donde los fabricantes proporcionan

información técnica, información de seguridad e información sobre advertencias y forma de uso, con la finalidad de minimizar los riesgos a la salud de los trabajadores ocupacionalmente expuestos y de la población en general, durante su almacenamiento, transporte, manejo y aplicación (DOF, 2009).

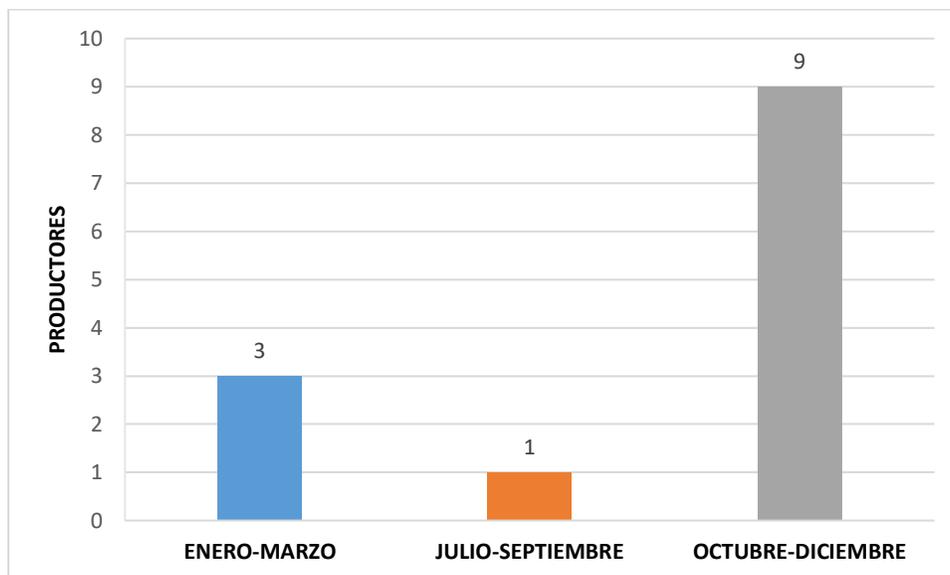
Las podas que se realizan al cultivo higo son de fructificación, restauración y mantenimiento o limpieza (Figura 42). Los productores realizan la poda solo una vez al año, entre los meses de junio y agosto (Figura 43).



**Figura 42.** Tipos de poda que se realizan en el cultivo de higo.

Las podas varían dependiendo de la necesidad de cada productor y parcela durante en desarrollo la planta, en el presente trabajo, el 46% realiza la poda de fructificación, el 30% de mantenimiento y 23% de limpieza o restauración. Los productores consideran a la poda una actividad relevante, dado que ellos las realizan para tener mejores frutos en las cosechas. De igual manera, coincide Melgarejo (1999), donde menciona que la poda ayuda a eliminar las ramas rotas o débiles y promueve el crecimiento y vigorización de los árboles. Por otra parte, Nievas *et al.* (2021) mencionan que también otra poda que se realiza es la de propagación, donde de la poda se extrae material para propagar nuevas plantas.

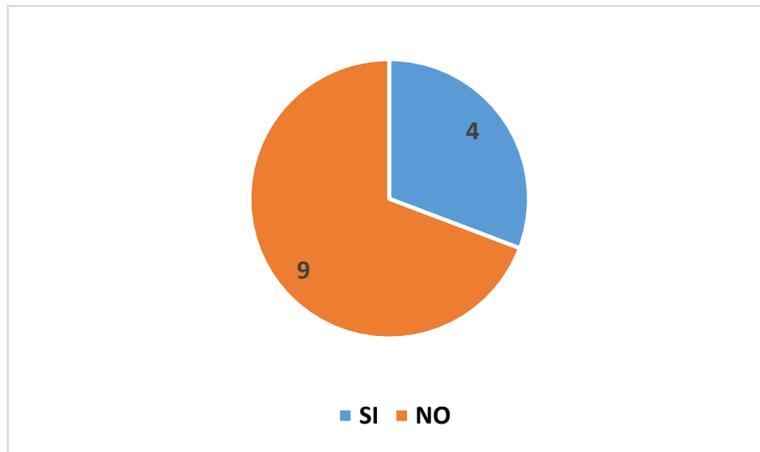
La temporada de cosecha de higos oscila entre los meses de noviembre a mayo, dependiendo del cultivo. Las características físicas que debe tener un fruto para ser cosechado son: color morado oscuro, no cuarteado y  $\frac{3}{4}$  de tamaño o aproximadamente de 25 a 30 gramos. La cosecha se realiza de manera manual colocándolo el fruto en cajas de plástico y no se realiza ningún lavado al fruto para ser comercializado.



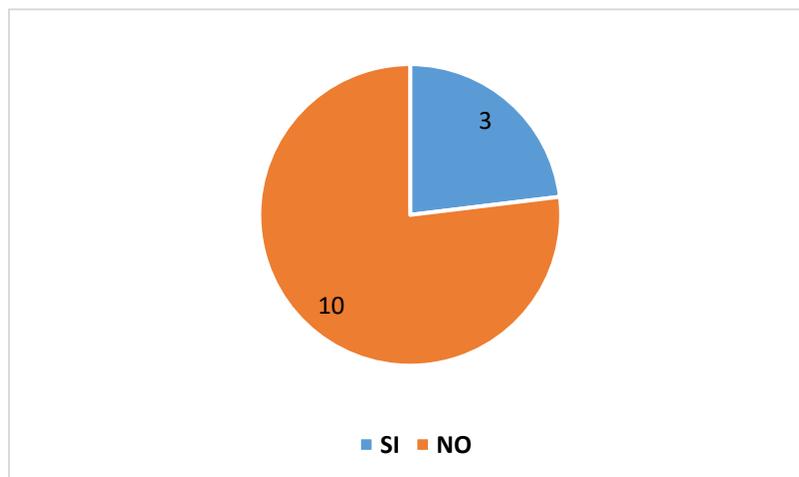
**Figura 43.** Meses de cosecha del cultivo de higo.

Como se observa en la figura anterior los meses de cosecha varían, ya que al ser un fruto perenne, es un cultivo en constante producción, claro, siempre y cuando se le proporcionen las condiciones para inducir el crecimiento y fructificación esto de acuerdo a Mendoza-Castillo (2013). Como se muestra en este trabajo, los meses de cosecha se presentan en diferentes meses a comparación de un trabajo realizado por Nievas *et al.*(2021) donde mencionan que el periodo de cosecha de los higos solo se realiza de enero a mayo.

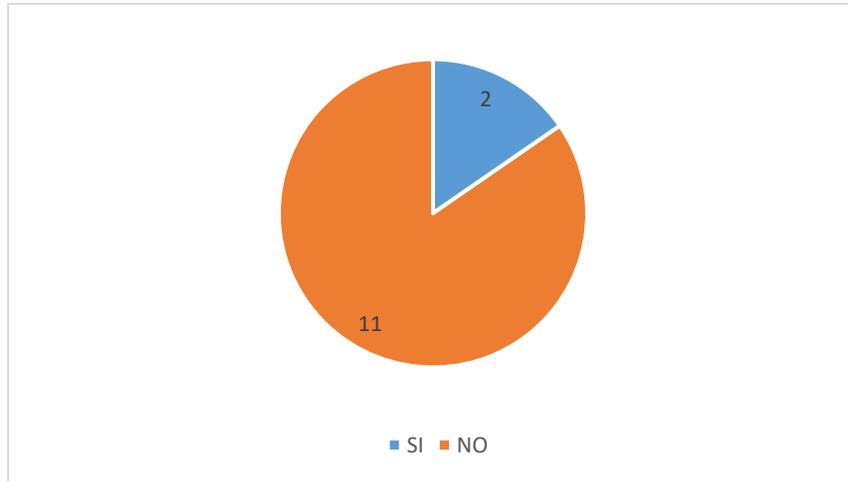
Por otra parte, para verificar la infraestructura física con la que cuentan los productores, se presentan las siguientes figuras:



**Figura 44.** Productores que cuentan con estaciones sanitarias en las parcelas.  
N= 13



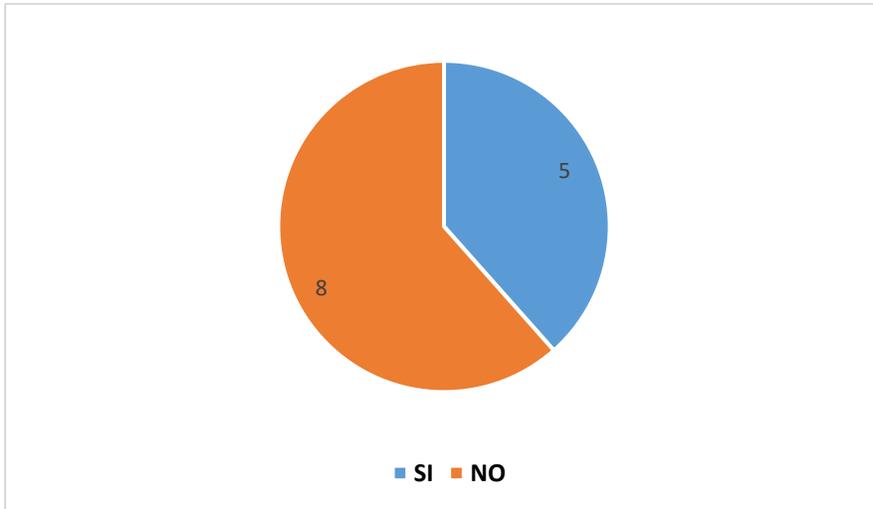
**Figura 45.** Productores que cuentan con área de alimentos en el trabajo.  
N= 13



**Figura 46.** Productores que cuentan con área para objetos personales en el trabajo.  
N= 13

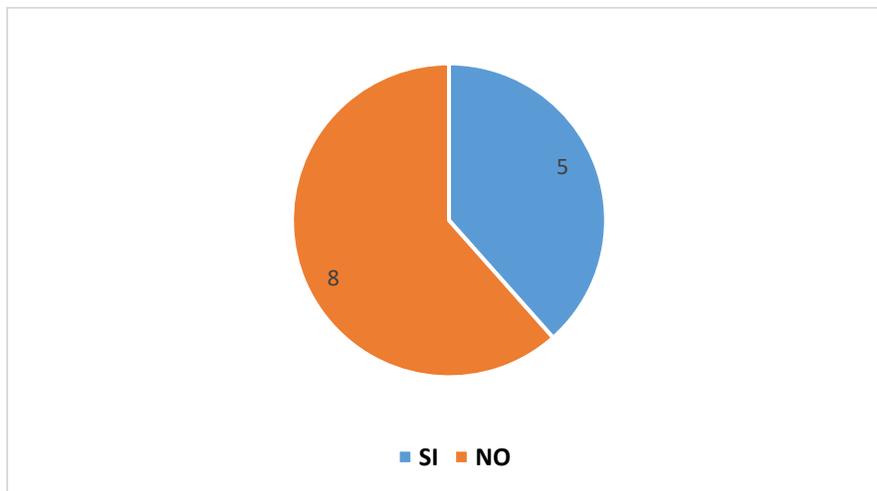


**Figura 47.** Productores que cuentan con almacén para fertilizantes y plaguicidas.  
N= 13



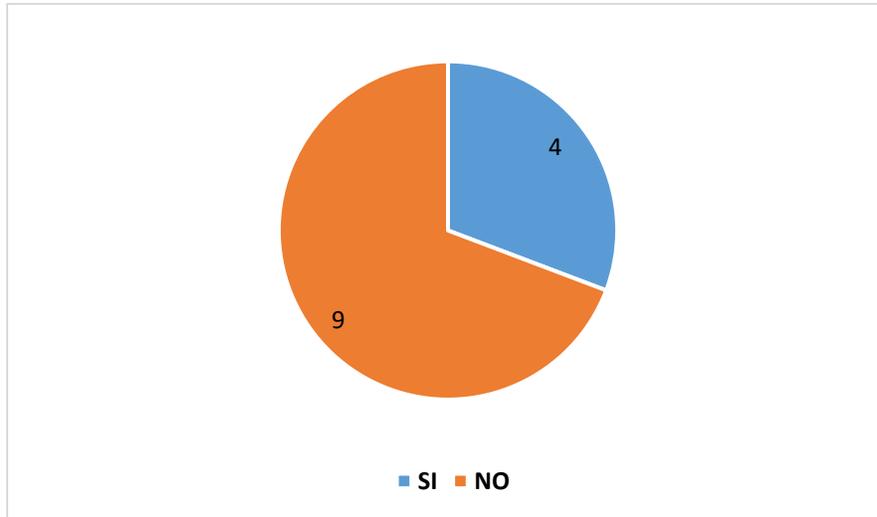
**Figura 48.** Productores que cuentan con área para el EPP.  
N= 13

De acuerdo a las encuestas la infraestructura documental con la que cuentan los productores se presenta en las siguientes figuras:



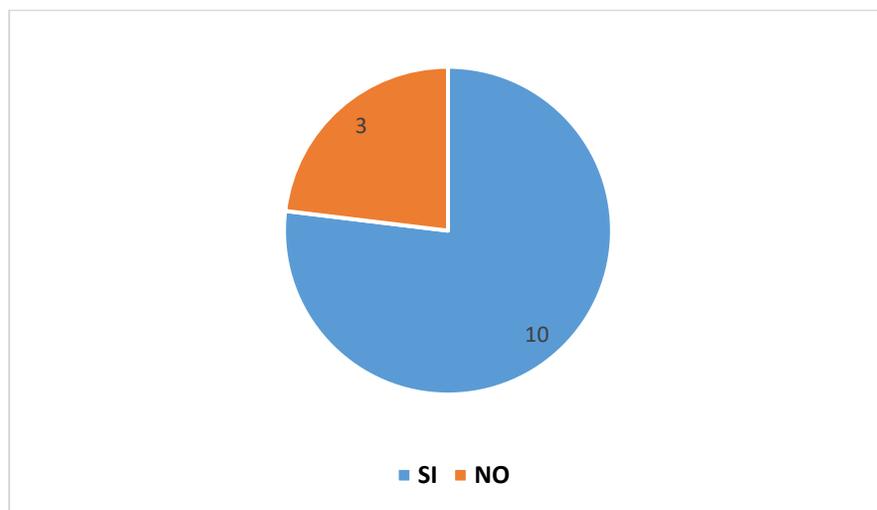
**Figura 49.** Productores que cuentan con procedimientos.  
N= 13

Alguno de los procedimientos con los cuentan los productores son: prácticas de higiene en los trabajadores, control de fauna doméstica, preparación de terreno y cosecha, entre otros.



**Figura 50.** Productores que cuentan con un programa documentado.  
N= 13

Solo cuatro de los productores cuentan con un programa de asistencia técnica donde se marcan las actividades para mantener su sistema de reducción de riesgos de contaminantes (SRRC).



**Figura 51.** Productores que cuentan con bitácoras y registros.  
N= 13

De acuerdo con las figuras anteriores, se observa que aún hay mucho trabajo por hacer por parte de los productores, ya que, a falta de procedimientos, registros o

bitácoras, no podrán presentar evidencia al momento de una auditoría para poder obtener un certificado o reconocimiento.

En esta investigación se observa en general a un grupo de productores que si llevan a cabo labores culturales, mismas que han sido trasmitidas de generación en generación. Por otra parte, en otro estudio por Cid-Ríos *et al.* (2022) mencionan que los agricultores realizan pocas actividades agrícolas en la preparación de suelo, por consecuencia no han obtenido los resultados esperados. Sin embargo, al igual que este trabajo ellos tambien hacen uso de fertilizantes y plaguicidas para el control de plagas. Si bien las labores culturales son catalogadas como manejo de cultivo como lo mencionan Fernández *et al.* (2022) o preparación de suelo que determina la productividad agrícola, no todos obtienen los mismos resultados, ya que depende de varios factores aparte de las culturales, como son la económica, social y ambiental (Coronado *et al.*, 2020).

Como ya se mencionó anteriormente, tambien es importante cumplir tanto con la infraestructura documental y con la infraestructura física; en caso de pretender obtener un documento oficial que avale la calidad de los productos, sin representar un riesgo a la salud humana. (SENASICA, 2022).

## Análisis de fiabilidad

En el Cuadro 21 se puede observar el resultado del alfa de Cronbach. De acuerdo con la literatura, a mayor valor de alfa, mayor fiabilidad. El mayor valor teórico de alfa es 1, y en general 0.80 se considera un valor aceptable.

**Cuadro 21.** Análisis de fiabilidad.

<b>Estadísticas de fiabilidad</b>		
Alfa de Cronbach	Alfa de Cronbach basada en elementos estandarizados	N de elementos
0.615	0.623	39

De acuerdo con el resultado obtenido, el valor de alfa es de 0.615, valor que se encuentra por debajo de lo esperado para considerar la encuesta como un instrumento confiable. Por otro lado, otros autores presentan una escala diferente de alfa de Cronbach, donde el valor 0.7 es aceptable, 0.8 es bueno y 0.9 es excelente (Gliem y Gliem, 2003 ;Frías-Navarro, 2014).

Para obtener un valor confiable, se realizó un ajuste en los ítems, tomando en consideración los valores de la correlación total de elementos, esto de acuerdo con Frías-Navarro (2014) donde hace referencia que los valores de la correlación total menores de 0.35 deben ser desechados o reformulados ya que las correlaciones a partir de 0.35 son estadísticamente significativas. Por consiguiente, se determinó eliminar 6 ítems quedando un total de 33 ítems. Nuevamente se realizó el análisis de alfa de Cronbach y el valor obtenido fue de 0.8 (Cuadro 22).

**Cuadro 22.** Análisis de fiabilidad aceptada de la encuesta.

<b>Estadísticas de fiabilidad</b>		
Alfa de Cronbach	Alfa de Cronbach basada en elementos estandarizados	N de elementos
0.804	0.788	33

El resultado de alfa de Cronbach de 0.804 muestra una alta fiabilidad, la cual coincide con Bojórquez Molina *et al.* (2013) donde menciona un valor superior a 0.7 revela una fuerte relación entre las preguntas y la correlación entre cada una de ellas. Por lo tanto, del resultado obtenido se determina que el instrumento es válido y confiable para evaluar actividades de campo en el uso y manejo de plaguicidas, como lo menciona Frías-Navarro (2014) donde la validez de un instrumento se refiere al grado en que el instrumento que mide aquello que pretende medir siempre de manera confiable.

## **Determinación de los residuos de plaguicidas en cultivos de higo en Morelos**

### **Concentraciones de residuos de plaguicidas.**

En el Cuadro 23, se observan las concentraciones (mg/kg), la frecuencia con que se encontraron los compuestos en cada uno de los cultivos y los límites máximos residuos permisibles (LMR) recomendados por el Codex Alimentarius (CODEX ALIMENTARIUS, 2004).

**Cuadro 23.** Concentraciones (mg/kg) de residuos y límites máximos de residuos de plaguicidas detectados en el cultivo de higo en el estado de Morelos.

<b>Nombre</b>	<b>Número de veces que dieron positivo</b>	<b>Rango (mg/kg)</b>	<b>Número de veces que excede el LMR</b>	<b>LMR <sup>a</sup></b>
Clorotalonil	4	0.04-0.445	4	0.01
Metalaxyl-M	3	0.014-0.047	0	0.05
Permetrina	3	0.024-0.034	0	0.05
Piraclostrobin	1	0.020	1	0.02
Cipermetrina	2	0.022-0.038	0	0.05
Trifloxystrobina	2	0.032-0.036	2	0.01
Carbendazim	3	0.014-0.313	3	0.1
Propamocarb	1	0.395	1	0.01
Tiofanato de metil	4	0.018-0.733	2	0.1

LMR <sup>a</sup>: Límites Máximos Residuos. Valores tomados de la base de datos de la Unión Europea  
Fuente: CODEX ALIMENTARIUS, 2004.

De las 15 muestras analizadas, al menos una de ellas tenía un plaguicida. Cabe señalar que muchos de los agricultores no utilizan buenas prácticas para el uso y manejo de plaguicidas aplicados en sus cultivos. Lo que probablemente explica la presencia de residuos en los frutos estudiados. Los plaguicidas que presentaron las concentraciones más altas fueron tiofanato de metilo (0.733 mg/kg), seguido por el clorotalonil (0.445 mg/kg), propamocarb (0.395 mg/kg) y carbendazim (0.313 mg/kg). Casi un orden de magnitud por debajo se detectó metalaxil-M (0.047 mg/kg), cipermetrina (0.038 mg/kg), trifloxistrobina (0.036 mg/kg), permetrina (0.034 mg/kg) y piraclostrobin (0.02 mg/kg). Los plaguicidas que se presentaron con mayor frecuencia fueron clorotalonil y tiofanato de metilo (4), seguidos de metalaxil-M, permetrina y carbendazim (3), cipermetrina y trifloxistrobina (2) y piraclostrobin y propamocarb (1). Como se puede observar, en el cultivo de higo, se utiliza una amplia gama de compuestos para el control de plagas (carbamatos, piretroides, organoclorados). En México no existen valores máximos permisibles (LMR) para residuos de plaguicidas en el cultivo de higo, por esta razón en este estudio se toma de referencia los valores establecidos por la Comisión Europea. Al comparar los

resultados obtenidos con los LMR, se observa que el metalaxil-M, la permetrina y la cipermetrina estaban tres, tres y dos veces respectivamente, por debajo de los LMR de referencia, por otro lado, los compuestos clorotalonil, piraclostrobin, trifloxystrobina, carbendazim, propamocarb y tiofanato de metil estuvieron cuatro, uno, dos, tres, uno y dos respectivamente, por encima de los LMR. Lo que revela que todavía no se aplican medidas de control adecuadas en el uso y manejo de agroquímicos en México. A pesar de que algunas de estas sustancias están prohibidas en otros países; en México aún son utilizadas, tal es el caso del Paraquat, Dimetoato, Lindano, paratión, malatión y endosulfán, cipermetrina, clorotalonil, permetrina, entre otros (Pérez *et al.*, 2013).

En México, no hay datos oficiales sobre la cantidad de plaguicidas y las veces aplicadas por año, lo que hace más difícil monitorear con precisión los compuestos de interés. Por ejemplo, en un informe realizado por el Comité Estatal de Sanidad Vegetal del estado de Morelos (CESVMOR) mencionan que para el control de plagas en el cultivo de higo, algunos productores utilizan solo los siguientes plaguicidas: carbendazim, permetrina, clorpirifos y dimethomorph (CESVMOR, 2015). Sin embargo, los resultados obtenidos en este estudio revelan la presencia de otros compuestos, lo que indica que las necesidades de los productores hace que recurran a la aplicación de más productos, sin saber que el uso no autorizado de plaguicidas en cultivos no registrados representan un riesgo potencial en la salud humana y medio ambiente. Esto de acuerdo con López-Dávila *et al.* (2020) en un estudio de uso práctico de plaguicidas, donde mencionan que la falta de conocimiento sobre el uso de plaguicidas en cultivos no autorizados, más la falta de uso de equipo de protección personal y comprensión de etiquetas, representa una baja percepción de riesgos para la salud de los trabajadores y residentes cercanos, así como de los daños al medio ambiente. Lo que se concluye que, a falta de plaguicidas destinados al cultivo de higo, los productores buscan alternativas para solventar los problemas causados por plagas y enfermedades, sin conocer las posibles consecuencias que esto puede ocasionar. Es necesario proporcionar capacitación detallada y específica a los productores, mediante asesoría técnica sobre el uso y manejo adecuado de plaguicidas de forma eficiente y efectiva, de

esta forma se reducirían los riegos en la salud de los trabajadores, consumidores y en el medio ambiente.

### **Cálculo de la ingesta diaria y del índice de riesgo para la salud humana**

Una de las causas de los altos niveles de residuos de plaguicidas tiene que ver con la resistencia que adquieren los patógenos a algunos de estos compuestos, lo que ha provocado un uso excesivo de dichos compuestos. Por ejemplo, en México los fungicidas más utilizados para el control de la Sigatoka negra en el cultivo de banano son: mancozeb, clorotalonil, bencimidazol, imazalil, carbendazim, trifloxistrobina, piractrostrobina y pirimetanil (Aguilar-Barragán *et al.*, 2014; Hanada *et al.*, 2015). Hay registros de que se llevan a cabo entre 30 y 35 aplicaciones de fungicidas como mancozeb y clorotalonil en el centro del Pacífico (Ramírez-Sandoval y Rodríguez-Cabriales, 1996).

Para este trabajo, el riesgo para la salud humana se evaluó en función de la concentración de residuos de plaguicidas en higo, según la metodología establecida por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (F. and A. O. (Organización de las N. U. para la A. y la A. FAO, 2009).

Los resultados obtenidos de la Ingesta Diaria Estimada (IDE) se compararon con los valores aceptables de Ingesta Diaria Admisible (IDA) (Cuadro 24), establecidos por la OMS, dichas comparaciones revelan que el riesgo toxicológico para la salud humana por el consumo del fruto de higo está entre 100 y 1000 veces menor que la IDA, lo que sugiere que el consumo de higo no representa un peligro potencial para la salud del consumidor, por sí solo.

**Cuadro 24.** Comparación de los resultados de la ingesta diaria estimada (IDE) con la ingesta diaria admitida (IDA) y valores del índice de riesgo de salud (RHI) para residuos de plaguicidas detectados en higo en el estado de Morelos.

Plaguicidas	IDE	IDA	RHI
	mg/kg	mg/kg	
Clorotalonil	1.85E-04	0.02	9.25E-03
Metalaxil-M	1.96E-05	0.08	2.45E-04
Permetrina	1.42E-05	0.05	2.84E-04
Piraclostrobin	8.33E-06	0.03	2.78E-04
Cipermetrina	1.58E-05	0.02	7.90E-04
Trifloxistrobin	1.50E-05	0.04	3.75E-04

Carbendazim	1.30E-04	0.03	4.33E-03
Propamocarb	1.65E-04	0.04	4.13E-03
Tiofanato- metil	3.05E-04	0.08	3.81E-03

En el Cuadro 24, se observan que los valores de la ingesta diaria estimada están por muy debajo de los valores de la ingesta diaria admisible, por lo cual, no representan ningún riesgo en la salud, como se mencionó anteriormente, sin embargo, corroborando lo calculado se aplicó la ecuación del índice de riesgo en la salud, donde también se observaron valores por debajo del valor de uno; lo que confirma que no representa riesgo a la salud humana .

Los resultados que se presentan en este estudio, solo es por el consumo de higo, lo cual no considera otros alimentos, como otras frutas, verduras, lácteos, carnes, cereales, entre otros. Ahora bien, si se encontraron residuos de plaguicidas en higo, posiblemente otros alimentos que forman parte de la dieta diaria pueden contener residuos de plaguicidas, ya sea a menores o mayores concentraciones establecidas por la OMS. Por su parte, Cantín *et al.* (2016) mencionan en una investigación sobre residuos de plaguicidas en muestras de frutas, verduras, hortalizas y cereales en la Comunidad Autónoma de Aragón, España. Donde realizaron una evaluación de riesgo mediante el modelo de EFSA y de acuerdo a los resultados obtenidos identificaron un elevado cumplimiento de los productos vegetales analizados respecto a los LMR de plaguicidas establecidos en la Unión Europea. Sin embargo, a pesar de que el 94% de las muestras analizadas presentaron niveles de residuos por debajo del límite legal, por otro lado, se detectaron plaguicidas en niveles superiores al LMR en melocotón, borrajas, acelgas, coliflor y brócoli. De igual manera, un estudio realizado por Lagos-Álvarez *et al.*, (2022) en zonas de producción de mora, encontraron residuos de chlorpyrifos, carbendazim, mandipropamid y difenoconazole, con concentraciones que sobrepasaban los LMR. Por consiguiente, se confirma que la presencia de residuos de plaguicidas pueden estar en diferentes frutos y vegetales que forman parte de la dieta diaria del ser humano.

## Disipación de cipermetrina y piraclostrobin en el cultivo de higo (*Ficus carica* L.) del estado de Morelos

### Concentraciones de residuos de plaguicidas

De los resultados de las concentraciones de los residuos de plaguicidas se tomaron los datos para el cálculo de las ecuaciones de los modelos de 1 st, 1.5 st y 2 do orden. Los datos se transformaron y representaron en gráficos para obtener las ecuaciones de regresión y los coeficientes de determinación, el criterio que se utilizó para seleccionar el mejor modelo, fue el de mayor coeficiente de determinación  $R^2$ .

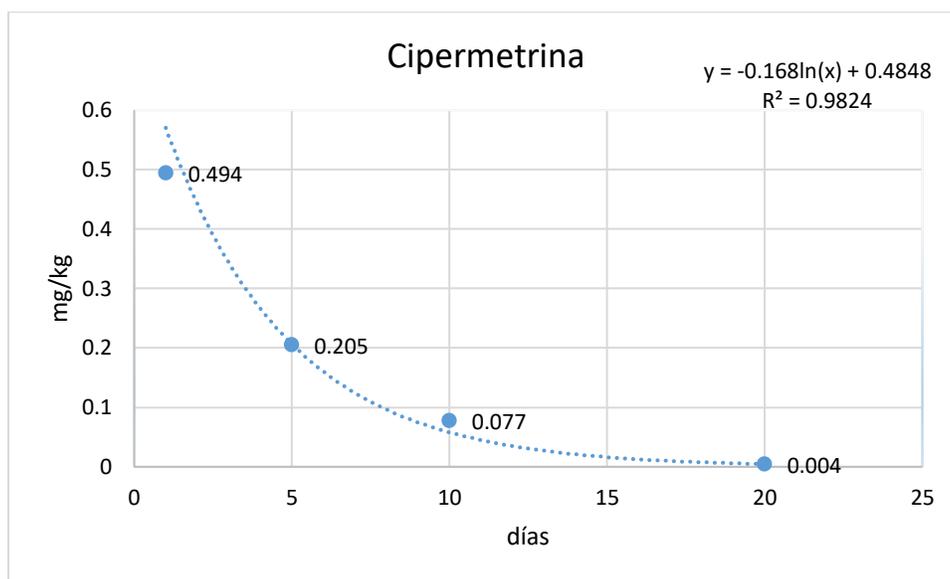
**Cuadro 25.** Resumen de las linealizaciones obtenidas para cada plaguicida

<b>Cipermetrina</b>			
<b>Modelo</b>	<b>Transformación</b>	<b>Ecuación</b>	<b>R<sup>2</sup></b>
1st orden	logR	y= -0.168x + 0.4848	0.9824
1.5th orden	1/√R	y=0.7793x-0.9035	0.8639
2nd orden	1/R	y=14.015x-49.841	0.8015
<b>Piraclostrobin</b>			
<b>Modelo</b>	<b>Transformación</b>	<b>Ecuación</b>	<b>R<sup>2</sup></b>
1st orden	logR	y= -0.131ln(x)	0.9843
1.5th orden	1/√R	y=0.8121x-0.7735	0.8755
2nd orden	1/R	y=15.404x-53.947	0.8055

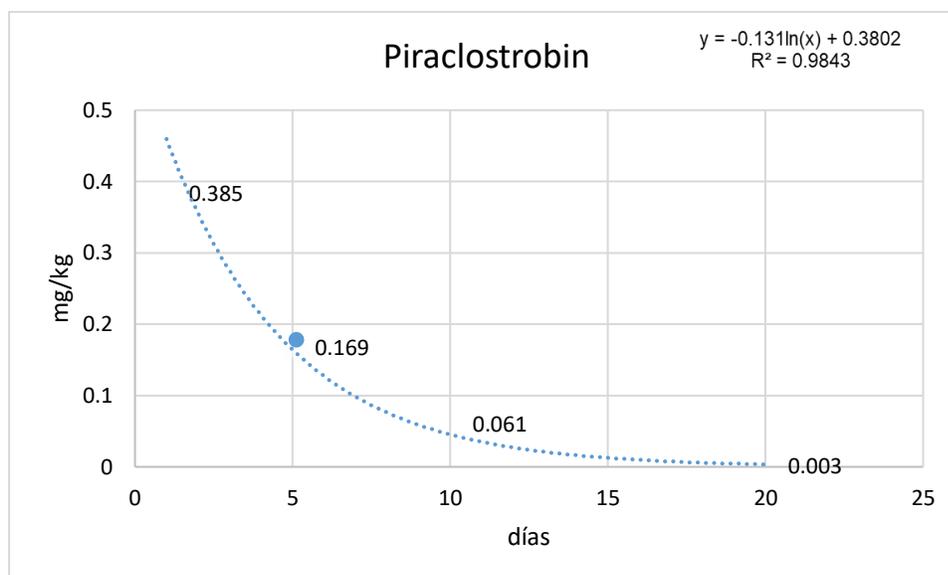
El Cuadro 25 muestra los modelos utilizados que se aplicaron para la selección del modelo que representará la mejor cinética de disipación de los plaguicidas. El modelo con mejor representación en la disipación de las dos sustancias fue el modelo de primer orden con  $R^2$  de 0.9824 para cipermetrina y 0.9843 para piraclostrobin.

## Resultados de la disipación de los residuos de plaguicidas

Para determinar la cinética de la degradación, las concentraciones residuales de cipermetrina y piraclostrobin se monitorearon desde el tiempo cero ( $t = 0$ ) hasta el día 20 ( $t = 20$ ). La representación de las curvas de disipación de plaguicidas se muestran en las figuras 53 y 54.



**Figura 52.** Curva de disipación de Cipermetrina.



**Figura 53.** Curva de disipación de Piraclostrobin.

La concentración inicial observada de residuos de cipermetrina en el día cero fue de 0.494 mg / kg. Disminuyó 58.4% en los primeros 5 días, en el día 10 había disminuido en 84.0% y en el día 20 la concentración se había disipado en un 99.0%. Estos resultados fueron superiores a los observados por Gupta *et al.* (2011) en la disipación de cipermetrina en el cultivo de tomate, que fue de 15 días para la disipación del 95.0% de la cantidad inicialmente agregada (0.098 mg / kg). Por su parte, Chai *et al.* (2009), en un estudio realizado en la ciudad de Semongok, Malasia, en un cultivo de mostaza verde (*Brassica juncea* (L.) Coss) reportaron la disipación total en el día 42; es importante mencionar que la concentración aplicada inicialmente varió entre 1.8 y 2.9 mg/kg.

La vida media de la cipermetrina en el presente estudio fue de 4.13 días, este valor fue mayor que el informado por Gupta *et al.* (2011) (3.6 días) en un cultivo de tomate, es importante resaltar que la concentración inicial aplicada por ellos, fue casi un orden de magnitud menor que la cantidad aplicada en el cultivo de higo (0.494 mg / kg). Pero inferior a lo informado por Zhang *et al.* (2006) en cultivos de Col en un campo abierto, en China (4.9 días).

Mientras tanto, en el día cero, la concentración residual determinada para el piraclostrobin fue de 0.395 mg / kg. Cinco días después de la aplicación de plaguicidas, la concentración se redujo en 56.0 %. En los días 10 y 20, la disipación fue similar a la observada para la cipermetrina; es decir, 84.0 y 99.0%, respectivamente. Por su parte, Wu *et al.* (2018) reportaron un tiempo de disipación total para la piractrostrobina de 21 días en cultivos de pimiento, para una concentración inicial de 0.08 mg / kg. donde la vida media en este estudio fue de 5.21 días, este valor es más bajo en comparación con los valores observados en otros estudios donde la vida media del piraclostrobin fue de 10.3 a 11.2 días en las plantas de maní (Zhang *et al.*, 2012) 16,7–17,2 días en plátanos (Zhao *et al.*, 2015) y 15.4–16.5 días en manzanas (Shi *et al.*, 2015).

En un estudio realizado por Ripley *et al.* (2003) comparó plaguicidas aplicados a diferentes hortalizas como repollo, col china y bok choi, esto para determinar los intervalos antes de la cosecha, el cual demostró que, en comparación de los otros plaguicidas, la cipermetrina fue significativa para el cultivo bok choi. En el primer día después de la aplicación la concentración fue de 0.51 mg/kg, a los tres días presentó una concentración de 0.26 mg/kg y al séptimo día reportó una concentración de 0.11 mg/kg. En caso contrario, en el cultivo de repollo “cabbage”, las concentraciones de la cipermetrina, fueron menores, al primer día después de la aplicación fue de 0.007 mg/kg y al séptimo día 0.005. Por otro lado, una investigación realizada por Cantín *et al.* (2016) en la Comunidad Autónoma de Aragón ubicada en España, reportaron en el cultivo de borraja, residuos de cipermetrina de 0.19 mg/kg, fuera de los límites máximos de residuos, que son de 0.05 mg/kg, aunque el estudio no presenta tiempos de disipación o vida media de plaguicida, se muestra que el uso de cipermetrina para cultivos es amplio en diferentes tipos de cultivos.

Para este estudio y otros similares, es importante considerar que los cultivos poseen características morfológicas específicas, como la textura, grosor, si cuenta o no con cáscara el vegetal o fruto, entre otras. En ocasiones estas peculiaridades pueden favorecer el depósito de los residuos de plaguicidas. También, de acuerdo con Lagos-Alvarez *et al.* (2022) se debe considerar las dosis aplicadas, los diferentes

tipos de formulaciones, los periodos de aplicación y las cosechas; ya que algunos son cosechados de manera continua, como la mora, debido a que se caracteriza por tener una fructificación continua.

En cada país es diferente el manejo de las plantaciones agrícolas lo que hace que la vida media de los residuos de plaguicidas en vegetales varíen (Ramos, 2021). Esto sumando las condiciones climáticas predominantes en cada región. En este sentido, varios autores coinciden que la disipación de plaguicidas ocurre más rápido en climas tropicales y subtropicales que en condiciones templadas (Savage y Jordan, 1980; Barua *et al.*, 1990). Es importante mencionar que en la temporada en la que se realizó este estudio, predominó el clima templado, con aumentos significativos de temperatura a fines de mayo, así como la radiación solar y la humedad relativa presentaron niveles altos, lo que probablemente permitió períodos de disipación relativamente cortos para ambos plaguicidas.

## Guía de Referencia: Buen uso y manejo de plaguicidas agrícolas

### Contenido

La guía de referencia (Anexo 3) incluye temas que guían al productor de manera secuencial, de tal forma que permite entender paso a paso las actividades que deben considerar de principio a fin para llevar a cabo la aplicación correcta de plaguicidas en sus cultivos.

A continuación, se presenta parte del índice donde se muestran los temas que integran la guía de referencia:

**Cuadro 26.** Índice de la Guía de Referencia de buen uso y manejo de plaguicidas agrícolas de forma sustentable.

ÍNDICE	Página
La Agricultura y los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la Agenda 2030	1
Introducción	5
Objetivo	6
¿Qué es una plaga?	6
¿Qué es un plaguicida?	7
¿Cómo se clasifican los plaguicidas?	7
Clasificación de plaguicidas formulado de acuerdo con su uso	8
Clasificación de plaguicidas de acuerdo con su formulación	8
Clasificación de acuerdo con la plaga que controlan	9
Clasificación de acuerdo con su modo de acción	10
Selección del plaguicida	11
Información de las etiquetas	12
Etiqueta	13
Ejemplo de una etiqueta	14
Etiqueta parte centro	15
Etiqueta parte izquierda	16
Etiqueta parte derecha	17
Pictogramas	18
Iconos de seguridad	19

## Cumplimiento en las metas de los ODS

Para el cumplimiento de las metas aplicables de los ODS que se consideraron en la Guía de Referencia, se presente el siguiente cuadro:

**Cuadro 27.** Cumplimiento de metas de los ODS que se consideraron aplicables en la guía de referencia son los siguientes:

Icono	Objetivo	Meta	Temas que abarca la guía de referencia que cumplen la Meta
	<p><b>ODS 2 Hambre Cero</b></p> <p>Poner fin al hambre, lograr la seguridad alimentaria y la mejora de la nutrición y promover la agricultura sostenible.</p>	<p>2.4. Asegurar la sostenibilidad de los sistemas de producción de alimentos y <b>aplicar prácticas agrícolas resilientes que aumenten la productividad y la producción</b>, contribuyan al mantenimiento de los ecosistemas, fortalezcan la capacidad de adaptación al cambio climático, los fenómenos meteorológicos extremos, las sequías, las inundaciones y otros desastres, y mejoren progresivamente la calidad del suelo y la tierra.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Todos los temas del índice (porque llevan secuencia relacionada al manejo adecuado de los plaguicidas).</li> </ul>
	<p><b>ODS6 Agua Limpia y Saneamiento</b></p> <p>Garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos.</p>	<p>6.3. Mejorar la calidad del agua <b>reduciendo la contaminación, eliminando el vertimiento y minimizando la emisión de productos químicos y materiales peligrosos</b>, reduciendo a la mitad del porcentaje de aguas residuales sin tratar y aumentando considerablemente el reciclado y la reutilización sin riesgos a nivel mundial.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Eliminación de Equipo de Protección Personal</li> <li>▪ Derrame de Plaguicidas</li> <li>▪ Manejo y disposición de envases vacíos de plaguicidas</li> </ul> <p>Al manejar correctamente el EPP o cualquier material que está en contacto con sustancias peligrosas previene la contaminación al aire, agua, suelo y biodiversidad.</p>

	<p><b>ODS 8</b> <b>Trabajo decente y Crecimiento Económico</b></p> <p>Fomentar el crecimiento económico sostenido, inclusivo y sostenible, el empleo pleno y productivo, y el trabajo decente para todos.</p>	<p>8.8. Proteger los derechos laborales y <b>promover un entorno de trabajo seguro y protegido para todos los trabajadores</b>, incluidos los trabajadores migrantes, en particular las mujeres migrantes y las personas con empleos precarios.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Equipo de Protección Personal (EPP)</li> <li>▪ Como retirar el EPP</li> <li>▪ Recomendaciones para limpieza, mantenimiento, almacenamiento y eliminación de EPP</li> <li>▪ Obligaciones y responsabilidades del jefe y trabajador</li> </ul>
	<p><b>ODS 12</b> <b>Producción y Consumo Responsable</b></p> <p>Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles.</p>	<p>12.3. Reducir a la mitad el desperdicio mundial de alimentos percapita en la venta al por menor y a nivel de los consumidores y <b>reducir las pérdidas de alimentos en las cadenas de producción y distribución.</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Selección de plaguicida</li> <li>▪ Evitar uso de plaguicidas ilegales</li> <li>▪ Calibración de equipo aspersor</li> </ul> <p>El usar plaguicidas autorizados destinados al cultivo objetivo y respetando los intervalos de seguridad, evitan presencia de residuos de plaguicidas en los cultivos agrícolas, mismos que impiden la venta de los alimentos.</p>
	<p><b>ODS 13</b> <b>Acción por el Clima</b></p> <p>Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos.</p>	<p>13.3. <b>Mejorar la educación, la sensibilización y la capacidad humana e institucional respecto de la mitigación del cambio climático</b>, la adaptación a él, la reducción de sus efectos y la alerta temprana.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Todos los temas del índice (porque llevan secuencia relacionada al manejo adecuado de los plaguicidas).</li> </ul>

	<p><b>ODS 15</b> <b>Vida de Ecosistemas Terrestres</b></p> <p>Gestionar sosteniblemente los bosques, luchar contra la desertificación, detener e invertir la degradación de las tierras y detener la pérdida de biodiversidad.</p>	<p>15.1 Velar por la conservación, el restablecimiento y el <b>uso sostenible de los ecosistemas terrestres y los ecosistemas interiores de agua dulce</b> y los servicios que proporcionan.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Todos los temas del índice (porque llevan secuencia relacionada al manejo adecuado de los plaguicidas).</li> </ul> <p>La Guía de Referencia enmarca en general el buen uso y manejo adecuado de plaguicidas agrícolas, de tal forma que evite cualquier alteración en los suelos agrícolas y las posibles repercusiones que se pueden llegar a tener en los cuerpos de agua dulce.</p>
	<p><b>ODS 17</b> <b>Alianzas para lograr los objetivos</b></p> <p>Revitalizar la Alianza Mundial para el Desarrollo Sostenible.</p>	<p>17.7. <b>Promover el desarrollo, la transferencia, la divulgación y la difusión de tecnologías ecológicamente racionales</b> a los países en desarrollo en condiciones favorables, incluso en condiciones concesionarias y preferenciales, por mutuo acuerdo.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Todos los temas del índice (porque llevan secuencia relacionada al manejo adecuado de los plaguicidas).</li> </ul> <p>La Guía de Referencia enmarca en general el buen uso y manejo adecuado de plaguicidas agrícolas, de tal forma que evite cualquier alteración en los suelos agrícolas y las posibles repercusiones que se pueden llegar a tener en los cuerpos de agua dulce.</p>

## IX. CONCLUSIONES

Del presente trabajo de investigación las conclusiones son las siguientes:

- Las encuestas permitieron conocer las actividades que llevan a cabo los productores de higo de la localidad de Telixtac del municipio de Axochiapan. En la recopilación de datos, se obtuvo información personal del productor, como su edad, nivel de escolaridad y el tiempo que han realizado actividades agrícolas. También, proporcionaron información sobre las parcelas donde cultivan el higo; si bien es un cultivo joven que apenas tienen diez años en trabajar, ellos ya lo comercializan en empacadoras, central de abastos de México y con personas que llegan hasta sus parcelas para comprar. Cabe mencionar, que uno de sus objetivos es lograr obtener un documento oficial, certificado o reconocimiento, avalado ante la SENASICA. Que permitan posicionarlos como agricultores que brinden productos de calidad y sin riesgo de ocasionar daños a la salud humana y medio ambiente. Sin embargo, varias de sus actividades y labores culturales necesitan mejorar y aplicarse como se establecen en los lineamientos y requerimientos por parte de las autoridades competentes. Como usar el equipo de protección personal, usar plaguicidas autorizados, realizar análisis biológicos y químicos al agua de riego, así como también, documentar sus actividades mediante, procedimientos, registros y bitácoras. A pesar de obtener cosechas cada año, aun les falta mejorar algunas técnicas en el buen uso y manejo de plaguicidas, ya que al no contar con una variedad de productos autorizados para solventar sus necesidades, optan por usar productos no destinados al cultivo de higo. Cabe mencionar que los plaguicidas que con mayor frecuencia utilizan este grupo de productores son cipermetrina y piraclostrobin, lo que conlleva a la incertidumbre no saber los días de cosecha, debido a que no se conoce el tiempo de vida media de estos plaguicidas en el cultivo de higo.
- Para el análisis de fiabilidad, se concluye que, a pesar de los elementos eliminados, para obtener un valor aceptable en el alfa de Cronbach, la

encuesta no pierde su esencia, ya que se mantiene con la mayor cantidad de preguntas establecidas desde un inicio. Cabe mencionar que para el desarrollo de la encuesta se tomó de referencia algunos de los requisitos de los lineamientos para obtener el certificado o reconocimiento en Sistemas de Reducción de Riesgos de Contaminación (SRRC) que otorga el SENASICA. Por lo tanto, la encuesta se considera un instrumento confiable y posible de aplicar a una población con actividad agrícola.

- Los valores de la ingestia diaria estimada y el índice de riesgo de salud, que se calcularon a partir de la presencia de residuos en el fruto de higo, no representan riesgo alguno, ya que se encuentran por debajo de lo establecido por la OMS. Finalmente se concluye que, para garantizar alimentos como frutas y verduras libres de residuos de plaguicidas, se requiere de una mejor práctica en el uso y manejo de plaguicidas, de esta manera se disminuye el riesgo a la salud tanto de los trabajadores como de los consumidores. De tal forma que estas prácticas permitan cumplir con los LMR establecidos y que los productos agrícolas puedan ser comercializados de forma nacional e internacional.
- De acuerdo con la disipación de los plaguicidas cipermetrina y piraclostrobin, se concluye que la cosecha del cultivo de higo tiene como intervalo de seguridad 30 días a partir la aplicación de los plaguicidas estudiados.
- Por último, mediante este trabajo de investigación se puede aportar y dar cumplimiento a algunos de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, ya que, al proporcionar esta Guía de Referencia al Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Morelos, se contribuye directamente a la necesidad de productores de higo de la localidad de Telixtac contribuyendo con los retos y desafíos que demandan el bienestar global de la humanidad de forma sustentable.

## **X. PERSPECTIVAS**

Es necesario realizar más estudios que involucren otros plaguicidas utilizados por los productores de higo de la misma localidad, ya que al no contar con una variedad de plaguicidas destinados autorizados por la autoridad competente para el cultivo de higo utilizan otros productos. Así, se brindarán más opciones a los productores de forma confiable y segura estableciendo los intervalos de seguridad y tiempos de cosecha.

Por otra parte, también es importante considerar migrar a otras técnicas o modelos de agricultura sostenible, donde se promuevan las prácticas agrícolas que aseguren la calidad del medio ambiente, cuidando y preservando los recursos naturales. Mientras tanto, se debe seguir considerando la aplicación de la agricultura convencional, donde se aprovechen los recursos con los que se cuenta, pero de forma responsable y correcta en la aplicación de plaguicidas para evitar problemas en la salud del productor, consumidor y contaminación en el medio ambiente.

## **XI. RECOMENDACIONES**

A continuación se mencionan otras recomendaciones generales a los productores agrícolas:

- Adquirir productos de plaguicidas en establecimientos autorizados.
- Seguir las recomendaciones de los fabricantes de los plaguicidas.
- Leer las etiquetas de los plaguicidas.
- Dar mantenimiento a los equipos aspersores.
- Usar el equipo de protección personal adecuado durante las aplicaciones.
- No dejar envases vacíos tirados u olvidados en el área de trabajo.
- Disponer de manera adecuada los envases vacíos de plaguicidas (ya que son residuos peligrosos y son dañinos para la salud y ambiente).
- Capacitarse en el buen manejo de agroquímicos (las capacitaciones son gratis por parte del Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Morelos).

- Seguir las recomendaciones en caso de alguna situación de emergencia, que ponga en riesgo su salud.
- Transitar a otras técnicas o modelos de agricultura sostenible
  - Agricultura ecológica
  - Agricultura biodinámica
  - Permacultura
- Aplicar el Manejo Integral de Plaguicidas
- Aplicar la agroecología

## XII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar-Barragán, A., García-Torres, A. E., Odriozola-Casas, O., Macedo-Raygoza, G., Ogura, T., Manzo-Sánchez, G., James, A. C., Islas-Flores, I. y Beltrán-García, M. J. (2014). Chemical management in fungicide sensitivity of *Mycosphaerella fijiensis* collected from banana fields in Mexico. *Brazilian Journal of Microbiology*, 45, 359-364. <https://doi.org/10.1590/S1517-83822014000100051>
- Albert, L. A. (2005). *Panorama de los plaguicidas en México*.
- Alonso, P. B. (2015). Estudio de estabilidad de plaguicidas en vegetales y frutas Laboratorio de Residuos de Agroquímicos Costa Rica. *Pensamiento Actual*, 15(25), 197-205.
- Amador, J., Velázquez-Manzanares, M., Colunga-Urbina, E., Garza-Rodríguez, I. y Reyes-Sánchez, E. (2019). *QuEChERS en la determinación de fipronil y sus compuestos de degradación*. 5, 1-11.
- América, A. L. (2019, abril). *Evolución del marco legal para el control de los plaguicidas en México*. Ecológica. <https://ecologica.jornada.com.mx/2019/04/24/evolucion-del-marco-legal-para-el-control-de-los-plaguicidas-en-mexico-4491.html>
- Anastassiades, M., Lehotay, S. J., Štajnbaher, D. y Schenck, F. J. (2003). Fast and Easy Multiresidue Method Employing Acetonitrile Extraction/Partitioning and “Dispersive Solid-Phase Extraction” for the Determination of Pesticide Residues in Produce. *Journal of AOAC INTERNATIONAL*, 86(2), 412-431. <https://doi.org/10.1093/jaoac/86.2.412>

- Anguita, J. C., Labrador, R. J. R. y Campos, J. D. (2003). La encuesta como técnica de investigación. Elaboración de cuestionarios y tratamiento estadístico de los datos (I). *Atención Primaria*, 31(8), 527-538.  
[https://doi.org/10.1016/S0212-6567\(03\)70728-8](https://doi.org/10.1016/S0212-6567(03)70728-8)
- AOAC Official Method, I. (2007). *AOAC Official Method 2007.01 Pesticide Residues in Foods by Acetonitrile Extraction and Partitioning with Magnesium Sulfate Gas Chromatography/Mass Spectrometry and Liquid Chromatography/Tandem Mass Spectrometry First Action 2007*.  
[https://nucleus.iaea.org/sites/fcris/Shared%20Documents/SOP/AOAC\\_2007\\_01.pdf](https://nucleus.iaea.org/sites/fcris/Shared%20Documents/SOP/AOAC_2007_01.pdf)
- Aravena, C. I. F. (2021). Alteraciones tiroideas en agricultores de Cotopaxi y su relación con el uso de plaguicidas. *Revista San Gregorio*, 0(45), Article 45.  
<https://doi.org/10.36097/rsan.v0i45.1396>
- Atkins, Dickerson, Masterton, Russell y Whitten. (1993). *Velocidades y mecanismos de las reacciones químicas*. Facultad de Farmacia. Universidad de Alcalá.  
[file:///C:/Users/HOGAR/Downloads/Tema\\_cinetica.pdf](file:///C:/Users/HOGAR/Downloads/Tema_cinetica.pdf)
- Avery, H. E. (2020). *Cinética química básica y mecanismos de reacción Vol. III*. Reverte.
- Balderas, L. C. (2021, diciembre 27). Morelos, principal productor de higo en México. *HIGOS & FIGS*. <https://higosandfigs.com/2021/12/27/morelos-principal-productor-de-higo-en-mexico/>
- Baldoni, D., Ventura-Aguilar, R. I., Hernández-López, M., Corona, M. L., Barrera-Necha, L. L., Correa-Pacheco, Z. y Bautista-Baños, S. (2016). *Calidad*

postcosecha de higos «Black Mission» tratados con cubiertas naturales. 17, 10.

Barua, A. S., Saha, J., Chaudhuri, A., Chowdhury, S. y Adityachaudhury, N.

(1990). *Degradation of pendimethalin by soil fungi.*

<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/ps.2780290406>

BASF. (2018). *Ficha técnica de head line- piraclostrobin.*

Bhandari, G., Atreya, K., Scheepers, P. T. J. y Geissen, V. (2020). Concentration and distribution of pesticide residues in soil: Non-dietary human health risk assessment. *Chemosphere*, 253, 126594.

<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.126594>

Blanco, P., Figini, I., Marino, D. J. y Orozco, M. M. (2020). Estudio de la contaminación ambiental por plaguicidas y su impacto en fauna silvestre en humedales del noreste de Argentina. *Ciencias de la Salud*, 2(1), 39-51.

Bojórquez Molina, J. A., Aranda, L. L., Hernández Flores, M. E. y Jiménez López, E. (2013). *Utilización del alfa de Cronbach para validar la confiabilidad de un instrumento de medición de satisfacción del estudiante en el uso del software Minitab.* <http://www.laccei.org/LACCEI2013-Cancun/RefereedPapers/RP065.pdf>

Bravo, R., Caltabiano, L. M., Fernandez, C., Smith, K. D., Gallegos, M., Whitehead, R. D., Weerasekera, G., Restrepo, P., Bishop, A. M., Perez, J. J., Needham, L. L. y Barr, D. B. (2005). Quantification of phenolic metabolites of environmental chemicals in human urine using gas chromatography–tandem mass spectrometry and isotope dilution

quantification. *Journal of Chromatography B*, 820(2), 229-236.

<https://doi.org/10.1016/j.jchromb.2005.03.012>

Bravo, V. D., de la Cruz Malavassi, E., Herrera Ledezma, G. y Ramírez Muños, F. (2013). *Uso de plaguicidas en cultivos agrícolas como herramienta para el monitoreo de peligros en la salud*. 27(1), 27.

Buah-Kwofie, A. y Humphries, M. S. (2019). Validation of a modified QuEChERS method for the analysis of organochlorine pesticides in fatty biological tissues using two-dimensional gas chromatography. *Journal of Chromatography B*, 1105, 85-92.

<https://doi.org/10.1016/j.jchromb.2018.12.010>

Bueno, M. J. M., Gomez, M. J., Herrera, S., Hernando, M. D., Agüera, A. y Fernández-Alba, A. R. (2012). Occurrence and persistence of organic emerging contaminants and priority pollutants in five sewage treatment plants of Spain: Two years pilot survey monitoring. *Environmental Pollution*, 164, 267-273. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2012.01.038>

Bustos, I. I. R., Martínez, V. L., López, P. J., Sánchez, D. G., Tejacal, I. A., León, I. R., Noreña, H. A. S. y García, D. J. (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(1), 18-25.

Cabada-Tavares, C. A., Navarro-Ainza, C. A. y López-Carvajal, A. (2016).

*Principales problemas fitosanitarios del cultivo de higo en Baja California Sur.*

[https://m.facebook.com/nt/screen/?params=%7B%22note\\_id%22%3A3691506394235231%7D&path=%2Fnotes%2Fnote%2F&\\_rdr](https://m.facebook.com/nt/screen/?params=%7B%22note_id%22%3A3691506394235231%7D&path=%2Fnotes%2Fnote%2F&_rdr)

Cantín, G. S., Roca, V. M. Á., Herrero, M. P., Frutos, P.-S. A. J. y Carcas, de B. M. C. (2016). *Investigación de residuos de plaguicidas en frutas, verduras y hortalizas y cereales en la Comunidad Autónoma de Aragón durante el periodo 2010-2013.*

[https://zaguan.unizar.es/record/57109/files/texto\\_completo.pdf](https://zaguan.unizar.es/record/57109/files/texto_completo.pdf)

Cardona, Y., Peláez, M. y Chaparro, A. (2015). Efectos de las condiciones de almacenamiento de la degradación de cipermetrina en pastos en clima frío moderado. *Bistua revista de la facultad de ciencias básicas*, 13(2), 29-36.

<https://doi.org/10.24054/01204211.v2.n2.2015.1797>

Casadomet, E., López Corrales, M., Pérez-Gragera, F., Senero, M., Pérez, Ross, J. y Moral, D. (2016). *Plagas y enfermedades del cultivo de la higuera.*

Castillo, B., Ruiz, J. O., Manrique, M. A. y Pozo, C. (2020). Contaminación por plaguicidas agrícolas en los campos de cultivos en Cañete. *Revista ESPACIOS*, 41(10). <http://revistaespacios.com/a20v41n10/20411011.html>

Comisión Económica para América Latina y Caribe (CEPAL) (2015). *Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible*. <https://www.cepal.org/es/temas/agenda-2030-desarrollo-sostenible>

Cervantes, E. H., Schroeder, R. H. A., Cruz, R. G., Rodríguez, V. I. D., Hernández, E. R. y Trejo, E. B. (2021). Análisis situacional por el uso de plaguicidas en unidad agrícola de cultivo de plátano. *Contactos, Revista de Educación en Ciencias e Ingeniería*, 122, 5-20.

- Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Morelos (CESVMOR) (2015). *Buen uso y manejo de agroquímicos en el cultivo de higo en el estado de Morelos*.  
<https://docplayer.es/96199124-Buen-uso-y-manejo-de-agroquimicos-en-el-cultivo-de-higo-en-el-estado-de-morelos-aguascalientes-septiembre-2015.html>
- Chai, L.-K., Mohd-Tahir, N. y Hansen, H. C. B. (2009). Dissipation of acephate, chlorpyrifos, cypermethrin and their metabolites in a humid-tropical vegetable production system. *Pest Management Science*, 65(2), 189-196.  
<https://doi.org/10.1002/ps.1667>
- Chirinos, D. T., Castro, R., Cun, J., Castro, J., Peñarrieta Bravo, S., Solis, L. y Geraud-Pouey, F. (2019). Los insecticidas y el control de plagas agrícolas: La magnitud de su uso en cultivos de algunas provincias de Ecuador: la magnitud de su uso en cultivos de algunas provincias de Ecuador. *Ciencia & Tecnología Agropecuaria*, 21(1), 1-16.  
[https://doi.org/10.21930/rcta.vol21\\_num1\\_art:1276](https://doi.org/10.21930/rcta.vol21_num1_art:1276)
- Cid-Ríos, J. Á., Reveles-Hernández, M., Sánchez-Gutiérrez, R. A., Ramírez-Cabra, N., Cid-Ríos, J. Á., Reveles-Hernández, M., Sánchez-Gutiérrez, R. A. y Ramírez-Cabra, N. (2022). Tipificación de productores de frijol del PRODETER para coadyuvar el cambio climático en Zacatecas. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 13(4), 741-748.  
<https://doi.org/10.29312/remexca.v13i4.2797>
- Comisión del Codex Alimentarius (2004). *Límites máximos de residuos (LMR) Codex Alimentarius FAO-WHO*. <http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/codex-texts/maximum-residue-limits/es/>

Comisión del Codex Alimentarius, Organización de las Naciones unidas para la agricultura (FAO) y la Organización Mundial de la Salud (OMS) (2021). *Normas Internacionales de los Alimentos*. <http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/about-codex/es/>

Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS) (2021). *Plaguicidas*. <http://transparencia.cofepris.gob.mx/index.php/es/marco-juridico/normas-oficiales-mexicanas/plaguicidas>

Coronado, A. M., Aguilar, A. A. y Flores, D. A. P. (2020). *Unidades de producción familiar en condiciones de vulnerabilidad agrícola en el municipio de Guachochi*. 22.

Dean, J. R. (1998). *Extraction methods for environmental analysis*. John Wiley.

Díaz-Vallejo, J., Barraza-Villarreal, A., Yañez-Estrada, L. y Hernández-Cadena, L. (2021). Plaguicidas en alimentos: Riesgo a la salud y marco regulatorio en Veracruz, México. *Salud Pública de México*, 63(4), 486-497. <https://doi.org/10.21149/12297>

Diario Oficial de la Federación (DOF) (2009). *Norma Oficial Mexicana NOM-232-SSA1-2009, plaguicidas: Que establece los requisitos del envase, embalaje y etiquetado de productos grado técnico y para uso agrícola, forestal, pecuario, jardinería, urbano, industrial y doméstico*. 28.

Diario Oficial de la Federación (DOF) (2017). *Norma Oficial Mexicana NOM-082-SAG-FITO/SSA1-2017*. [https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5499806&fecha=04/10/20](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5499806&fecha=04/10/20)

Esquivel-Valenzuela, B., Cueto-Wong, J. A., Valdez-Cepeda, R. D., Pedroza-Sandoval, A., Trejo-Calzada, R., Pérez-Veyna, Ó., Esquivel-Valenzuela, B., Cueto-Wong, J. A., Valdez-Cepeda, R. D., Pedroza-Sandoval, A., Trejo-Calzada, R. y Pérez-Veyna, Ó. (2019). Prácticas de manejo y análisis de riesgo por el uso de plaguicidas en la Comarca Lagunera, México. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 35(1), 25-33.

<https://doi.org/10.20937/rica.2019.35.01.02>

Eugenio, V. G. y Angel, S. S., Miguel. (2004). *Técnicas analíticas de contaminantes químicos: Aplicaciones toxicológicas, medioambientales y alimentarias*. Ediciones Díaz de Santos.

Fantke, P. y Juraske, R. (2013). Variability of Pesticide Dissipation Half-Lives in Plants. *Environmental Science & Technology*, 47(8), 3548-3562.

<https://doi.org/10.1021/es303525x>

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) (2021). *Frutas y hortalizas: Oportunidades y desafíos para la agricultura sostenible a pequeña escala*. FAO, CIRAD.

<https://doi.org/10.4060/cb4173es>

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) (2009). *Submission and evaluation of pesticide residues data for the estimation of maximum residue levels in food and feed*. FAO.

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) y la Organización Mundial de la Salud (OMS) (2017). *Directrices sobre criterios de rendimiento para métodos de análisis para la determinación de residuos de plaguicidas en los alimentos y piensos*. <https://www.fao.org/fao->

who-codexalimentarius/sh-proxy/zh/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252Fstandards%252FCXG%2B90-2017%252FCXG\_090s.pdf

Farajzadeh, M. A. y Khoshmaram, L. (2014). A Rapid and Sensitive Method for the Analysis of Pyrethroid Pesticides Using the Combination of Liquid–Liquid Extraction and Dispersive Liquid–Liquid Microextraction. *CLEAN – Soil, Air, Water*, 43(1), 51-58. <https://doi.org/10.1002/clen.201300663>

Fernández, A. S., Díaz, A. A. V., Savelli, E. J. N., Arellano, M. A. C., López, J. E. V. y Enríquez, J. A. (2022). Competitividad de la producción de maíz grano en el estado de Campeche, México. *CIENCIA ergo-sum*, 29(2), Article 2. <https://doi.org/10.30878/ces.v29n2a10>

FERTILAB. (2019). *Importancia de realizar un análisis de plaguicidas*. <https://www.fertilab.com.mx/blog/326-importancia-de-realizar-un-ana%C2%81lisis-de-plaguicidas/>

Fideicomiso del Riesgo Compartido (FRC) (2017). *El Higo, desde el Medio Oriente para el mundo*. gob.mx. <http://www.gob.mx/firco/es/articulos/el-higo-desde-el-medio-oriente-para-el-mundo?idiom=es>

Frías-Navarro, D. (2014). *Análisis de fiabilidad de las puntuaciones de un instrumento de medida. Alfa de Cronbach: Un coeficiente de fiabilidad*. 11.

Friedrich, T. (2014). *La seguridad alimentaria: Retos actuales*. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 48, núm. 4, 2014, pp. 319-322, 5.

- Gallego, M. C., Angulo, R., Serrano, S. y Jodral, M. (1996). Estudio espacio-temporal del consumo de higos. *Ciencia y Tecnología Alimentaria*, 1(3), 43-48.
- Gamboa, G. T. G., Servín, M. R. S., Cota, F. P., Pereyra, J. G., Martínez, G. N. A. y Villalobos, S. S. (2018). Plaguicidas en la agricultura mexicana y potenciales alternativas sustentables para su sustitución. *Revista Biológico Agropecuaria Tuxpan*, 6(1), 61-75.  
<https://doi.org/10.47808/revistabioagro.v6i1.138>
- García, H. J., Leyva, J., Martínez, I., Hernández-Ochoa, I., Aldana, L., Rojas, A., Betancourt-Lozano, M., Herrera, N. y Ríos, J. (2018). Estado actual de la investigación sobre plaguicidas en México. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 34, 29-60.  
<https://doi.org/10.20937/RICA.2018.34.esp01.03>
- García, K., Romano, D. y Hernández, K. (2018). Directo a tus hormonas: Guía de alimentos disruptores. Residuos de plaguicidas con capacidad de alterar el sistema endocrino en los alimentos españoles. *Ecologistas en Acción*, 41.
- García-Gutiérrez, C. y Rodríguez-Meza, G. D. (2012). Problemática y riesgo ambiental por el uso de plaguicidas en Sinaloa. *Ra Ximhai*, 1-10.  
<https://doi.org/10.35197/rx.08.03.e2.2012.01.cg>
- Gil, M. J., Soto, A. M., Usma, J. I. y Gutiérrez, O. D. (2012). Contaminantes emergentes en aguas, efectos y posibles tratamientos. *Producción + Limpia*, 7(2), 52-73.

- Gliem, J. A. y Gliem, R. R. (2003). *Calculating, Interpreting, And Reporting Cronbach's Alpha Reliability Coefficient For Likert-Type Scales*.  
<https://scholarworks.iupui.edu/handle/1805/344>
- González, F. B., Márquez, D. A., Solís, J. D. Á., Meraz, E. A., Aguilar, O. A., Arriaga, J. A. L., Méndez, R. M. y Rodríguez, I. E. M. (2017). *Los Plaguicidas Altamente Peligrosos en México*. 364.
- González-Martell, A.D., Cilia-López, V. G., Aradillas-García, C., Castañeda-Díaz L., A., Cruz-Gutiérrez, A., Zúñiga-Buñuelos, J., García-Aguilar, N., González-Cortés, C. y Barriga-Martínez, F. D. (2019). La seguridad alimentaria y nutricional en una comunidad indígena de México. *Revista española de nutrición comunitaria*, 3, 113-117.  
<https://doi.org/10.14642/RENC.2019.25.3.5289>
- Gortari, R. R. (2020). De la Revolución verde a la agricultura sustentable en México. *Nueva antropología*, 33(92), Article 92.  
[https://www.nuevantropologia.org.mx/ojs/index.php/osjdata\\_na/article/view/12](https://www.nuevantropologia.org.mx/ojs/index.php/osjdata_na/article/view/12)
- Guo, H., Ji, J., Wang, J. y Sun, X. (2020). Co-contamination and interaction of fungal toxins and other environmental toxins. *Trends in Food Science & Technology*, 103, 162-178. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.06.021>
- Gupta, S., Gajbhiye, V. T., Sharma, R. K. y Gupta, R. K. (2011). Dissipation of cypermethrin, chlorpyrifos, and profenofos in tomato fruits and soil following application of pre-mix formulations. *Environmental Monitoring and Assessment*, 174(1), 337-345. <https://doi.org/10.1007/s10661-010-1461-0>

- Gutiérrez-Bouzán, M. C. y Droguet, M. (2002). *La cromatografía de gases y la espectrometría de masas: Identificación de compuestos causantes de mal olor*. <https://upcommons.upc.edu/handle/2099/2733>
- Hanada, R., Gasparotto, L. y Moreira, A. (2015). *Sensitivity of Mycosphaerella fijiensis from plantains to fungicides propiconazol and azoxystrobin*. <https://doi.org/10.4322/rca.1697>
- Hardt, J. y Angerer, J. (2000). Determination of Dialkyl Phosphates in Human Urine using Gas Chromatography-Mass Spectrometry. *Journal of Analytical Toxicology*, 24(8), 678-684. <https://doi.org/10.1093/jat/24.8.678>
- Hernández, F. y Beltrán, J. (1995). *Análisis de residuos de plaguicidas en aguas*. [https://abe.ufl.edu/faculty/carpenna/files/pdf/zona\\_no\\_saturada/avances\\_en\\_la\\_investigacion\\_v2/c23\\_p321\\_356.pdf](https://abe.ufl.edu/faculty/carpenna/files/pdf/zona_no_saturada/avances_en_la_investigacion_v2/c23_p321_356.pdf)
- Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) (2014). *Perfil nacional de sustancias tóxicas*. 349.
- Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), Organización de las Naciones Unidas (ONU) Medio Ambiente, Organización Panamericana de la Salud (OPS) , Organización Mundial de la Salud (OMS), Secretaría del Medio Ambiente (SEMARNAT), Secretaría de Salud (SSA) y Red Toxicológica Mexicana (RETOMEX) (2019). *Elementos para desarrollar una estrategia integral de manejo responsable de plaguicidas*. [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/451603/Elementos\\_para\\_Developar\\_una\\_Estrategia\\_Integral\\_de\\_Manejo\\_Responsable\\_de\\_Plaguicidas\\_final\\_\\_3\\_.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/451603/Elementos_para_Developar_una_Estrategia_Integral_de_Manejo_Responsable_de_Plaguicidas_final__3_.pdf)

- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) (2009).  
*Prontuario de Información Geográfica Municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Axochiapan Morelos , clave geoestadística 17003.*  
[http://www3.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos\\_geograficos/17/17003.pdf](http://www3.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/17/17003.pdf)
- INTAGRI (2020). *Producción de Higo en México. 60.*
- Kishi, M. y LaDou, J. (2001). Introduction. *International Journal of Occupational and Environmental Health*, 7(4), 259-265.  
<https://doi.org/10.1179/oeh.2001.7.4.259>
- Kumari, P. L. y Reddy, K. G. (2013). *Knowledge and Practices of safety use of Pesticides among Farm workers.*
- Lacassie, E., Marquet, P., Gaulier, J.-M., Dreyfuss, M.-F. y Lachâtre, G. (2001). Sensitive and specific multiresidue methods for the determination of pesticides of various classes in clinical and forensic toxicology. *Forensic Science International*, 121(1), 116-125. [https://doi.org/10.1016/S0379-0738\(01\)00461-3](https://doi.org/10.1016/S0379-0738(01)00461-3)
- Lagos-Álvarez, Y. B., Díaz-Ramírez, L. M., Melo-Velasco, J. M. y Bermúdez, J. J. H. (2022). Residuos de plaguicidas en mora (*Rubus glaucus* Benth.) en el Valle del Cauca, Colombia. *Agronomy Mesoamerican*, 47538-47538.  
<https://doi.org/10.15517/am.v33i2.47538>
- Lewis, K. A., Tzilivakis, J., Warner, D. J. y Green, A. (2016a). An international database for pesticide risk assessments and management. *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal*, 22(4), 1050-1064.  
<https://doi.org/10.1080/10807039.2015.1133242>

- Lewis, K. A., Tzilivakis, J., Warner, D. J. y Green, A. (2016b). An international database for pesticide risk assessments and management. *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal*, 22(4), 1050-1064. <https://doi.org/10.1080/10807039.2015.1133242>
- López, C. M., Pérez, F., Serradilla, M. y Pereira, C. (2012). Estructura varietal del cultivo de la higuera en Extremaduras. *La agricultura y ganadería extremeña*, 121-130.
- López Dávila, E., Ramos Torres, L., Houbraken, M., Du Laing, G., Romero, O. y Spanoghe, P. (2019). Cuba pesticides knowledge and practical use. *Ciencia & Tecnología Agropecuaria*, 21(1), 1-20. [https://doi.org/10.21930/rcta.vol21\\_num1\\_art:1282](https://doi.org/10.21930/rcta.vol21_num1_art:1282)
- López-Dávila, E., Ramos Torres, L., Houbraken, M., Du Laing, G., Romero, O., Spanoghe, P., López-Dávila, E., Ramos Torres, L., Houbraken, M., Du Laing, G., Romero Romero, O. y Spanoghe, P. (2020). Conocimiento y uso práctico de plaguicidas en Cuba. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 21(1), 51-70. [https://doi.org/10.21930/rcta.vol21\\_num1\\_art:1282](https://doi.org/10.21930/rcta.vol21_num1_art:1282)
- López-Martínez, V., Domínguez-Monge, S., Mirafuente, A. y Guillén-Sánchez, D. (2019). *Presencia de moscas Drosophilidae (Diptera: Ephydroidea) asociadas a higo en Morelos.*
- Lyons, S. M. y Hageman, K. J. (2021). Foliar Photodegradation in Pesticide Fate Modeling: Development and Evaluation of the Pesticide Dissipation from Agricultural Land (PeDAL) Model. *Environmental Science & Technology*, 55(8), 4842-4850. <https://doi.org/10.1021/acs.est.0c07722>

- Martín, M. J. S. y Camazano, M. S. (1985). *Los plaguicidas. Adsorción y evolución en el suelo*. 51.
- Martínez-Valenzuela, C. y Gómez -Arroyo, S. (2007). *Riesgo genotóxico por exposición a plaguicidas en trabajadores agrícolas*.
- Martin-Guerrero, V. (2018). *Evaluación de residuos de plaguicidas*. 552.
- Matthews, K., Corbett, M., Suann, C. y Astin, A. (2020). *Issues paper—Review of the Agvet chemicals regulatory system: Future reform opportunities*. 125.
- Melgarejo, M. P. (1999). *El cultivo de la higuera (Ficus carica L.)*.  
<http://dspace.umh.es/bitstream/11000/4945/1/HIGUERA.pdf>
- Mendoza-Castillo, V. M. (2013). *Fisiología y manejo de la higuera (Ficus carica L) en producción forzada bajo cubierta plástica*.  
<http://colposdigital.colpos.mx:8080/xmlui/handle/10521/1993>
- Molina, J., Zarate, S., González, J. y Núñez, N. (2019). Efectos sobre el neurodesarrollo asociados a un ambiente de riesgo de exposición a pesticidas. *Cuadernos de Neuropsicología / Panamerican Journal of Neuropsychology*, 13(3), Article 3.  
<https://www.cnps.cl/index.php/cnps/article/view/382>
- Monadjemi, S., El Roz, M., Richard, C. y Ter Halle, A. (2011). Photoreduction of Chlorothalonil Fungicide on Plant Leaf Models. *Environmental Science & Technology*, 45(22), 9582-9589. <https://doi.org/10.1021/es202400s>
- Mondal, R., Mukherjee, A., Biswas, S. y Kole, R. K. (2018). GC-MS/MS determination and ecological risk assessment of pesticides in aquatic system: A case study in Hooghly River basin in West Bengal, India.

*Chemosphere*, 206, 217-230.

<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.04.168>

Moo-Muñoz, A. J., Azorín-Vega, E. P., Ramírez-Durán, N. y Moreno-Pérez, M. P.

(2020). *Estado de la producción y consumo de plaguicidas en México.*

<http://ri.uaemex.mx/handle/20.500.11799/109820>

Moreno, M. L. y Dallos, J. A. G. (2002). Validación de una metodología

multiresiduo para la determinación de residuos de plaguicidas en repollo

(*Jirassica Olerácea var Capitata.*) por cromatografía de gases. *Revista*

*Colombiana de Química*, 31(1), 19-32.

Naciones Unidas. (2018). *La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo*

*Sostenible: Una oportunidad para América Latina y el Caribe.*

[https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/40155/24/S1801141\\_es.pdf](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/40155/24/S1801141_es.pdf)

Narenderan, S. T., Meyyanathan, S. N. y Babu, B. (2020). Review of pesticide

residue analysis in fruits and vegetables. Pre-treatment, extraction and

detection techniques. *Food Research International*, 133, 109141.

<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109141>

Nava, P. C. C., Montenegro, M. M. M., Quintanar, A. I. V., Rosas, C. O.,

Zamorano, H. G., Cota, P. G. y Coronado, M. de L. G. (2019).

Determinación de plaguicidas organoclorados en hortalizas del sur de

Sonora: Calidad y seguridad de los alimentos en relación a los límites

máximos permitidos. *Biocencia*, 21(2), 19-27.

<https://doi.org/10.18633/biotech.v21i2.902>

- Navarro-Laboulais, J., Cuartas Uribe, B., Ortega Navarro, E., Fuentes Durá, P. y Abad Sempere, A. (2017). *Cinética química y catálisis: Vol. Modelos cinéticos en sistemas homogéneos* (Primera Edición).
- Nievas, W., Villareal, P., Rodríguez, A. y Gómez, G. (2021). *El cultivo de la higuera (Ficus carica) Aspectos ambientales y económicos para el Alto Valle del río Negro*. [https://inta.gob.ar/sites/default/files/el\\_cultivo\\_de\\_la\\_higuera.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/el_cultivo_de_la_higuera.pdf)
- Nilsson, M., Griggs, D. y Visbeck, M. (2016). Policy: Map the interactions between Sustainable Development Goals. *Nature*, 534(7607), 320-322.  
<https://doi.org/10.1038/534320a>
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OECD) (2021). *Gobernanza Regulatoria en el Sector de Plaguicidas de México*. OECD.  
<https://doi.org/10.1787/b4805eb5-es>
- Olmos-Hernández, M. (2019). *Identificación de ácaros y de la mancha necrótica del higo (Ficus carica L.) en Axochiapan, Morelos, México*. 7.
- Olsson, A. O., Baker, S. E., Nguyen, J. V., Romanoff, L. C., Udunka, S. O., Walker, R. D., Flemmen, K. L. y Barr, D. B. (2004). A Liquid Chromatography–Tandem Mass Spectrometry Multiresidue Method for Quantification of Specific Metabolites of Organophosphorus Pesticides, Synthetic Pyrethroids, Selected Herbicides, and DEET in Human Urine. *Analytical Chemistry*, 76(9), 2453-2461. <https://doi.org/10.1021/ac0355404>
- Organización Mundial de la Salud (OMS) (2020). *The WHO Recommended Classification of Pesticides by Hazard and Guidelines to Classification 2019*. <https://www.who.int/publications/i/item/9789240005662>

- Organización de las Naciones Unidas (ONU) (2015). *Mestas de los Objetivos de Desarrollo Sostenible*.
- Ordoñez-Beltrán, V., Frías-Moreno, M. N. y Parra-Acosta, H. (2019). *Estudio sobre el uso de plaguicidas y su posible relación con daños a la salud*. 16.
- Ortíz, I., Avila-Chávez, M. A. y Torres, L. G. (2014). Plaguicidas en México: Usos, riesgos y marco regulatorio. *Revista Latinoamericana de Biotecnología Ambiental y Algal*, 4(1), 21.
- Osman, K. A. y Abdulrahman, H. T. (2003). *Risk assessment of pesticide to human and the environmen*.
- Pérez, M. A., Navarro, H. y Miranda, E. (2013). Residuos de plaguicidas en Hortalizas: Problemática y riesgo en México. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 29(0), 45-64.
- Pérez-Olvera, Ma. A., Navarro-Garza, H. y Miranda-Cruz, E. (2011). *Use of Pesticides for Vegetable Crops in Mexico*.
- Pila, A. N. (2018). *Estudio cinético y de transporte de herbicidas en agua y suelo utilizados en los cultivos de arroz*.  
<http://repositorio.unne.edu.ar/xmlui/handle/123456789/1712>
- Pitt, J. J. (2009). Principles and Applications of Liquid Chromatography-Mass Spectrometry in Clinical Biochemistry. *The Clinical Biochemist Reviews*, 30(1), 19-34.
- Puerto, A. M. R., Suárez Tamayo, S. y Palacio Estrada, D. E. (2014). Efectos de los plaguicidas sobre el ambiente y la salud. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología*, 52(3), 372-387.

- Ramadan, G., Shawir, M., El-bakary, A. y Abdelgaleil, S. (2016). Dissipation of four insecticides in tomato fruit using high performance liquid chromatography and QuEChERS methodology. *Chilean journal of agricultural research*, 76(1), 129-133. <https://doi.org/10.4067/S0718-58392016000100018>
- Ramírez, J. A. y Lacasaña, M. (2001). *Plaguicidas: Clasificación, uso, toxicología y medición de la exposición*. [https://archivosdeprevencion.eu/view\\_document.php?tpd=2&i=1270](https://archivosdeprevencion.eu/view_document.php?tpd=2&i=1270)
- Ramírez-Bustos, I. I., López-Martínez, V., Juárez-Lopez, P., Alía-Tejagal, I., Guillén-Sánchez, D., Saldarriaga-Noreña, H. y León-Rivera, I. (2018). Monitoring of Pesticides in the Cultivation of Nopal Vegetable (*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill, Morelos, México. *Agriculture*, 8(11), 174. <https://doi.org/10.3390/agriculture8110174>
- Ramírez-Jiménez, R. y Oregel-Zamudio, E. (2018). Estudio preliminar para la determinación de plaguicidas en vegetales comercializados en una zona de Michoacán (México). *Revista de Ciencias Ambientales*, 52(2), Article 2. <https://doi.org/10.15359/rca.52-2.3>
- Ramírez-Sandoval, G. y Rodríguez-Cabriales, J. C. (1996). *Manual for banana production in Tabasco State and North Center of Chiapas State*. [https://agris.fao.org/agris-search/search.do;jsessionid=28CB06B2EB0D9E8BDF863B8FA684D321?request\\_locale=es&recordID=MX1998A01576&sourceQuery=&query=&sortField=&sortOrder=&agrovocString=&advQuery=&centerString=&enableField=](https://agris.fao.org/agris-search/search.do;jsessionid=28CB06B2EB0D9E8BDF863B8FA684D321?request_locale=es&recordID=MX1998A01576&sourceQuery=&query=&sortField=&sortOrder=&agrovocString=&advQuery=&centerString=&enableField=)
- Ramos, P. A. N. (2021). Presencia de residuos de organofosforados y carbamatos en vegetales orientales, La Vega, República Dominicana: Presencia de

residuos de organofosforados y carbamatos en vegetales orientales. *APF*, 10(1), 69-80.

Rey, J. F., Otalvaro, Á. M., Chaparro, M. P., Prieto, L. y López, A. (2018).

Organophosphorus pesticide residues in the production chain of broccoli (*Brassica oleracea* L. var. *Italica*) and cauliflower (*Brassica oleracea* L. var. *Botrytis*) in Colombia: Approach to risk profile. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 12(1), 156-165.

<https://doi.org/10.17584/rcch.2018v12i1.7352>

Ripley, B. D., Ritcey, G. M., Harris, C. R., Denommé, M. A. y Lissemore, L. I.

(2003). Comparative Persistence of Pesticides on Selected Cultivars of Specialty Vegetables. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(5), 1328-1335. <https://doi.org/10.1021/jf020139o>

Rosa Cruz, N. L., Sánchez-Salinas, E. y Ortiz-Hernández, M. (2014).

Biosurfactantes y su papel en la biorremediación de suelos contaminados con plaguicidas: Revisión. *Revista Latinoamericana de Biotecnología Ambiental y Algal*, 5(1), 4. <https://doi.org/10.7603/s40682-014-0004-8>

Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER) (2016). *Higo, habitante del desierto*. gob.mx. <http://www.gob.mx/agricultura/es/articulos/higo-habitante-del-desierto>

Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER) (2019a). *Clasificaciones más importantes de los plaguicidas*.

<https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/25247/clasificaciones.pdf>

Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER) (2019b). *Morelos principal productor de higo a nivel nacional*. gob.mx.

<http://www.gob.mx/agricultura%7Cmorelos/articulos/morelos-principal-productor-de-higo-a-nivel-nacional>

Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER) (2019c, diciembre 2). *El reto:*

*Una agricultura sustentable, productiva e inclusiva.* gob.mx.

<http://www.gob.mx/agricultura/articulos/agricultura-sustentable-una-buena-practica-social>

Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER) y Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA) (2010). *Manual de muestreo de productos agrícolas para determinación de residuos de plaguicidas.*

[https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/120193/Manual\\_de\\_Muestreo\\_de\\_Productos\\_Agr\\_colas\\_para\\_Determinaci\\_n\\_de\\_Residuos\\_de\\_Plaguicidas.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/120193/Manual_de_Muestreo_de_Productos_Agr_colas_para_Determinaci_n_de_Residuos_de_Plaguicidas.pdf)

Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER) y Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA) (2019a).

*Manual para el buen uso y manejo de plaguicidas en campo.*

[https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/452645/manual\\_para\\_el\\_buen\\_uso\\_y\\_manejo\\_de\\_plaguicidas\\_en\\_campo.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/452645/manual_para_el_buen_uso_y_manejo_de_plaguicidas_en_campo.pdf)

Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER) Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA) (2019b).

*Programa nacional de monitoreo de residuos de plaguicidas en vegetales 2019.*

[https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/505712/11.\\_Tecnolog\\_as\\_de\\_la\\_informaci\\_n-SENASICA.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/505712/11._Tecnolog_as_de_la_informaci_n-SENASICA.pdf)

- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER) Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA) (2014). *Acciones para reducir los riesgos de contaminación por plaguicidas durante el proceso productivo, empaquetado y distribución del nopal dentro y fuera del país.*  
<https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/257726/PlandeAccionNopaI2014.pdf>
- Sánchez, L. y David, A. (2019). *Validación del método de extracción QuEChERS modificado para la determinación de plaguicidas en suelo.*  
<http://repositorio.ual.es/handle/10835/7887>
- Savage, K. E. y Jordan, T. N. (1980). Persistence of three Dinitroaniline Herbicides on the Soil Surface. *Weed Science*, 28(1), 105-110.  
<https://doi.org/10.1017/S0043174500027879>
- Schmidt-Durán, A., Villalba-Velásquez, V., Chacón-Cerdas, R., Martínez, K. y Flores-Mora, D. (2015). *Larval stage prediction model of Spodoptera frugiperda collected in fig (Ficus carica) and discovery of Apanteles sp. As its parasitoid.* <https://doi.org/10.18845/tm.v28i1.2191>
- SDSN Australia/Pacific, S. D. S. N. (2017). *Getting started with the SDGs in universities: A guide for universities, higher education institutions, and the academic sector.* <https://reds-sdsn.es/wp-content/uploads/2017/02/Guia-ODS-Universidades-1800301-WEB.pdf>
- Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL), (2013). *Datos Generales, Axochiapan Morelos.*

<http://microrregiones.sedesol.gob.mx/zap/datGenerales.aspx?entra=pdzp&ent=17&mun=003>

Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA) (2018). *Desde el campo, alimentos inocuos para la mesa de los mexicanos*. gob.mx. <http://www.gob.mx/senasica/articulos/desde-el-campo-alimentos-inocuos-para-la-mesa-de-los-mexicanos>

Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA) (2019a). *Inocuidad agroalimentaria por la salud y la competitividad*. gob.mx. <http://www.gob.mx/senasica/articulos/inocuidad-agroalimentaria-por-la-salud-y-la-competitividad?idiom=es>

Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA) (2022, mayo). *Productos Vegetales*. gob.mx. <http://www.gob.mx/senasica/acciones-y-programas/alimentos-de-origen-agricola>

Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA) (2019b). *Pasos firmes y seguros para la regulación y vigilancia de plaguicidas*. gob.mx. <http://www.gob.mx/senasica/articulos/pasos-firmes-y-seguros-para-la-regulacion-y-vigilancia-de-plaguicidas?idiom=es>

Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA) (2020a, febrero). *Consulta registros de plaguicidas y nutrientes*. <http://siipris03.cofepris.gob.mx/Resoluciones/Consultas/ConWebRegPlaguicida.asp>

Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA) (2020b, febrero 26). *Plaguicidas de uso agrícola*. gob.mx.

<http://www.gob.mx/senasica/acciones-y-programas/plaguicidas-de-uso-agricola>

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) (2017). *Atlas Agroalimentario 2017*.

[https://nube.siap.gob.mx/gobmx\\_publicaciones\\_siap/pag/2017/Atlas-Agroalimentario-2017](https://nube.siap.gob.mx/gobmx_publicaciones_siap/pag/2017/Atlas-Agroalimentario-2017)

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) (2019). *Anuario Estadístico de Producción Agrícola*. <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>

Silveira-Gramont, M. I., Aldana-Madrid, M. L., Piri-Santana, J., Valenzuela-Quintanar, A. I., Jasa-Silveira, G., Rodríguez-Olibarria, G., Silveira-Gramont, M. I., Aldana-Madrid, M. L., Piri-Santana, J., Valenzuela-Quintanar, A. I., Jasa-Silveira, G. y Rodríguez-Olibarria, G. (2018).

Plaguicidas agrícolas: un marco de referencia para evaluar riesgos a la salud en comunidades rurales en el estado de Sonora, México. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 34(1), 7-21.

<https://doi.org/10.20937/rica.2018.34.01.01>

Sistema Internacional de Vigilancia Epidemiológica (SINAVE) y Secretaría de Salud (SSA) (2019). *Distribución de casos nuevos de enfermedad por fuente de notificación Estados Unidos Mexicanos 2019*.

[https://epidemiologia.salud.gob.mx/anuario/2019/morbilidad/nacional/distribucion\\_casos\\_nuevos\\_enfermedad\\_fuente\\_notificacion.pdf](https://epidemiologia.salud.gob.mx/anuario/2019/morbilidad/nacional/distribucion_casos_nuevos_enfermedad_fuente_notificacion.pdf)

Skidmore, M. W. y Ambrus, Á. (2003). Pesticide Metabolism in Crops and Livestock. En D. Hamilton & S. Crossley (Eds.), *Wiley Series in*

*Agrochemicals and Plant Protection* (pp. 63-120). John Wiley & Sons, Ltd.

<https://doi.org/10.1002/0470091614.ch3>

Skoog, D. A., Holler, F. J. y Nieman, T. A. (2001). *Principios de análisis instrumental* (Quinta).

Sobhanzadeh, E., Bakar, N. K. A., Abas, M. R. y Nemati, K. (2009). Sample Preparation Methods for Pesticides Analysis in Food Matrices and Environmental Samples by Chromatography-Based Techniques: A Review. *Malaysian Journal of Fundamental and Applied Sciences*, 5(2), Article 2. <https://doi.org/10.11113/mjfas.v5n2.294>

Soto, D. A., Luque, F. A., Gnazzo, V., Soto, D. A., Luque, F. A. y Gnazzo, V. (2020). Peces de consumo humano como indicadores de contaminación ambiental por plaguicidas en el norte de Misiones, Argentina. *Revista Argentina de Salud Pública*, 11(42), 7-14.

Secretaria de Salud (SSA) (2020, septiembre). *Casos nuevos reportados de Intoxicación por Plaguicidas*.

[http://dgeiawf.semarnat.gob.mx:8080/ibi\\_apps/WFServlet?PG\\_REQTYPE=REDIRECT&PG\\_MRsaved=false&PG\\_Func=GETBINARY&PG\\_File=faglnwuu.pdf](http://dgeiawf.semarnat.gob.mx:8080/ibi_apps/WFServlet?PG_REQTYPE=REDIRECT&PG_MRsaved=false&PG_Func=GETBINARY&PG_File=faglnwuu.pdf)

Swan, S. H., Kruse, R. L., Liu, F., Barr, D. B., Drobnis, D. E., Redmon, J. B., Wang, C., Brazil, Overstreet, J. W. y Study for Future Families Research Group. (2003). Semen quality in relation to biomarkers of pesticide exposure. *Environmental Health Perspectives*, 111(12), 1478-1484. <https://doi.org/10.1289/ehp.6417>

Norma Española UNE-EN 15662 (2019). *Método Estándar EN 15662 del CEN*.

- Valderrama, J. F. N., Baena, J. A. P. y Pérez, F. J. M. (2012). *Persistencia de plaguicidas en el ambiente y su ecotoxicidad: Una revisión de los procesos de degradación natural*. 3, 13.
- Varah, A., Ahodo, K., Coutts, S. R., Hicks, H. L., Comont, D., Crook, L., Hull, R., Neve, P., Childs, D. Z., Freckleton, R. P. y Norris, K. (2020). The costs of human-induced evolution in an agricultural system. *Nature Sustainability*, 3(1), 63-71. <https://doi.org/10.1038/s41893-019-0450-8>
- Vargas-González, G., Álvarez-Reyna, V. de P., Guigón-López, C., Cano-Ríos, P., García-Carrillo, M., Vargas-González, G., Alvarez-Reyna, V. de P., Guigón-López, C., Cano-Ríos, P. y García-Carrillo, M. (2019). Impacto ambiental por uso de plaguicidas en tres áreas de producción de melón en la Comarca Lagunera, México. *CienciaUAT*, 13(2), 113-127. <https://doi.org/10.29059/cienciauat.v13i2.1141>
- Walter, H.-F. y Frehse, H. (1995). The behaviour of pesticide residues in fruits and vegetables: Evaluation by decline curves. *Residuos de Plaguicidas'94 = Pesticide Residues'94, 1995, ISBN 84-8108-094-2, Págs. 35-85, 35-85*. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=1977097>
- Wilkowska, A. y Biziuk, M. (2011). Determination of pesticide residues in food matrices using the QuEChERS methodology. *Food Chemistry*, 125(3), 803-812. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.09.094>
- Wu, S., Zhang, H., Zheng, K., Meng, B., Wang, F., Cui, Y., Zeng, S., Zhang, K. y Hu, D. (2018). Simultaneous determination and method validation of difenoconazole, propiconazole and pyraclostrobin in pepper and soil by LC-

- MS/MS in field trial samples from three provinces, China. *Biomedical Chromatography*, 32(2), e4052. <https://doi.org/10.1002/bmc.4052>
- Yang, X., Luo, J., Duan, Y., Li, S. y Liu, C. (2018). Simultaneous analysis of multiple pesticide residues in minor fruits by ultrahigh-performance liquid chromatography/hybrid quadrupole time-of-flight mass spectrometry. *Food Chemistry*, 241, 188-198. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.08.102>
- Zamora, I. C. A., Terán, M. M., Carrasco, J. U. y Ferguson, B. G. (2020). Retos y estrategias para la reducción del uso de plaguicidas en Chiapas, México, desde la perspectiva de las organizaciones de la sociedad civil. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*, 17(1), 91-119.
- Zhang, F., Wang, L., Zhou, L., Wu, D., Pan, H. y Pan, C. (2012). Residue dynamics of pyraclostrobin in peanut and field soil by QuEChERS and LC-MS/MS. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 78, 116-122. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2011.11.003>
- Zhang, Z.-Y., Liu, X.-J., Yu, X.-Y., Zhang, C.-Z. y Hong, X.-Y. (2007). Pesticide residues in the spring cabbage (*Brassica oleracea* L. var. *Capitata*) grown in open field. *Food Control*, 18(6), 723-730. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2006.04.001>
- Zhang, Z.-Y., Zhang, C.-Z., Liu, X.-J. y Hong, X.-Y. (2006). Dynamics of pesticide residues in the autumn Chinese cabbage (*Brassica chinensis* L.) grown in open fields. *Pest Management Science*, 62(4), 350-355. <https://doi.org/10.1002/ps.1174>
- Zúñiga-Venegas, L., Saracini, C., Pancetti, F., Muñoz-Quezada, M. T., Lucero, B., Foerster, C. y Cortés, S. (2020). Exposición a plaguicidas en Chile y salud

poblacional: Urgencia para la toma de decisiones. *Gaceta Sanitaria*,  
S0213911120301291. <https://doi.org/10.1016/j.gaceta.2020.04.020>

### XIII. ANEXOS

## Encuesta “Caracterización de las condiciones y manejo de los agroquímicos en el cultivo de Higo (*Ficus carica* L.)”

 <p>UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS</p>	 <p>Facultad de Ciencias Químicas e Ingeniería</p>	 <p>CESVMOR</p>	
---	---	---	---

**Encuesta: Caracterización de las condiciones y manejo de agroquímicos en el cultivo de higo (*Ficus carica* L.)**

Fecha: \_\_\_\_\_

**I. SECCIÓN INFORMATIVA**

Estamos realizando una investigación mediante la presente encuesta para diagnosticar los riesgos de contaminación ambiental por el uso de agroquímicos sintéticos en el cultivo de Higo (*Ficus carica* L.), en Morelos México; por lo cual agradecemos tu participación contestando la presente. La información recopilada será utilizada para definir los proyectos necesarios, para la solución de la problemática identificada a través de la sistematización de la información obtenida. El encuestado autoriza mediante firma autógrafa el uso de la información, para los fines necesarios de la investigación.

**II. SECCIÓN DE INSTRUCCIONES**

- ◆ Conteste las preguntas abiertas con información específica y respuestas cortas.
- ◆ Cuando se presenta selección de respuesta, solo subrayar una respuesta.
- ◆ Rubricar todas las hojas y firmar al final de la encuesta.

**III. SECCIÓN DE PREGUNTAS**

**1. INFORMACIÓN GENERAL DEL PRODUCTOR**

1.1. Nombre del productor: \_\_\_\_\_

1.2. Sexo: \_\_\_\_\_

1.3. Edad: \_\_\_\_\_

1.4. Escolaridad: \_\_\_\_\_

1.5. Tiempo de realizar las actividades en el cultivo: \_\_\_\_\_

**2. INFORMACIÓN GENERAL DE LA PARCELA**

2.1. ¿En qué centro de acopio vende? \_\_\_\_\_

2.2. ¿Qué variedad de higo cultiva? \_\_\_\_\_

2.3. ¿Con cuántas parcelas cuenta? \_\_\_\_\_

2.4. ¿Dónde se encuentran ubicadas su parcela (s)? \_\_\_\_\_

2.4.1. Municipio: \_\_\_\_\_

2.4.2. Localidad: \_\_\_\_\_

2.4.3. Campo: \_\_\_\_\_

2.4.4. Calle: \_\_\_\_\_

2.5. ¿Cuánto tiempo tiene cultivando higo? \_\_\_\_\_

2.6. ¿Qué superficie tienen sus parcelas? \_\_\_\_\_

2.7. ¿Qué otros cultivos se encuentran cerca de sus parcelas? \_\_\_\_\_

Página 1 de 5

- 2.8. ¿En qué mercado se encuentra su producto?  
a) Nacional                      b) Exportación
- 2.9. ¿Se encuentra reconocida su parcela en Buenas Prácticas agrícolas?  
a) Sí                                b) No
- 2.10. En caso de contestar que sí ¿Con qué tipo de certificación cuenta?  
a) SRRC    b) PRIMUS    c) GLOBAL GAP
- 2.11. ¿Por qué se acredita en esta?

---

---

### 3. LABORES CULTURALES

#### 3.1. PREPARACIÓN DE SUELO

- 3.1.1. ¿Qué tipo de suelo tiene (n) su (s) parcela(s)?  
a) Arcilloso                      b) Calizo                              c) Arenoso
- 3.1.2. Previo al trasplante ¿Realizó rastreo y surcado del suelo?  
a) Sí                                b) No
- 3.1.3. De realizarlo ¿Cómo lo hace?

---

---

#### 3.2. TRASPLANTE

- 3.2.1. ¿En qué temporada (meses) realiza el trasplante de la planta? \_\_\_\_\_
- 3.2.2. ¿A qué profundidad y distancia siembra el cultivo? \_\_\_\_\_
- 3.2.3. ¿Dónde adquirió su planta para la siembra? \_\_\_\_\_
- 3.2.4. ¿Es una planta con certificado fitosanitario? \_\_\_\_\_
- 3.2.5. ¿Qué características debe tener la planta para adquirirla? \_\_\_\_\_

#### 3.3. FERTILIZACIÓN

- 3.3.1. ¿Abona previamente la parcela?  
a) Sí                                b) No
- 3.3.2. De abonar la parcela ¿Cómo y con qué lo realiza?  
\_\_\_\_\_
- 3.3.3. ¿Quién realiza las aplicaciones de los fertilizantes?  
\_\_\_\_\_
- 3.3.4. ¿Usa equipo de protección para las aplicaciones?  
a) Sí                                b) No
- 3.3.5. De usar equipo de protección describa qué características tiene:  
\_\_\_\_\_
- 3.3.6. ¿Ha recibido capacitación de buen uso y manejo de agroquímicos?  
a) Sí                                b) No

3.3.7. Enliste los productos que aplica durante el cultivo

No.	PRODUCTO	DOSIS DE APLICACIÓN	MES DE APLICACIÓN	PARA QUE LO APLICA	COMO LO APLICAN	DÍAS-APLICACIÓN ANTERIOR A LA COSECHA

3.4. RIEGO

3.4.1. ¿Realiza análisis microbiológico y metales pesados del agua para riego?

a) Sí      b) No

3.4.2. ¿Realiza análisis microbiológico del agua para aspersiones?

a) Sí      b) No

3.4.3. ¿Cómo realiza el riego?

a) Rodado      b) Por goteo      Otro \_\_\_\_\_

3.4.4. ¿Con que frecuencia realiza el riego durante todo el ciclo del cultivo?

3.4.5. ¿De dónde toma el agua para riego? \_\_\_\_\_

3.4.6. ¿De dónde toma el agua para aspersiones? \_\_\_\_\_

3.5. PODAS

3.5.1. ¿Qué tipo de podas realiza en el cultivo? \_\_\_\_\_

3.5.2. ¿En qué periodo realiza las podas? \_\_\_\_\_

3.5.3. ¿Cuántas podas realiza durante un ciclo del cultivo? \_\_\_\_\_

3.6. CONTROL DE PLAGAS

3.6.1. ¿Con qué equipo realiza sus aplicaciones?

NO.	NOMBRE COMERCIAL	INGREDIENTE ACTIVO	PARA QUE PLAGA SE APLICA	DOSIS EN QUE SE APLICA (CONCENTRACIÓN/LITRO) NÚMERO DE APLICACIONES		A LOS CUANTOS DÍAS DE LA APLICACIÓN REALIZA LA COSECHA	PERIODO EN QUE SE PRESENTA
				MÁXIMA ( )	MÍNIMA ( )		




### 3.7. CONTROL DE ENFERMEDADES

NO.	NOMBRE COMERCIAL	INGREDIENTE ACTIVO	PARA QUE ENFERMEDAD SE APLICA	DOSIS EN QUE SE APLICA (CONCENTRACIÓN/LITRO)		A LOS CUANTOS DIAS DE LA APLICACIÓN REALIZA LA COSECHA	PERIODO EN QUE SE PRESENTA
				NÚMERO DE APLICACIONES MÁXIMA [ ]	MÍNIMA [ ]		

### 3.8. COSECHA

- 3.8.1. ¿En qué meses del año se realiza la cosecha? \_\_\_\_\_
- 3.8.2. ¿Qué características debe tener el fruto para ser cosechado? \_\_\_\_\_
- 3.8.3. ¿Cómo se realiza la cosecha?  
a) Manual      b) Mecánica
- 3.8.4. ¿En qué transporta el fruto? \_\_\_\_\_
- 3.8.5. ¿Realiza algún tipo de lavado al producto?  
a) Sí            b) No
- 3.8.6. De realizarlo ¿Cómo lo realiza?  
\_\_\_\_\_

### 3.9. INFRAESTRUCTURA FÍSICA DISPONIBLE

- 3.9.1. ¿Cuenta con estaciones sanitarias?  
a) Sí            b) No
- 3.9.2. ¿Cuenta con área de consumo de alimentos?  
a) Sí            b) No
- 3.9.3. ¿Cuenta con área de objetos personales?  
a) Sí            b) No
- 3.9.4. ¿Cuenta con área de almacenamiento de fertilizantes?  
a) Sí            b) No

3.9.5. ¿Cuentan con un almacén de plaguicidas?

- a) Sí                      b) No

3.9.6. ¿Cuentan con un área de eliminación de caldos sobrantes?

- a) Sí                      b) No

3.9.7. ¿Cuentan con un área de equipo de protección personal y aspersión?

- a) Sí                      b) No

#### 3.10. INFRAESTRUCTURA DOCUMENTAL DISPONIBLE

3.10.1. ¿Cuenta con un manual de procedimientos que describa las medidas de control que aplican en la unidad de producción?

- a) Sí                      b) No

3.10.2. ¿Cuenta con un programa documentado de vigilancia de contaminantes en la unidad de producción?

- a) Sí                      b) No

3.10.3. ¿Cuenta con registros y bitácoras de las diferentes actividades que realiza en el cultivo?

- a) Sí                      b) No

#### OBSERVACIONES GENERALES:

---

---

---

---

#### IV. SECCIÓN DE CIERRE

Agradecemos tu participación y en la colaboración en este encuesta.

\_\_\_\_\_  
NOMBRE Y FIRMA DEL ENCUESTADO

Nombre del responsable de la encuesta: Jael Rosas Sánchez  
Dirección Avenida Universidad No1001, Colonia Chamilpe,  
Cuernavaca, Morelos, México. C.P. 62209  
Correo de contacto: jael.rosas.sanchez@gmail.com  
Teléfono personal de contacto: 777 201 93 71

## Aplicación de plaguicidas en la unidad experimental



Calibración de equipo



Equipo de Protección Personal



Preparación de mezcla de plaguicidas



Aplicación de plaguicidas



Aplicación de plaguicidas



Colecta de muestra de fruto

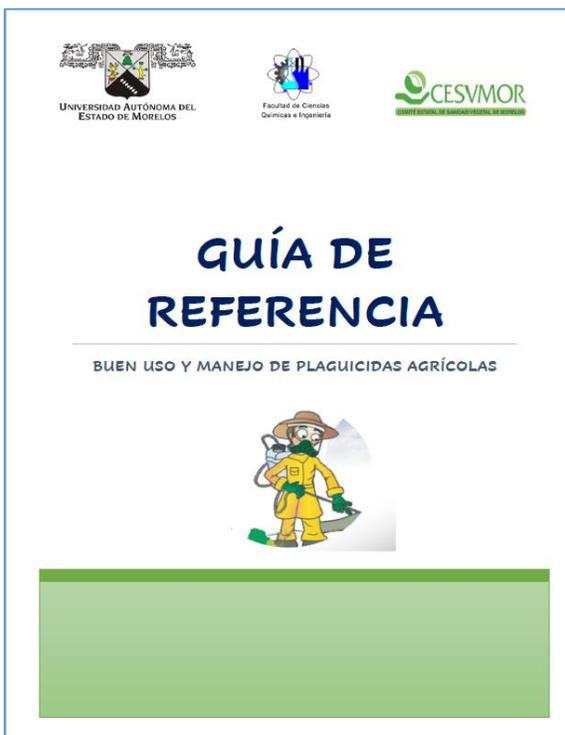


Colecta de muestra de fruto



Muestra con etiqueta para enviar a laboratorio

# Guía de referencia: buen uso y manejo de plaguicidas agrícolas.



**GUÍA DE REFERENCIA**

---

**BUEN USO Y MANEJO DE PLAGUICIDAS AGRÍCOLAS**

Elaborado por:

Jael Rosas Sánchez

Colaboradores Académicos

Universidad Autónoma del Estado de Morelos

Dr. Hugo Albeiro Saldarriaga Noreña  
Dra. Viridiana Aydeé León Hernández  
Dra. Patricia Mussali Galante

Universidad Estatal de Sonora

Dra. Irene Iliana Ramírez Bustos

MARZO 2022

II

**AGRADECIMIENTOS**

**COMITÉ ESTATAL DE SANIDAD VEGETAL DE MORELOS**  
Programa-Inocuidad Agrícola

**Coordinador**  
Ing. Eduardo Martínez Tenango

**Profesionales en Sistemas de Reducción de Riesgos de Contaminación**  
Ing. Rosa Elvira Ramírez Bustos  
Ing. José Luis Vázquez Martínez  
Ing. Jesús Pérez Olarte  
Ing. Fernando Montero Vidal

**CONACYT**  
Programa de Becas de posgrado del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología

III

**INDICE**

La Agricultura y los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la Agenda 2030 .....1

Introducción..... 6

Objetivo:.....7

¿Qué es una plaga?.....7

¿Qué es un plaguicida?.....8

¿Cómo se clasifican los plaguicidas?.....8

Clasificación de plaguicidas formulados de acuerdo con su uso:.....9

Clasificación de plaguicidas de acuerdo a su formulación:.....9

Clasificación de acuerdo con su grupo Químico:.....10

Clasificación de acuerdo con la plaga que controlan:.....11

Clasificación de acuerdo con su modo de acción:.....12

Detección del plaguicida:.....13

Información de las etiquetas:.....13

Etiqueta.....14

Ejemplo de una etiqueta.....14

Etiqueta parte centro:.....15

Etiqueta parte izquierda.....16

Etiqueta parte derecha.....17

Pictogramas:.....18

Iconos de seguridad:.....19

Registro de plaguicidas: Registro Sanitario Coordinado:.....20

Toxicidad de los plaguicidas:.....22

¿Evitar usar plaguicidas ilegales?.....23

IV

Equipo de Protección Personal:.....	25
Obligaciones y Responsabilidades:.....	26
Síntomas de intoxicación aguda:.....	28
Manejo y almacenamiento de plaguicidas.....	29
Calibración de equipo esporoz:.....	31
Preparación de mezcla de plaguicida.....	35
Compatibilidad y orden de mezclado.....	36
Tipos de interacciones al mezclar los productos.....	36
Tipos de incompatibilidad.....	36
Orden de mezclado.....	37
Factores para lograr una Aplicación exitosa de Plaguicidas.....	38
Aplicación del plaguicida.....	39
¿Cómo retirar el EPP?.....	43
Recomendaciones para la limpieza y mantenimiento del EPP.....	44
Recomendaciones para almacenamiento del EPP.....	44
Eliminación del EPP.....	45
Derrame.....	45
Manejo y disposición de envases vacíos de plaguicidas.....	48
Primeros auxilios.....	55
Factores que modifican la toxicidad.....	58
Teléfonos de emergencia.....	59
Referencias.....	64

### La Agricultura y los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la Agenda 2030

El presente documento se enmarca en la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, fue aprobada en el años 2015 por 193 Estados miembros de las naciones unidas, como hoja de ruta hacia un nuevo paradigma de desarrollo en el que las personas, el planeta, la prosperidad, la paz y las alianzas toman un rol central, integrando los tres pilares del desarrollo sostenible - económico, social y medioambiental (CEPAL, 2015).

La Agenda 2030 es una oportunidad para que los países, instituciones, empresas y ciudadanos, emprendamos un nuevo camino con el que mejorar la vida de todos, sin dejar a nadie atrás. Entre los desafíos de los 17 ODS se encuentran: la eliminación de la pobreza y el hambre, el combate al cambio climático, la garantía de una educación inclusiva, equitativa y de calidad, la defensa de la igualdad de la mujer, la protección del medio ambiente o el diseño de ciudades más inclusivas, seguras, resilientes y sostenibles (Naciones Unidas, 2018).



Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) que se pretenden considerar en la siguiente guía de referencia son los siguientes:

ODS	Descripción
<b>ODS 2 HAMBRE CERO</b>	Lograr la seguridad alimentaria, mejora de la nutrición y promover la agricultura sostenible.
<b>ODS 6 AGUA LIMPIA Y SANEAMIENTO</b>	Garantizar la disponibilidad de agua, gestión sostenible y el saneamiento para todos.
<b>ODS 8 TRABAJO DECENTE Y CRECIMIENTO ECONÓMICO</b>	Fomentar el crecimiento económico sostenido, inclusivo y sostenible, el empleo pleno y productivo, y el trabajo decente para todos.
<b>ODS 12 PRODUCCIÓN Y CONSUMO RESPONSABLE</b>	Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles.

<b>ODS 13 ACCIÓN POR EL CLIMA</b>	Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos.
<b>ODS 15 VIDA DE ECOSISTEMAS TERRESTRES</b>	Detener e invertir la degradación de las tierras y detener la pérdida de biodiversidad.
<b>ODS 17 ALIANZAS PARA LOGRAR LOS OBJETIVOS</b>	Revitalizar la Alianza Mundial para el Desarrollo Sostenible.



Cuernavaca, Mor., a 16 de noviembre de 2022.

**DRA. VIRIDIANA AYDEÉ LEÓN HERNÁNDEZ**  
**DRA. PATRICIA MUSSALI GALANTE**  
**DR. HUGO ALBEIRO SALDARRIAGA NOREÑA**  
**DRA. IRENE ILIANA RAMÍREZ BUSTOS**  
**DR. RUBÉN OSWALDO ARGUELLO VELASCO**  
**DR. OSCAR GABRIEL VILLEGAS TORRES**  
**DR. PORFIRIO JUÁREZ LÓPEZ**  
**P R E S E N T E**

Por este conducto, me permito informarle que ha sido asignado como integrante de la Comisión Revisora de la tesis que presenta **Jael Rosas Sánchez**, titulada: **"USO Y MANEJO SUSTENTABLE DE PLAGUICIDAS EN EL CULTIVO DE HIGO (*Ficus carica* L.) EN EL ESTADO DE MORELOS"**, realizada bajo la dirección del **DR. HUGO ALBEIRO SALDARRIAGA NOREÑA** del Programa Educativo de Doctorado en Ingeniería Ambiental y Tecnologías Sustentables. Agradezco su valiosa participación en esta Comisión y quedo a sus órdenes para cualquier aclaración o duda al respecto.

**A T E N T A M E N T E**  
*Por una humanidad culta*

**DRA. VIRIDIANA AYDEÉ LEÓN HERNÁNDEZ**  
**DIRECTORA DE LA FCQEI**

**D I C T A M E N**

**DRA. VIRIDIANA AYDEÉ LEÓN HERNÁNDEZ**  
**DIRECTORA DE LA FCQEI**  
**P R E S E N T E**

En respuesta a su amable solicitud para formar parte de la Comisión Revisora de la tesis mencionada y una vez realizada la revisión correspondiente, me permito informarle que mi VOTO es:

**D I C T A M E N**

NOMBRE	VOTO	FIRMA
Dra. Viridiana Aydeé León Hernández	APROBADO	
Dra. Patricia Mussali Galante	APROBADO	
Dr. Hugo Albeiro Saldarriaga Noreña	APROBADO	
Dra. Irene Iliana Ramírez Bustos	APROBADO	
Dr. Rubén Oswaldo Arguello Velasco	APROBADO	
Dr. Oscar Gabriel Villegas Torres	APROBADO	
Dr. Porfirio Juárez López	APROBADO	

Se anexan firmas electrónicas





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**

VIRIDIANA AYDEE LEON HERNANDEZ | Fecha: 2022-11-18 13:22:22 | Firmante  
HUe1xnsazdOqRmbLEzbGzf4UPdWH8q0uhGXJH0Wm66WBNAEh+dp4yMsaJi+mqXVd3c8MJ7R8bprsnfnnV7W9cQHs09dhhVZnwwGoJenblyAM4aH+z8zqpxD3EkXr#N  
KwT18t47RFXDc2SaNUFw7gCt+AZ244GR0YC9FXHlnzu8XoYNaeQTcEunWHYLLRX5Zfh3BaIkM6XwJ5H7n0uSk6ZojqOYdthOUw777dUIRWxGM+0HlHtp4oYErhG5qpxzSb  
Ss19OoXb5+gPkD9FA+ANdkZWsl58Sow52Hq6Wc9frXjTIAOXMmiCoiU6doN9QZ95Vys7vuwQ---



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

[4aUxGcoo](#)

<https://ofirma.uaem.mx/noFopudia/XXbaA0ZBrPHD9dbQtpDyTbAJiBKFHDU>



Una universidad de excelencia

RECTORÍA  
2017-2023



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**

**HUGO ALBEIRO SÁLDARRIAGA NOREÑA | Fecha:2022-11-22 13:08:22 | Firmante**  
 dPHUyBjvro+D7ue49MvIGSvOBthv74Vp4D8+In/CQm9aQ4uRU9p9HbCoD+xUv1cx8I99Eb+8J9vzhnI9oZ5IR2UKGPIHw8ndoRqDrtaqdNpX2HvWmUKB8L8B5xmckBYRMlMfH  
 TInVbgtkr+3jMhbbkbGwzcS9I9d7VWU0I6vKCDH3eVeE50IEJXIMUemc981rRuhtAbth9yQuvCJAoofvW6px3vkk4HWdpgRKIDU5TU4mH7B1Uw9zbbkGwgbRQoIwly2Hr  
 QjsAjcXqQ3Jd5M4cxH0GN+qcc3nPF79B094LmGJER2QF79ieAqM7vvo89Q==

**PORFIRIO JUAREZ LOPEZ | Fecha:2022-11-22 13:07:47 | Firmante**  
 RVhLO9SoIc1RFac+onJTLgu8zdzJRICORULD/0mBXqrHf4D2dg02ndUMxi2/DqrHs7W49CvYpIa7dAR9ygt8soWrGw9076u9gtlu0a87CAY0fPglcLfeFZe3m75JUMK4X5MJ3  
 RjfkWRyvs4C+3UUIUUGDQG7U8YKZ+DM8UVU93bDn4fcW68Uxqm9ixBR9wEvK08JdkauTKgcRECJaV1J4qJk4670+RkqWYT9OPRH6Fb3S0WxTKVVCu+KsHDtmwRds  
 YLjJsXhUewJemZzZgH2IPy70a1NDIh/2mTgE36ePOyJoOVkCs0Lo5rUyxPfkZxz+q4A==

**IRENE ILIANA RAMIREZ BUSTOS | Fecha:2022-11-22 13:46:13 | Firmante**  
 IP9nocqF8Gn9L9m7Y1fD+mtICg76Z9k9YI5YqZukGMU1B5m4ZpQw34RHmIve4OgCAVJf5GjD0wVf5f9GwJzh9c7Cjv0CHQ3k1eEAMuvU8f1xGXj+pgkQAue+Q2cm7AogUE  
 D6M8e92f8zA7ALgFal1VdAUI8JZg4FdykPMS3WMSzcIT5qcKupsEj1Z5K63+X3YUJ9Q1pUnk8OG99RBENTQVpK6o6SLGp7RLQyeyHIVK1s0+iu8Da1beUo4GfNgkQ6Gp4  
 R804VA+zhrvW5W51LFZBsk5YYdYjr+LvIXZyVhM5kqWKG0fK4GhAdE9z0Rpc2Xg5R3A==

**OSCAR GABRIEL VILLEGAS TORRES | Fecha:2022-11-22 16:34:48 | Firmante**  
 L1EKIrFHYR/DHGgzsZB23nReEmpMFKT9JDLNkinK+kJ9Gn3AUCfeRZF00xVCDh4xtehbgtUvIEPIf0VXjI+vPhnigeJujTmX9+gzAAQR/CmLsnr1u8neVM7aR2kuo1aNs0QuDwT  
 8+Fe4URF9uoOTVJqa7dXIVEaH6IQs9aBL24n9QpkMLT09woVMHVEe0ckcYK+u8GxqQh1toQgm8AkyGQ6fQq7ZdaK7QU029AAMU0+UU04lpE675dkB5DQpNEF+sQJFWN  
 QLM+9b955Tz0p8C9k0Xw400/CQENdI3ghKnF5Dw8gNye7Q99xw8976T+gDuoJ1kcYneQ==

**RUBÉN OSWALDO ARGÜELLO VELA SCD | Fecha:2022-11-22 17:20:58 | Firmante**  
 D4BieJNVIdVW5eQNIYJaAmFzefuDaxAyg5W8bK04Q5Y+qc001EcUX7hph5kz5eI3EAWHxGOPIMlpk5M9QuRfnozM2ox38PL167k5HxyGkFy9IQ0hOrAIBTWLGRASjnkfKd  
 +0YZCmBRy083zJaws+quCy4Gnc8IH8DIXqMx1L2bRAIb+cvLHgH0JhgG4En0cHDVnbd0dXhEb9CeTivyp2dmMg+YTK6BQKZZe0AZCaunTzm9S0QghsCYNaoOTCn1TJ  
 K2+KkknqzT2FME4K0m2Fp549WGS03jmtJurezRQeZKdAgan2YQUYGdfCk8PjgZ6eK9w==

**VIRIDIANA AYDEE LEON HERNANDEZ | Fecha:2022-11-22 18:28:33 | Firmante**  
 luR0ICWLIXa82YmVjy6QVpsr3DlVRH1lgwFGdMzPxYOrCSJ+e05mEct57I8Tuz2noGwIOfvzVWwkbRO6Eifg4Qa4uvqY35VnkYXYV4xLMY6odd95sYEGvrvccuP2fbPJN3I9  
 VMypmLZ0prrt+pmQFCxDMp9g1n01vIbixGis+1obMMon8XnrOVYQag2FKZDDI2FHaFkXhkaJ2G45XPCmKfPsL8plFaGky4beG8T2aR/H+5VRABHFnHyMz0Tul1VhL9zjg2  
 TbvWLL3xvIv8MHIFFT7PyaL9qYpsIPP8E0J0Y409+WvQvqxJE+komtoGln7g==

**PATRICIA MUSAALI GALANTE | Fecha:2022-11-26 13:46:19 | Firmante**  
 wqx34qINO7FaTIZDaYmzrZ9wH8xbghrFgt3gZIKKJ7XNT4qLQNRGSH9fs9eT1u0Y3kc3QHmtrnyIrk4TTP3zih1po8Vj6ZOrgFY37NzNF50ydcF6euhsxQd8J500AnUgAzI6vSjCn  
 IHTW46NDjVGCze8NDX2vDME2RT1sHzMVPm9pOgLOshJMYMEOXsPFPzPryaaNzv5IGEglaWio9eMFE900M+gAHavCilVtkeXmN3E7SjixNqF+gkx+Ms0R/BmLAKghn  
 8KpBeI0EAZ+V2g4q3ukWRZuoDhVtEwEK3I+VISOHNfobk4TtViyH6NUJ0CQ==

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



Rw8K4AeJl

<https://efirma.uaem.mx/InfoReproduccion3AYyKUvJ0ZZCqZadu44ku4HQ2FzH5H>

