



Instituto Politécnico Nacional

Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería Campus Zacatecas

Ingeniería Ambiental

“Diagnóstico de la situación actual en el manejo y disposición final de envases vacíos de agroquímicos en el municipio de Gral. Enrique Estrada”

Proyecto de Investigación

Que para obtener el título de Ingeniera ambiental

Presenta

Margarita de la Torre Ramírez

Directora del proyecto

M. en C. Mónica Judith Chávez Soto



Zacatecas, Zac., noviembre 2021.

Folio

UPIIZ/ESA/412/2021

85 Aniversario del Instituto Politécnico Nacional
70 Aniversario del CECyT 11 "Wilfrido Massieu"
60 Aniversario de la Escuela Superior de Física y Matemáticas
50 Aniversario del CECyT 12 "José Ma. Morelos" y del CECyT 13 "Ricardo Flores Magón"

Asunto

DESIGNACIÓN
MARGARITA DE LA TORRE RAMÍREZ
INGENIERÍA AMBIENTAL
BOLETA: 2017670112
GENERACIÓN: 2016-2021

Zacatecas, Zac., a 05 de noviembre de 2021

**C. MARGARITA DE LA TORRE RAMÍREZ
PRESENTE**

Mediante el presente se hace de su conocimiento que este Departamento acepta que la **M en C. Mónica Judith Chávez Soto** sea única **Asesora** en el tema que propone usted a desarrollar como prueba escrita de la opción Curricular, con el título y contenido siguiente:

**"Diagnóstico de la situación actual en el manejo y disposición final de envases vacíos de agroquímicos
en el municipio de Gral. Enrique Estrada"**

Se concede un plazo de máximo de un año, a partir de esta fecha, para presentarlo a revisión por el jurado asignado.



M. EN C. JULIA JANETH ROSALES MARES Jefa del Departamento de Evaluación y Seguimiento Académico
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA
INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
UNIDAD PROFESIONAL INTERDISCIPLINARIA DE INGENIERÍA CAMPUS ZACATECAS
DIRECCIÓN
DR. FERNANDO FLORES MÉJIA Director de la UPIIZ



Instituto Politécnico Nacional
"La Técnica al Servicio de la Patria"

85 Aniversario del Instituto Politécnico Nacional
70 Aniversario del CECyT 11 "Wilfrido Massieu"
60 Aniversario de la Escuela Superior de Física y Matemáticas
50 Aniversario del CECyT 12 "José Ma. Morelos" y del CECyT 13 "Ricardo Flores Magón"

Folio

UPIIZ/ESA/413/2021

Asunto

AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN
MARGARITA DE LA TORRE RAMÍREZ
INGENIERÍA AMBIENTAL
BOLETA: 2017670112
GENERACIÓN: 2016-2021

Zacatecas, Zac., a 05 de noviembre de 2021

El suscrito tengo el agrado de informar a usted, que habiendo procedido a revisar el trabajo de titulación que presenta con fines de titulación denominada:

"Diagnóstico de la situación actual en el manejo y disposición final de envases vacíos de agroquímicos en el municipio de Gral. Enrique Estrada"

Encontré que el citado **Trabajo de Titulación**, reúne los requisitos para **autorizar** la impresión y proceder a la presentación del Examen Profesional debiendo tomar en consideración las indicaciones y correcciones que al respecto se hicieron.

M. en C. Mónica Judith Chávez Soto



Autorización de uso de obra

Instituto Politécnico Nacional P r e s e n t e

Bajo protesta de decir verdad la que suscribe **Margarita de la Torre Ramírez** estudiante del programa de **Ingeniería Ambiental** con número de boleta **2017670112**, adscrita a la Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería campus Zacatecas; manifiesto ser autora y titular de los derechos morales y patrimoniales de la obra titulada **“DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL EN EL MANEJO Y DISPOSICIÓN FINAL DE ENVASES VACÍOS DE AGROQUÍMICOS EN EL MUNICIPIO DE GRAL. ENRIQUE ESTRADA”**, en adelante “El Trabajo de Titulación” y del cual se adjunta copia, por lo que por medio del presente y con fundamento en el artículo 27 fracción II, inciso b) de la Ley Federal del Derecho de Autor, otorgo a el Instituto Politécnico Nacional, en adelante “El IPN”, autorización no exclusiva para comunicar y exhibir públicamente total o parcialmente en medios digitales “El Trabajo de Titulación” por un periodo indefinido contado a partir de la fecha de la presente autorización, dicho periodo se renovará automáticamente en caso de no dar aviso expreso a “El IPN” de su terminación.

En virtud de lo anterior, “El IPN” deberá reconocer en todo momento mi calidad de autora de “El Trabajo de Titulación”.

Adicionalmente, y en mi calidad de autora y titular de los derechos morales y patrimoniales de “El Trabajo de Titulación”, manifiesto que la misma es original y que la presente autorización no contraviene ninguna otorgada por el suscrito respecto de “El Trabajo de Titulación”, por lo que deslindo de toda responsabilidad a “El IPN” en caso de que el contenido de “El Trabajo de Titulación” o la autorización concedida afecte o viole derechos autorales, industriales, secretos industriales, convenios o contratos de confidencialidad o en general cualquier derecho de propiedad intelectual de terceros y asumo las consecuencias legales y económicas de cualquier demanda o reclamación que puedan derivarse del caso.

Zacatecas, Zac., 17 de noviembre del 2021.

Atentamente



Margarita de la Torre Ramírez

AGRADECIMIENTOS

A mi padre *Rodrigo de la Torre Delgadillo*, por su apoyo incondicional a lo largo de mis veintitrés años, por el gran talento, cariño y paciencia que le pone a su trabajo y a la vida, por el gran ejemplo que nos ha dado a mis hermanos y a mí, por el gran valor que me ha inculcado sobre el cuidado del medio ambiente y lo majestuoso de la naturaleza. Gracias infinitas papá por el gran ser humano que eres, que a pesar de las adversidades siempre das la mejor cara con la frente en alto, con una gran sonrisa y con la gran personalidad tan admirable que tienes.

A mi madre *Ma. Lucía Ramírez Reyes*, por su gran apoyo y ánimo, por cada consejo y lección de vida que me has enseñado, por ser el pilar de la familia y siempre cuidarnos, por lo valiente, dedicada y paciente que eres a la hora de ayudar a otras personas, eso lo admiro mucho de ti, me siento muy orgullosa de tu profesión como enfermera y de ser tu hija. A mis hermanos *Alberto, Marichelo y Julieta*, por su amor incondicional, les agradezco por cada vivencia y momentos que he vivido con cada uno de ustedes. A mis abuelitos, pero especialmente a mi abuelita *Consuelo Reyes Reza* por su gran apoyo y cuidado en los momentos donde más lo necesité.

A mis amigos politécnicos *Ortiz, Missa, Juanjo, Jesús, Fabián, Richi y Arturo*, gracias por todos los momentos en tiempos de dificultad, estrés y tensión, les agradezco por su apoyo y su gran amistad que forjé con ustedes dentro y fuera del Politécnico. A mis amigos *Monse, Alan, Ricardo y Carmelita* por sus constantes consejos, apoyo y cariño. A mi novio *Omar Alberto Bañuelos Raigoza*, por todas las ocasiones en las que me decías que no me rindiera, que era muy capaz de superar cualquier dificultad, gracias por todo tu apoyo y por motivarme a ser mejor las cosas cada día dando la mejor cara a pesar de las circunstancias.

A mi asesora la *M. en C. Mónica Judith Chávez Soto*, muchas gracias por toda su paciencia y comprensión que hizo posible el desarrollo de este trabajo, gracias por esforzarse cada día y demostrar la capacidad que tiene como maestra y ser humano. A mis revisores *Pao* y el *Dr. Nájera*, gracias por el tiempo y el espacio que me brindaron, por sus consejos y paciencia, gracias.



DEDICATORIA

Dedico este trabajo con todo mi cariño y admiración a:

A mi familia que son la fuente de mi inspiración y el motivo por el cual me impulsaron a estudiar la carrera de Ing. Ambiental.

A todos los docentes, técnicos, compañeros, amigos y colegas del Politécnico que conocí a lo largo de mi formación como estudiante.

A cada una de las personas que se preocupan por el bienestar y protección del medio ambiente, gracias por aportar ese pequeño granito de arena. ***Las pequeñas acciones hacen la diferencia.***

Con cariño, respeto y admiración a cada una de las personas dedicadas a la agricultura, por su gran pasión, esfuerzo y tiempo invertido al campo zacatecano.

RESUMEN

El presente diagnóstico tiene la finalidad de dar a conocer un panorama general en cuanto al manejo y disposición final de los envases vacíos de agroquímicos que son usados por los agricultores del municipio de General Enrique Estrada, con el objetivo de evaluar y analizar la problemática actual en materia de agroquímicos, que según algunos estudios, han puesto en evidencia situaciones de contaminación, exposición y de efectos adversos a la salud humana y el medio ambiente a causa del uso y la incorrecta disposición final de los envases vacíos, dado que son clasificados como residuos peligrosos (RP's) ya que se consideran tóxicos, llegando a desencadenar una serie de problemas de contaminación al suelo, aire y agua, así como afectaciones a la salud humana por intoxicación. Para conocer el marco legal, se consultaron fuentes oficiales internacionales y nacionales, así como la revisión y consulta de numerosas leyes y normas oficiales mexicanas (NOM), que en conjunto regulan cada paso del ciclo de vida de los agroquímicos hasta la disposición final de los envases vacíos.

Aunado a esto, para evaluar la problemática actual se aplicaron dieciséis encuestas a los agricultores del municipio y sus localidades, realizadas en un lapso de veinte días. Algunos datos importantes que se analizaron fueron aspectos como el uso, tipo, empaque, frecuencia y dosis de aplicación de los agroquímicos, conocimiento y uso de la técnica del triple lavado como único método alternativo para lograr una correcta disposición final de los envases vacíos.

Finalmente se obtuvo que actualmente existe desinformación respecto al uso, manejo y aplicación de los agroquímicos por parte de los usuarios, así como un desconocimiento de la presencia de instalaciones especiales para disponer los envases vacíos de agroquímicos y prevenir su incorporación al medio ambiente y reducir los riesgos asociados al manejo o exposición a los mismos, también se detectó una gran área de oportunidad sobre regulación y falta de voluntad política y social a nivel municipal.

Palabras clave: Acondicionamiento, desinformación, regulación, responsabilidad compartida.

ABSTRACT

The present diagnosis intends to make known the general prospect regarding the handling and final disposal of empty agrochemical containers that are used in the municipality of General Enrique Estrada. The objective is that of evaluating and analyzing the current problem, in terms of agrochemicals, that has brought out into situations of contamination, exposure and adverse effects to human health and the environment due to the use and incorrect final disposal of empty containers, which are classified as hazardous waste (RP's), because they are considered toxic, leading a series of problems of contamination to the soil, air and water, as well as effects on human health due to intoxication. In order to be informed about the legal framework, official international and national sources were consulted, as well as the review and consultation of numerous laws, regulations and the official Mexican standards (NOM), which together regulate each step from the agrochemicals cycle of life until the final disposal of empty containers.

In addition to this, in order to evaluate the current problem, sixteen surveys were applied to farmers around the municipality and its localities, carried out in a period of twenty days. Some important data that were analyzed were aspects such as the use, type, packaging, frequency and application dose of agrochemicals, knowledge and use of the triple washing technique as the only alternative method to achieve a correct final disposal of empty containers.

The final results showed that, currently, there is misinformation regarding the use, handling and application of agrochemicals by users, as well as a lack of knowledge on the presence of special facilities to dispose of empty agrochemical containers, prevent their incorporation into the environment and reduce the risks associated with the handling or the exposure to them. It was detected, also, a large area of opportunity regarding regulation and lack of political and social will at a municipal level.

Keywords: Conditioning, misinformation, regulation, shared responsibility.

SIMBOLOGÍA

Símbolo	Descripción
≥	Mayor o igual
≤	Menor o igual
%	Porcentaje
°C	Grado Celsius
AMIFAC	Asociación Mexicana de la Industria Fitosanitaria A.C
Art.	Artículo
CADER	Centro de Apoyo al Desarrollo Rural
CAP	Centro de Acopio Primario
CAT	Centro de Acopio Temporal
CESAVEZ	Comité Estatal de Sanidad Vegetal del estado de Zacatecas
COFEPRIS	Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios
CNC	Confederación Nacional Campesina
DL ₅₀	Dosis letal media
EPA	Agencia de Protección Ambiental
EPP	Equipo de Protección Personal
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
g	Gramo
g/l	Gramo por litro
ha	Hectárea
IA	Ingrediente activo

INECC	Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático
Kg	Kilogramo
Km	Kilómetro
Km ²	Kilómetro cuadrado
Kg/ha	Kilogramo por hectárea
Koc	Coefficiente de adsorción de carbón orgánico
LFSV	Ley Federal de Sanidad Vegetal
LGPGIR	Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos
LGS	Ley General de Salud
Log Koc	Logaritmo del coeficiente de adsorción de carbón orgánico
mdd	Millones de dólares
mg	Miligramo
mg/l	Miligramo por litro
mm	Milímetro
mm Hg	Milímetros de mercurio
OMS	Organización Mundial de la Salud
PROFEPA	Procuraduría Federal de Protección al Ambiente
PSIA	Programa de Sanidad e Inocuidad Alimentaria
RP	Residuo peligroso
RP's	Residuos peligrosos
RSCO	Registro Sanitario Coordinado
Sr.	Señor
t _{1/2}	Tiempo de vida media

ÍNDICE

Título	Página
1. INTRODUCCIÓN	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA	2
2.1 Aspectos generales de los plaguicidas	2
2.1.1 Plaguicidas.....	2
2.1.2 Clasificación general.....	4
2.2. Plagas y enfermedades.....	10
2.3 Disposición final envases vacíos de agroquímicos	10
2.3.1 Triple lavado.....	11
2.3.2 CAP y CAT.....	12
2.3.3 Transporte de los envases vacíos.....	14
2.3.4 Acciones de disposición final.....	14
2.4 Marco legal	15
2.4.1 Regulación internacional	16
2.4.2 Regulación nacional.....	17
2.4.3 Regulación estatal (CESAVEZ).....	21
2.4.4 Regulación municipal.....	23
2.4.5 Responsabilidad compartida	24
2.4.6 Leyes federales y reglamentos nacionales	25
2.4.7 Normas oficiales mexicanas	26
2.5 Aspectos generales de las afectaciones de agroquímicos.....	26
2.5.1 Salud humana	26
2.5.2 Medio ambiente	28
3. JUSTIFICACIÓN	31
4. HIPÓTESIS.....	31



5. OBJETIVOS.....	32
5.1 General	32
5.2 Específicos.....	32
6. METODOLOGÍA.....	33
6.1 Área de estudio.....	33
6.2 Recolección de datos de campo	33
6.3 Análisis de los datos	34
6.4 Identificación de las propiedades fisicoquímicas más relevantes de los agroquímicos	34
6.5 Generación de mapas base	35
6.5.1 Mapa de la distribución geográfica de los predios agrícolas	35
6.5.2 Mapa de la distribución hidrográfica del área de estudio	35
6.5.3 Mapa de la rosa de los vientos predominantes en el área de estudio	36
7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	37
7.1 Análisis espacial	37
7.1.1 Área de estudio.....	37
7.1.2 Hidrografía	38
7.2 Distribución geográfica de los predios agrícolas	40
7.3 Superficie total, cultivada y tipos de cultivos sobre los predios agrícolas.....	42
7.4 Tipos de plagas, enfermedades y malezas presentes sobre los cultivos y tipos de métodos para erradicarlas	44
7.5 Tipos de agroquímicos utilizados con mayor frecuencia	50
7.6 Dosis y equipo o maquinaria de aplicación de los agroquímicos.....	52
7.7 Presentación y tipos de empaques utilizados con mayor frecuencia	52
7.8 Tiempo y frecuencia de aplicación de los agroquímicos sobre los cultivos	55
7.9 Enfermedades causadas por el uso de agroquímicos.....	56
7.9.1 Análisis de afectaciones a la salud.....	57

7.10 Capacitaciones e información sobre el uso, manejo y disposición final de los envases vacíos de agroquímicos.....	58
7.11 Destino final y aplicación de la técnica del triple lavado a los envases vacíos de agroquímicos.....	60
7.12 Conocimiento e información sobre la instalación de un CAT	63
7.13 Análisis de afectaciones al medio ambiente	64
7.13.1 Agua.....	65
7.13.2 Suelo	68
7.13.3 Aire.....	71
7.14 Recomendaciones	74
8. CONCLUSIONES.....	75
9. LITERATURA CITADA.....	78
10. ANEXOS.....	87
Anexo A. Estudio realizado por la FAO a través del Código de Conducta sobre la distribución y utilización de plaguicidas.	87
Anexo B. Estudio realizado por AMIFAC para la eficacia de los lavados de los envases vacíos de plaguicidas.	87
Anexo C. Formato de los recibos otorgados por los CESAVEZ.....	88
Anexo D. Formato de la encuesta aplicada a los agricultores	88
Anexo E. Coordenadas geográficas para la generación del mapa de distribución geográfica de los predios agrícolas.....	90
Anexo F. Evidencia sobre la disposición final que se le realizan a los envases vacíos de agroquímicos por parte de los agricultores.....	91
Anexo G. Requisitos para dar cumplimiento con la certificación del programa de inocuidad agrícola por parte del CESAVEZ.....	93
Anexo H. Ubicación del Centro de Acopio Temporal (CAT) de Calera de Víctor Rosales. .	93
Anexo I. Recomendaciones y especificaciones para aplicar los agroquímicos en relación con las velocidades del viento.....	94

ÍNDICE DE TABLAS

Descripción	Página
Tabla 1. Clasificación general de los plaguicidas (Fuente: Ortiz et al., 2014).....	4
Tabla 2. Clasificación de los plaguicidas según su vida media (Fuente: Ramírez et al., 2001).	5
Tabla 3. Principales presentaciones de los plaguicidas (Fuente: Juárez, 2013).	6
Tabla 4. Clasificación de los plaguicidas según su formulación y clave del IA (Fuente: SENASICA, 2019).	7
Tabla 5. Clave de tipo de plaguicida (Fuente: SENASICA, 2019).....	9
Tabla 6. Principales convenios internacionales en el marco del manejo de plaguicidas (Fuente: Elaboración propia).	16
Tabla 7. Principales órganos administrativos desconcentrados (Fuente: Elaboración propia).	18
Tabla 8. Principales asociaciones civiles en México (Fuente: Elaboración propia).	19
Tabla 9. Diferencias entre los planes de manejo Amocali y CESAVES (Fuente: AMIFAC, 2010).	20
Tabla 10. Leyes y Reglamentos relevantes en materia de regulación de agroquímicos y sustancias químicas (Fuente: Elaboración propia).....	25
Tabla 11. Normas oficiales mexicanas en materia de uso de plaguicidas (Fuente: Elaboración propia).....	26
Tabla 12. Clasificación de los plaguicidas según su grado de toxicidad aguda expresada en DL ₅₀ (Fuente: OMS, 1992).	27
Tabla 13. Capacidad de solubilidad en agua de los agroquímicos (Fuente: Mansilla, 2017). 29	
Tabla 14. Niveles de Log Koc de los agroquímicos (Fuente: Mansillas, 2017).....	29
Tabla 15. Capacidad de volatilidad de los agroquímicos (Fuente: Mansilla, 2017).	30
Tabla 16. Tipo de plagas, enfermedades y malezas presentes sobre los predios agrícolas (Fuente: Elaboración propia).....	45
Tabla 17. Aspectos generales de los agroquímicos más utilizados por los agricultores (Fuente: Elaboración propia).	51
Tabla 18. Síntomas presentes en determinada dosis de exposición a los agroquímicos (Fuente: Elaboración propia).....	57



Tabla 19. Propiedades físico-químicas de los agroquímicos más utilizados por los agricultores de la muestra (Fuente: Elaboración propia).	64
Tabla 20. Estadística de enjuague (Fuente: FAO, 2008).....	87
Tabla 21. Eficacia de los lavados en los envases vacíos de plaguicidas (Fuente: Juárez, 2013).	87
Tabla 22. Coordenadas geográficas en unidades UTM de los puntos específicos de los predios agrícolas.	90
Tabla 23. Velocidad del viento, signos observables y aplicación de agroquímicos (Fuente: Castillo et al., 2010).....	94

ÍNDICE DE FIGURAS

Descripción	Página
Figura 1. Especificaciones e identificación del Registro Sanitario Coordinado "RSCO" de cada etiqueta de los plaguicidas (Fuente: SENASICA, 2019).	8
Figura 2. Contenido y ubicación de las especificaciones generales de una etiqueta de los envases de plaguicidas (Fuente: SENASICA, 2019).	9
Figura 3. Esquema de la aplicación de la técnica del triple lavado (Fuente: Amocali, 2013). 12	
Figura 4. Ubicación y extensión de la instalación de los CAT's en México (Fuente: Amocali, 2019).....	13
Figura 5. Procesos aplicados a los envases vacíos de agroquímicos para su destino final. (Fuente: Amocali, 2017 d).....	15
Figura 6. Técnicas de acondicionamiento de los envases vacíos de agroquímicos, a) acondicionamiento y/o clasificación, b) compactación, c) trituración d) resultado de la compactación e) transporte a disposición final (Fuente: Elaboración propia).	23
Figura 7. Esquema sobre la responsabilidad compartida para la gestión integral de los envases vacíos de agroquímicos (Fuente: Amocali, 2017).	24
Figura 8. Posibles mecanismos de transporte y transformación de plaguicidas en el ambiente (Fuente: Mansilla, 2017).....	28
Figura 9. Ubicación geográfica de los sitios en el área de estudio (Fuente: Elaboración propia).	33
Figura 10. Ubicación geográfica del área de estudio (Fuente: Elaboración propia).	38
Figura 11. Hidrografía del municipio de Gral. Enrique Estrada (Fuente. Elaboración propia).	40
Figura 12. Distribución geográfica de los predios agrícolas (Fuente: Elaboración propia). ...	42
Figura 13. Superficie total y cultivada sobre los predios agrícolas.	43
Figura 14. Régimen hídrico sobre los cultivos.	43
Figura 15. Tipos de cultivos presentes sobre los predios agrícolas.....	44
Figura 16. Plagas y enfermedades más frecuentes sobre los cultivos.	48
Figura 17. Tipo de método aplicado para erradicar las plagas y enfermedades.	49
Figura 18. Motivo por el cual no se hace uso de los agroquímicos.	49
Figura 19. Tipo de agroquímicos aplicados con mayor frecuencia sobre los cultivos.	50
Figura 20. Equipo o maquinaria usada comúnmente para aplicar los agroquímicos.	52
Figura 21. Presentación en estado líquido y sólido de los agroquímicos.	53

Figura 22. Tipo de empaques comerciales utilizados con mayor frecuencia en estado sólido.	54
Figura 23. Tipos de empaques comerciales utilizados con mayor frecuencia en estado líquido.	55
Figura 24. Frecuencia de aplicación de los agroquímicos.	56
Figura 25. Probabilidad de alguna afectación hacia la salud humana por el uso de agroquímicos.	57
Figura 26. Capacitación o información proporcionada por los comités e ingenieros agrónomos.	58
Figura 27. a) Señalamientos de seguridad, b) Almacén de agroquímicos, c) Área de preparación de mezclas de agroquímicos, d) Centro de Acopio Primario (CAP) (Fuente: Elaboración propia).	59
Figura 28. Destino final de los envases vacíos de agroquímicos.	61
Figura 29. Resultado por la incineración de los envases vacíos de agroquímicos (Fuente: Elaboración propia).	61
Figura 30. Aplicación de la técnica del triple lavado.	62
Figura 31. Conocimiento sobre la instalación de un Centro de Acopio Temporal (CAT).	63
Figura 32. Motivo por el que no llevan los envases vacíos de agroquímicos al CAT.	63
Figura 33. Distribución hidrográfica de los cuerpos de agua y corrientes de agua (Fuente: Elaboración propia).	66
Figura 34. Distribución geográfica de los agroquímicos presentes en el suelo.	69
Figura 35. Vientos predominantes en el área de estudio (Fuente: Elaboración propia).	73
Figura 36. Formato de recibo otorgado por el CESAVER a través del CAT de CALERA.	88
Figura 37. Segundo uso que se le da a los costales.	91
Figura 38. Disposición y segundo uso que se le da a los bidones de 10.00 y 20.00 litros.	92
Figura 39. Segundo uso que se le da a los bidones de 10.00 y 20.00 litros para ser usados como trampas naturales.	92
Figura 40. Resultado final del abandono de los envases vacíos de agroquímicos.	92
Figura 41. Formato de asistencia técnica otorgado por los técnicos del CESAVER.	93
Figura 42. Ubicación e instalación del CAT de Calera de Víctor Rosales.	93

1. INTRODUCCIÓN

La agricultura es una actividad importante para la población por su aporte a la alimentación nacional y su contribución a la economía del Estado a través de la exportación de la mayoría de sus productos agrícolas; de acuerdo a los datos de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER), el estado de Zacatecas ocupa el 1^{er} lugar a nivel nacional en la producción de frijol, el 2^{do} lugar en uva, lechuga y tomate verde, el 3^{er} lugar en guayaba, cebolla, chile verde, maíz forrajero y avena forrajera (SAGARPA, 2018), y según cifras del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) durante el año 2017, Zacatecas ocupó el lugar 18^o a nivel nacional por el valor de sus exportaciones que alcanzaron un monto de 2,447.7 mdd (millones de dólares), lo que representó el 0.9% de la producción a nivel nacional (SECAMPO, 2018).

Según el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) la superficie sembrada en Zacatecas en el año 2019 fue de 1, 051,223 hectáreas con más de 69 tipos de cultivos, de estas, el 14.6% de riego donde destacan el frijol, maíz, ajo, trigo, chile verde, vid, guayaba y durazno y el 85.38% en temporal con cultivos de frijol, maíz, trigo, cebada, avena de grano y forrajera (SIAP, 2019). En cuanto al número de productores y/o agricultores en el Estado, la SADER cuenta con un listado de beneficiarios del programa "Producción para el bienestar 2019", en el cual se tiene un total de 122, 874 productores registrados (SADER, 2020).

La búsqueda de una mayor eficiencia en la producción agrícola ha llevado a los agricultores a la toma de decisiones, estrategias y técnicas para lograr la seguridad alimentaria o la vida útil de sus cultivos. Dentro de las técnicas más eficientes y más utilizadas en la agricultura moderna es el uso de agroquímicos que son usados para reducir pérdidas ocasionadas por microorganismos, hongos, insectos, malezas, plagas y otros depredadores de los cultivos. La producción de estos compuestos químicos se incrementó desde los inicios del siglo XX debido al desarrollo de la industria petrolera y la demanda de la industria agrícola y alimentaria (Galán *et al.*, 2003), ya que según la base de datos de la American Chemical Society, en el año de 1993 se habían identificado más de 13 millones de productos químicos, a los que se suman cada año unos 500, 000 nuevos compuestos (García y Rodríguez, 2012).

Sin embargo, el uso de agroquímicos involucra un estado de alerta sanitaria, dado que son considerados tóxicos para la salud humana, debido a su uso constante y su mal manejo, llegan a ocasionar problemas a la salud, provocando efectos nocivos cuando entran en contacto directo con el organismo dependiendo de las dosis y el tiempo de su aplicación (Riccioppo, 2011).

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Aspectos generales de los plaguicidas

Los plaguicidas constituyen un grupo de sustancias químicas sintetizadas por el hombre, los cuales son agregados a los sistemas agrícolas con el fin de aumentar los rendimientos productivos, por medio de la reducción de las plagas asociadas a los distintos cultivos.

Las propiedades físico-químicas intrínsecas de cada plaguicida condicionan la dirección e intensidad de los procesos de disipación que ocurren en el suelo. Si se consideran de manera conjunta las propiedades físico-químicas de un plaguicida, se puede tener una primera aproximación del destino potencial de cada molécula en el ambiente (Aparicio *et al.*, 2015).

Las principales propiedades a tener en cuenta son:

- ✓ Estructura química: Según su constitución o composición química, los plaguicidas pueden clasificarse en varios grupos, los más importantes son los arsenicales, carbamatos, derivados de cumarina, derivados de urea, dinitrocompuestos, organoclorados, organofosforados, organometálicos, piretroides, tiocarbamatos y triazinas.
- ✓ Solubilidad en agua: Es uno de los parámetros a tomar en cuenta para evaluar el potencial de disipación del plaguicida disuelto en agua ya sea por escorrentía o lixiviación.
- ✓ Presión de vapor: Es indicativo de la volatilidad de un compuesto en estado puro y es un determinante de la velocidad de volatilización al aire desde el suelo o el agua.
- ✓ Persistencia: se define como la capacidad de un plaguicida para conservar sus características físicas, químicas y funcionales en el suelo, aire y agua, durante un periodo limitado de tiempo, luego de ser aplicado. Se mide a través del tiempo de vida media ($t_{1/2}$), el cual representa el tiempo que tarda en alcanzar la mitad de la concentración inicial. La persistencia del compuesto está fuertemente ligada a procesos tales como fotólisis, hidrólisis, oxidación y degradación microbiana.
- ✓ Coeficiente de adsorción de carbono orgánico (K_{oc}): Es un parámetro útil para determinar la capacidad que tienen los plaguicidas para adsorberse directamente sobre la materia orgánica presente en el suelo (Aparicio *et al.*, 2015).

2.1.1 Plaguicidas

Existe una gran diferencia entre plaguicida y nutriente vegetal:

- ✓ Nutriente vegetal: Es cualquier sustancia o mezcla de sustancias que contenga elementos útiles para la nutrición y desarrollo de las plantas, reguladores de crecimiento, mejoradores de suelo, inoculantes y humectantes. Un ejemplo son los fertilizantes que contienen minerales (nitrógeno, fósforo, potasio, etc.) (COFEPRIS, 2019).
- ✓ Plaguicida: Es cualquier sustancia o mezcla de sustancias que se destina a controlar cualquier plaga, incluido los vectores que transmiten enfermedades humanas y de animales, las especies no deseadas que causen perjuicio o que interfieran con la producción agropecuaria y forestal, así como las sustancias defoliantes y las desecantes (COFEPRIS, 2019).

Otras de las definiciones más usadas, es según lo establecido por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) a través del "Código Internacional de Conducta" en el Art. 2°, define plaguicida como: *cualquier sustancia o mezcla de sustancias, ingredientes químicos o biológicos destinados a repeler, destruir o controlar cualquier plaga o a regular el crecimiento de las plantas* (FAO, 2008).

La Ley General de Salud (LGS) en su Art. 278 Fracción I, define plaguicida como: cualquier sustancia o mezcla de sustancias que se destina a controlar cualquier plaga, incluidos los vectores que transmiten las enfermedades humanas y de animales, las especies no deseadas que causen perjuicio o que interfieran con la producción agropecuaria y forestal, así como las sustancias defoliantes y las desecantes (DOF, 2020).

La Ley Federal de Sanidad Vegetal (LFSV) en su Art. 5° define plaguicida como: insumo fitosanitario destinado a prevenir, repeler, combatir y destruir a los organismos biológicos nocivos de los vegetales, sus productos o subproductos (DOF, 2017).

De acuerdo a las definiciones descritas anteriormente, el término plaguicida es muy amplio y al mismo tiempo un tanto ambiguo, sin embargo todos los conceptos utilizados señalan lo mismo. También es importante mencionar que los plaguicidas son denominados como un concepto genérico, es decir, que incluye a las sustancias tóxicas llamadas insecticidas, el cual, estos son aplicados cuando se busca controlar insectos, fungicidas cuando se busca tratar hongos, herbicidas en el caso de atacar plantas indeseables (hierbas o malezas), nematocidas para el control de nemátodos, entre los usos más generalizados (Bejarano, 2017).

Según la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA, por sus siglas en inglés) señala que de acuerdo a sus propios criterios no son considerados como plaguicidas los esterilizantes, los productos para ser aplicados en personas o animales vivos, los productos para el crecimiento de las plantas, los antimicrobianos para los alimentos, las bebidas o productos farmacéuticos (Ortiz *et al.*, 2014).

2.1.2 Clasificación general

En la tabla 1 se muestra la clasificación de los plaguicidas según *su uso*, el organismo que controlan, el modo en el cual actúan y de acuerdo a su composición química.

Tabla 1. Clasificación general de los plaguicidas (Fuente: Ortiz *et al.*, 2014).

Por su uso	Organismos que controlan	Modo de acción	Composición química
Agrícolas	Insecticida	Por contacto	Orgánicos:
Forestales	Acaricida	Por ingestión	-Organofosforados
Urbanos	Fungicida	Sistemático	-Carbamatos
Jardinería	Bactericida	Fumigante	-Organoclorados
Pecuarios	Nematicida	Repelente	-Piretroides
Domésticos	Herbicida	Defoliante	Inorgánicos
Industriales	Molusquicida*		Biológicos
Salud pública	Rodenticida**		

*Molusquicida: para el control de moluscos.

**Rodenticida: para el control de roedores.

Dentro de la clasificación por su *composición química*, se define lo siguiente:

- ✓ Orgánicos: Son compuestos derivados del petróleo y cuya estructura química se encuentran formados fundamentalmente por elementos como carbono (C), hidrógeno (H), oxígeno (O) y nitrógeno (N), entre estos se encuentran los hidrocarburos, plaguicidas, entre otros (Fernández *et al.*, 2015).
 - a) Organoclorados: Son compuestos orgánicos halogenados, fueron los primeros productos sintéticos usados como pesticidas. Generalmente actúan por contacto o por ingestión, sin embargo son clasificados como persistentes en el ambiente (SENASICA, 2019).
 - b) Organofosforados: Son aquellas sustancias orgánicas derivadas de la molécula del ácido fosfórico, constituyen un amplio grupo de compuestos de síntesis en general altamente tóxicos y tienen una persistencia más corta (Carod, 2002).

- c) Carbamatos: Son ésteres derivados de los ácidos N-metil o dimetil carbámico, se emplean como insecticidas, herbicidas, fungicidas y nematicidas; los carbamatos utilizados como insecticidas son alquilcarbamatos.
- d) Piretroides: Tienen una toxicidad más baja que los otros grupos, pero son tóxicos para otros organismos como mamíferos y peces. El modo de acción es por contacto o ingestión que reducen el apetito de los insectos (Martínez *et al.*, 2007).
- ✓ Inorgánicos: Son compuestos químicos que carecen de carbono tales como los sulfatos, arseniatos, cloruros de plomo, cobre, calcio, entre otros y que son utilizados con fines agrícolas (OMS, 1992).
- ✓ Biológicos: Son aquellos que provienen de microorganismos vivos ya sean bacterias, hongos, virus o nemátodos, pueden incluir al microorganismo o sus metabolitos, formulados o con plaguicidas, que pueden controlar una plaga en particular (SENASICA, 2019).

2.1.2.1 Clasificación según su persistencia al medio ambiente

En la tabla 2 se muestra la clasificación de los plaguicidas con base a la persistencia en el ambiente, intervalo de vida media, así como los ejemplos más comunes encontrados dentro de esta clasificación, donde cada grupo incluye sustancias de muy diversa naturaleza química, comportamiento toxicológico y ambiente muy variado.

Tabla 2. Clasificación de los plaguicidas según su vida media (Fuente: Ramírez *et al.*, 2001).

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

*Persistencia: capacidad de una sustancia o un compuesto, de permanecer en un sustrato del ambiente en particular, después de que ha cumplido el objetivo por el cual se aplicó.

**Vida media: lapso necesario para que se degrade la mitad del compuesto o mezcla aplicada.

Existen diferentes procesos de degradación como son:

- ✓ Degradación química:
 - a) Fotólisis: Reacción en la que ocurre el rompimiento de la molécula mediante la luz solar, a través de la energía disponible en fotones de varias longitudes de onda.
 - b) Hidrólisis: Reacción química en la que se introduce un grupo hidroxilo en la molécula inicial, por lo que el compuesto se vuelve más soluble y se degrada con mayor facilidad en el agua (Ramírez *et al.*, 2001).
- ✓ Degradación microbiológica.

2.1.2.2 Clasificación según su empaque o envase

En la tabla 3 se muestran las diversas presentaciones de los plaguicidas que se encuentran en el mercado y en el campo agrícola, los cuales se presentan en diversos tipos de envases de plaguicidas, los más comunes son los envases rígidos y flexibles.

Tabla 3. Principales presentaciones de los plaguicidas (Fuente: Juárez, 2013).

Material	Clasificación	Tipo de envase	Cantidades
Plástico rígido*	PEAD y PEBD	Tambos	50, 60, 110, 100 y 200 litros
		Bidones	10 y 20 litros
		Garrafas o galones	2.5 y 3.84 litros
		Botella o envase	0.500,1, 1.2, 1.5 litros
	PET	Garrafas o galones	2.5 y 3.84 litros
		Botella o envase	0.500,1, 1.2, 1.5 litros
	Mezcla de Polipropileno y polietileno (COEX)	Botella o envase	0.500,1, 1.2, 1.5 litros
Polipropileno	Tapas	N/A	
Plástico flexible**	PEAD Y PEBD	Bolsas	0.100, 0.200, 0.250, 0.350, 0.500, 0.600, 1 y 5 kilogramos.
		Bolsas con saco para revestimiento interno	0.100, 0.200, 0.250, 0.350, 0.500, 0.600, 1 y 5 kilogramos.
		Película aluminizada	0.100, 0.200, 0.250, 0.350, 0.500, 0.600, 1 y 5 kilogramos.
Embalaje y caja	Papel y cartón	Bolsa de kraft	0.100, 0.500, 1, 5 y 10 kilogramos
		Saco	1, 5 y 10 kilogramos
Metal	Acero	Botella o envase	0.500, 0.600, 0.900, 0.960, 1, 1.2, 1.5, 1.8, 1.85 litros
		Latas de acero	0.500, 0.600, 0.900, 0.960, 1, 1.2, 1.5, 1.8, 1.85 litros
	Aluminio	Botella o envase de aluminio	0.500, 0.600, 0.900, 0.960, 1, 1.2, 1.5, 1.8, 1.85 litros

*Son aquellos envases que conservan su forma al momento de vaciar el contenido y cuyo producto utiliza agua para su mezcla o aplicación, **Son aquellos a los cuales una vez vaciado su contenido no conservan su forma original, N/A: No aplica.

2.1.2.3 Clasificación según su composición o formulación

En cada producto de plaguicida comercial se encuentra un efecto denominado "Ingrediente Activo" (IA), el cual es el compuesto químico que ejerce la acción del plaguicida. Aunque existen plaguicidas comerciales que incluyen más de un IA a fin de combinar los efectos de todos ellos (Ortiz *et al.*, 2014).

En ese sentido, existen dos clasificaciones en relación al IA, el cual es técnico y formulado. Cuando existe una combinación entre estos ingredientes activos en un solo producto, a fin de lograr efectividad, surge lo que se conoce como composición. Por otra parte, la clasificación técnica es la máxima concentración del IA obtenida como resultado final de su fabricación, de la cual se parte para preparar un plaguicida formulado. Para este caso, los formulados son la mezcla de uno o más plaguicidas técnicos, con uno o más ingredientes conocidos como inertes, cuyo objetivo es dar estabilidad al ingrediente activo o hacerlo útil y eficaz (INTA, 2018).

En la tabla 4 se presentan las formulaciones más comunes en estado sólido, líquido, gas y material técnico que en ocasiones se puede comercializar bajo diferentes aspectos o formatos con su respectiva clave del IA.

Tabla 4. Clasificación de los plaguicidas según su formulación y clave del IA (Fuente: SENASICA, 2019).

Sólidos	Líquidos	Gas	Materiales técnicos
001 Polvo	008 Suspensión acuosa	016 Gases	017 Polvo técnico
002 Polvo humectable	009 Concentrado emulsionable	comprimidos	018 Líquido técnico
003 Polvo soluble	010 Concentrado para ultra bajo de volumen	Fumigantes	020 Solución concentrada técnica
004 Cebo envenenado*	011 Pastas gelatinosas	Coadyuvantes	021 Suspensión acuosa técnica
005 Granulado	012 Líquidos miscibles		
006 Pastillas	013 Solución acuosa/floables		
007 Comprimido	014 Solución concentrada acuosa		
083 Dispensador	300 Suspensión microencapsulado		
041 Espirales	329 Aceite emulsificable		
025 Gránulos solubles en bolsas hidrosolubles	089 Concentrado floable		
034 Gránulos dispersables	374 Líquido baja presión		
350 Microemulsión			
057 Pellet**			
385 Polvo dispersable			

*Son sustancias tóxicas a las que se les agrega sustancias atrayentes y luego atacar el organismo o plaga.

**Son parecidos a los polvos, pero de mayor granulometría, solo que todas las partículas tienen la misma forma y tamaño.

2.1.2.4 Clasificación según su Registro Sanitario Coordinado (RSCO)

El RSCO es autorizado por la Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS), y es un registro de los plaguicidas y nutrientes vegetales para su autorización sanitaria y comercialización, el RSCO se encuentra en la etiqueta de los envases de plaguicidas (DOF, 2004).

El etiquetado es elemental en la presentación del envase de los plaguicidas, ya que es un requisito según lo establecido en el Art. 376 de la LGS para la comercialización de plaguicidas, expedido por las autoridades regulatorias de manera coordinada una vez que se ha comprobado su seguridad y eficacia con riesgos ambientales aceptables (DOF, 2020). Así como un documento legal de acuerdo con la NOM-232-SSA1-2009, donde establece los requisitos, indicaciones y características que debe contener el etiquetado de los plaguicidas (SENASICA, 2019), y la NOM-182-SSA1-2010, para el etiquetado de nutrientes vegetales.

En la figura 1 se muestra la correcta interpretación del RSCO que contiene las etiquetas de cada plaguicida, este se encuentra ubicado en la parte central de la etiqueta, debajo del cuadro de composición porcentual.

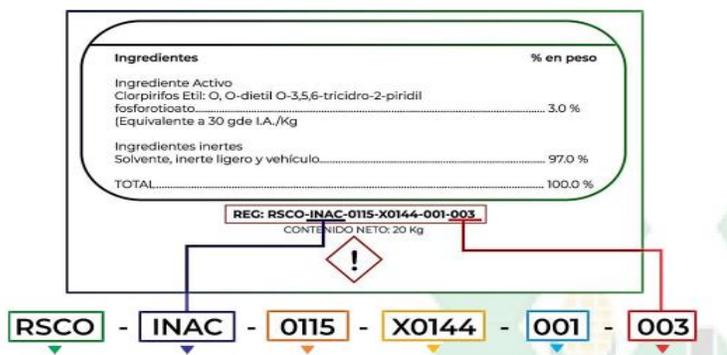


Figura 1. Especificaciones e identificación del Registro Sanitario Coordinado "RSCO" de cada etiqueta de los plaguicidas (Fuente: SENASICA, 2019).

- RSCO:** Registro sanitario coordinado
- INAC:** Tipo de plaguicida
- 0115:** Clave del ingrediente activo (IA) (Tabla 4)
- X0144:** Número progresivo al registro del IA
- 001:** Clave de la presentación
- 003:** Porcentaje en peso del IA

En la tabla 5 se muestra la identificación general de las etiquetas de los plaguicidas, el cual está compuesta por claves, letras y números que facilitan la identificación del nombre y codificación (clave del IA) de cada plaguicida.

Tabla 5. Clave de tipo de plaguicida (Fuente: SENASICA, 2019)

Clave	Codificación	Tipo de plaguicida
INAC	100-199	Insecticida o acaricida
HEDE	200-299	Herbicida o defoliantes
FUNG	300-399	Fungicidas o bactericidas
FUMI	400-499	Fumigantes
RODE	500-599	Rodenticidas
COAD	600-699	Coadyuvantes
ATRA	700-799	Atrayentes
MOLU	800-899	Molusquicidas
NEMA	900-999	Nematicidas
MEZC	1,000 depende del tipo de mezcla	Mezclas

El etiquetado incluye información de gran relevancia que los usuarios deben conocer de forma clara y sencilla para la aplicación e implementación de cuidados al momento de manipular plaguicidas, es decir proporciona información técnica del producto e información de seguridad, así como información sobre precauciones, advertencias y formas de uso que se deben de conocer para dar cumplimiento con el manejo que expide cada etiqueta (SENASICA, 2019).

En la figura 2 se muestra un ejemplo del contenido de la etiqueta de un plaguicida para uso agrícola. En este caso, se divide la etiqueta en tres partes: izquierda, central y derecha, con contenidos específicos y leyendas para cada sección.



Figura 2. Contenido y ubicación de las especificaciones generales de una etiqueta de los envases de plaguicidas (Fuente: SENASICA, 2019).

2.2. Plagas y enfermedades

Las plagas y enfermedades presentes en el sector agrícola provocan diversos tipos de pérdidas tanto económicas como de producción, es decir, pérdidas significativas en los rendimientos e ingresos, lo cual representa una amenaza importante para la seguridad alimentaria.

Según la LFSV en su Art. 5° define plaga: como aquella forma de vida vegetal o animal o agente patogénico, dañino o potencialmente dañino a los vegetales (DOF, 2017). Sin embargo la presencia activa de estas plagas (principalmente patógenas) en la superficie de las plantas, son la causa principal de la generación de ciertas enfermedades sobre la planta.

Las enfermedades se caracterizan por ser infecciosas (bióticos o vivos) y no infecciosas (abióticos o no vivos). Los agentes infecciosos son bacterias, hongos, micoplasmas, nemátodos y virus; mientras que los agentes no infecciosos son desbalances nutricionales, estrés ambiental y toxicidad química (causadas por plaguicidas y contaminantes del aire, agua y suelo) (Romero, 2004).

Otro de las afectaciones a considerar es la presencia de maleza sobre el cultivo. La palabra maleza proviene del sustantivo en latín "*malitia*" que significa maldad, el cual reduce la producción de los cultivos al competir por nutrientes, luz y humedad, por lo tanto la competencia por estos recursos, provoca que la maleza durante el desarrollo vegetativo de los cultivos puede resultar una reducción del rendimiento hasta el 90% (INIFAP, 2004).

En el estado de Zacatecas se siembran más de 69 tipos de cultivos (SAGARPA, 2018), de esa cantidad son pocos los principales cultivos en el ámbito municipal encontrados dentro del área de estudio.

2.3 Disposición final envases vacíos de agroquímicos

El concepto de residuo, se define como cualquier material o producto cuyo propietario o poseedor desecha y que se encuentra en estado sólido, semisólido, líquido o gas, contenido en recipientes o depósitos, y que puede ser susceptible de ser valorizado o requiere sujetarse a tratamiento o disposición final (DOF, 2018).

Dicho lo anterior, según lo dispuesto en el Art. 5° Fracción XXXII de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR), establece el concepto de "Residuo Peligroso" (RP), siendo los envases vacíos de agroquímicos considerados como residuos

peligrosos de acuerdo a su clasificación con características CRETIB (corrosivo, reactivo, explosivo, tóxico, inflamable y biológico infeccioso) (DOF, 2018), es decir, por sus características tóxicas afectan directamente la salud humana. Debido a su clasificación es obligación de los generadores, formuladores, comercializadores y todas las instancias relacionadas en materia de agroquímicos darles un correcto manejo y disposición final a los envases considerados por definición como residuos peligrosos.

2.3.1 Triple lavado

La técnica del triple lavado es el primer paso para una correcta disposición final de los envases vacíos de agroquímicos. La cual consiste en lavar y/o enjuagar los envases para evitar que queden residuos del producto y estos no puedan convertirse en un peligro para el medio ambiente, sin embargo, si a los envases no se les aplica la técnica no podrán ser recolectados, procesados ni reciclados (Juárez, 2013). Es importante mencionar que esta técnica solo es aplicada para los envases rígidos y flexibles.

En México la técnica del triple lavado es recomendada por la NOM-003-STPS1999, apartado 7.5.2 que establece lo siguiente: "Las botellas de plástico que hayan contenido insumos fitosanitarios, plaguicidas, insumos de nutrición vegetal y fertilizantes, deben someterse a la técnica del triple lavado que se describe a continuación:

- a) Agregar agua a un cuarto de la capacidad del recipiente; con el tapón hacia arriba agitar por treinta segundos, vaciar el contenido al contenedor donde se preparó la mezcla.
- b) Agregar agua a un cuarto de la capacidad del recipiente; con el tapón hacia abajo agitar por treinta segundos, vaciar el contenido al contenedor donde se preparó la mezcla.
- c) Agregar agua a un cuarto de la capacidad del recipiente; con el tapón hacia un lado agitar por treinta segundos, vaciar el contenido al contenedor donde se preparó la mezcla.
- d) Perforar en la base para evitar su reutilización; almacenarlos en bolsas de plástico transparentes o cajas cerradas, y proceder conforme al establecido en la LPGIR y su Reglamento (DOF, 1999)

En la figura 3, se muestra un esquema del procedimiento general para aplicar la técnica del triple lavado según los pasos a, b, c y d descritos anteriormente.

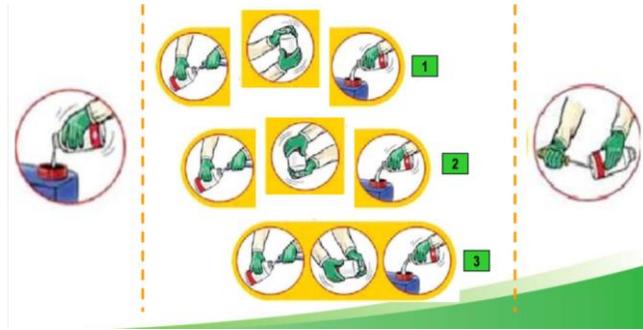


Figura 3. Esquema de la aplicación de la técnica del triple lavado (Fuente: Amocali, 2013).

El término de "Triple lavado" ha sido aceptado por algunas autoridades competentes como sinónimo de limpieza de los envases, ya que si no son sometidos al proceso de limpieza pueden contener hasta 40 toneladas de residuos potencialmente contaminantes al medio ambiente y de alto riesgo sanitario (Juárez, 2013). En ese sentido, existen investigaciones realizadas por la Asociación Mexicana de la Industria Fitosanitaria, A.C (AMIFAC) (2013) y FAO (2008), en el cual manifiestan pruebas para demostrar la efectividad del triple lavado. El estudio realizado por la FAO (Anexo A), muestra el resultado de los experimentos que se realizaron para determinar el % de remanente en cada una de las etapas del triple lavado (FAO, 2008). En el estudio realizado por AMIFAC (Anexo B), muestra las pruebas que realizaron a cada IA determinando el % de residuos presentes en cada una de las etapas del triple lavado (Juárez, 2013).

Los *destinos finales* son la última etapa del proceso para la correcta disposición de los envases vacíos para la protección de la salud y el medio ambiente, mismo que deben ser dispuestos en lugares adecuados. La Fracción V del Art. 5° de la LGPGIR, define disposición final como la acción de depositar o confinar permanentemente residuos en sitios e instalaciones cuyas características permiten prevenir su liberación al ambiente y las consecuentes afectaciones a la salud de la población y a los ecosistemas y sus elementos (DOF,2018).

Dicho a lo anterior, para cumplir con la disposición final, surge la iniciativa de la creación, aplicación e instalación de Centros de Acopio Primarios (CAP's) y Centros de Acopio Temporales (CAT's) operados por las autoridades competentes.

2.3.2 CAP y CAT

Centro de Acopio Primario (CAP): son jaulas, casetas, bodegas, mega bolsas, tambos de 200 litros o cualquier otro contenedor que reúna las características de seguridad y control para

depositar los envases vacíos de agroquímicos previamente acondicionados (triple lavado, agujereados y depositados en bolsas de plástico transparentes). Sin embargo estos centros tienen la capacidad de acopiar un volumen ≤ 400 kg, y tienen la ventaja de ser de fácil acceso ya que los agricultores tienen la posibilidad de construir, operar y mantener su propio CAP, mismo que debe darse de alta y registrarse ante el plan de manejo de Campo Limpio (Amocali, 2017 b).

Centro de Acopio Temporal (CAT): son naves tipo industrial que sirven para separar, acondicionar y reducir el volumen de envases vacíos de agroquímicos. Tienen la capacidad de almacenar un volumen ≥ 400 kg, y una vez compactados no pueden estar almacenados en un tiempo máximo de seis meses (Amocali, 2017 c). En el CAT ubicado en Calera se reciben únicamente envases rígidos (PET, PEAD, PED) y garrafones, no se admiten envases flexibles (bolsa aluminizada, bolsa de PET), productos caducos, Equipo de Protección Personal (EPP) y equipos de aplicación (mochilas o aspersores).

2.3.2.1 Ubicación y distribución de los CAT's

En la figura 4 se muestra la distribución de los 75 CAT's en todo México, de los cuales 47 son operados por el Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA) y Comités Estatales de Sanidad Vegetal de cada estado (CESAVES), 15 por Amocali y 13 operados por municipios y empresas privadas. Destacando, que en el estado de Zacatecas se encuentra ubicado el único CAT en el municipio de Calera de Víctor Rosales, el cual está bajo la operación del CESAVERZ.

De los 15 CAT's operados por Amocali, se encuentran ubicados en los municipios de Juventino Rosas, Guanajuato; Champotón, Campeche; Mazatán, Chiapas; Cuauhtémoc, Chihuahua; El Cuije, Nuevo León; Rincón de Romos, Aguascalientes; Cunduacán, Tabasco; Úrsulo Galván, Veracruz; Tamasopo, San Luis Potosí; Liebres, Puebla; Tecpan de Galeana, Guerrero; Mérida, Yucatán; Martínez de la Torre, Veracruz y Poncitlán, Jalisco (Amocali, s.f).



Figura 4. Ubicación y extensión de la instalación de los CAT's en México (Fuente: Amocali, 2019).

2.3.3 Transporte de los envases vacíos

El transporte de los envases vacíos debe de realizarse en vehículos o transportes autorizados por la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), siguiendo los lineamientos y especificaciones de las leyes federales y normas oficiales mexicanas competentes para movilizar materiales y RP's.

Amocali, tiene la autorización y el conocimiento necesario para el transporte de los envases vacíos de un CAP a un CAT, o de un CAT a disposición final. Por tal razón es de gran importancia reconocer el transporte que se le da a los envases de agroquímicos a disposición final, para esto, según el Art. 85 del Reglamento de la LGPGIR sección II "Recolección y Transporte de Residuos Peligrosos" establece las especificaciones que deben cumplir los vehículos para el transporte de los envases vacíos, las cuales algunas de ellas son:

- ✓ Contar con personas capacitadas para la recolección y transporte de RP's.
- ✓ Contar con un plan de contingencias y el equipo necesario para atender cualquier emergencia ocasionada por fugas, derrames o accidentes.
- ✓ Identificar claramente los RP's, etiquetado, clasificación y empaque en embalajes o recipientes seguros para evitar cualquier tipo de derrame.
- ✓ El embarque de los vehículos individuales o individuales no debe rebasar, por viaje y por usuario los 200 kilogramos de peso neto o su equivalente en otra unidad de medida (DOF, 2006).

2.3.4 Acciones de disposición final

Las acciones realizadas para la eliminación parcial o total de los envases vacíos de agroquímicos, son el reciclado tradicional, incineración controlada, co-procesamiento y fundición, a continuación se describe cada una:

- ✓ Reciclado tradicional: los envases vacíos son utilizados como insumo o materia prima en el proceso de reciclaje, el cual estas empresas están autorizadas y registradas ante el plan de manejo de Amocali, A.C, a través de la SEMARNAT.
- ✓ Incineración controlada: solo aplica a aquellos envases contaminados para los cuales no existe otra opción, envases caducos, bolsas de plástico transparentes y para los envases flexibles que no se les puede realizar el triple lavado. Se introducen en hornos

especializados para incinerar RP's a través del método por oxidación térmica (CESAVE, 2007).

- ✓ Co-procesamiento: por su alto poder calorífico los envases vacíos de 6,300 a los 7,900 cal/g, representan un excelente potencial para ser utilizados como combustible alternativo en plantas cementeras o siderúrgicas que cuentan con la autorización de la SEMARNAT.
- ✓ Fundición: esta última acción aplica para aquellos envases con material ferroso, es decir principalmente de hierro, acero y hierro dúctil, así como de metales no ferrosos como aluminio (Amocali, s.f)

En la figura 5 se muestra un esquema general de las acciones descritas anteriormente para para la eliminación parcial o total de los envases vacíos de agroquímicos.



Figura 5. Procesos aplicados a los envases vacíos de agroquímicos para su destino final. (Fuente: Amocali, 2017 d).

Los centros de reciclado tradicional, incineración controlada, co-procesamiento y fundición se encuentran actualmente ubicados principalmente en Jalisco, Colima, Hidalgo y Estado de México, dichas empresas están en colaboración con Amocali y la SEMARNAT, de manera que se garantiza la eficiencia ambiental, tecnológica, económica y social para un manejo integral de los envases (Amocali, 2019).

2.4 Marco legal

Tanto a nivel internacional como nacional, existen diferentes regulaciones en materia de agroquímicos, los cuales se presentan a continuación:

2.4.1 Regulación internacional

Para ayudar a los países en el proceso de adopción de legislación y marcos institucionales relacionados al control de los productos químicos, el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) promueve la creación y ejecución de convenios internacionales con el fin de proteger a la población y el medio ambiente del uso de plaguicidas y productos químicos altamente peligrosos que son fabricados, formulados, comercializados, importados y exportados bajo ciertas prohibiciones y restricciones (ONU, 2015). En respuesta a estas preocupaciones y al escenario actual en cuestión de protección e integración del medio ambiente.

En la tabla 6 se presentan algunas características generales de convenios internacionales como lo son Estocolmo, Rotterdam y Basilea.

Tabla 6. Principales convenios internacionales en el marco del manejo de plaguicidas (Fuente: Elaboración propia).

Convenio	Objetivo	Entrada en vigor	Legislación nacional	Tipo de sustancia o producto químico
Estocolmo Sobre reducción y eliminación de contaminantes orgánicos persistentes (COP's). (ONU, 2003)	Proteger la salud humana y el medio ambiente frente a los COP's. Establece medidas para reducir o eliminar las emisiones al medio ambiente de COP's, derivadas de la producción, utilización, importación y exportación.	Promovido en el año 2001. Entró en vigor el 17 de mayo del 2004 en Estocolmo, Suecia.	México firmó el convenio el 23 de mayo de 2001. Se ratificó el 10 de febrero de 2003 (siendo México el primer país latinoamericano que ratificó el convenio) (SEMARNAT, 2015)	Anexo A. Eliminación: aldrín, alfa y beta hexaclorociclohexano; clordano, clordecona, dieldrín, endrín, heptacloro, etc. Anexo B. Restricción: Dicloro difenil tricloroetano (DDT) uso solo para control del paludismo. (PNUMA, 2009)
Rotterdam Sobre el procedimiento de consentimiento fundamentado previo, aplicable a ciertos plaguicidas y productos químicos peligrosos objeto de comercio internacional. (ONU, 2005)	Promover la responsabilidad compartida y los esfuerzos conjuntos de las partes, en la esfera del comercio internacional de ciertos productos químicos peligrosos, a fin de proteger la salud humana y el medio ambiente. El convenio se aplica a los productos químicos prohibidos o rigurosamente restringidos y a las formulaciones de plaguicidas extremadamente peligrosas.	Aprobado el 11 de septiembre de 1998 Entró en vigor el 4 de mayo de 2005 en Rotterdam.	Firmado por México en la fecha en la que se aprobó. Se ratificó el 2 de Agosto de 2005 (SEMARNAT, 2015 b).	El anexo III incluye a 30 plaguicidas y 3 formulaciones consideradas extremadamente peligrosas: 1) Plaguicidas: 2, 4,5-T, aldrina, binapacril, captafol, clordano, entre otros. 2) Formulaciones: En polvo seco que contengan una combinación de benomil, carbofurano y tiram, metamidofos, fosfamidón y metiparation. 3) Industriales: como el amianto (actinolita, antofilita, amosita), bifenilos polibromados (PBB), bifenilos policlorados (PCB), terfenilos policlorados (PCT), entre otros (UNEP, 2013).
Basilea Sobre el control de los movimientos transfronterizos de los desechos peligrosos y su eliminación (PNUMA, 2014)	Reducir el movimiento transfronterizo de residuos para tratar y disponer estos de manera adecuada y cercana a su fuente de generación y minimizar la cantidad de residuos que se generan, con la finalidad de proteger la salud humana y el medio ambiente.	Promovido el 22 de marzo de 1989 Entró en vigor el 22 de febrero de 1991	Firmado por México el 6 de agosto de 1990 Se ratificó el 9 de septiembre de 1991 (PNUMA, 2014)	Anexo 1 "Categoría de desechos que se tienen que controlar": catalogadas aquellas sustancias o artículos de desecho que contengan, o estén contaminados por PBB, PCB y PCT.

2.4.1.1 FAO

La FAO fue fundada en 1945 y es uno de los mayores organismos especializados de las naciones unidas con el objetivo de ayudar al mundo en temas de alimentación y agricultura (FAO, 2020). En su trayectoria ha publicado una serie de documentos y/o guías dirigidas especialmente a las autoridades gubernamentales, al sector privado, a la sociedad civil y a otras partes interesadas sobre las buenas prácticas en el manejo de los plaguicidas durante su ciclo de vida.

Una de las publicaciones más sobresalientes es el "Código internacional de conducta sobre la distribución y utilización de plaguicidas", el cual es un documento encaminado a conseguir una mayor seguridad alimentaria y, al mismo tiempo, proteger la salud humana y el medio ambiente. Establece normas de conducta de carácter voluntario para todas las entidades públicas y privadas que intervienen en la distribución y utilización de plaguicidas o tienen relación con las mismas. Dichas normas abordan aspectos desde la elaboración o comercialización de los plaguicidas hasta su disposición final o eliminación (FAO, 2014).

2.4.2 Regulación nacional

Existen varias instituciones de la administración pública federal con responsabilidad en la reglamentación sobre la distribución, utilización y transporte de plaguicidas en México. Las instancias que mayor influencia tienen sobre la regulación de los plaguicidas son:

- ✓ La Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT): es la responsable de la aplicación y regulación para el mejoramiento del ambiente en criterios ecológicos para la conservación de los recursos naturales.
- ✓ La Secretaría de Salud (SS): apoya al mejoramiento de las condiciones sanitarias del medio y operativas, a su vez lleva a cabo programas para evaluación e investigación de la calidad sanitaria (SAGARPA, 2017).
- ✓ La Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER): es responsable de asegurar la inocuidad y calidad de los alimentos de origen animal, vegetal y aquellos que ingresan al país, por lo que elabora y evalúa programas de monitoreo y seguimiento epidemiológico. Además le corresponde ejercer el control de productos químicos farmacéuticos, plaguicidas, biológicos, alimentos, equipos y servicios para animal.

- ✓ La Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT): responsable de la administración, regulación y fomento de lineamientos para el transporte de sustancias peligrosas en las vías de comunicación.
- ✓ La Secretaría del Trabajo y Previsión Social (STPS): responsable de emitir los lineamientos y criterios de seguridad e higiene industrial.
- ✓ Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA): responsable de sancionar conforme a las leyes establecidas en materia de RP's y compuestos químicos (Ortiz *et al.*, 2014).

En la tabla 7 se describen los principales órganos administrativos desconcentrados, los cuales fueron creados por las instituciones mencionadas anteriormente en materia de regulación y control de sustancias químicas.

Tabla 7. Principales órganos administrativos desconcentrados (Fuente: Elaboración propia).

Órgano administrativo desconcentrado	Sector a cargo	Aspectos generales o función que desempeñan
COFEPRIS (Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios)	SS	-Protege la salud de la población contra riesgos sanitarios causados por agentes biológicos, químicos y físicos. -Autoriza el registro y expedición del Registro Sanitarios Coordinados (RSCO) de los plaguicidas y nutrientes vegetales para su autorización sanitaria y comercialización (DOF, 2004). -Publicó en el año 2016 un catálogo sobre "Los plaguicidas altamente peligrosos" (Bejarano, 2017).
SENASICA (Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria)	SADER	-Realizar acciones de carácter sanitario para proteger los recursos agrícolas, acuícolas y pecuarios de plagas y enfermedades resultantes de la importación. -Establece el "Programa de Sanidad e Inocuidad Agroalimentaria" (PSIA) para preservar y mejorar las condiciones sanitarias de inocuidad agroalimentaria (SENASICA, s.f).
INECC (Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático)	SEMARNAT	-Difunde información a través de investigaciones científicas y aplicación de capacitaciones para promover el desarrollo sustentable. -Cuenta con laboratorios certificados con la finalidad de identificar, examinar, evaluar y cuantificar en el medio ambiente elementos tóxicos como los compuestos orgánicos tóxicos, metales, plaguicidas y PCB (INECC, 2019).

2.4.2.1 Asociaciones civiles

En la tabla 8 se describen las principales asociaciones civiles que buscan la consolidación de la industria de agroquímicos en México, fecha de fundación y la importancia que tienen en el tema de acuerdo a las funciones que desempeñan sobre los programas y capacitaciones.

Tabla 8. Principales asociaciones civiles en México (Fuente: Elaboración propia).

Tipo de asociación civil	Año	Aspectos generales o función que desempeñan
AMIFAC (Asociación Mexicana de la Industria Fitosanitaria, A.C) o PROCCYT (Protección de Cultivos, Ciencia y Tecnología)	1963	-Aplicación y difusión para el manejo, control, disponibilidad y utilización de productos agroquímicos mediante asesorías técnicas y capacitaciones para los siguientes programas: a) "Buen Uso y Manejo de Agroquímicos" (BUMA) b) Programa "Campo Limpio" c) Programa "Servicio de Información Toxicológica" (SINTOX) d) Programa "Comisión de Transportes y Almacenes (AMIFAC, 2013).
UMFFAAC (Unión Mexicana de Fabricantes y Formuladores de Agroquímicos, A.C) U	1976	-Promueve e impulsa el desarrollo y control de productos fitosanitarios químicos, orgánicos y de nutrición vegetal para el control de plagas urbanas, industriales y de salud pública. -Programa de "Atención a Intoxicaciones" (ATOX) -Programa para el Uso Responsable de Agroquímicos" (PURA) -Programa "Campo Limpio" (UMFFAAC, 2019).
Amocali A.C	2010	-Representa a PROCCYT, UMFFAAC y al 90% del mercado de agroquímicos, agrupando a más de 250 empresas, fabricantes, formuladores y distribuidores de agroquímicos. -Es la principal encargada de impartir capacitaciones y talleres sobre el programa "Campo Limpio". -Transmite la práctica y cultura de la técnica del triple lavado, recolección, compactación y envío a destino final los envases vacíos de agroquímicos -Sigue los objetivos y especificaciones de los planes de manejo (Amocali, s.f).

2.4.2.2 Planes de manejo

Según el Art. 5° Fracción XXI de la LGPGIR, define plan de manejo (PM) como aquel instrumento que tiene la finalidad de minimizar la generación y maximizar la valorización de los residuos (sólidos, de manejo especial y peligrosos), bajo criterios de eficiencia ambiental, tecnológica, económica y social, con fundamento en la gestión integral de los residuos, diseñado bajo los principios de responsabilidad compartida y manejo integral (DOF, 2018).

Actualmente se cuentan con los siguientes planes de manejo:

- ✓ Planes de manejo autorizados por la SEMARNAT.
- ✓ El "Plan de Manejo de Envases Vacíos de Agroquímicos y Afines" (PLAMEVAA) registrado ante la asociación Amocali A.C.
- ✓ El "Plan de Manejo y Recolección de Envases Vacíos de Agroquímicos" (PLAMREVA) registrado ante los CESAVES.

El PLAMEVAA y el PLAMREVA describen los procedimientos, estrategias, medios y responsabilidades para el manejo integral de los envases vacíos de agroquímicos, con el objetivo de promover la coordinación entre agricultores, industrias e instituciones federales,

estatales y municipales, así como evaluar y fomentar las actividades de acopio de envases vacíos de agroquímicos (AMIFAC, 2010), en la tabla 9 se muestran las diferencias que caracterizan a estos dos planes de manejo de acuerdo a la asociación y órgano.

Tabla 9. Diferencias entre los planes de manejo Amocali y CESAVES (Fuente: AMIFAC, 2010).

Amocali A.C	CESAVES
Los productores, importadores y distribuidores aportan recursos para la operación del PM.	El SENASICA y la SADER apoyan con recursos a los PM.
El generador puede llevar los envases a los CAP's o CAT's.	El generador lleva los envases a los CAP's.
Los CESAVES apoyarán con la construcción y operación de los CAP's y CAT's	Los CESAVES indican que el responsable del transporte de los envases vacíos de los CAT's a los centros de disposición final es Amocali.

A nivel nacional se cuenta con 30 planes de manejo registrados ante los CESAVES y un solo PM registrado ante Amocali (Ávila, s.f). Las personas obligadas a la formulación, ejecución y registro de un PM son todas aquellas según corresponda al Art. 28 de la LGPGIR (DOF, 2018).

2.4.2.3 Programa campo limpio

Es un programa voluntario con iniciativa de responsabilidad con el ambiente, los usuarios y empresas que fabrican, comercializan y formulan plaguicidas. La creación del programa surgió hace más de 18 años y está presente en más de 30 países del mundo incluyendo México; Latinoamérica es la región en el mundo con mayor desarrollo del programa de manejo de envases, siendo Brasil el líder mundial en esta iniciativa (CropLife, 2020).

El programa se desarrolló en México debido a las atribuciones y a las partes responsables como la SADER, para desarrollar y participar en programas de promoción y capacitación sobre el buen uso y manejo fitosanitario de los insumos, según lo establecido en el Art. 7° Fracción XXV de la LFSV (DOF, 2017). Por tal razón se estableció el "Programa Nacional de Recolección de Envases Vacíos de Agroquímicos y Afines", con la finalidad de que se colaborara con la participación, difusión y promoción del programa "Campo Limpio" que sigue los lineamientos establecidos por el código de conducta de la FAO.

Este programa tiene los siguientes objetivos:

- ✓ Establecer mecanismos para el manejo, recolección, disposición final y eliminación de envases vacíos de agroquímicos.
- ✓ Implementar programas de acción acopiando de manera progresiva envases vacíos de agroquímicos.

- ✓ Contar con centros de recolección de envases vacíos de agroquímicos (CAP's y CAT's) de acuerdo a las necesidades de cada estado.
- ✓ Evitar la reutilización de los envases para contener agua, alimentos, herramientas y otras acciones utilizadas en las actividades laborales.
- ✓ Dar valorización a los envases mediante el reciclado, transformándolos en un bien material o económico sin fines de lucro en apoyo a la agricultura.
- ✓ Administrar los CAP's y los CAT's para cumplir con las necesidades de la zona, generando sinergias con asociaciones, empresas y organizaciones para el transporte seguro de los envases a destino final (CESAVEMICH, 2020).

2.4.3 Regulación estatal (CESAVEZ)

El Comité Estatal de Sanidad Vegetal del estado de Zacatecas (CESAVEZ), es un organismo auxiliar de la SADER, y se encarga de promover la inocuidad agrícola a través de la aplicación de certificaciones del Sistema de Reducción de Riesgos de Contaminación (SRRC) en la producción primaria de los productos de origen agrícola, con la finalidad de impulsar la producción de alimentos libres de contaminantes, y estos no causen un daño a la salud de los consumidores (CESAVEZ, 2020).

Debido a su principal función que es la inocuidad, la CESAVEZ se encuentra en coordinación con la SENASICA para darle seguimiento, inspección, control y certificación a los siguientes programas:

- ✓ "Programa de Sanidad e Inocuidad Agroalimentaria" (PSIA)
- ✓ Programa "Campo Limpio"

Las acciones realizadas por parte del CESAVEZ para evaluar las certificaciones del PSIA son las siguientes:

- ✓ Divulgación
- ✓ Capacitación y asistencia técnica
- ✓ Vigilancia y monitoreo de contaminantes
- ✓ Herramientas y utensilios.

El CESAVEZ es el principal especialista autorizado para la ejecución y aplicación de las auditorias, para fomentar las certificaciones apeguándose a los requisitos técnicos propuestos y desarrollados por el SENASICA.

Conforme al programa "Campo Limpio", el CESAWEZ es el encargado de administrar y operar el CAT ubicado en el municipio de Calera de Víctor Rosales, en donde su principal función es recoger los envases vacíos de agroquímicos de los CAP's, mediante la organización y aplicación de cuatro rutas a los municipios pertenecientes al estado de Zacatecas.

La ruta uno abarca Pinos, Loreto, Villa Hidalgo, Ojocaliente, Luis Moya y Trancoso. La ruta dos es Villa de Cos, Chaparrosa, Chupaderos, Tacoaleche, Guadalupe y su comunidad el Bordo. La ruta tres es Villa Nueva, Tabasco, Jalpa, Apozol y Juchipila. La ruta cuatro abarca los municipios de Sombrerete, Miguel Auza, Juan Aldama, Río Grande, Fresnillo y Calera. Las rutas son realizadas por el Señor (Sr.) Víctor Manuel y el Sr. Juan Francisco, ambos con cargos de operadores dentro del CAT (Gutiérrez, 2020). Considerando, que una vez que los operadores recogen los envases, se entrega una copia de un formato o recibo a los usuarios (Anexo C), donde se registra la cantidad de envases y las instrucciones generales que se deben aplicar a los envases previo a su acopio y las personas que llevan los envases de manera voluntaria al CAT, también reciben el formato.

En la figura 6 se observan los pasos correspondientes a un buen acondicionamiento de los envases que son enviados al CAT. El proceso consiste en separar las tapas y colocarlas en bolsas de plástico transparentes, en seguida se perfora el envase y se envía a la siguiente etapa que es compactación y trituración como se muestra en los incisos a, b, c y d. El procedimiento que realizan es conforme a los lineamientos y especificaciones del PLAMREVA al que se encuentra registrado el CESAWEZ.

Los envases que generalmente aceptan dentro del CAT son polietileno de alta densidad (PEAD), polietileno de baja densidad (PEBD) y tereftalato de polietileno (PET) en presentaciones de envases rígidos de 1.0, 1.5 y 10.0 litros como se encuentra descrito en la tabla 3. Los operadores especifican que el PEAD se somete al proceso de trituración y el PET a proceso de compactación debido a las propiedades del material que impide que se lleve a cabo el proceso de trituración. Los bidones con capacidad de 20.0 litros no son aceptados, al igual que las bolsas con película aluminizada y envases metálicos, ya que generan un costo adicional para su disposición final, por tal razón la CESAWEZ tomó la decisión de no seguir acopiando este tipo de envases (Gutiérrez, 2020).

Finalmente al darles un correcto acondicionamiento, clasificación e inspección, las empresas en coordinación con Amocali recogen los envases para que sean enviados a disposición final como se muestra en la figura 6 inciso e.



Figura 6. Técnicas de acondicionamiento de los envases vacíos de agroquímicos, a) acondicionamiento y/o clasificación, b) compactación, c) trituración d) resultado de la compactación e) transporte a disposición final (Fuente: Elaboración propia).

2.4.4 Regulación municipal

2.4.4.1 CADER

El Centro de Apoyo al Desarrollo Rural (CADER), órgano auxiliar de la SADER, tiene la finalidad de favorecer y contribuir a la conexión entre los productores, gobiernos estatales y municipales para brindarles orientación sobre los programas y servicios publicados en la sección 3, apartado de "Autosuficiencia alimentaria y rescate de campo" del Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2019-2024. Dentro del PND se encuentra establecido el programa "Producción para el bienestar", el cual tuvo como antecedente el PROCAMPO (Programa de Apoyos Directos al Campo) (SENASICA, 2020).

Entre sus múltiples funciones, canaliza apoyos productivos por hectárea con anticipación a las siembras e impulsa entre los productores prácticas agroecológicas y sustentables, la conservación del suelo, el agua y la agrobiodiversidad (DOF, 2019).

En el estado de Zacatecas se encuentran ubicados 59 centros de apoyo según la base de datos del SIAP (SIAP, 2017), siendo el municipio de Calera de Víctor Rosales donde se encuentra ubicado un CADER. Dentro de su organización y ejecución, cuenta con el padrón de agricultores de los municipios de Calera y Gral. Enrique Estrada registrados ante el programa "Producción para el bienestar".

2.4.4.2 CNC

En el municipio de Gral. Enrique Estrada se encuentra la Confederación Nacional Campesina (CNC), el cual es una organización mexicana compuesta por ejidatarios, comuneros, solicitantes de tierras, asalariados y productores agrícolas (INEA, 2019).

Los principales miembros de la CNC son todas las personas físicas y morales inscritas en el padrón de la confederación, abarcando trabajadores estacionales, permanentes, establecidos o migrantes en el territorio nacional o en el extranjero que se organizan en sindicatos, uniones, asociaciones o en la forma más idónea para defender sus derechos laborales y sociales. La CNC es enlace de la SECAMPO (Secretaría del Campo Zacatecas) y la única organización existente en el municipio de Gral. Enrique Estrada (CNC, 2011).

2.4.5 Responsabilidad compartida

Una vez descrita la organización, estructura y función de las dependencias gubernamentales, órganos desconcentrados y asociaciones civiles, es importante reconocer la responsabilidad compartida que desarrolla cada parte involucrada. En el Art. 5° Fracción XXXIV de la LGPGIR hace mención de la responsabilidad compartida, marcando que el manejo integral de los residuos es una corresponsabilidad social y requiere la participación conjunta, coordinada y diferenciada de productores, distribuidores, consumidores, usuarios de subproductos y de los tres órdenes de gobierno según corresponda, bajo un esquema de factibilidad de mercado y eficiencia ambiental, tecnológica y social (DOF, 2018).

Como se muestra en la figura 7, se observa el esquema general que complementa a la responsabilidad compartida, el cual implica el que se reconozca y se aplique las medidas necesarias de carácter obligatorias por leyes federales y normatividades vigentes competentes para que exista un manejo integral para una gestión responsable de los envases vacíos de agroquímicos.



Figura 7. Esquema sobre la responsabilidad compartida para la gestión integral de los envases vacíos de agroquímicos (Fuente: Amocali, 2017).

2.4.6 Leyes federales y reglamentos nacionales

A continuación se presenta el marco jurídico y normativo aplicable al registro, importación y exportación, autorización, certificación, comercialización, distribución, clasificación e identificación, uso, control, manejo, aplicación, almacenamiento, acopio, transporte y disposición final en materia de RP's y compuestos químicos.

En la tabla 10 se muestran las leyes y Reglamentos más relevantes, en el cual se fundamenta lo siguiente:

Tabla 10. *Leyes y Reglamentos relevantes en materia de regulación de agroquímicos y sustancias químicas (Fuente: Elaboración propia).*

Leyes y Reglamentos		Sector a cargo	Aspectos relacionados con la gestión de RP's y compuestos químicos.
Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA)	R. en materia de evaluación de impacto ambiental	SEMARNAT	Regulación y control de la evaluación del impacto ambiental, calidad del aire y emisiones a la atmósfera por fuentes de competencia federal, así como de la generación, importación, exportación y manejo integral de materiales y residuos peligrosos y de las actividades altamente riesgosas en las que se generan y manejan éstos.
	R. en materia de prevención y control de la contaminación de la atmósfera		
	R. en materia de registro de emisiones y transferencia de contaminantes		
Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR)	R. de la LGPGIR	SEMARNAT	Manejo y control de los residuos con el objeto de minimizar su generación y maximizar su valoración, dentro de un marco de responsabilidad compartida y manejo integral.
Ley General de Salud (LGS)	N/A	SS	Regulación y control sanitarios de la importación, proceso y uso de plaguicidas, fertilizantes y sustancias tóxicas.
Ley Federal de Sanidad Vegetal (LFSV)	R. de la LFSV	SADER	Regulación de la sanidad vegetal, así como la aplicación, verificación y certificación de los sistemas de reducción de riesgos de contaminación física, química y microbiológica en la producción primaria de vegetales a causa del uso de plaguicidas.
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		COFEPRIS	Reglamentación de los requisitos y procedimientos conforme a los cuales la SS, a través de la COFEPRIS, la SEMARNAT y la SADER, ejercen las atribuciones que le confieren a los ordenamientos legales en materia de registros, autorizaciones de importación y exportación y certificados de exportación, de plaguicidas, nutrientes vegetales y sustancias y materiales tóxicos o peligrosos.

N/A: No aplica.

2.4.7 Normas oficiales mexicanas

En la tabla 11 se muestra una descripción general de las diferentes normas oficiales aplicables a la regulación de materiales y RP's, así como en materia de uso y manejo de agroquímicos, resaltando que se encuentran organizadas de acuerdo al organismo que las expide:

Tabla 11. Normas oficiales mexicanas en materia de uso de plaguicidas (Fuente: Elaboración propia).

Tipo de norma /sector a cargo	Normas Oficiales Mexicanas
Clasificación e identificación (SEMARNAT)	NOM-052-SEMARNAT-2005 Establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de los residuos peligrosos.
Sanitarias (SS)	NOM-044-SSA1-1993 Que establece los requisitos para contener plaguicidas (envase y embalaje). NOM-045-SSA1-1993 Etiquetado. Productos para uso agrícola, forestal, pecuario, de jardinería, urbano e industrial. NOM-232-SSA1-2009 Características que deben cumplir envase, embalaje y etiquetado de plaguicidas.
Fitosanitarias (SAGARPA)	NOM-032-FITO-1995 Especificaciones fitosanitarias para estudios de efectividad biológica de plaguicidas agrícolas NOM-033-FITO-1995 Requisitos personas físicas y morales interesadas en comercializar plaguicidas agrícolas. NOM-034-FITO-1995 Requisitos personas físicas y morales interesadas en la fabricación de plaguicidas. NOM-050-FITO-1995 Ensayos en campo para límites máximos de residuos de plaguicidas en productos agrícolas.
Higiene y seguridad Industrial (STPS)	NOM-003-STPS-1999 Prevenir riesgos a trabajadores de almacenamiento y manejo de plaguicidas. NOM-026-STPS-2008 Requerimientos colores y señalización en la identificación de riesgos en centros de trabajo.
Transporte (SCT)	NOM-002-SCT-2011 Identificar y clasificar las sustancias y materiales más usualmente transportadas. NOM-003-SCT-2008 Características etiquetas envases y embalajes destinados al transporte de RP's.

2.5 Aspectos generales de las afectaciones de los agroquímicos

2.5.1 Salud humana

En el Art. 278 Fracción IV de la LGS, se define sustancia tóxica como aquel elemento o compuesto, o la mezcla química de ambos que, cuando por cualquier vía de ingreso, ya sea inhalación, ingestión o contacto con la piel o mucosa, causen efectos adversos al organismo, de manera inmediata o mediata, temporal o permanente, como lesiones funcionales, alteraciones genéticas, teratogénicas, mutagénesis, carcinogénicas o la muerte (DOF, 2020).

Los efectos hacia la salud humana solo se producen a partir de determinado nivel de exposición. La exposición puede ser aguda cuando se trata de un simple contacto que puede

durar segundos, minutos u horas, o crónica en que el contacto se extiende días, meses o inclusive años, y a su vez puede ser continua o intermitente (Riccioppo, 2011). El efecto tóxico depende de la vía de ingreso, del tiempo de exposición y las condiciones de ese organismo para su eliminación. Las vías de ingreso al organismo son: oral, dérmica e inhalación, y una vez que ingresa al organismo puede cuásar cáncer, mutagénesis, neuropatías, e incluso la muerte (Galán *et al.*, 2003).

- ✓ Toxicidad oral aguda: se refiere a la ingestión "de una sola vez" que puede ocurrir por accidente, error, ignorancia o intento suicida.
- ✓ Toxicidad dérmica: se refiere a los riesgos tóxicos debido al contacto y absorción por la piel, por lo que sus dosis letales son siempre superiores a las orales, presentando un mayor riesgo para el manipulador del plaguicida que para el resto de la población.
- ✓ Toxicidad por inhalación: se produce al respirar una atmósfera contaminada por el plaguicida, generalmente es por el uso de aerosoles, fumigantes y pulverizaciones finas (nebulizaciones, rociamiento o atomización) (Rodríguez *et al.*, 2014).

En la tabla 12 se muestran los parámetros establecidos en 1978 por la Organización Mundial de la Salud (OMS) para medir la toxicidad aguda a través de la dosis letal media (DL₅₀) (OMS, 1992), el cual varía conforme a los múltiples factores como la presentación del producto (sólido, líquido, gas, etc.) y la vía de exposición (oral y dérmica). También se muestra la clase de riesgo de acuerdo a la banda de colores según la toxicidad del producto, el grado de toxicidad y algunos ejemplos de los principales plaguicidas.

Tabla 12. Clasificación de los plaguicidas según su grado de toxicidad aguda expresada en DL₅₀ (Fuente: OMS, 1992).

DL ₅₀ (mg/kg de peso corporal) ^a						
Clase de riesgo	Toxicidad	Ejemplo	Exposición oral		Exposición dérmica	
			Sólido ^b	Líquido ^b	Sólido ^b	Líquido ^b
Clase IA	Extremadamente peligroso	Paratión, dieldrín	≤ 5	≤ 20	≤ 10	≤ 40
Clase IB	Altamente peligroso	Eldrín, diclorvos	5-50	20-200	10-100	40-100
Clase II	Moderadamente peligroso	DDT, clordano	50-500	200-2000	100-1,000	400-4,000
Clase III	Ligeramente peligroso	Malatión	> 500-2,000	> 2000-3,000	> 1,000	> 4,000
Clase IV	Productos que normalmente no ofrecen peligro	Bentazon, Tembotrione	> 2,000	> 3,000	N/A	N/A

^aLa dosis de 5 mg/kg de peso corporal equivalente a unas pocas gotas ingeridas o a una salpicadura en los ojos, la de 5-50 mg/kg puede llegar hasta una cucharadita de café y la de 50-500 mg/kg hasta dos cucharadas ordinarias.

^bLos términos "sólido" y "líquido" se refieren al estado físico del producto clasificado.

2.5.2 Medio ambiente

Para analizar el comportamiento de cualquier agroquímico sobre el ambiente es necesario que se identifiquen y se conozcan las propiedades físico-químicas (solubilidad en agua, coeficiente de adsorción de carbón orgánico y presión de vapor), mecanismos de transporte, características medio ambientales y la geografía del lugar en el que se encuentra cada uno.

En la figura 8 se observa un esquema general de los posibles mecanismos de transporte ambiental de los agroquímicos. El transporte ambiental involucra los movimientos de gases, líquidos y partículas sólidas dentro de un medio determinado a través de las interfaces entre el aire, agua, sedimento, suelo, plantas y animales (Mansilla, 2017).

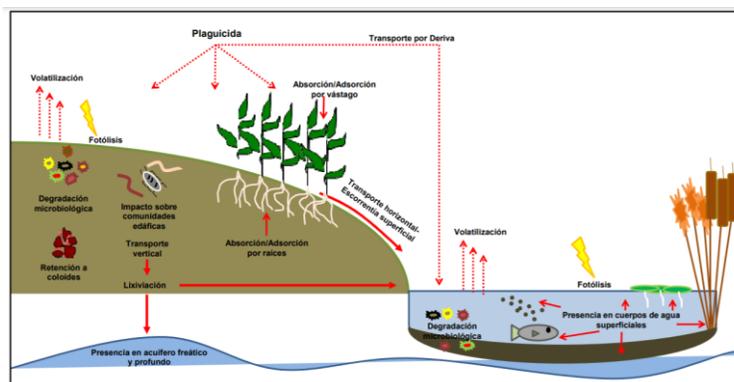


Figura 8. Posibles mecanismos de transporte y transformación de plaguicidas en el ambiente (Fuente: Mansilla, 2017).

2.5.2.1 Solubilidad

La propiedad físico-química que influye en el mecanismo de transporte de los agroquímicos en el agua superficial y subterránea es la solubilidad en agua, el cual esta se define como una medida que determina la máxima concentración de un agroquímico para disolverse en un litro de agua a una temperatura de 20 a 25°C. Las unidades se expresan en miligramo por litro (mg/l), que es aproximadamente igual a una parte por millón (ppm), en la tabla 13 se muestran cinco clasificaciones de la solubilidad de acuerdo a las unidades en mg/l. Cuando presentan una solubilidad de 10 y >100 los agroquímicos pueden tener afinidad por el agua y pueden solubilizarse, teniendo la facilidad de transportarse a los acuíferos, así como la facilidad de biodegradarse, lo que representa una mayor lixiviación en el suelo, menor capacidad de absorción y adsorción y también menor capacidad de volatilizarse (Mansilla, 2017).

Tabla 13. Capacidad de solubilidad en agua de los agroquímicos (Fuente: Mansilla, 2017).

Solubilidad en agua (mg/l)	Clasificación
<0.1	Insoluble
0.1-1	Poco soluble
1-10	Moderadamente soluble
10-100	Bastante soluble
>100	Altamente soluble

2.5.2.1 Coeficiente de adsorción de carbono orgánico (Koc)

La segunda propiedad físico-química que influye en el mecanismo de transporte de los agroquímicos en el suelo es el Koc o también denominado coeficiente de adsorción suelo/agua, el cual se define como una medida de tendencia de un compuesto a ser retenido por el sedimento o por los complejos coloidales del suelo. El Koc es específico para cada agroquímico y es sumamente independiente de las propiedades del suelo, los valores van de 1 a 10,000, debido a esta gran variabilidad es recomendable usar el logaritmo del coeficiente de adsorción de carbono orgánico (Log Koc).

En la tabla 14 se muestran seis clasificaciones de acuerdo a los valores del log Koc, se observa que cuando un agroquímico presenta un log Koc >5 se considera como un valor alto, por lo tanto el agroquímico se fija con firmeza en el suelo, materia orgánica, biota y en los sedimentos. Si el log Koc es <1 se considera como un valor bajo, por lo que tiende a distribuirse en cuerpos de agua o aire, por lo tanto el agroquímico puede no ser fijado a la materia orgánica del suelo.

Tabla 14. Niveles de Log Koc de los agroquímicos (Fuente: Mansillas, 2017).

Log Koc	Clasificación
<1	Sumamente móvil
1-2	Móvil
2-3	Moderadamente móvil
3-4	Ligeramente móvil
4-5	Escasamente móvil
>5	No es móvil

2.5.2.1 Presión de vapor

Es una propiedad relevante para la aplicación de plaguicidas debido a que indica la tendencia del producto a pasar del estado líquido o sólido al estado gaseoso y, conjuntamente con la solubilidad en el agua, es una variable auxiliar muy importante para la determinación de la volatilidad. La presión de vapor varía, y es directamente proporcional a la temperatura. Las

unidades se expresan en una gran variedad, incluyendo los pascales (Pa), milímetros de mercurio (mm Hg), libras por pulgada cuadrada (lb/in²) y atmosferas (atm). Sin embargo la presión de vapor de un agroquímico puro a 20-25°C se expresa normalmente en mm Hg (Mansilla, 2017).

En la tabla 15 se muestran tres clasificaciones de acuerdo a las unidades en mm Hg, se observa que cuando un agroquímico presenta una presión de vapor $<1.0 \times 10^{-6}$ tiene bajo potencial para volatilizarse, por lo que puede solubilizarse en agua o ser retenido en suelo. Los agroquímicos con una presión de vapor $>1.0 \times 10^{-6}$ pueden fácilmente volatilizarse y tienden a alejarse del lugar donde se aplicó, por lo tanto los agroquímicos con alta presión de vapor y baja solubilidad en agua presentan tendencia a una mayor volatilización.

Tabla 15. Capacidad de volatilidad de los agroquímicos (Fuente: Mansilla, 2017).

Volatilidad (mm Hg)	Clasificación
$<1.0 \times 10^{-6}$	Baja
1.0×10^{-6} - 4×10^{-5}	Intermedia
$>4 \times 10^{-5}$	Alta

3. JUSTIFICACIÓN

El sector agrícola es una de las actividades agroalimentarias más importantes a nivel nacional y estatal, ya que es base fundamental para la alimentación de millones de personas, así como una fuente importante en la generación de empleos. Cumplir con la demanda alimentaria obliga al sector agrícola a la aplicación de técnicas más eficientes, como lo es el uso de agroquímicos para mejorar la seguridad de los cultivos, sin embargo, el uso constante, el mal manejo y la desinformación de estos productos químicos ha provocado daños severos a la salud humana y el medio ambiente.

Es por esto, que mediante el presente trabajo surge el interés de realizar un diagnóstico de la situación actual en el manejo y disposición final de los envases vacíos de agroquímicos, donde se pretende conocer el panorama actual del problema e identificar las áreas de oportunidad en términos de regulación, control y previsión por parte de las instancias competentes de acuerdo a las acciones tomadas por parte de los usuarios para el uso, aplicación, manipulación y destino final de los envases vacíos.

4. HIPÓTESIS

El diagnóstico sobre el manejo y disposición de envases vacíos de agroquímicos, permitirá identificar las fallas en el ciclo de vida desde su compra hasta el abandono por parte del consumidor.

5. OBJETIVOS

5.1 General

Identificar y evaluar las condiciones y los posibles impactos del manejo y disposición final de los envases vacíos de agroquímicos en el municipio de Gral. Enrique Estrada.

5.2 Específicos

Analizar y describir el área de estudio.

Establecer el entorno actual en el manejo y disposición final de los envases vacíos de agroquímicos.

Aplicar encuestas a los usuarios de agroquímicos para determinar las acciones realizadas en el manejo y disposición final de los envases vacíos de agroquímicos.

Identificar y describir las principales propiedades físico-químicas de los agroquímicos para determinar cuáles resultan con mayor impacto ambiental en agua, suelo y aire dentro del área de estudio.

Proponer estrategias para incrementar el número de usuarios que entreguen los envases vacíos de agroquímicos a los Centros de Acopio Temporal (CAT) autorizados.

6. METODOLOGÍA

6.1 Área de estudio

En el presente trabajo el área de estudio es el municipio de Gral. Enrique Estrada perteneciente al estado de Zacatecas, del cual se seleccionaron cuatro sitios de interés: las localidades de Félix U. Gómez, Cieneguitas de Tapias, el Rayito y cabecera municipal, cuya selección estuvo en función de su ubicación geográfica y debido a la distribución de los principales agricultores activos actualmente sobre sus predios agrícolas.

En la figura 9 se muestra el área de estudio referenciando sus respectivas localidades.

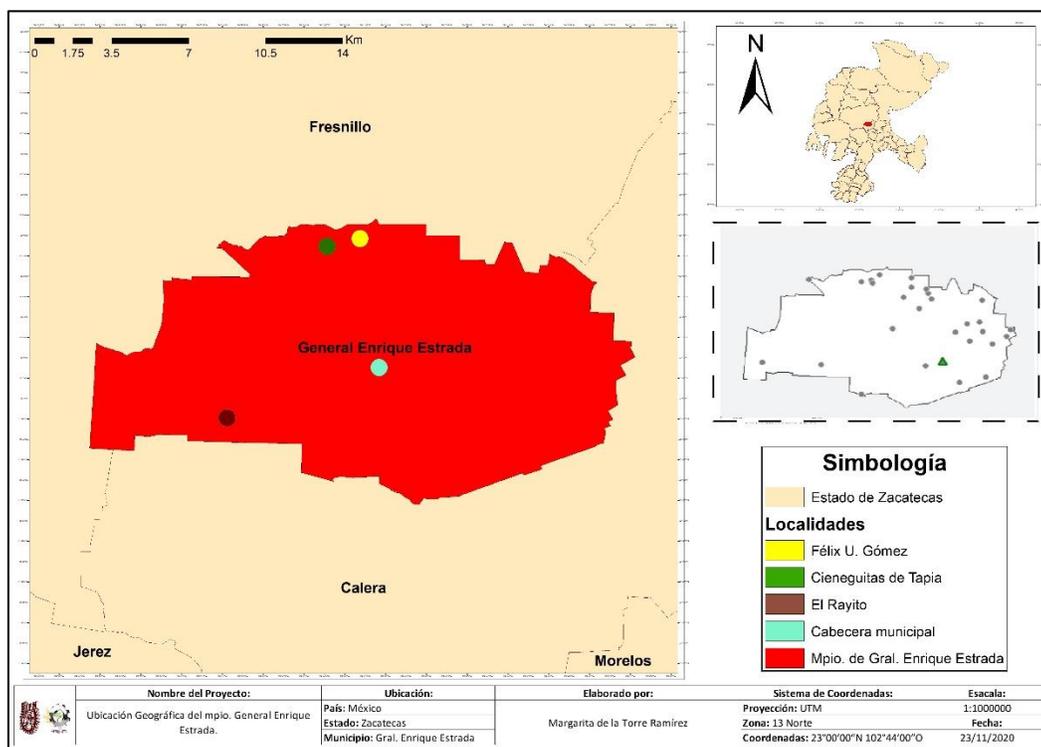


Figura 9. Ubicación geográfica de los sitios en el área de estudio (Fuente: Elaboración propia).

6.2 Recolección de datos de campo

Se visitó el CADER ubicado en Calera de Víctor Rosales, con la finalidad de acceder a la base de datos del padrón de agricultores registrados ante el "Programa producción para el

bienestar” pertenecientes al municipio de Gral. Enrique Estrada y sus localidades, obteniendo un total de 712 agricultores registrados.

Del padrón obtenido, se realizó una selección dirigida con los agricultores activos en sus predios agrícolas, se descartaron a aquellos con defunciones y prestadores de sus predios agrícolas (miembros del partido), una vez revisada y procesada la información, la muestra que se obtuvo fue de 16 agricultores, lo que representa el 2.24% del padrón inicial.

Para la recolección de datos de campo se realizó en el mes de noviembre y diciembre del 2020, la aplicación de una encuesta digital, la cual se estructuró con un total de 6 preguntas abiertas y 11 cerradas (Anexo D), aplicadas en un lapso de 20 días, con una duración de aproximadamente de 10 a 20 minutos en cada persona encuestada, de los cuales sus edades iban de los 23 a los 85 años, pertenecientes a las localidades de Félix U. Gómez, Cieneguitas de Tapias, el Rayito y cabecera municipal.

6.3 Análisis de los datos

La recolección de datos que se obtuvieron a través de la aplicación digital de encuestas, abarca información sobre la cantidad de hectáreas de los predios agrícolas, la cantidad sembrada, el tipo de cultivo, el tipo de plaga presentada sobre el cultivo, el método y dosis de aplicación de los agroquímicos, el tipo de agroquímico usado, el tipo de empaque y presentación que se compra regularmente, el tiempo y frecuencia de aplicación, las enfermedades o daños a la salud presentadas por el uso de agroquímicos, si se ha recibido capacitación sobre el uso responsable de agroquímicos, el conocimiento de la instalación de un CAT en Calera y la disposición final de los envases vacíos.

Ante esta recopilación de datos, se generaron tablas y gráficos a través del programa Excel 2013, para el análisis de cada una de las condiciones presentadas, se realizaron investigaciones y comparaciones con datos bibliográficos publicados en artículos científicos, estudios oficiales, análisis, datos estadísticos e investigaciones realizadas por las principales instituciones de la administración pública federal relacionadas en el tema.

6.4 Identificación de las propiedades físico-químicas más relevantes de los agroquímicos

Se consultaron las fichas técnicas de cada agroquímico utilizado por los agricultores, para identificar aquellas propiedades físico-químicas de interés como solubilidad, Log Koc y la presión de vapor. De igual manera se consultó el manual de referencia de la FAO "Evaluación de la contaminación del suelo" publicado en el año 2000, que contiene la hoja de datos o fichas técnicas de aquellos agroquímicos que carecen de información pertinente para el presente estudio. Con la información obtenida se realizó una tabla que describe y representa los valores de cada uno de las propiedades fisicoquímicas mencionadas, y de esta manera determinar el posible mecanismo de transporte que pudieran presentar sobre el ambiente, ya sea en agua, suelo o aire. Finalmente se consultó la página oficial de la EPA para consultar e identificar la DL₅₀ que permite en cuanto al nivel de exposición ya sea aguda, grave e intermitente, así como la vía de ingreso de forma oral dérmica o por inhalación. Con la información obtenida, también se realizó una tabla donde se identifica el tipo agroquímico utilizado de acuerdo a su ingrediente activo, la DL₅₀ permitida y los efectos o los posibles daños generados por la exposición intermitente o continua al agroquímico.

6.5 Generación de mapas base

6.5.1 Mapa de la distribución geográfica de los predios agrícolas

Como primer paso se registraron las coordenadas geográficas en unidades UTM (Universal Transverse Mercator) de los puntos específicos de cada predio agrícola perteneciente a los 16 agricultores de la muestra, mediante un Sistema de Posicionamiento Global (GPS) marca *Garmin Etrex 22x* (Anexo E).

Como segundo paso se referenciaron las coordenadas empleando la herramienta Sistema de Información Geográfica (SIG) versión de prueba para la generación del mapa. La obtención de la capa geoestadística del municipio de Gral. Enrique Estrada y sus localidades versión 2010, fue mediante la consulta de los datos abiertos en la plataforma del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), con la finalidad de representar la ubicación geográfica de los predios agrícolas que colindan en la cabecera municipal y sus localidades, así como conocer la extensión territorial y la distribución que ocupan sobre el municipio.

6.5.2 Mapa de la distribución hidrográfica del área de estudio

Se consultó la plataforma digital del Simulador de Flujos de Agua de Cuencas Hidrográficas (SIATL), donde se seleccionó la subcuenca Fresnillo (RH37Ec) que colinda con el área de

estudio. Posteriormente se procedió a descargar la capa referente a la subcuenca sobre los rasgos hidrográficos (cuerpos de agua) y red hidrográfica (puntos de drenaje y líneas de flujo). Finalmente con ayuda de la herramienta SIG versión de prueba, se generó el mapa sobre la distribución hidrográfica del área de estudio, con la finalidad de representar los cuerpos de agua, puntos de drenaje y líneas de flujo presentes sobre los puntos de aplicación de los agroquímicos más utilizados por los agricultores, y de esta manera aseverar la ruta o la extensión que pudiesen seguir cada uno de los agroquímicos sobre los cuerpos de agua superficiales.

6.5.3 Mapa de la rosa de los vientos predominantes en el área de estudio

Se identificó y se seleccionó la estación de monitoreo ubicada en el campo experimental del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) en Calera de Víctor Rosales. Posteriormente, mediante el portal digital de la misma institución se seleccionó información meteorológica correspondiente al año 2019 (INIFAP, 2020), y se descargó de la plataforma. Con la información obtenida, a través del programa Excel 2013, se procesaron los datos más relevantes como velocidad de viento (km/h), dirección del viento en sus 8 rumbos colaterales, así como el día, mes y año en que la estación de monitoreo realizó la muestra. Una vez que se realizó el procesamiento de los datos, fueron alimentados en el software WRPLOT versión de prueba 8.0.2, se generó la rosa de los vientos para determinar su predominancia en el área de estudio en los meses de enero, febrero y marzo del año 2019, las cuales se exportaron al programa informático de cartografía versión libre Google Earth y se obtuvieron imágenes de predominancia sobre el área de estudio. Finalmente cada imagen que correspondía a cada mes, se exportó a la herramienta SIG versión de prueba para realizar el mapa correspondiente.

7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

7.1 Análisis espacial

7.1.1 Área de estudio

El municipio de Gral. Enrique Estrada se encuentra localizado en el centro del estado de Zacatecas a una distancia de 36 km de la capital, limita con dos municipios, al Norte y al Oeste con Fresnillo, al Sur y al Este con Calera de Víctor Rosales (Flores, 1998). Su localización geográfica es latitud 23°00'00" al Norte del Ecuador, longitud 102°44'00" al Oeste del meridiano de Greenwich y altitud de 2,150 msnm (metros sobre el nivel del mar). Cuenta con una población de 6,325 habitantes, con una superficie de 190 km² lo que representa el 0.24% de la superficie del estado (DOF, 2017 b). Actualmente se encuentra conformado por dos comunidades (El Rayito y Puentecillas) y 78 rancherías distribuidas en las cinco principales localidades del municipio, las cuales son:

- La cabecera municipal: con un número aproximado de 3,000 habitantes.
- Adjuntas del Peñasco: se encuentra ubicado a 9 km de la cabecera municipal, y cuenta con un número estimado de 1,200 habitantes.
- Félix U. Gómez: su distancia a la cabecera municipal es de 6 km, cuenta con un número estimado de 1,110 habitantes.
- Cieneguitas de Tapias: cuenta con un total de 350 habitantes, su distancia a la cabecera municipal es de 6 km.
- Mesa de fuentes: es una de las localidades más distantes con respecto a la cabecera municipal a 18 km, cuenta con 500 habitantes (SEDESOL, 2013).

Las principales actividades económicas del municipio de Gral. Enrique Estrada son la agricultura, ganadería, manufactura y construcción (Flores, 1998). En el aspecto agrícola que es el de mayor interés para el presente trabajo, según el padrón de agricultores registrados en el CADER, el municipio cuenta con un total de 1,152 agricultores, lo que representa el 18.21% de la población total. Aunque en los años 2016-2019 se obtuvo un padrón de 712 agricultores registrados ante el programa "Producción para el bienestar", representando el 11.25% de la población total.

La superficie sembrada en el año 2019 fue de 12,600 hectáreas, de estas el 26.98% (3,400 hectáreas) en riego donde destacan el ajo, cebolla, chile mirasol, tomatillo y maíz blanco, y el

73.01% (9, 200 hectáreas) en temporal, con cultivos como el frijol (flor de mayo, flor de junio, pinto saltillo y negro) y maíz (amarillo y blanco) (Montoya, 2020).

En la figura 10 se observa la ubicación geográfica del municipio de Gral. Enrique Estrada dentro del estado de Zacatecas, así como la ubicación de sus principales localidades.

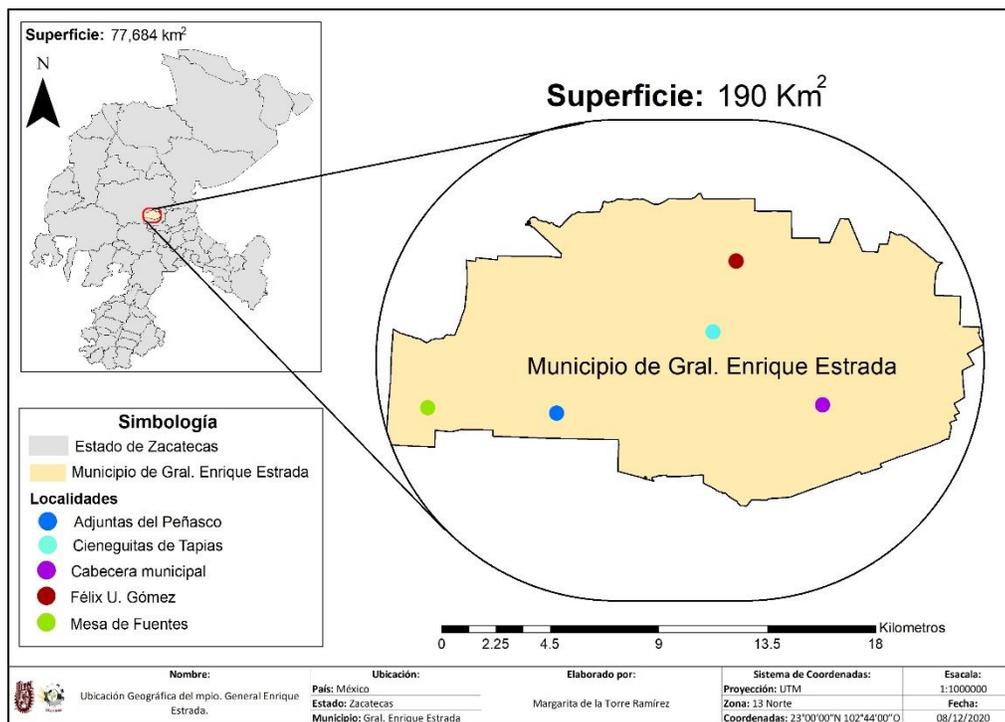


Figura 10. Ubicación geográfica del área de estudio (Fuente: Elaboración propia).

7.1.2 Hidrografía

Los cuerpos de agua se clasifican en intermitentes y perennes, es decir, cuando existe la presencia de cuerpos de agua en determinadas épocas del año se les denomina intermitentes, y cuando los cuerpos de agua están presentes todo el año se les denomina perennes.

El municipio cuenta con dos presas llamadas "El peñasco" y "Arroyo de enmedio" localizadas a la periferia de la cabecera municipal y adjuntas del peñasco, respectivamente. También está conformado por tres lagunas denominadas "La Lagunita de los Escobedo", "Laguna los Escobedo" y "La boquina", donde las dos primeras se localizan en la cabecera municipal, y la otra en adjuntas del peñasco. En cuanto a presencia de presas se encuentra las de "Los bueyes", "Cardenches", "Bajío de Alfredo Ávila" y "Presa arroyo de en medio", cuyos cuerpos de agua se clasifican como intermitentes, y la presa "El peñasco" como perenne (Flores, 1998).

En cuanto a los arroyos, son de gran importancia que sean localizados para el presente trabajo debido a que son puntos de drenaje, es decir son puntos que indican el lugar donde los flujos de los escurrimientos superficiales se drenan a los cuerpos de agua dentro del municipio, de los cuales se tienen un total de ocho arroyos nombrados y localizados de la siguiente manera:

- Cabecera municipal y el Rayito:
 - ✓ Arroyo de enmedio
- Adjuntas del peñasco:
 - ✓ Arroyo las adjuntas
 - ✓ Arroyo tapias
 - ✓ Arroyo las mojoneras
 - ✓ Arroyo las iglesias
- Mesa de fuentes:
 - ✓ Arroyo los botellos
- Cieneguitas de Tapias:
 - ✓ Arroyo la boquilla
- Félix U Gómez
 - ✓ Arroyo la potranca

En la figura 11 se muestran los diferentes cuerpos de agua presentes en el municipio, se observa que la hidrografía se divide en presas, lagos y arroyos.

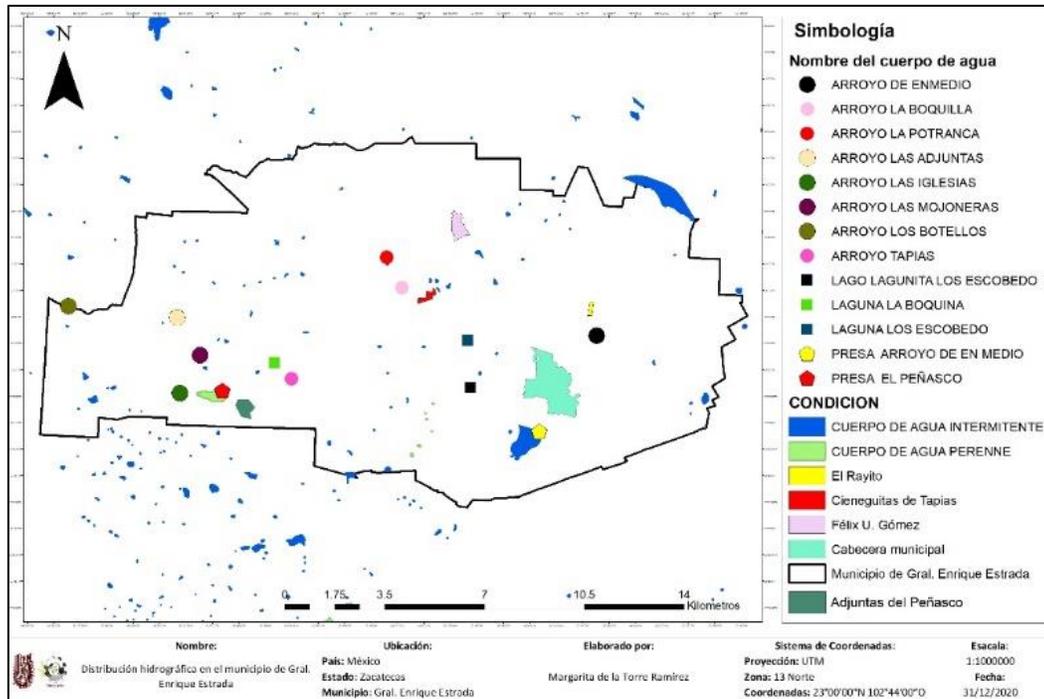


Figura 11. Hidrografía del municipio de Gral. Enrique Estrada (Fuente. Elaboración propia).

7.2 Distribución geográfica de los predios agrícolas

La muestra de análisis de los 16 agricultores se distribuye en 20 predios agrícolas, debido a que son 12 los agricultores que cuentan con un predio agrícola cada uno, y cuatro agricultores que cuentan con dos predios agrícolas, es decir, de estos cuatro cada uno cuenta con dos predios agrícolas teniendo un total de ocho. Los nombres de los propietarios que cuentan con dos predios agrícolas son: Consuelo Reyes Reza, Mauro Carrillo Ramírez, José Alberto Díaz Ibarra y Víctor de la Torre Delgadillo.

Los agricultores circundantes a la cabecera municipal son ocho, los cuales representan el 50% de la muestra, en el Rayito un solo agricultor con el 6.25%, en Cieneguitas de Tapias dos agricultores con el 12.5% y en Félix U. Gómez un total de cinco agricultores que representan el 31.25%. De lo anterior, la cabecera municipal cuenta con el mayor registro de los agricultores sobre sus predios agrícolas en todo el municipio. A continuación se presentan los nombres de los propietarios de los predios agrícolas de la muestra, el nombre del rancho según sea el caso y la superficie total en hectáreas de cada uno:

- Cabecera municipal:
 - 1) Predio de Consuelo Reyes Reza con una superficie total de 14 hectáreas

- 2) Predio de Roberto Campa Ambriz con 40 hectáreas
 - 3) Predio de Gonzalo Ramírez Garcés rancho "Ejido de Ignacio Zaragoza" con diez hectáreas
 - 4) Predio de Rolando Campa Ambriz rancho "El Taray" con 200 hectáreas
 - 5) Predio de Domingo Flores Flores rancho "Las Flores" con 40 hectáreas
 - 6) Predio de Arturo de Luna González con 20 hectáreas
 - 7) Predio de Mauro Carrillo Ramírez rancho "El Cerrito" con 140 hectáreas
 - 8) Predio de Iván Daniel Bañuelos Martínez rancho "Agua de en Medio" con 15 hectáreas
 - 9) Predio de Víctor Bañuelos de Luna rancho "La Lagunita" con cuatro hectáreas
- El Rayito
 - 1) 2^{do} predio de Consuelo Reyes Reza con 14 hectáreas
 - Cieneguitas de Tapias
 - 1) Predio de Víctor de la Torre Delgadillo rancho "El Pirul" con 11 hectáreas
 - 2) 2^{do} predio de Víctor de la Torre Delgadillo con 27.5 hectáreas
 - 3) Predio de José Alberto Díaz Ibarra con diez hectáreas
 - Félix U. Gómez
 - 1) Predio de José Guadalupe Carrillo Márquez rancho "El Mezquite" con 11.5 hectáreas
 - 2) 2^{do} predio de Mauro Carrillo "El Huizache" con 80 hectáreas
 - 3) Predio de Abraham Reyes Ibarra con 15 hectáreas
 - 4) 2^{do} predio de José Alberto Díaz Ibarra rancho "La Palma" con cuatro hectáreas
 - 5) Predio de Enrique Reyes Ramírez con 20 hectáreas
 - 6) Predio de Adrián Reyes Ramírez rancho "El palmarillo" con 30 hectáreas
 - 7) Predio de Roberto de la Torre Delgadillo rancho "San Sebastián" con 276 hectáreas.

En la figura 12 se muestra la distribución geográfica de los 20 predios agrícolas de la muestra de los 16 agricultores, de los cuales representan una extensión del 84.78% (161.09 km²) sobre el territorio municipal.

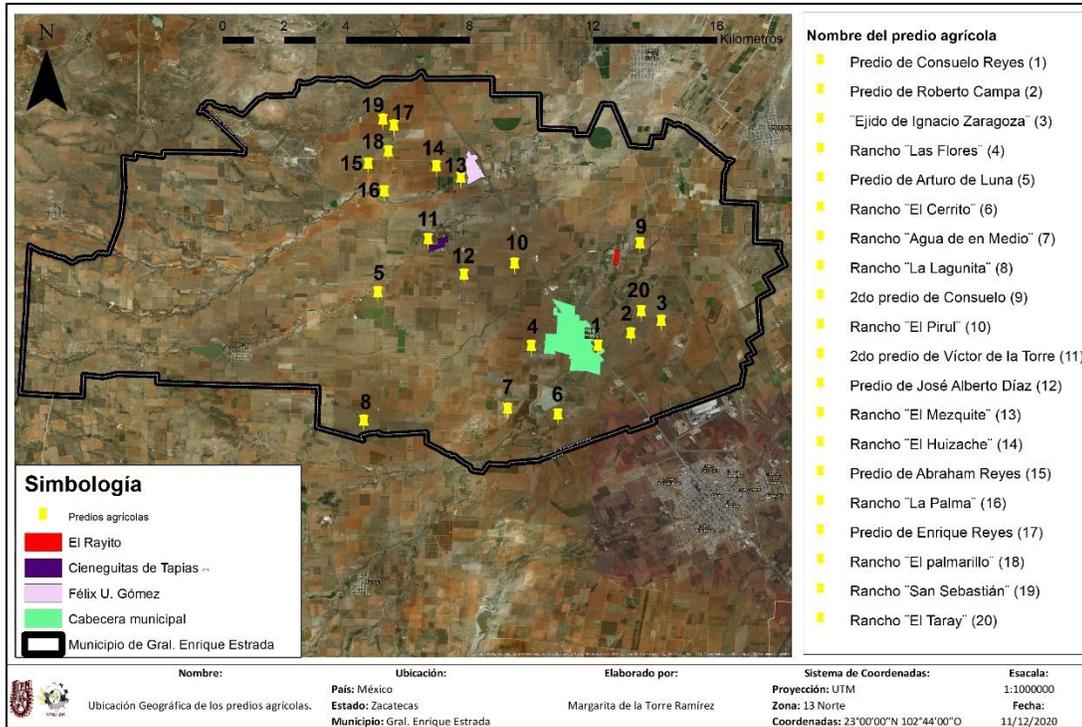


Figura 12. Distribución geográfica de los predios agrícolas (Fuente: Elaboración propia).

7.3 Superficie total, cultivada y tipos de cultivos sobre los predios agrícolas

En la figura 13 se observa que el 54% (982.5 hectáreas) representa la superficie total de los predios agrícolas y el 46% (845 hectáreas) la superficie cultivada. De estas cifras las 982.5 hectáreas abarcan 9.825 km² sobre la superficie del municipio, las 846 hectáreas abarcan 8.45 km², en total son 18.275 km² (1,827.5 hectáreas) de los 20 predios agrícolas, es decir de esta cantidad representa el 9.6% de la superficie total sobre el municipio que es destinada a la actividad agrícola.

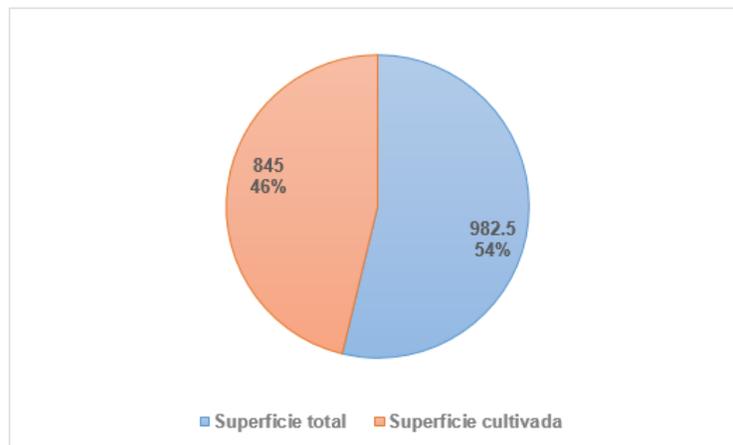


Figura 13. Superficie total y cultivada sobre los predios agrícolas.

En la figura 14 se muestra el régimen hídrico, en el cual se observa que el 72.73% de los cultivos son bajo temporal, y el 27.27% bajo riego. La agricultura de riego consiste en el suministro de importantes cantidades de agua a los cultivos a través de diversos métodos artificiales de riego (por rodado, por goteo, aspersión, etc). Mientras que la agricultura de temporal, depende exclusivamente del agua pluvial y la humedad del suelo para el desarrollo completo de los cultivos



Figura 14. Régimen hídrico sobre los cultivos.

En la figura 15 se distinguen 12 diferentes tipos de cultivos presentes con mayor frecuencia sobre los predios agrícolas, el 54% (456.51 hectáreas) son de frijol, el 9% (77.33 hectáreas)

de chile, el 8% (68.41 hectáreas) de maíz, el 7% (61.08 hectáreas) de cebolla, el 5% (38.08 hectáreas) de ajo, el 5% (37.33 hectáreas) de alfalfa, el 4% (37.33 hectáreas) de jitomate, el 3% (27.4 hectáreas) de avena y el 5% restante se divide en pequeñas proporciones como el 2% (20 hectareas) de trigo, 1% (10 hectáreas) de calabaza, 1% (8 hectáreas) de cebada y el 1% (4 hectáreas) de tomatillo. Aunado esto, los 12 tipos de cultivos se encuentran presentes en las 845 hectareas cultivadas, destacando el frijol con cerca del 54%, es decir la mitad de la superficie cultivada.

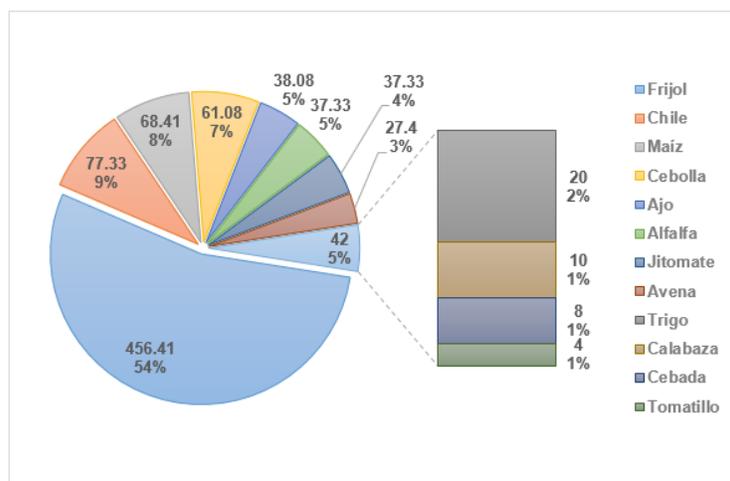


Figura 15. Tipos de cultivos presentes sobre los predios agrícolas.

7.4 Tipos de plagas, enfermedades y malezas presentes sobre los cultivos y tipos de métodos para erradicarlas

En la tabla 16 se presentan los tipos de plagas, enfermedades y malezas que se presentan con mayor frecuencia sobre los cultivos de frijol, maíz, cebolla y chile, debido a que estos tres se cultivan regularmente y en mayor superficie sobre los 20 predios agrícolas. Las plagas más frecuentes son la conchuela (*Epilachna varivestis mulsant*), la mosquita blanca (*Trialeurodes vaporariorum*), minador (*Xenochalepus signaticollis*), chupadores (*Empoasca kraemerii*), gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*), gallina ciega (*Phyllophaga spp*), palomilla (*Sitotroga cerealella O*), trips (*Thysanoptera*), nematodos (*Pratylenchus spp*), picudo del chile (*Anthonomus eugenii*), pulgón saltador del chile (*Bactericera cockerelli*) y gusano barrenador (*Elicoverpa zea*); las enfermedades presentes son el tizón común (*Xanthomonas phaseoli*), chauixtle (*Uromyces phaseoli*), mancha bacteriana (*Xanthomonas campestris*), mildiu

(*Peronospora destructor*) y cenicilla (*Oidium sp*); en tipo de maleza se encuentra el zacate agrarista (*Cynodon dactylon*) y también existe presencia de otras afectaciones a los cultivos por sequía y exceso de humedad.

Tabla 16. Tipo de plagas, enfermedades y malezas presentes sobre los predios agrícolas (Fuente: Elaboración propia).

Tipo de cultivo	Tipo de plaga, enfermedad y maleza		Causa	Imagen
	Nombre común	Nombre científico		
Frijol	Conchuela, pachona, cochinilla o borreguillo	<i>Epilachna varivestis mulsant</i>	Pequeños insectos con metamorfosis completa (huevo, larva, pupa y adulto) que se alimentan de las hojas, flores y vainas en formación (SENASICA 2011).	
	Mosquita blanca, mosca blanca de los invernaderos o palomilla	<i>Trialeurodes vaporariorum</i>	Pequeños insectos blancos o translucidos que transmiten enfermedades virales ocasionando el color amarillo en las hojas.	
	Gusano occidental trozador del frijol, gusano trozador o minador	<i>Xenochalepus signaticollis</i>	Las larvas jóvenes de estos insectos se alimentan de los tallos de la planta y las flores, las larvas grandes se alimentan de los granos en formación.	
	Lorito verde, salta hojas o chupadores	<i>Empoasca kraemeri</i>	Pequeños insectos que causan daño al alimentarse del tejido y provocando clorosis foliar.	
	Tizón común	<i>Xanthomonas phaseoli</i>	Enfermedad ocasionada por la bacteria phaseoli (Xap) (Smith), se caracteriza por la aparición de manchas con aspecto tizón en hojas, tallos, y frutos.	
	Chauixtle o roya del frijol	<i>Uromyces phaseoli</i>	Enfermedad que se presenta en las hojas ocasionando pequeños puntos cafés o rojizos denominados pústulas, de tamaño variable rodeados de un halo amarillo (SENASICA, 2011).	

Tabla 16. Tipo de plagas, enfermedades y malezas presentes sobre los predios agrícolas (Fuente: Elaboración propia) (continuación).

Tipo de cultivo	Tipo de plaga, enfermedad y maleza		Causa	Imagen
	Nombre común	Nombre científico		
Maíz	Gusano cogollero del maíz	<i>Spodoptera frugiperda</i>	El gusano causa daños al rendimiento del maíz ya que se alimenta del tallo, hojas y brotes tiernos, actuando como cortadores, defoliadores y cogolleros.	
	Gallina ciega	<i>Phyllophaga spp</i>	Larvas que se alimentan de las raíces de las plantas en desarrollo, afectando el follaje de las hojas provocando amarillamiento.	
	Palomilla dorado del maíz	<i>Sitotroga cerealella</i> O.	Las palomillas ponen huevos cerca de los granos que después eclosionan, alimentándose ampliamente del grano dejando agujeros.	
Cebolla	Trips	<i>Thysanoptera</i>	Pequeños insectos alados diminutos, causando daños por alimentación, decolorando o formando cicatrices en los tejidos foliares, también son vectores de enfermedades virales sobre las plantas (SENASICA, 2011).	
	Nemátodos	<i>Pratylenchus spp</i>	Nematodo fitoparásito que penetran el parénquima de las raíces, provocando clorosis y necrosis y dejando heridas sobre las raíces que permite la entrada de otros patógenos.	
	Mildiu	<i>Peronospora destructor</i>	Es una enfermedad causada por hongos y parásitos que se desarrollan por las condiciones climáticas, suelen aparecer manchas de color verde claro que se tornan amarillas o cafés.	
	Zacate agrarista, grama o zacate bermuda	<i>Cynodon dactylon</i>	Maleza de rápido crecimiento y coloniza áreas nuevas formando alfombras densas, limita el crecimiento y nutrición del cultivo.	

Tabla 16. Tipo de plagas, enfermedades y maleza presentes sobre los predios agrícolas (Fuente: Elaboración propia) (continuación).

Tipo de cultivo	Tipo de plaga, enfermedad y maleza		Causa	Imagen
	Nombre común	Nombre científico		
Chile	Picudo del chile o barrenillo del chile	<i>Anthonomus eugenii</i>	Son insectos con metamorfosis completa, las larvas se alimentan de la hoja, fruto y flor del chile, ocasionando oscurecimiento de las semillas y tejidos asociados.	
	Pulgón saltador del chile	<i>Bactericera cockerelli</i>	Es un insecto chupador que se alimenta de la savia de las plantas, causando que se tornen amarillentas y débiles, reduciendo el rendimiento y calidad.	
	Gusano barrenador o gusano del fruto	<i>Elicoverpa zea</i>	Insectos con metamorfosis completa, el daño más importante es ocasionado por la larva que penetra en el fruto dejando agujeros o cavidades que facilita la entrada a microorganismos.	
	Mancha bacteriana	<i>Xanthomonas campestris</i>	Es una enfermedad causada por bacterias que penetran en la planta por aperturas naturales como las estomas, provocando la aparición de manchas en la hoja y fruto (SENASICA, 2011).	
	Cenicilla polvorienta	<i>Oidium sp</i>	Es una enfermedad causada por hongos, provocando que se arruguen las hojas y formación de polvo blanco casi grisáceo sobre el haz de las hojas.	

En la figura 16 se presentan los 18 tipos de plagas, enfermedades y malezas que se mencionaron con mayor frecuencia por los agricultores, por lo tanto la conchuela (*Epilachna varivestis mulsant*) es la plaga más frecuente en el cultivo del frijol con un 21.73%; los trips (*Thysanoptera*) se encuentran con un 9%; el gusano cogollero del maíz (*Spodoptera frugiperda*) con un 10.86%; la gallina ciega (*Phyllophaga spp*), la palomilla dorada del maíz (*Sitotroga cerealella O*) y el zacate agrarista (*Cynodon dactylon*) con un 6.52%; el picudo del chile (*Anthonomus eugenii*), la cenicilla (*Oidium sp*), el tizón común (*Xanthomonas phaseoli*),

chupadores (*Empoasca kraemeri*), minador (*Xenochalepus signaticollis*) y nematodos (*Pratylenchus spp*) con un 4.34%; y finalmente en una pequeña proporción que representa el 13.02% se encuentra el chauixtle (*Uromyces phaseoli*), el mildiu (*Peronospora destructor*), mosquita blanca (*Trialeurodes vaporariorum*), gusano barrenador (*Elicoverpa zea*), mancha bacteriana (*Xanthomonas campestris*) y tizón común (*Xanthomonas phaseoli*) con un 2.17% cada uno.

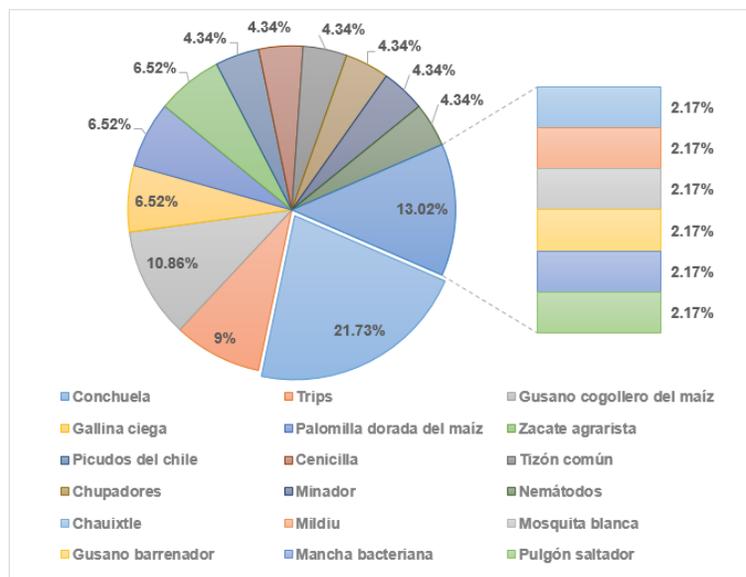


Figura 16. Plagas y enfermedades más frecuentes sobre los cultivos.

En la figura 17 se observan algunos de los diferentes tipos de métodos usados en la agricultura para erradicar de manera parcial o total las plagas, enfermedades y malezas presentes sobre los cultivos, por lo tanto, el 87.50% representa a los agricultores de la muestra que aplican el método de los agroquímicos, es decir 14 agricultores que optan por el uso de este método, el 12.50% representa a solo dos agricultores que usan compuestos naturales y agroquímicos dependiendo de las condiciones climáticas, ciclo vegetativo y el presupuesto con el que cuentan, el otro 12.50% representa exclusivamente a dos agricultores que no aplican ningún método.

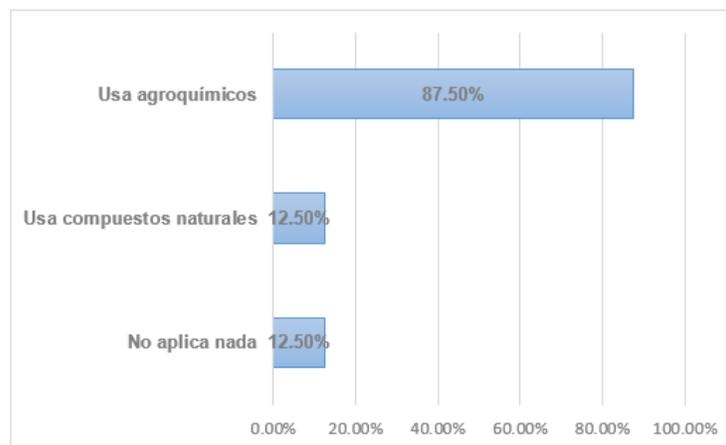


Figura 17. Tipo de método aplicado para erradicar las plagas y enfermedades.

Para el método de uso de compuestos naturales, los dos agricultores declararon que usan insectos benéficos como larvas, crisopas y catarinas para erradicar las plagas de una forma más económica, confiable y amigable con el medio ambiente

En la figura 18 se observan los dos principales motivos por el que no se aplican los agroquímicos para erradicar las plagas y enfermedades. De los dos agricultores que no usan agroquímicos que representan el 12.50%, uno mencionó que estos son muy caros (6.25%), y el otro agricultor mencionó que no cuenta con la información necesaria sobre el tema en cuanto uso, aplicación y manejo de los agroquímicos sobre los cultivos (6.25%).

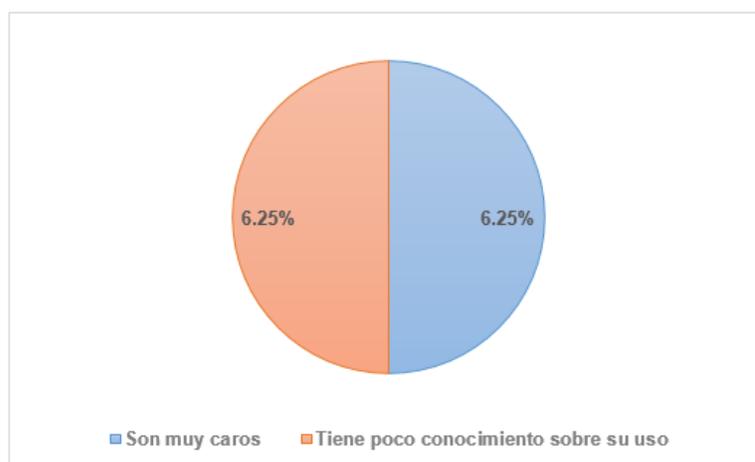


Figura 18. Motivo por el cual no se hace uso de los agroquímicos.

7.5 Tipos de agroquímicos utilizados con mayor frecuencia

En la figura 19 se muestran los diferentes tipos de agroquímicos aplicados sobre los cultivos, se observa que se usan en mayor proporción los fertilizantes con un 68.75% e insecticidas con un 62.50%, en seguida los herbicidas se usan con un 50.00%, los fungicidas con un 43.75%, los bactericidas con un 25.00% y en menor uso los acaricidas con un 6.25%. Es importante resaltar que la suma de estos porcentajes no resulta un 100%, debido a que cerca del 80.00% de los agricultores no usan un solo tipo de agroquímico, sino que a lo largo del ciclo del cultivo llegan a utilizar más de dos tipos de agroquímicos, por ejemplo llegan a aplicar insecticidas, herbicidas y fertilizantes en todo el ciclo (primavera/verano u otoño/invierno) dependiendo de las necesidades de cada tipo de cultivo, del agricultor y de las condiciones climáticas.

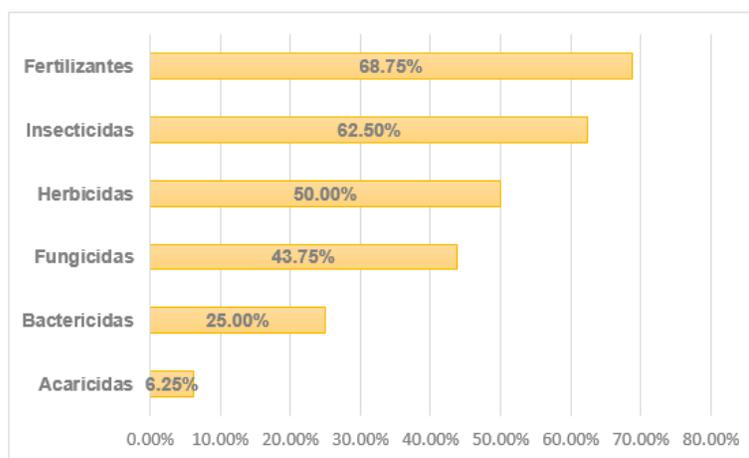


Figura 19. Tipo de agroquímicos aplicados con mayor frecuencia sobre los cultivos.

En la tabla 17 se muestran los datos más relevantes y representativos como el nombre comercial e ingrediente activo (IA), tipo de plaga que controla, clase de riesgo según la clasificación de la OMS, composición química, persistencia en el ambiente y la situación actual en cuanto a su registro y vigencia. Estos datos describen a los insecticidas, herbicidas, fungicidas y fertilizantes más utilizados por los agricultores de la muestra, dependiendo del tipo de cultivo. Para el frijol se utiliza comúnmente el bentazon, cipermetrina, dimetoato y endosulfan; para el chile se utiliza metomilo, trifluralina, endosulfan, clorpirifos, mancozeb y cipermetrina; en el maíz se utiliza metil paration, mancozeb, tembotrione, profenofos, cipermetrina y clorpirifos; en la cebolla se utiliza metil paration, mancozeb, clorpirifos,

metomilo, cipermetrina y clorotalonil. Los tipos de fertilizantes como NPK y bioelictor Boro se aplica para todos los cultivos.

Tabla 17. Aspectos generales de los agroquímicos más utilizados por los agricultores (Fuente: Elaboración propia).

Nombre Comercial / IA	Tipo de plaga que controla	Clase de riesgo	Composición química	Persistencia	Situación
Insecticidas					
Drexel methyl (Metil paration)	Chupadores, trips, pulgones, minador, picudo del chile, gusano soldado	Clase IA	Organofosforado	No persistente	Cancelado
Cypermtrina técnica (Cipermetrina)	Barrenador, gusano cogollero, minador, gusano cogollero y pulgones	Clase III	Piretroides	No persistente	Autorizado
Curacron 500 (Profenofos)	Pulgón saltador, conchuela, gusano soldado, mosquita blanca y trips	Clase III	Organofosforado	No persistente	Autorizado
Rogor Dragon (Dimetoato)	Trips, pulgones, mosquita blanca y minador	Clase III	Organofosforado	Moderadamente persistente	Autorizado
Gowan endosulfan (Endosulfan)	Picudo del chile, trips, pulgones, conchuela, palomilla y minador.	Clase II	Organoclorado	Persistente	Cancelado
Clorpirifos EC (Clorpirifos)	Gallina ciega, minador, pulgones y gusano cogollero	Clase II	Organofosforado	Moderadamente persistente	Cancelado
Lannate (Metomilo)	Minador, mosquita blanca, pulgones, picudo del chile, conchuela, trips y gusano barrenador	Clase IB	Carbamatos	Permanente	Restringido
Herbicidas					
Basagran 480 (Bentazon)	Zacate agrarista y rosetilla	Clase IV	benzotiadiazol	No persistente	Autorizado
Laudis (Tembotrione)		Clase IV	benzoilciclohexanedionas	No persistente	Autorizado
Triflurex (Trifluralina)		Clase II	Dinitroanilinas	Moderadamente persistente	Indeterminado
Fungicidas					
Mancozeb 80 (Mancozeb)	Tizón común, chauixtle, cenicilla polvorienta,	Clase III	Carbamatos	No persistente	Autorizado
Clorimex 90 (Clorotalonil)	mancha bacteriana y mildiu	Clase III	Cloronitrilos	No persistente	Autorizado
Fertilizantes					
NPK (Nitrógeno, fósforo y potasio)	N/A	N/A	N/A	N/A	Autorizado
Bioelictor Boro	N/A	N/A	N/A	N/A	Autorizado

*N/A: No aplica

7.6 Dosis y equipo o maquinaria de aplicación de los agroquímicos

La dosis aplicada para el caso de los fertilizantes es de 80-150 kilogramo por hectárea (kg/ha), por lo tanto la cantidad de fertilizantes que se usan al año son 56,610 kg. La dosis recomendada por los Ing. Agrónomos para la aplicación de agroquímicos en estado líquido es de 1.0-1.5 litros por hectárea (litros/ha) para 450-800 litros de agua en el caso de aspersión mecánica, la cantidad de agroquímicos en estado líquido que se aplican al año es de 8,777 litros.

En la figura 20 se presenta el tipo de equipo o maquinaria que se utiliza frecuentemente en la agricultura para aplicar los agroquímicos e incluso los fertilizantes en estado sólido, en este caso el equipo que se utiliza con mayor frecuencia es la aspersora mecánica o también llamada aspersora en tractor, el cual se usa con un 63.15%, la fertilizadora se usa con un 26.31% y la aspersora manual o también llamada mochila, se usa con un 10.54% sobre los cultivos.

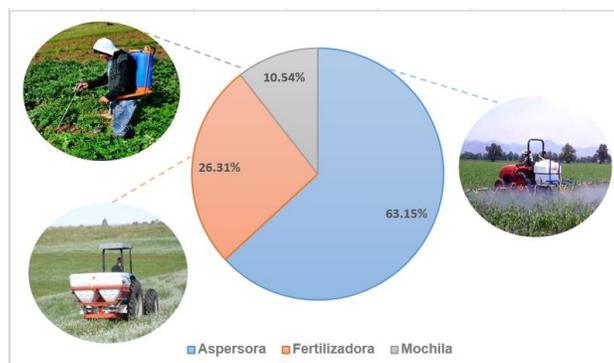


Figura 20. Equipo o maquinaria usada comúnmente para aplicar los agroquímicos.

7.7 Presentación y tipos de empaques utilizados con mayor frecuencia

En la figura 21 se muestra la presentación del tipo de agroquímico que se aplica con mayor frecuencia sobre los cultivos, por lo que cerca del 86.00% de los agricultores opta por el uso de agroquímicos en estado líquido, y el 95.00% usa agroquímicos tanto en estado líquido como sólido.

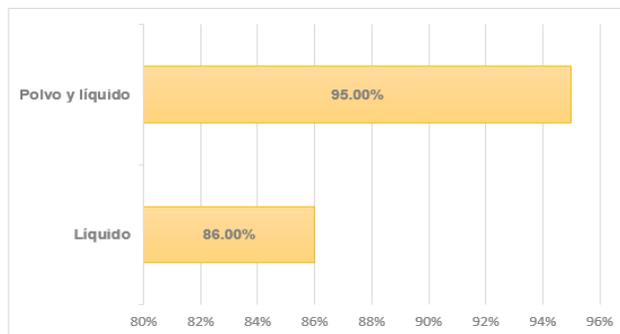


Figura 21. Presentación en estado líquido y sólido de los agroquímicos.

En la figura 22 se presentan los tipos de empaques comerciales utilizados en la agricultura y que se compran con mayor frecuencia en las tiendas distribuidoras de agroquímicos en estado sólido, se puede observar que el empaque más utilizado son los costales con un 61.15%, los cuales contienen fertilizantes, para este caso los agricultores declararon que reutilizaban los costales para darles un segundo uso para almacenar semillas, plástico o acolchado, mangueras, cintilla, tierra, envases vacíos de agroquímicos, entre otras cosas (Anexo F).

El 19.23% representa el uso de bolsas de plástico flexible de PEAD, sin embargo algunos costales en su interior cuentan con bolsas de plástico para revestimiento interno, siendo un gran problema de contaminación ya que este tipo de bolsas no son reutilizadas por los agricultores, sino que son quemadas o son desechadas a los tiraderos a cielo abierto.

El 19.23% representa el uso de bolsas de empaque metálico o también llamadas bolsas de película aluminizada, también son consideradas como un gran problema de contaminación ya que el CAT ubicado en Calera de Víctor Rosales no acopia este tipo de empaque por el costo que genera al ser enviadas a las empresas que aplican el tratamiento de eliminación adecuado, controlado y certificado, por tal razón no se conoce con exactitud la disposición que se le realiza a este tipo de empaque por parte de los agricultores.

Se estima que se usan y se compran aproximadamente un total de 56,610 kg de agroquímicos en estado sólido al año, esto de acuerdo a la dosis recomendada que son de 80-150 kg/ha. De esta cantidad se determina el peso de los empaques o costales vacíos, del cual 487.71 kg corresponden a los costales, 326.59 kg de bolsas PEAD y 544.32 kg de bolsas aluminizadas. En total se generan 1,358.63 kg de empaques vacíos de agroquímicos en estado sólido.

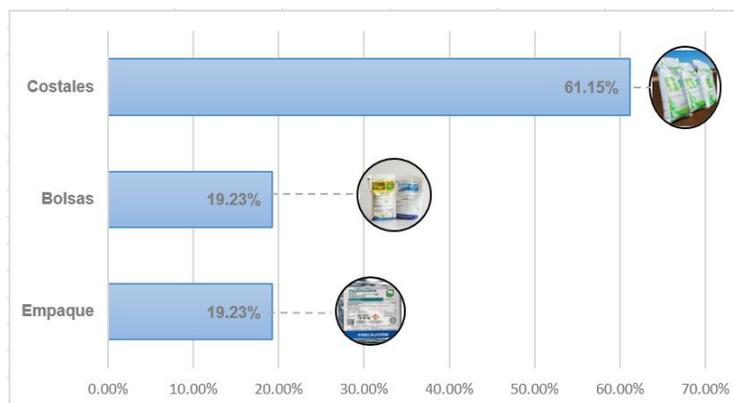


Figura 22. Tipo de empaques comerciales utilizados con mayor frecuencia en estado sólido.

En la figura 23 se presentan los tipos de envases en estado líquido, se puede observar que el envase más utilizado son las botellas o envases de 1.0 o 1.5 litros, de material de PEAD y PEBD, el porcentaje de uso en este tipo de envases es del 54.16%. En seguida se encuentran los galones de 3.78 litros con un uso del 29.16%. Los bidones son usados con un 16.66% en presentaciones de 10.00 y 20.00 litros, por lo general los agricultores comúnmente utilizan los bidones de 20.00 litros, sin embargo el CAT solo acepta a aquellos bidones de 10.00 litros, por lo tanto la disposición final que se le realiza a estos tipos de envases es que son desechados a tiraderos a cielo abierto y abandonados en alguna área determinada, y en algunos casos los bidones son reutilizados para almacenar gasolina y diésel (Anexo F).

Algunos agricultores circundantes al área de estudio pero que no se encuentran dentro de la muestra de los 16 agricultores, declararon que reutilizan los bidones de 10.00 y 20.00 litros para acondicionarlos y ser usados como trampas naturales de plagas e insectos dañinos para los cultivos, siendo un método muy utilizado en la actualidad (Anexo F).

Se estima que se usan y se compran aproximadamente un total de 8,777 litros de agroquímicos en estado líquido al año, esto de acuerdo a la dosis recomendada que son de 1.0-1.5 l/ha. De esta cantidad se determina el peso de los envases vacíos, del cual 522.96 kg corresponden a las botellas o envases, 652.78 kg de galones y 1,462.83 kg de bidones. En total se generan 2,638.58 kg de envases vacíos de agroquímicos en estado líquido.

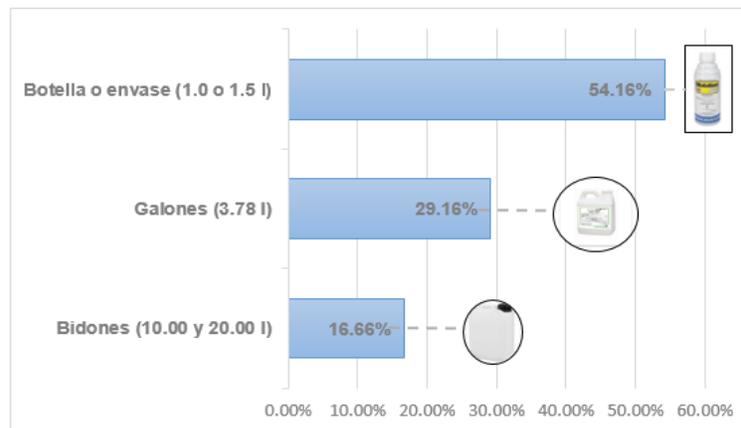


Figura 23. Tipos de empaques comerciales utilizados con mayor frecuencia en estado líquido.

7.8 Tiempo y frecuencia de aplicación de los agroquímicos sobre los cultivos

El tiempo aproximado que demoran los agricultores en preparar la mezcla de agroquímicos es de 20-30 minutos cuando se utiliza la aspersora mecánica, caso contrario cuando utilizan la aspersora manual, ya que tardan alrededor de 15 minutos en preparar la mezcla debido a su baja capacidad. Aunque el tiempo de aplicación de los agroquímicos sobre los cultivos se prolonga de 1-3 horas por hectárea, esto quiere decir que los agricultores que cuentan con predios agrícolas de grandes extensiones (100-200 hectáreas) se prolonga el tiempo de aplicación, por lo tanto la exposición a los agroquímicos es más de diez horas al día, el límite de exposición a los agroquímicos con el EPP es menor a las diez horas al día según la EPA.

En la figura 24 se muestran las frecuencias de aplicación de los agroquímicos, se observa que el 34.00% representa que cada dos a seis meses se aplican los agroquímicos que por lo general es de una a tres veces en el ciclo del cultivo, el cual duran aproximadamente de tres a seis meses dependiendo del tipo del cultivo; el 26.66% se aplica una vez al año para prevenir cualquier plaga o enfermedad; el 20.00% en cuanto existe presencia de la plaga o enfermedad; el 13.33% dos o tres veces por semana; y el 6.66% cada ocho a 30 días.

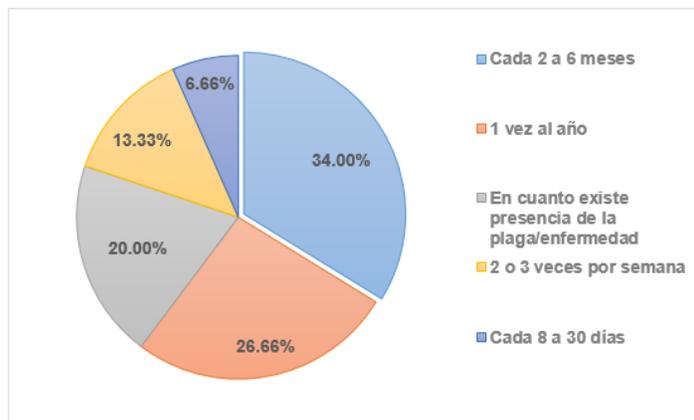


Figura 24. Frecuencia de aplicación de los agroquímicos.

7.9 Enfermedades causadas por el uso de agroquímicos

En la figura 25 se muestra que el 71.43% de los agricultores no han sufrido alguna afectación a la salud por el uso y contacto directo con los agroquímicos al momento de ser aplicados sobre los cultivos, por lo tanto declararon que en el tiempo que llevan trabajando en la agricultura no han tenido problema alguno por el uso de agroquímicos.

El 28.57% declararon que han presenciado afectaciones a la salud humana, tal es el caso del Sr. José Guadalupe Carrillo Márquez, el cual argumentó que una persona que le ayudaba a aplicar los agroquímicos se intoxicó, esto debido a la exposición aguda, provocándole náuseas y dolor en el cuerpo por el uso del llamado polvo de fuego (metil paration) y debido a las condiciones en las que se aplicó el agroquímico ya que no se contaba con el EPP.

El Sr. Mauro Carrillo Márquez argumentó que presencié un accidente por parte de uno de sus trabajadores que estuvo en contacto directo con el Curacron (profenofos), lo que le provocó una fuerte intoxicación e irritación en los ojos. El Sr. Roberto de la Torre Delgadillo argumentó que los tractoristas tienen varios años trabajando y manipulando los agroquímicos, por lo que a lo largo del tiempo han sufrido náuseas, dolor de estómago y cabeza, así como irritación en los ojos por el uso del metil paration. El Sr. Víctor de la Torre Delgadillo argumentó que ha presenciado afectaciones a la salud por parte de sus trabajadores, provocándoles irritación en los ojos y piel, sin embargo no especificó el nombre comercial del agroquímico. Y finalmente el caso del Sr. Víctor Bañuelos de Luna, compartió una anécdota externa a él, ya que una persona sufrió cáncer de colon por el uso de la aspersora manual, ya que esta no se

encontraba en las óptimas condiciones y la falta de uso del EPP. Esta persona desarrolló el cáncer a lo largo de los años debido a la exposición crónica a la que se exponía la persona.

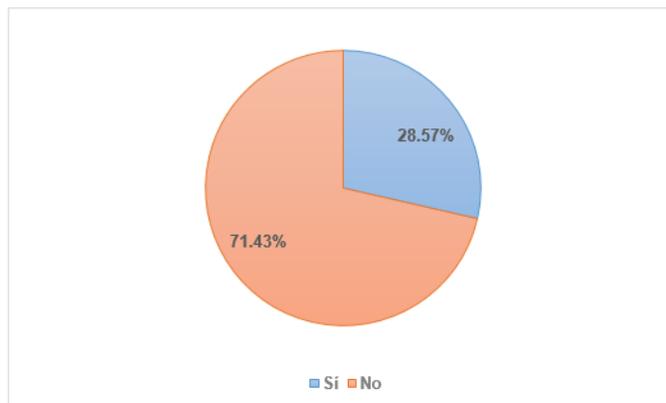


Figura 25. Probabilidad de alguna afectación hacia la salud humana por el uso de agroquímicos.

7.9.1 Análisis de afectaciones a la salud

En la tabla 18 se muestran diferentes tipos de agroquímicos de acuerdo a su IA, DL₅₀ permitida por la EPA, así como los síntomas presentes o los daños o afectaciones a la salud cuando las personas se exponen de manera intermitente o prolongada a las dosis permitidas.

Tabla 18. Síntomas presentes en determinada dosis de exposición a los agroquímicos (Fuente: Elaboración propia).

IA	DL ₅₀ según la EPA	Síntomas o afectaciones a la salud
Metil paration	0.002 mg/l	-Causa intoxicación dolor de cabeza, mareo, visión borrosa, náuseas, vómito, diarrea y contracciones musculares involuntarias. -Coma y muerte (EPA, 2020).
Metomilo	2.5 mg/m ³	-Náuseas, dolor de cabeza, debilidad, calambres y sudoración -Provoca somnolencia o vértigo -Mortal en caso de ingestión o inhalación
Trifluralina	0.0075 mg/l	-Dolor de cabeza, náuseas, vómitos, depresión del sistema nervioso -Irritación gastrointestinal y alteraciones musculares -Posiblemente cancerígeno
Endosulfan	0.066 mg/l	-Causa intoxicación vómitos, agitación, convulsiones, diarrea, cianosis, disnea, daño al hígado y riñones (EPA, 2020).
Clorpirifos	0.03 mg/l	-Irritación, náuseas, dolor de cabeza, vómitos, calambres, debilidad, visión borrosa, pupilas dilatadas, opresión en el pecho, dificultad para respirar, sudoración, babeo o espuma de la boca y nariz. -Alteraciones cardiacas, espasmos musculares y coma.
Cipermetrina	0.005-0.05 mg/l	-Irrita la piel, ojos y tracto respiratorios, así como producir urticaria -La ingestión puede causar mareos, náuseas y vómitos.
Bentazon	0.032 mg/l	-Irritación ocular, nocivo en caso de ingestión y puede provocar reacciones alérgicas a la piel.
Tembotrione	0.01-0.04 mg/l	-Irritación ocular, dérmica y del tracto respiratorio.
NPK	10 mg/m ³	-Por contacto prolongado puede ocasionar dermatitis e irritación en la piel, ojos, boca, garganta y estómago -La exposición continua al polvo puede llegar a provocar lagrimeo e irritación de las vías respiratorias (EPA, 2020).

7.10 Capacitaciones e información sobre el uso, manejo y disposición final de los envases vacíos de agroquímicos

En la figura 26 se muestra que el 64.30% de los agricultores han recibido información sobre el uso, dosis y modo de aplicación de los agroquímicos por parte de los ingenieros agrónomos encargados de la tiendas distribuidoras de agroquímicos. Aunado a esto, los agricultores argumentaron que es obligación de los agrónomos difundir información sobre el destino final que le deben realizar a los agroquímicos que consumen continuamente en las tiendas distribuidoras.

El 21.42% han recibido capacitación por parte de los técnicos del CESAVEZ, dentro de esta cifra se encuentran tres agricultores de los cuales el Sr. Roberto de la Torre Delgadillo que ha recibido de manera continua capacitaciones sobre el buen uso y manejo de los agroquímicos, así como asistencia técnica para la aplicación de la técnica del triple lavado, seguridad del trabajador potencialmente expuesto, entre otra información. El Sr. Roberto se encuentra dentro del programa inocuidad agrícola para recibir una certificación que le permite exportar sus productos agrícolas (Anexo G), es por esto que la certificación lo obliga a recibir capacitación sobre el uso, manejo y correcta disposición final de los envases vacíos para dar cumplimiento con las especificaciones impartidas por el CESAVEZ y los lineamientos establecidos por la NOM-003-STPS1999.

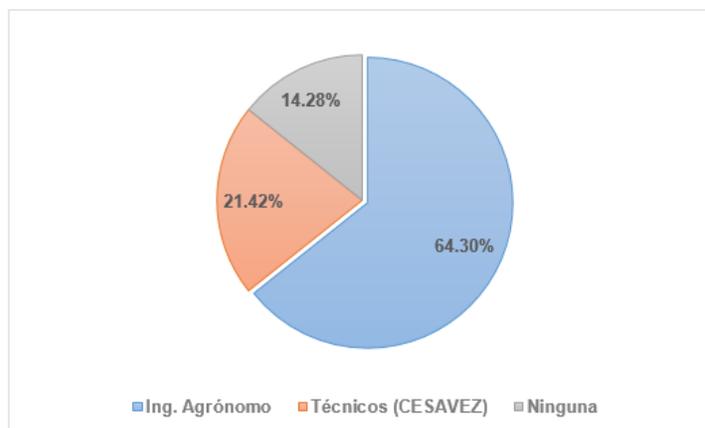


Figura 26. Capacitación o información proporcionada por los comités e ingenieros agrónomos.

De lo anterior, también se obtuvo información confidencial por parte del CESAVER, sobre las dos únicas personas registradas ante el PSIA en el municipio de Gral. Enrique Estrada, las cuales es el Sr. Roberto de la Torre Delgadillo y el Sr. Adolfo Martínez Hernández. Aunque solo se le aplicó la encuesta al Sr. Roberto para obtener información sobre la certificación.

En la figura 27 se muestran algunas de las obligaciones y requisitos que debe cumplir el Sr. Roberto para la certificación, el cual debe contar con señalamientos de seguridad, un almacén adecuado y controlado para los agroquímicos, un área especial para la preparación de mezclas donde debe incluir una trampa de agroquímicos, un CAP, aplicación y seguimiento de la técnica del triple lavado y finalmente darle una correcta disposición final a los envases vacíos de agroquímicos, siendo los técnicos del CESAVER los encargados de realizar la inspección y entregar el formato de asistencia técnica, así como recoger los envases vacíos de agroquímicos.



Figura 27. a) Señalamientos de seguridad, b) Almacén de agroquímicos, c) Área de preparación de mezclas de agroquímicos, d) Centro de Acopio Primario (CAP) (Fuente: Elaboración propia).

El segundo agricultor es el Sr. Mauro Carrillo Ramírez, el cual argumentó que ha recibido la capacitación debido a que su predio agrícola es vecino del rancho "San Sebastián" del Sr. Roberto. El tercer agricultor es el Sr. Víctor Manuel Bañuelos de Luna, el cual argumentó que actualmente se encuentra dentro de la asociación de agricultores del CESAVEZ por lo que cuenta con un amplio conocimiento sobre el tema del uso, aplicación y disposición final de los envases vacíos de agroquímicos, mismo al que ha sido participe para colaborar con los técnicos y el CESAVEZ para difundir información sobre el correcto uso y disposición final de los envases. El 14.28% de los agricultores no han recibido alguna capacitación por parte de alguna asociación o ingenieros agrónomos.

7.11 Destino final y aplicación de la técnica del triple lavado a los envases vacíos de agroquímicos

En la figura 28 se muestra que el 28.00% de los agricultores incineran los envases vacíos de agroquímicos en espacios libres o en espacios naturales.

El 25.00% de los agricultores desechan o envían los envases a un tiradero a cielo abierto, tal es el caso de Iván Daniel Bañuelos Martínez, el cual mencionó lo siguiente: "Yo los pongo en un costal y los llevo al basurero, o también saco los costales a la calle para que los recoja el camión de la basura".

El 20.00% de los agricultores abandonan los envases dentro de los predios agrícolas o en un lugar determinado, "Yo solo los dejo fuera del camino para que nadie me vea" fueron las palabras del Sr. José Alberto Díaz Ibarra (Anexo F). El 20.00% de los envases son enviados al CAT de Calera, este porcentaje representa a los tres agricultores que son responsables con sus envases vacíos de agroquímicos y le realizan la disposición final adecuada, y finalmente el 7% de los envases son enterrados.

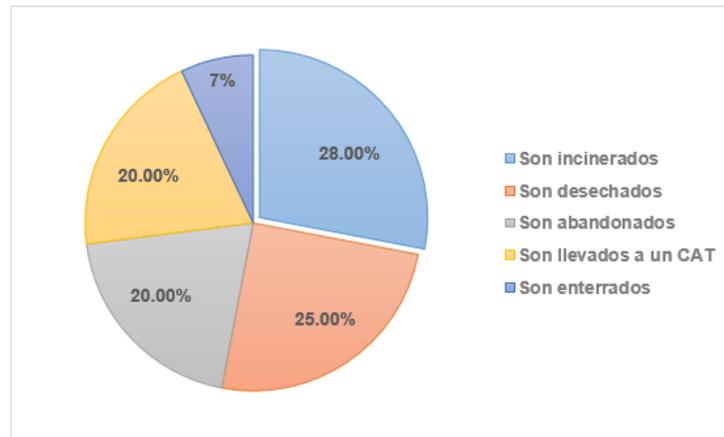


Figura 28. Destino final de los envases vacíos de agroquímicos.

En la figura 29 se muestran las evidencias sobre las acciones realizadas por los agricultores sobre la mala práctica de incinerar los envases vacíos de agroquímicos en espacios libres o en espacios naturales. Esta acción realizada es un gran problema hacia la salud y el medio ambiente, debido a que algunos de los productos de los envases de agroquímicos que son usados, son altamente inflamables.



Figura 29. Resultado por la incineración de los envases vacíos de agroquímicos (Fuente: Elaboración propia).

El metil paration es clasificado como altamente inflamable, si se llega a incinerar el envase vacío es posible que el recipiente explote, y debido a la combustión produzca gases contaminantes como óxidos de nitrógeno (NO_x), óxidos de azufre (SO_x) y los humos de óxidos de fósforo, también puede llegar a formar dióxido de azufre (SO_2), monóxido de carbono (CO) y dióxido de carbono (CO_2). El dimetoato al ser inflamable, cuando se calienta o se incinera aumenta el riesgo de inducir explosión. El endosulfan si no se enjuaga adecuadamente, existe

la probabilidad de que se formen vapores o gases por las altas temperaturas y originar una explosión. La trifluralina al entrar en contacto con la combustión se genera gases como NO_x , compuestos fluorados y derivados aromáticos, también genera humos tóxicos ya que contiene xileno como solvente orgánico (FAO, 2000).

Existen varios estudios sobre la calidad del aire, uno de ellos fue realizado por la Secretaría de Agua y Medio Ambiente (SAMA) en conjunto con la SEMARNAT, para el desarrollo del "Programa de Gestión para Mejorar la calidad del Aire" (ProAire) (2018), en el cual identificaron las principales fuentes de emisiones de los cinco principales contaminantes criterios que son: ozono (O_3), material particulado de 10 y 2.5 micrómetros (PM_{10} y $\text{PM}_{2.5}$), dióxido de azufre (SO_2), monóxido de carbono (CO), NO_x y SO_x .

En el diagnóstico determinaron que la quema agrícola se encuentra dentro de la categoría de las principales fuentes de emisiones de los cinco contaminantes criterios, esto quiere decir que para PM_{10} se emiten cerca de 7,684.56 toneladas por año (t/a), lo que es equivalente a mega gramos por año (Mg/año); para $\text{PM}_{2.5}$ se emiten 7,364.51 t/a; para SO_x se emiten 220.81 t/a; para CO se emiten 52,725.76 t/a; y para NO_x se emiten 2,133.78 t/a (SEMARNAT, 2018).

Para el caso de los NO_x y SO_x son los contaminantes precursores de las lluvias ácidas, debido a la interacción con la radiación solar y la humedad atmosférica, creando ácido sulfúrico (H_2SO_4) y ácido nítrico (HNO_3) diluidos (García *et al.*, 2013). Su frecuencia en las zonas donde se realizan comúnmente las actividades de quemas agrícolas, afecta a la salud humana, al ecosistema y a los materiales.

En la figura 30 se muestra que el 71.44% de los agricultores le realizan un solo lavado o enjuague a sus envases vacíos; el 14.28% no conocen la técnica del triple lavado; el 7.14% si conocen la técnica pero no la aplican; y el otro 7.14% si conocen y aplican la técnica.

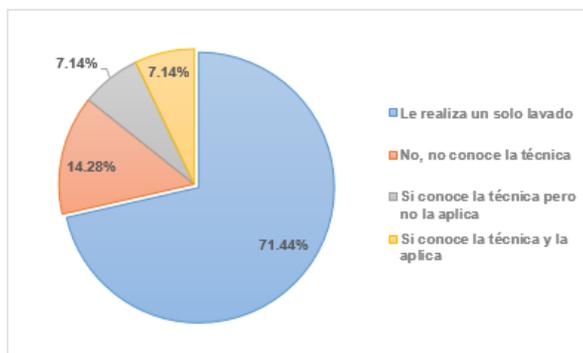


Figura 30. Aplicación de la técnica del triple lavado.

7.12 Conocimiento e información sobre la instalación de un CAT

En la figura 31 se muestra que el 62.50% de los agricultores no tienen idea sobre la instalación y función del CAT en Calera (Apéndice H). El 18.75% tienen noción de la instalación de un CAT pero no llevan los envases vacíos de agroquímicos y el otro 18.75% si tienen noción de la instalación del CAT y llevan sus envases.

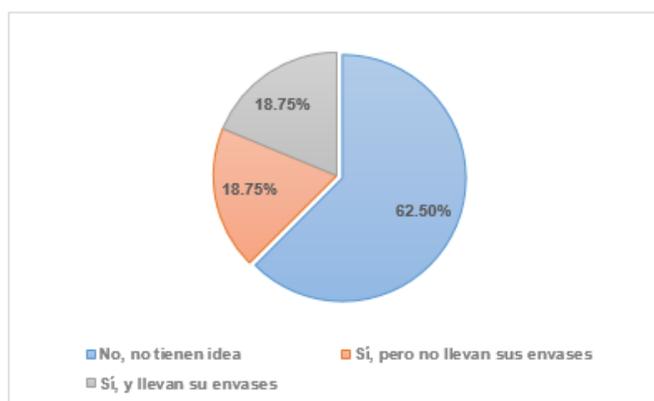


Figura 31. Conocimiento sobre la instalación de un Centro de Acopio Temporal (CAT).

En la figura 32 se muestran los resultados sobre la suposición de conocer la instalación del CAT para dar a conocer el principal motivo por el cual los agricultores no llevan sus envases vacíos de agroquímicos, por lo tanto el resultado fue que el 69.23% de los agricultores no lo hacen debido a la falta de información sobre el tema y el 30.77% es debido al demandante trabajo que tienen, por lo tanto no les da tiempo de llevar los envases al CAT.

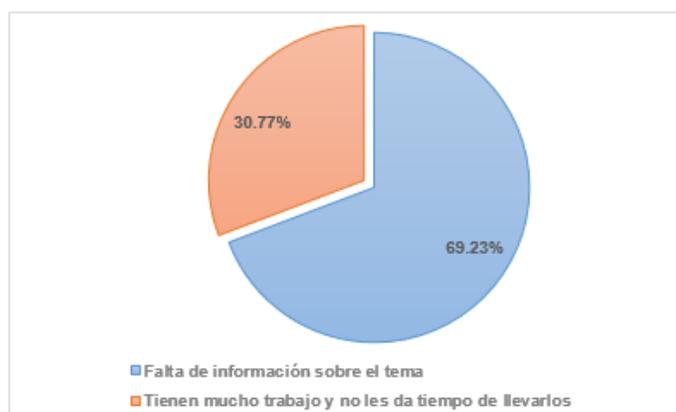


Figura 32. Motivo por el que no llevan los envases vacíos de agroquímicos al CAT.

7.13 Análisis de afectaciones al medio ambiente

Las propiedades físico-químicas más relevantes para el presente trabajo son la solubilidad, logaritmo del coeficiente de adsorción de carbón orgánico (Log Koc) y la presión de vapor, con estos datos se puede aseverar o predecir el lugar donde pudiera encontrarse el agroquímico ya sea en agua, suelo o aire.

En la tabla 19 se muestran diferentes valores guía con la finalidad de exponer algunas de las propiedades más relevantes de cada agroquímico como la solubilidad en agua de 20 a 25°C, el tiempo de vida media ($t_{1/2}$), el cual se refiere al tiempo requerido para que el agroquímico sea degradado en el ambiente ya sea en horas, días, semanas, meses o años, el logaritmo del coeficiente de adsorción de carbono orgánico (Log Koc) y la presión de vapor en mm Hg.

Tabla 19. Propiedades físico-químicas de los agroquímicos más utilizados por los agricultores de la muestra (Fuente: Elaboración propia).

Agroquímico	Propiedad fisicoquímica				
	IA	Solubilidad (mg/l de 20 a 25°C)	$t_{1/2}$ (horas, días, semanas, meses años)	Log Koc	Presión de vapor (mm Hg)
Metil paration		55-60	2-22 días	2.5	1.0×10^{-5}
Cipermetrina		<0.1	4 semanas	>5	$<1.0 \times 10^{-5}$
Profenofos		28	8.6 horas	1.5	9.7×10^{-7}
Dimetoato		2.5	20 días	>5	1.875×10^{-6}
Endosulfan		0.53	60-800 días	>5	1.4×10^{-6}
Clorpirifos		1.4	60-120 días	3.91	2.02×10^{-5}
Metomilo		58	18-20 días	1.8	1.0×10^{-5}
Bentazon		600	24 horas	1.35	$<1.0 \times 10^{-5}$
Tembotrione		0.22	12 horas	--	8.25×10^{-11}
Trifluralina		18.4	16 horas	1.87	4.58×10^{-5}
Mancozeb		6.2	6-15 días	3.3	$<1.0 \times 10^{-5}$
Clorotalonil		0.81	10 días	>5	$<1.0 \times 10^{-5}$
NPK		100	02 días	>5	---

La contaminación ambiental por el uso de agroquímicos está dada fundamentalmente por aplicaciones directas en los cultivos agrícolas, lavado inadecuado de tanques o contenedores, infiltración en los depósitos de almacenamiento y residuos que se originan por la falta de aplicación de la técnica del triple lavado a los envases vacíos de agroquímicos, derrames accidentales y el uso inadecuado de los mismos por parte de los agricultores. Los restos o los residuos de estos agroquímicos se dispersan en el ambiente y se convierten en contaminantes

para los sistemas bióticos (animales y plantas) y abiótico (agua, suelo y aire) amenazando su estabilidad y representando un peligro de salud pública y ambiental (Rodríguez *et al.*, 2014).

En ese sentido, los factores como las propiedades físico-químicas de cada agroquímico, el clima y las condiciones geomorfológicas, hidrográficas y meteorológicas del área de estudio definirán la ruta que siguen los mismos y el mecanismo de transporte en el ambiente.

7.13.1 Agua

El mecanismo de transporte de los agroquímicos en medios acuosos (cuerpos de aguas superficiales) se puede determinar mediante los niveles de solubilidad de cada agroquímico. El mecanismo de transporte puede ocurrir por escorrentía superficial, por infiltración y por deposición húmeda, este último se refiere a que el contaminante que está en el aire es captado por las gotas de lluvia o forma parte de los núcleos de condensación (Mansilla, 2017). El enfoque principal para la solubilidad va dirigido al transporte de los agroquímicos por escorrentía superficial, debido a que el proceso de infiltración y/o lixiviación es más complejo.

En cuanto a las escorrentías también se les denomina "descargas agrícolas de agua de lluvia", significa que la escorrentía de contaminantes procedentes de la agricultura tiene lugar fundamentalmente en las situaciones en que se producen corrientes de agua por el efecto del agua pluvial.

En la figura 33 se muestra la distribución hidrográfica del municipio de Gral. Enrique Estrada, se observa que la red hidrográfica está conformada por cuerpos de agua intermitentes y perennes, puntos de drenaje o arroyos y líneas de flujo de las corrientes de agua. También se observa los puntos específicos de los predios agrícolas que utilizan los siete diferentes agroquímicos clasificados como altamente solubles, ya que esta propiedad fisicoquímica es un parámetro importante, porque de esta dependerá el movimiento temporal del agroquímico, es decir los puntos de drenaje o cuerpos de agua en los que se desplazará.

El metil paration es ampliamente utilizado por cuatro agricultores de la muestra; el bentazon por 11 agricultores; el metomilo y trifluralina por cinco agricultores; el mancozeb y profenofos por cinco agricultores; y los fertilizantes (NPK) son utilizados por todos los agricultores.

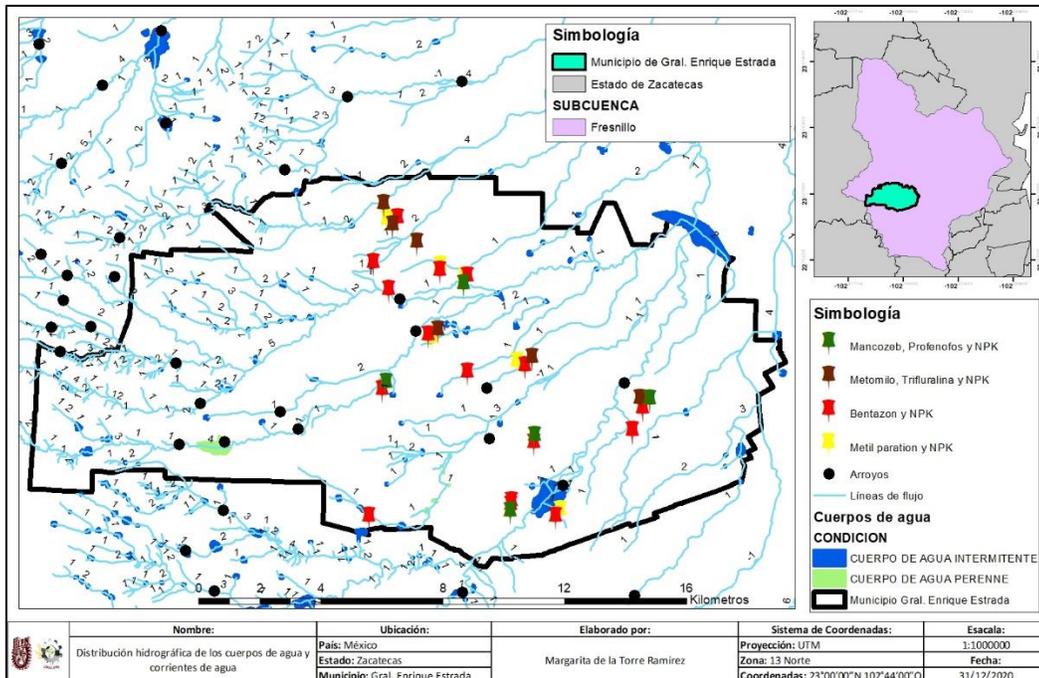


Figura 33. Distribución hidrológica de los cuerpos de agua y corrientes de agua (Fuente: Elaboración propia).

El metil paration se degrada en el suelo y en el agua, sin embargo su clasificación como moderadamente soluble, lo que le confiere la capacidad de biodegradarse en los cuerpos de agua. Los principales procesos naturales para que se eliminado este agroquímico del agua son por la biodegradación con un 100% en un periodo de 2-22 días mediante adsorción en sustancias orgánicas presentes en el agua y degradación microbiana con un 100% y la fotólisis con una semidesintegración del 5-11% en un periodo de ocho días en verano y de a 38 días en invierno (FAO, 2000). A pesar de su baja persistencia en el agua, es sumamente tóxico para los organismos acuáticos debido a que es moderadamente bioacumulable.

El bentazon es uno de los agroquímicos más demandantes por parte de los agricultores debido a que es muy efectivo para los cultivos del frijol, se clasifica como altamente soluble en agua, lo que le confiere su rápida degradación por fotólisis en un periodo de 24 horas. En este medio no se espera que se adsorba a los sólidos suspendidos y sedimentos por los que se considera que no es persistente en el ambiente. Su potencial de bioacumulación es bajo, pero es severamente nocivo para los organismos acuáticos ya que puede causar efectos adversos a largo plazo.

El metomilo es bastante soluble en agua por lo que se le considera como poco persistente en el ambiente. Sin embargo es muy tóxico para los organismos acuáticos como los peces e

invertebrados, tóxico para mamíferos y altamente tóxico para las abejas, con efectos nocivos duraderos (FAO, 2000).

La trifluralina es bastante soluble ya que se degrada rápidamente en el agua por hidrólisis, por lo que se considera como no persistente en el ambiente. Sin embargo a pesar de su alto rango de presión de vapor, se clasifica como altamente volátil.

El mancozeb es poco soluble en agua, por lo cual presenta posibilidad de lixiviación e ingreso a las fuentes de aguas subterráneas. Se semidegrada por fotólisis de forma rápida y espontánea de 1-2 días en condiciones ligeramente ácidas y ligeramente alcalinas. Su semidegradación es debido a su principal metabolito que es la etilentiourea (ETU), en presencia de agua y oxígeno. La ETU puede persistir durante un periodo más largo de cinco a diez semanas. Tiene un potencial muy alto de bioacumulación en los organismos acuáticos. Sin embargo, a pesar de su poca solubilidad se considera que es ligeramente móvil en el suelo.

El profenofos es bastante soluble y se degrada por hidrolisis química en condiciones alcalinas, en los cuerpos de aguas se espera que sea degradado particularmente a pH básico, y que se adsorba a los sólidos suspendidos y sedimentos. Su potencial de bioacumulación varía de moderado a alto.

Los fertilizantes a base de nitrógeno, fósforo y potasio (NPK) son altamente solubles, por lo tanto grandes derrames pueden causar impacto ambiental adverso, como la eutrofización de las aguas superficiales.

De los agroquímicos descritos anteriormente, solo el metil paration, el bentazon, el mancozeb y profenofos son aplicados para cultivos de temporal como el frijol y el maíz en el ciclo primavera-verano, en los meses de junio a septiembre, donde el 55 y el 80% de las escorrentías sobre los agroquímicos tienen lugar en el mes de junio en la época de lluvias, llegando a contaminar cuerpos de agua intermitentes como la presa arroyo de enmedio, la lagunita y los Escobedo. Los arroyos adyacentes a los puntos de aplicación de estos agroquímicos son arroyo la potranca, arroyo tapias y arroyo de en medio.

Para el caso de los cultivos de riego como el chile y la cebolla, se utiliza el metomilo, mancozeb y trifluralina en el ciclo primavera-verano, en los meses de abril a septiembre. Los agroquímicos solubles que son aplicados en esta temporada, son lavados del follaje durante el riego, produciéndose pérdidas por escorrentía, lo que disminuye su actividad protectora.

Este efecto se minimiza en el caso del mancozeb (fungicida sistemático), que presenta adsorción por las hojas y/o por las raíces.

Los agroquímicos con una solubilidad relativamente baja (1 a <0.1 mg/l) se adhieren fácilmente a la materia orgánica y los sedimentos presentes en los cuerpos de agua, permaneciendo de manera prolongada sin la capacidad de degradarse, generando efectos significativos como la eutrofización sobre los cuerpos de agua superficiales (Mansilla, 2017).

7.13.2 Suelo

El transporte de los agroquímicos en el ambiente edáfico (suelo) está estrechamente relacionado a los procesos de infiltración, retención, transporte, degradación y la interacción entre ellos. Estos procesos son en parte, responsables de la disminución de la cantidad original aplicada de los agroquímicos. La predominancia de un proceso sobre otro, va a depender de las propiedades fisicoquímicas de cada agroquímico y de las características propias del suelo (Mansilla, 2017). El enfoque principal va dirigido al transporte de los agroquímicos por su capacidad de retención en el suelo (Log Koc).

La retención es un proceso físico en el que se produce una acumulación de agroquímicos en la superficie o en el interior de las partículas del suelo, a este proceso se le denomina sorción, e incluye a los procesos de absorción (entrada del agroquímico a la matriz del suelo) y adsorción (unión del agroquímico a las partículas del suelo). Para el caso de la adsorción, ocurre en el complejo de intercambio del suelo, que está dado por la materia orgánica y las arcillas. El proceso de absorción dependerá del tamaño y continuidad de los poros (macroporos, mesoporos, microporos) presentes en el perfil del suelo, y que son importantes para el transporte vertical del agroquímico. Cuando los suelos presentan tamaños de poros considerables (macroporos) tienen mayor velocidad de flujo (Aparicio *et al.*, 2015).

En la figura 34 se muestran los puntos específicos de los predios agrícolas que utilizan los nueve agroquímicos clasificados con afectaciones al suelo de acuerdo al Log Koc, de los cuales el metil paration es ampliamente utilizado por cuatro agricultores; la cipermetrina, clorpirifos, clorotalonil y mancozeb por diez agricultores; el dimetoato, endosulfan y bentazon por 11 agricultores y los fertilizantes (NPK) son utilizados por todos los agricultores.

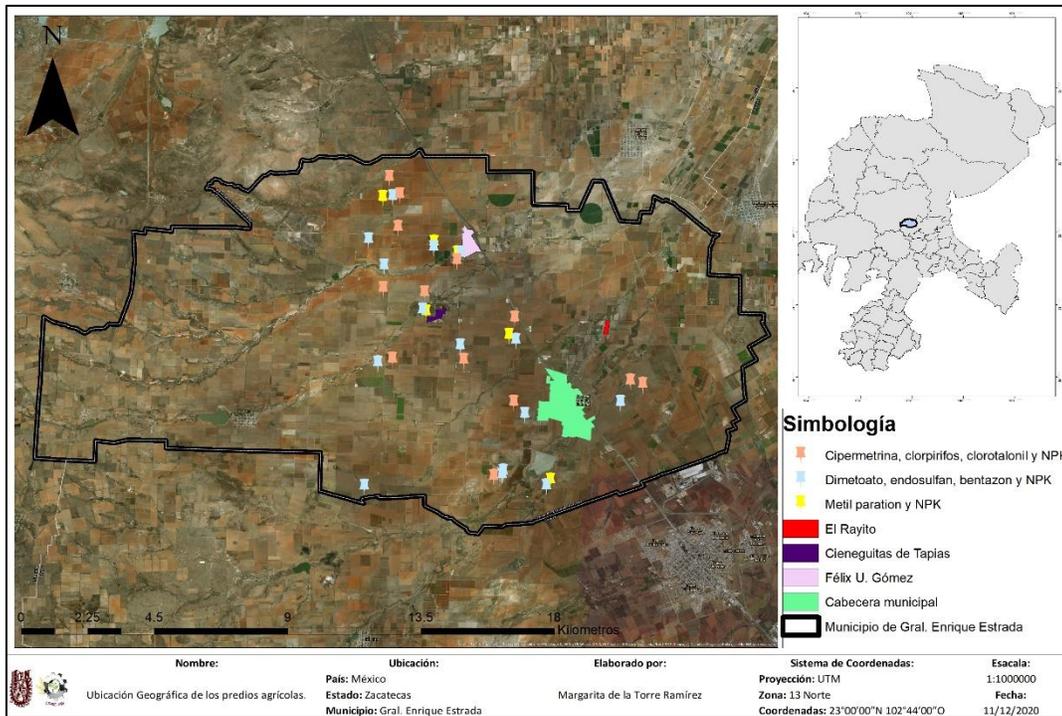


Figura 34. Distribución geográfica de los agroquímicos presentes en el suelo.

El metil paration se considera como moderadamente móvil en el suelo. La adsorción no parece estar en correlación con el contenido orgánico del suelo, pero el contenido de arcilla del suelo puede ser importante. La degradación de este agroquímico en el suelo, es debido a los procesos de biodegradación por la acción microbiana que varía entre 1-18 días incluso hasta dos meses, es decir no es persistente en el ambiente. La degradación aumenta en relación con la temperatura y la exposición a la luz del sol. Cuando existen derrames considerables de manera accidental o intencional, la degradación solo se produce al cabo de varios años (FAO, 2000).

La cipermetrina no es móvil en el suelo ya que alcanza un valor >5 Log Koc, con un periodo de degradación de cuatro semanas. No presenta potencial de bioacumulación, Caso contrario cuando es aplicado por el método de aspersora manual y mecánica, puede llegar a afectar a las abejas (*Anthophila*) ya que se considera altamente tóxico para ellas.

El dimetoato también presenta un valor de >5 Log Koc, no es persistente ya que se degrada en un periodo de 20 días. En condiciones de sequía y de precipitaciones moderadas, la semidesintegración varía entre 2.5-5 días, ya que se degrada con mayor facilidad y más deprisa en suelos húmedos y sufre una rápida descomposición por la acción de casi todos los

microorganismos del suelo. Presenta bajo potencial de bioacumulación, sin embargo es muy peligroso para las abejas (*Anthophila*).

El caso del endosulfan es severo, este es aplicado directamente sobre los cultivos y el suelo, donde permanece en un periodo de 60-800 días, es decir se semidesintegra en 60 días para α -endosulfan y 800 días para β -endosulfan, los cuales se adhieren a las partículas presentes, lo que limita la movilización del suelo a las aguas subterráneas debido a que presenta un valor de >5 Log Koc. El endosulfan se descompone a altas temperaturas produciendo vapores tóxicos que incluyen a los óxidos de azufre y al cloro. El principal producto por el proceso de biodegradación microbiana es el sulfato de endosulfan, siendo el metabolito más importante, el cual es relativamente estable y más persistente. En cuanto a la bioacumulación, se considera potencialmente tóxico para aves, mamíferos terrestres, las abejas (*Anthophila*) y lombrices del suelo (*Lumbricidae*) (FAO, 2000).

El clorpirifos se clasifica como ligeramente móvil. El proceso de degradación más importante es mediante la oxidación. La descomposición depende considerablemente del tiempo, la temperatura y las reacciones exotérmicas, siendo moderadamente persistente, ya que se degrada lentamente de 60-120 días. Es altamente tóxico para las abejas (*Anthophila*) y extremadamente tóxico para las aves (Mansillas, 2017).

Para el caso del bentazon, a pesar de su fuerte capacidad para solubilizarse, cuando está presente en el suelo a condiciones aerobias su persistencia es corta con un periodo de 14 días y después de seis semanas de su aplicación ya no es detectado en este medio. No se adhiere a las partículas del suelo, por ello este agroquímico y sus metabolitos representan un riesgo de contaminación para las aguas subterráneas. Su potencial de bioacumulación es bajo (FAO, 2000).

El mancozeb se considera como ligeramente móvil y poco persistente en el suelo, su degradación comprende un periodo de 1-7 días. El principal metabolito del mancozeb es el etilenotiourea (ETU), y como metabolito secundario el disulfuro de carbono, estos metabolitos pueden ser móviles en el suelo.

El clorotalonil es inmóvil cuando existe presencia de arcilla en el suelo, con un valor de >5 Log Koc. Su degradación es de diez días en el suelo (FAO, 2000).

El fertilizante NPK a pesar de presentar alta solubilidad en los cuerpos de agua, también presenta un Log Koc alto, ya que los fertilizantes se consideran inmóviles cuando están

presentes en el suelo, y rápidamente son degradados por los microorganismos. El ion amonio (NH_4^+) se absorbe por las partículas del suelo, en el proceso de biodegradación el nitrógeno sigue al calcio natural generando la nitrificación y desnitrificación para que genere finalmente nitrógeno u óxidos de nitrógeno. Los fertilizantes no presentan potencial de bioacumulación (FAO, 2000).

Los agroquímicos como la cipermetrina, dimetoato, endosulfan, clorotalonil y fertilizantes NPK son clasificados como no móviles en el suelo ($>5 \text{ Log Koc}$), teniendo la capacidad de adsorción. Cerca del 78.57% de los agricultores usan estos agroquímicos, por lo tanto los suelos de sus predios agrícolas pueden estar gravemente dañados, ya que la FAO establece que cuando existe la presencia de estos agroquímicos pueden degradar gravemente los principales servicios de los ecosistemas provistos por el suelo, reducir la seguridad alimentaria, dañar directamente a los microorganismos y a organismos presentes en el suelo, afectando tanto la biodiversidad y el servicio proporcionado por el suelo (FAO, 2017).

Es importante destacar que, el caso del endosulfan es severo, ya que debido a su composición química (organoclorado) se clasifica como un compuesto orgánico persistente, residiendo durante largos periodos de tiempo en el suelo, especialmente cuando las posibles transformaciones químicas o microbianas no se producen.

Los agroquímicos como el metil paration, clorpirifos, bentazon y mancozeb presentan una movilidad considerable en el suelo ($<3-4 \text{ Log Koc}$), por lo que tienen la capacidad de absorción y transportarse de manera vertical hacia los cuerpos de agua subterráneos.

7.13.3 Aire

El transporte de los agroquímicos en el aire está estrechamente relacionado a los factores ambientales como la temperatura, humedad relativa, agua pluvial y el viento. Los dos primeros tienen un marcado efecto sobre la evaporación de las gotas asperjadas. El enfoque principal va dirigido al transporte de los agroquímicos por el efecto del viento. La brisa y el viento favorecen el transporte de las gotas de pulverización fuera del punto o área de aplicación. Siendo la velocidad del viento el factor meteorológico que más afecta al proceso de deriva.

El proceso de deriva se define como el movimiento de los agroquímicos en el aire durante, después, dentro y fuera del lugar de aplicación. Donde la volatilización (presión de vapor) se considera un parámetro muy importante en la generación de deriva. Las pérdidas al ambiente pueden suceder desde la superficie de las hojas de los cultivos y desde la superficie del suelo.

Influyen en este proceso la temperatura, la presión de vapor del agroquímico, los flujos de aire y el método de aplicación del agroquímico. Por lo tanto, es erróneo que se considere como deriva la cantidad de agroquímicos que se pierden solo al momento de la aplicación (Castillo *et al.*, 2010).

En la figura 35 se muestran las determinadas rosas de los vientos, las cuales tienen la finalidad de representar los cambios de la dirección y velocidad del viento en el área de estudio. La rosa de los vientos consiste en una serie de líneas que parten del centro de un círculo (origen) y apuntan en la dirección en que el viento sopla. La longitud de cada línea representa la frecuencia del viento en m/s de acuerdo a su dirección, para los meses de enero, febrero y marzo.

Para el mes de enero se observa una dirección que incide sobre la cabecera municipal, sin embargo es el mes con menor velocidad de viento máxima, ya que presenta una velocidad de 3.60-5.70 m/s en dirección hacia el Nornoroeste (NNO). Para el mes de febrero la dirección presentó los vientos con mayor velocidad que partían de 5.70-8.80 m/s en dirección Norte. Para el mes de marzo hubo una dispersión aleatoria en las direcciones Norte (N), Nornoroeste (NNE) y NNO, ya que la dirección con mayor predominancia es hacia el N con una velocidad de viento máxima de 5.70-8.80 m/s. Finalmente los meses de enero, febrero y marzo representan una sola rosa de los vientos, donde también se puede observar una dispersión aleatoria en las direcciones N, NNO, NNE, Oeste Noroeste (ONO) y Oeste (O), siendo la dirección hacia el Norte la más predominante en los tres meses, donde el 47.8% de los vientos registraron velocidades de entre 3.60 (12.96 km/h) a 5.70 m/s (20.52 km/h).

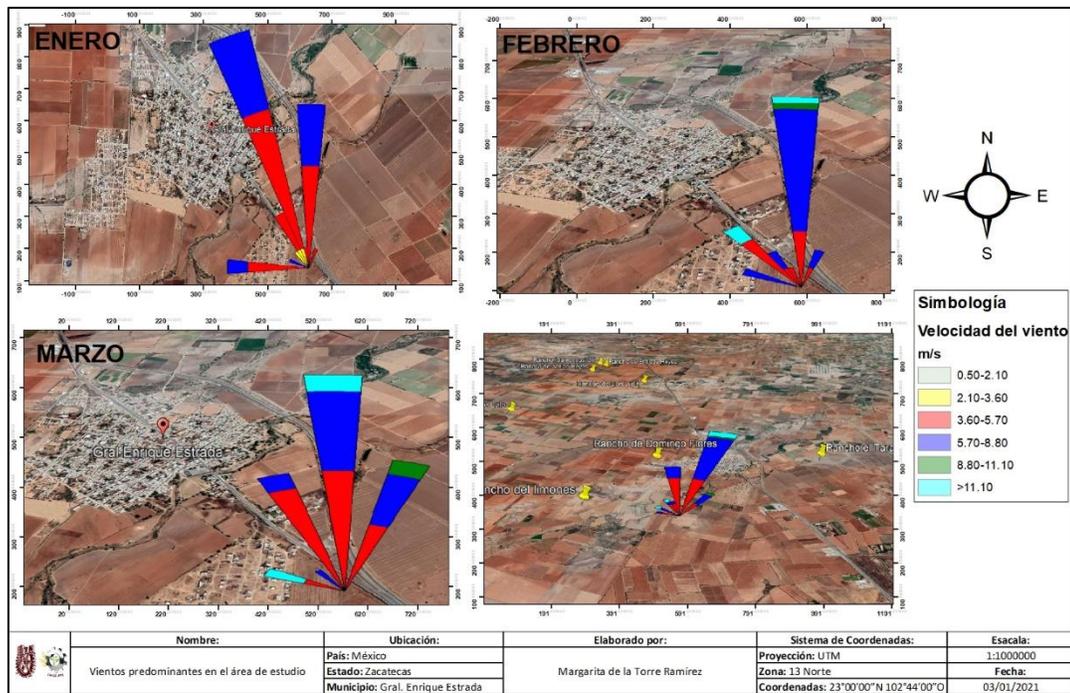


Figura 35. Vientos predominantes en el área de estudio (Fuente: Elaboración propia).

El profenofos y tembotrione es ampliamente utilizado por cinco agricultores para el cultivo del maíz, y la trifluralina por cuatro agricultores para el cultivo del chile. Estos tres agroquímicos presentan presiones de vapor considerables, debido a las siguientes características:

El profenofos es altamente volátil con un valor de 9.7×10^{-7} mm Hg. Cuando éste es liberado al aire, sus vapores reaccionan con radicales hidroxilos (OH), su fracción adsorbida por las partículas son removidas del aire cuando estas se precipitan con la lluvia y el polvo. Este agroquímico es estable a la fotólisis directa en el ambiente, y se degrada en un periodo de 8.6 horas (FAO, 2000).

El tembotrione es altamente volátil, por lo que no se debe aplicar en horas de calor o con vientos mayores a los 10 km/h (2.77 m/s), tampoco se debe aplicar por vía aérea ni por medio del sistema de irrigación. No se debe aplicar si se espera lluvia dentro de las dos horas posteriores a la aplicación. Tiene un periodo de degradación de 12 horas.

La trifluralina también es altamente volátil, en el aire se presenta como vapor y como partículas. El vapor es degradado en la atmosfera mediante reacciones fotoquímicas mediadas por OH, en un periodo de 16 horas, donde las partículas son eliminadas por precipitación húmeda y seca.

Es importante que los agricultores estén alerta a los cambios de dirección del viento durante la aplicación de los agroquímicos, porque se puede generar deriva hacia la mancha urbana, campos circundantes y daños a los cultivos sensibles a los cambios y a los operarios. Las velocidades de vientos adecuadas para la aplicación de agroquímicos ya sea por aspersora manual o mecánica, es de 0.89-1.81 m/s cuando la brisa es ligera y las hojas y ramas de los cultivos están en movimiento (Anexo I) (Castillo *et al.*, 2010). Por lo que se recomienda no aplicar los agroquímicos en los meses de vientos predominantes que son en enero, febrero y marzo.

7.14 Recomendaciones

Se recomienda que los agricultores verifiquen sus equipos o maquinaria de aplicación de agroquímicos para evitar el uso de equipos dañados o en mal estado.

Se debe fortalecer, fomentar y difundir la correcta técnica del triple lavado, acondicionamiento y disposición final para los envases vacíos de agroquímicos en el municipio de Gral. Enrique Estrada y sus localidades. La información se debe difundir a partir de capacitaciones, pláticas o asistencia técnica por parte del CESAVEZ y gobierno municipal, para que se comprometan con los agricultores y se aseguren de que sea aplicada la técnica y la correcta disposición final.

Difundir información hacia los agricultores sobre los agroquímicos utilizados en acorde con los tipos de plagas y tipos de cultivos, así como las dosis correspondientes, y de esta manera evitar la desinformación que causa el uso indiscriminado de agroquímicos.

Es importante concientizar a los agricultores sobre la interpretación e identificación de las etiquetas de los agroquímicos para que conozcan y ubiquen de acuerdo a su clasificación de riesgo o color de etiqueta que agroquímicos causan toxicidad a la salud, y que agroquímicos de acuerdo a su composición química generan daños severos al medio ambiente.

Concientizar e informar a los agricultores sobre portar el EPP adecuado (guantes, lentes, mascarilla, overol y botas), y de esta manera reducir los riesgos por intoxicación o daños colaterales a la salud humana, que en algunos casos ya se han presentado.

Según el análisis espacial que se obtuvo para deducir la contaminación de agua superficial por escorrentía de agroquímicos, se recomienda realizar una toma de muestra de agua y realizar los estudios pertinentes para determinar la presencia o contaminación de cuerpos de agua por agroquímicos.

8. CONCLUSIONES

De los 190 km² de la superficie municipal, el 54% (982.5 ha) representa a las tierras o predios agrícolas y el 46% (845 ha) la superficie de tierras que son cultivadas por los agricultores de la muestra, es decir cerca del 9.6% (1,827.5 ha) de la superficie total sobre el municipio está destinada a la actividad agrícola de la muestra.

Se identificaron 12 tipos de cultivos presentes con mayor frecuencia siendo el frijol el prioritario con el 54% de la superficie sembrada y también se encuentran presentes 18 tipos de plagas, enfermedades y malezas presentes sobre los cultivos, lo que a su vez implica que el 87.50% de los agricultores aplican agroquímicos, el 12.50% utilizan compuestos naturales y agroquímicos dependiendo de las condiciones climáticas, ciclo vegetativo y el presupuesto con el que cuentan, y el 12.50% restante no aplican ningún método para erradicar las plagas, enfermedades o malezas que se presentan sobre los cultivos.

El 12.50% de los agricultores que no aplican ningún método es debido a que son muy caros y porque no cuentan con la información suficiente para comprarlos, usarlos y aplicarlos sobre los cultivos.

El tipo de agroquímico utilizado en mayor proporción son los fertilizantes con un 68.75% y los insecticidas con un 62.50%, en seguida los herbicidas con un 50.00%, los fungicidas con un 43.75%, los bactericidas con un 25.00%, y en menor cantidad los acaricidas con un 6.25%.

El agroquímico más utilizado de acuerdo a su IA para los cultivos del frijol es el bentazon, cimpermetrina, dimetoato y endosulfan; para el chile es el metomilo, trifluralina, endosulfan, clorpirifos, mancozeb y cipermetrina; en el maíz es metil paration, mancozeb, tembotrione, profenofos, cipermetrina y clorpirifos; para la cebolla el metil paration, mancozeb, clorpirifos, metomilo, cipermetrina y clorotalonil; en el caso de los fertilizantes son aplicados para todos los tipos de cultivos.

Se identificaron siete tipos de insecticidas: tres tipos de herbicidas, dos tipos de fungicidas y dos tipos de fertilizantes.

En cuanto al grado de toxicidad a la salud humana y de acuerdo a la clasificación de riesgo de la OMS, se identificó un IA clasificado como clase 1A "Extremadamente peligroso" (metil paration), un IA como clase 1B "Altamente peligroso" (metomilo), tres ingredientes activos como clase II "Moderadamente peligroso" (endosulfan, clorpirifos, trifluralina), cinco ingredientes activos como tipo clase III "Ligeramente peligrosos" (cipermetrina, profenofos,

dimetoato, mancozeb y clorotalonil) y dos ingredientes activos como tipo clase IV " Productos que normalmente no ofrecen peligro" (bentazon y tembotrione). En cuanto a los fertilizantes, estos no se encuentran dentro de la clasificación de toxicidad de la OMS.

De los 14 tipos de agroquímicos identificados, tres se encuentran cancelados según el catálogo publicado por la COFEPRIS y lo establecido por el convenio de Estocolmo y Rotterdam (endosulfan, clorpirifos y metil paration), uno con situación indeterminada (trifluralina), uno restringido (metomilo) y nueve autorizados.

Los empaques de agroquímicos en estado sólido que se compran y se utilizan con mayor frecuencia son los costales con un 61.15%, las bolsas de plástico flexible de PEAD con un 19.23% y las bolsas de empaque aluminizado con un 19.23%, lo que significa que el agricultor deberá darles diferentes tratamientos lo que resulta en una mala disposición final.

Los envases de agroquímicos en estado líquido que se compran y se utilizan con mayor frecuencia son las botellas o envases de 1.0 o 1.5 litros de material PEAD y PEBD se usan con un 54.16%, los galones de 3.78 litros con un uso del 29.16% y los bidones en presentación de 10.00 y 20.00 litros son usados con un 16.66%.

Se estima que se llegan a comprar y a utilizar aproximadamente 8,777 litros de agroquímicos en estado líquido al año. La cantidad de peso vacío de cada envase es de 522.96 kg para las botellas o envases, 652.78 kg de galones y 1,462.83 de bidones, generándose un total de 2,638.58 kg de envases vacíos de agroquímicos en estado líquido al año.

El tiempo aproximado de aplicación de los agroquímicos es de más de cinco horas/ha para agricultores que cuentan con predios agrícolas de grandes extensiones (100-200 hectáreas) se prolonga el tiempo de exposición, lo que supera el tiempo de exposición recomendada por la EPA que es de diez horas al día; el 28.57% declararon que han sufrido y presenciado casos de intoxicación por el uso del metil paration y profenofos.

La disposición final que le realizan a los empaques y envases vacíos de agroquímicos es preocupante, debido a que el CAT ubicado en Calera no acepta algunos envases y empaques como las bolsas de plástico flexible de PEAD, bolsas aluminizadas y bidones de 20.00 litros, por lo que los agricultores optan por tomar otras medidas o acciones para disponerlos de manera inadecuada como la incineración.

El 14.28% de los agricultores no han recibido información sobre el uso, dosis y modo de aplicación de los agroquímicos por parte de los Ing. Agrónomos, existiendo un área de oportunidad para su capacitación.

El 28.00% de los agricultores incineran los envases de agroquímicos en espacios libres o naturales, el 25.00% los envían a los tiraderos a cielo abierto, el 20.00% los abandona en alguna área determinada, el 20.00% los envían a un CAT y el 7% son enterrados, lo que significa que la inadecuada disposición final representa el 80.00% de la envases usados.

Se identificaron siete tipos de agroquímicos clasificados de acuerdo a sus propiedades físico-químicas como altamente solubles (>10 mg/l), existiendo la posibilidad de que se contaminen cuerpos de agua superficiales intermitentes por el efecto de la escorrentía, como la presa arroyo de enmedio, la lagunita y los Escobedo, arroyos como la potranca, tapias y arroyo de en medio.

Se identificaron tres tipos de agroquímicos que de acuerdo a sus propiedades físico-químicas son altamente volátiles en el aire ($>4 \times 10^{-5}$ mm Hg). Por lo tanto, no es recomendable aplicar los agroquímicos en los meses de vientos predominantes que son enero, febrero y marzo, así como no aplicarlos en tiempos de calor por su facilidad de volatilización con altas temperaturas y no aplicarlos si se esperan lluvias en las próximas horas de aplicación.

Se identificaron dos agricultores registrados ante el PSIA, siendo los únicos agricultores en todo el municipio de Gral. Enrique Estrada y sus localidades que reciben capacitación, asistencia técnica y divulgación de la técnica del triple lavado, así como los únicos agricultores que cuentan con la infraestructura necesaria para disponer temporalmente sus envases vacíos (CAP's).

Se detectó una gran área de oportunidad sobre regulación y falta de voluntad política y social a nivel municipal en cuanto a un control de la disposición final de envases de agroquímicos.

El CESAVER y los encargados de operar el CAT realizan cuatro diferentes rutas por todo el estado de Zacatecas, sin embargo dentro de estas rutas no se contempla el municipio de Gral. Enrique Estrada y sus localidades, siendo una gran área de oportunidad de legislación en materia de residuos peligrosos, para que exista un manejo integral y una gestión responsable de los envases vacíos de agroquímicos para el municipio.

9. LITERATURA CITADA

- AMIFAC. (2010). Plan de Manejo de Envases Vacíos de Agroquímicos y Afines (PLAMEVAA). 20 de Noviembre de 2020, de Asociación Mexicana de la Industria Fitosanitaria, A.C (AMIFAC) Sitio web: [http://www.unifrut.com.mx/simposiums/2010/\(P.%20S.%202010\)%20Plan%20de%20manejo%20de%20envases%20vac%C3%ADos%20de%20agroqu%C3%ADmicos%20y%20afines.pdf](http://www.unifrut.com.mx/simposiums/2010/(P.%20S.%202010)%20Plan%20de%20manejo%20de%20envases%20vac%C3%ADos%20de%20agroqu%C3%ADmicos%20y%20afines.pdf)
- AMIFAC. (2013). Asociación Mexicana de la Industria Fitosanitaria, A.C. 31 de Octubre de 2020, de Asociación Mexicana de la Industria Fitosanitaria, A.C. (AMIFAC) Sitio web: http://archivos.diputados.gob.mx/Comisiones_LXII/Hacienda/P/021013/30.pdf
- Amocali. (s.f). Amocali conceptos clave. 19 de Noviembre de 2020, de Amocali A.C Sitio web: https://static.comunicae.com.mx/files/notas/2017/07/116054/1501285811_CONCEPTOS_CLAVE.pdf
- Amocali. (2013). Amocali A.C. 1 de Noviembre de 2020, de Amocali A.C Sitio web: <http://www.arysta.com.mx/pdf/1.pdf>
- Amocali. (2017). Antecedentes de la creación de la asociación civil Amocali A.C. 1 de Noviembre de 2020, de Amocali A.C / Campo Limpio Sitio web: <https://campolimpio.org.mx/8-nosotros/2-antecedentes>
- b) Amocali. (2017). Centros de Acopio Primario (CAP). 2 de Noviembre de 2020, de Amocali A.C Sitio web: <https://campolimpio.org.mx/plan-de-manejo/centros-de-acopio-primarios-cap>
- c) Amocali. (2017). Centros de Acopio Temporal (CAT). 2 de Noviembre de 2020, de Amocali A.C Sitio web: https://campolimpio.org.mx/plan-de-manejo/centros-de-acopio-temporales-cat?fbclid=IwAR2t_2vaUdkqEWNjijyS3OeVQ_QskslqMh0KuJ13M6c6jBINQ9yul_ZKm7xQ
- d) Amocali. (2017). Destino final. 2 de Noviembre de 2020, de Amocali A.C Sitio web: <https://campolimpio.org.mx/plan-de-manejo/destinos-finales#tipos>
- Amocali. (2019). Estadísticas Amocali A.C Abril 2019. 2 de Noviembre de 2020, de Amocali A.C Sitio web: <https://campolimpio.org.mx/estadisticas-amocali>
- Ana Victoria Juárez Ricardez. (2013). Diagnostico situacional del destino final de los envases de plaguicidas utilizados en la zona cacaotera del municipio de Comalcalco Tabasco, México. 19 de Noviembre de 2020, de UNIVERSIDAD JUÁREZ AUTÓNOMA DE TABASCO DIVISIÓN ACADÉMICA DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Sitio web: <http://www.universidadpersonal.net/doc-elec/serv-soc-2/145082.pdf>
- Asela M Rodríguez del Puerto, Susana Suárez Tamayo, Daniel E. Palacio Estrada. (2014). Efectos de los plaguicidas sobre el ambiente y la salud. 19 de Noviembre de 2020, de Revista Cubana de Higiene y Epidemiología, vol. 52, núm. 3, septiembre-diciembre, 2014, pp. 372-387 Instituto Nacional de

Higiene, Epidemiología y Microbiología Ciudad de La Habana, Cuba Sitio web:
http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1561-30032014000300010

Bernardo Castillo Herrán, Alba Fillat Morata, Alcides Di Prinzio, Alexander Escolán Agustí, Ángel Bustos Maté y Darío E. Fernández. (2010). Tecnología de aplicación de agroquímicos. 4 de Enero de 2021, de Área de Comunicaciones del INTA Alto Valle Sitio web:
https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_tecnologia-de-aplicacion-de-agroquimicos.pdf

Carmen Martínez Valenzuela y Sandra Gómez Arroyo. (2007). RIESGO GENOTÓXICO POR EXPOSICIÓN A PLAGUICIDAS EN TRABAJADORES AGRÍCOLAS. 16 de Noviembre de 2020, de Rev. Int. Contam. Ambient vol.23 no.4 México oct. /dic. 2007 Sitio web:
http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992007000400004

Carolina Mansillas Ferro. (2017). Impacto Ambiental de la aplicación de plaguicidas en siete modelos socio-productivos hortícolas del Cinturón Verde de Mendoza. 28 de Diciembre de 2020, de Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Cuyo Mendoza, Argentina Sitio web:
https://bdigital.uncu.edu.ar/objetos_digitales/9752/tesis-irnr-mansilla-ferro-carolina-2017.pdf

CESAVE. (2007). “PLAN DE MANEJO Y RECOLECCIÓN DE ENVASES VACÍOS DE PLAGUICIDAS” (PLAMREVP) “CONSERVEMOS UN CAMPO LIMPIO”. 19 de Noviembre de 2020, de Comité Estatal de Sanidad Vegetal del estado de Sonora Sitio web:
<http://www.cesaveson.com/files/0e37f18568861ee684eeabc0ea04260f.pdf>

Cesar Montoya (2020) Obtención del padrón de agricultores del municipio de Gral. Enrique Estrada y sus localidades ante el programa “Producción para el bienestar”, Centro de Apoyo al Desarrollo Rural (CADER) Calera de Víctor Rosales, coordinador Cesar Montoya.

CESAVEZ. (2020). Programa de Inocuidad Agrícola. 3 de Noviembre de 2020, de Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Zacatecas Sitio web:
<http://www.cesavez.com.mx/inocuidad.html#:~:text=El%20Comit%C3%A9%20Estatal%20de%20Sanidad.libres%20de%20contaminantes%20que%20no>

CESAVEMICH. (2020). Programa de Recolección de Envases Vacíos de Agroquímicos y Afines “Conservemos Campo Limpio”. 20 de Noviembre de 2020, de COMITÉ ESTATAL DE SANIDAD VEGETAL DE MICHOACÁN (CESAVEMICH) Sitio web:
<http://www.cesavemich.org.mx/web2/campo-limpio/>

Cipriano García Gutiérrez y Guadalupe Durga Rodríguez-Meza. (2012). PROBLEMÁTICA Y RIESGO AMBIENTAL POR EL USO DE PLAGUICIDAS EN SINALOA. 11 de Noviembre de 2020, de Universidad Autónoma Indígena de México Mochicahui, El Fuerte, Sinaloa. pp. 1-10. Universidad

- Autónoma Indígena de México Mochicahui, El Fuerte, Sinaloa. pp. 1-10 Sitio web: <https://www.redalyc.org/pdf/461/46125177005.pdf>
- CNC. (2011). Mesa de Reforma de Estatutos de la Confederación Nacional Campesina por acuerdo de la Reunión Plenaria del Congreso Nacional Ordinario Realizado el día 26 de agosto del 2011. 5 de Noviembre de 2020, de Confederación Nacional Campesina Sitio web: http://transparencia.pri-hidalgo.org.mx/wp-content/uploads/2019/01/ESTATUTOS_DE_LA_CONFEDERACION_NACIONAL.pdf
- COFEPRIS. (2019). Registro Sanitario de Plaguicidas y Nutrientes Vegetales. 15 de Noviembre de 2020, de Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS) Sitio web: <https://www.gob.mx/cofepris/acciones-y-programas/registro-sanitario-de-plaguicidas-y-nutrientes-vegetales>
- CropLife. (2020). Nueva Historia de Campo Limpio. 20 de Noviembre de 2020, de CropLife Programa de Campo Limpio de Colombia Sitio web: <http://www.campolimpio.org/#sliderCampo2>
- Domingo Flores Flores. (1998). Enciclopedia de los Municipios y Delegaciones de México: General Enrique Estrada. 9 de Diciembre de 2020, de Coordinador e Investigador: Lic. Domingo Flores Flores cronista del Municipio. Sitio web: <http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM32zacatecas/municipios/32013a.html>
- Dr. Emilio Galán Huertos, Dr. José Luis Gómez Ariza, Dr. Nicolás Bellinfante Crocci y Dra. Patricia Aparicio Fernández. (2003). CONTAMINACIÓN DE SUELOS POR COMPUESTOS ORGÁNICOS. 11 de Noviembre de 2020, de CONSEJERÍA DE MEDIO AMBIENTE DE LA JUNTA DE ANDALUCÍA, Universidad de Sevilla Sitio web: https://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/web/Bloques_Tematicos/Estado_Y_Calidad_De_Los_Recursos_Naturales/Suelo/Contaminacion_pdf/Introduccion.pdf
- Dr. Raúl D. Riccioppo. (2011). Agroquímicos: Sus efectos en la población-Medidas de prevención. 10 de Noviembre de 2020, de Colegio de Médicos de la Provincia de Buenos Aires Distrito VII PEHUAJO Sitio web: <http://www.colmed7.org.ar/files/Trabajos/AGROQUIMICOS.pdf>
- DOF. (1999). NORMA Oficial Mexicana NOM-003-STPS-1999, Actividades agrícolas-Usos de insumos fitosanitarios o plaguicidas e insumos de nutrición vegetal o fertilizantes-Condición de seguridad e higiene. 18 de Noviembre de 2020, de Diario Oficial de la Federación Sitio web: <http://asinom.stps.gob.mx:8145/upload/noms/Nom-003.pdf>
- DOF. (2002). NORMA OFICIAL MEXICANA, SISTEMA GENERAL DE UNIDADES DE MEDIDA. . 22 de Noviembre de 2020, de Diario Oficial de la federación Sitio web: <http://legismex.mty.itesm.mx/normas/scfi/scfi008-02.pdf>

- DOF. (2004). Reglamento en materia de registros, autorizaciones de importación y exportación, certificados de exportación de plaguicidas, nutrientes vegetales y sustancias y materias tóxicas o peligrosos. . 29 de Octubre de 2020, de Diario Oficial de la Federación Sitio web: <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/regla/n109.pdf>
- DOF. (2006). REGLAMENTO DE LA LEY GENERAL PARA LA PREVENCIÓN Y GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RESIDUOS. 20 de Noviembre de 2020, de Diario Oficial de la Federación. Sitio web: https://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/4140/1/reg_lqpgir.pdf
- DOF. (2017). Ley Federal de Sanidad Vegetal. 15 de Noviembre de 2020, de Diario Oficial de la Federación (DOF) Sitio web: http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/117_261217.pdf
- b) DOF. (2017). Informe Anual sobre la situación de pobreza y rezago social 2017. 9 de Diciembre de 2020, de Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL) Sitio web: http://diariooficial.gob.mx/SEDESOL/2017/Zacatecas_013.pdf
- DOF. (2018). LEY GENERAL PARA LA PREVENCIÓN Y GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RESIDUOS Nueva Ley publicada en el Diario Oficial de la Federación el 8 de octubre de 2003. 13 de Noviembre de 2020, de Diario Oficial de la Federación (DOF) Última reforma publicada DOF 19-01-2018 Sitio web: http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/263_190118.pdf
- DOF. (2019). Plan Nacional de Desarrollo (PND). 5 de Noviembre de 2020, de Diario Oficial de la Federación Sitio web: <https://framework-gb.cdn.gob.mx/landing/documentos/PND.pdf>
- DOF. (2020). Ley General de Salud: Artículo. 15 de Noviembre de 2020, de Diario Oficial de la Federación (DOF) Sitio web: http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/142_240120.pdf
- E. Carod Benedico. (2002). Insecticidas organofosforados. “De la guerra química al riesgo laboral y doméstico”. 15 de Noviembre de 2020, de MEDIFAM 2002; 12: 333-340 Vol. 12 – Núm. 5 – Mayo 2002 Sitio web: <http://scielo.isciii.es/pdf/medif/v12n5/hablemosde.pdf>
- EPA y ATSDR. (2020). Departamento de Salud y Servicios Humanos de EE. UU., Servicio de Salud Pública. 5 de Enero de 2021 , de Agencia de Protección al Ambiente de los Estados Unidos (EPA) y Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades (ATSDR) Sitio web: https://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_toxfaqs_index.html
- FAO. (2000). Evaluación de la contaminación del suelo: Manual de Referencia. 6 de Enero de 2021, de Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura Sitio web: <http://www.fao.org/3/x2570s/X2570S00.htm>
- FAO. (2008). Código internacional de conducta sobre la distribución y utilización de plaguicidas Directrices sobre opciones de manejo de envases vacíos de plaguicidas. 19 de Noviembre de 2020, de

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN (FAO) Sitio web: <http://campolimpio.org.pe/wp-content/uploads/2017/01/FAO-Code-Containers.pdf>

FAO (2019). La contaminación del Suelo: Una realidad oculta. 16 de Noviembre de 2020, de ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN (FAO) por Natalia Rodríguez Eugenio, Michael McLaughlin y Daniel Pennock. Sitio web: <http://www.fao.org/3/I9183ES/i9183es.pdf>

FAO. (2020). Información General de la FAO. 28 de Octubre de 2020, de Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura Sitio web: <http://www.fao.org/unfao/procurement/general-information/es/>

Fernando Bejarano González. (2017). Los Plaguicidas Altamente Peligrosos en México. 12 de Noviembre de 2020, de Red de Acción sobre Plaguicidas y Alternativas en México, A. C. (RAPAM) Amado Nervo 23, int. 3, Col. San Juanito, Texcoco, Estado de México. CP 56121 Sitio web: <https://www.rapam.org/wp-content/uploads/2017/09/Libro-Plaguicidas-Final-14-agst-2017sin-portada.pdf>

Felipe Romero R. (2004). Manejo Integrado de Plagas: Las bases, sus conceptos y su mercantilización. 18 de Noviembre de 2020, de Universidad Autónoma de Chapingo, Colegio Postgraduados: Instituto de Fitosanidad, Montecillo. Chapingo, Texcoco, Mex. Cp. 56230 México Sitio web: <http://agro.unc.edu.ar/~biblio/Manejo%20de%20Plagas.pdf>

INEA. (2019). La Confederación Nacional Campesina (CNC). 5 de Noviembre, de Instituto Nacional para la Educación de los Adultos (INEA) Sitio web: <https://www.gob.mx/inea/documentos/la-confederacion-nacional-campesina-cnc>

INECC. (2019). Presenta INECC documento para avanzar en la gestión responsable de plaguicidas en México. 30 de Octubre de 2020, de Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático Sitio web: <https://www.gob.mx/inecc/prensa/presenta-inecc-documento-para-avanzar-en-la-gestion-responsable-de-plaguicidas-en-mexico?idiom=es>

INIFAP. (2004). Control de Malezas con Escardas y Herbicidas Preemergentes en Frijol en Zacatecas. 18 de Noviembre de 2020, de INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES FORESTALES, AGRÍCOLAS Y PECUARIAS (INIFAP) Sitio web: http://www.zacatecas.inifap.gob.mx/publicaciones/Control_de_Malezas.pdf

INIFAP. (2020). Red de Monitoreo Agroclimático del Estado de Zacatecas. 10 de Enero de 2021, de Gobierno de México Sitio web: <http://www.zacatecas.inifap.gob.mx/>

INTA. (2018). Capítulo 2: PLAGUICIDAS QUÍMICOS, COMPOSICIÓN Y FORMULACIONES, ETIQUETADO, CLASIFICACIÓN TOXICOLÓGICA, RESIDUOS Y MÉTODOS DE APLICACIÓN. 17

- de Noviembre de 2020, de Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria Sitio web: <https://www.manualfitosanitario.com/InfoNews/INTA%20Aplicacion%20eficiente%20de%20fitosanitarios%20Cap%202.%20%20Formulaciones.pdf>
- Irmene Ortiz; Marco A. Ávila Chávez y Luis G. Torres. (2014). Plaguicidas en México: Usos, riesgos y marco regulatorio. 29 de Octubre de 2020, de Revista Latinoamericana de Biotecnología Ambiental. Vol. 5 No. 1 p. 26-46 Sitio web: https://www.researchgate.net/publication/266387685_Erratum_to_Plaguicidas_en_Mexico_usos_riesgos_y_marco_regulatorio
- J.A Ramírez y M. Lacasaña. (2001). Plaguicidas: clasificación, uso, toxicología y medición de la exposición. 16 de Noviembre de 2020, de Instituto Nacional de Salud Pública. Dirección de Ciencias Ambientales. Cuernavaca. Morelos. México Arch. Prev. Riesgos Labor 2001; 4(2):67-75 Sitio web: https://archivosdeprevencion.eu/view_document.php?tpd=2&i=1270#:~:text=Clasificaci%C3%B3n%3A%20Conforme%20a%20su%20toxicidad,persisten%2D%20tes%20y%20no%20persistentes
- María Antonia Fernández Labrada; Dunia Rodríguez Heredia; Idelsa García Ulasia; María de los Ángeles Santana Gómez; Valdivina Córdova Rodríguez. (2015). COMPORTAMIENTO DE LA CONTAMINACIÓN ORGÁNICA DE LA BAHÍA DE SANTIAGO DE CUBA. 16 de Noviembre de 2020, de Centro de Información y Gestión Tecnológica de Santiago de Cuba pp. 29-42 Sitio web: <https://www.redalyc.org/pdf/1813/181338814003.pdf>
- Mario García G., Hermes Ramírez S. Héctor Ulloa G., Omar García G., Ángel Meulenert P. y Jaime Alcalá G. (2013). Concentración de contaminantes SO₂, NO₂ y correlación con H⁺, SO₄²⁻ y NO₃⁻ durante la temporada de lluvias en la Zona Metropolitana de Guadalajara, Jalisco, México. 10 de Enero de 2021, de Universidad de Guadalajara. Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías. División de Ciencias Básicas. Departamento de Física. Instituto de Astronomía y Meteorología. Guadalajara, Jalisco, México Sitio web: <https://scielo.conicyt.cl/pdf/rcher/v29n2/art04.pdf>
- OMS. (1992). Consecuencias sanitarias del empleo de plaguicidas en la agricultura. 16 de Noviembre de 2020, de Organización Mundial de la Salud Sitio web: https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/39175/9243561391_spa.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- ONU. (2003). Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes. 25 de Octubre de 2020, de Organización de las Naciones Unidas (ONU) Sitio web: <https://observatoriop10.cepal.org/es/tratados/convenio-estocolmo-contaminantes-organicos-persistentes>
- ONU. (2005). Convenio de Rotterdam Para la Aplicación del Procedimiento de Consentimiento Fundamentado Previo a Ciertos Plaguicidas y Productos Químicos Peligrosos Objeto de Comercio

- Internacional. 27 de Octubre de 2020, de Organización de las Naciones Unidas (ONU) Sitio web: <https://observatoriop10.cepal.org/es/tratados/convenio-rotterdam-la-aplicacion-procedimiento-consentimiento-fundamentado-previo-ciertos>
- ONU. (2015). Documento de orientación del PNUMA sobre las herramientas de reducción de los riesgos para el control de los productos químicos. 26 de Octubre de 2020, de Organización de las Naciones Unidas (ONU) Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente Sitio web: https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/28400/ChemControl_Guid_SP.pdf?sequence=2&isAllowed=y
- PNUMA. (2009). CONVENIO DE ESTOCOLMO SOBRE CONTAMINANTES ORGÁNICOS PERSISTENTES (COP). 25 de Octubre de 2020, de Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) International Environment House (IEH) Sitio web: https://www.wipo.int/edocs/lexdocs/treaties/es/unep-pop/trt_unep_pop_2.pdf
- PNUMA. (2014). CONVENIO DE BASILEA: SOBRE EL CONTROL DE LOS MOVIMIENTOS TRANSFRONTERIZOS DE LOS DESECHOS PELIGROSOS Y SU ELIMINACIÓN. 28 de Octubre de 2020, de Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente Sitio web: <http://www.basel.int/portals/4/basel%20convention/docs/text/baselconventiontext-s.pdf>
- Ricardo Hirata. (2002). CARGA CONTAMINANTE Y PELIGROS A LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS. 11 de Noviembre de 2020, de Revista Latino-Americana de Hidrogeología, n.2, p. 81-90, Sitio web: <https://revistas.ufpr.br/hidrogeologia/article/viewFile/2624/2166>
- SADER. (2020). Beneficiarios del Programa Producción para el Bienestar 2019 Listado de beneficiarias y beneficiarios de Zacatecas del Programa Producción para el Bienestar. 10 de Noviembre de 2020, de Delegación SADER Zacatecas Sitio web: <https://www.gob.mx/agricultura/zacatecas/documentos/beneficiarios-del-programa-produccion-para-el-bienestar-2019?idiom=es>
- SAGARPA. (2017). PROGRAMA NACIONAL DE CONTROL Y MONITOREO DE RESIDUOS TÓXICOS EN BIENES DE ORIGEN ANIMAL, RECURSOS ACUÍCOLAS Y PESQUEROS 2017 Y RESULTADOS DEL 2016. 29 de Octubre de 2020, de Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Sitio web: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/265356/Programa_Nacional_de_Control_y_Monitoreo_de_Residuos_Toxicos_2017.pdf
- SAGARPA. (2018). PRINCIPALES CULTIVOS EN EL ESTADO Y LUGAR QUE OCUPA EN EL CONTEXTO NACIONAL 2017 (cíclicos-perennes). 9 de Noviembre de 2020, de Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SAGARPA), Sitio web: https://coepla.zacatecas.gob.mx/wp-content/uploads/2018/04/Cierre_Agricola2017_Zac.pdf

- SECAMPO. (2018). Secretaría del Campo. 9 de Noviembre de 2020, de Secretaría del Campo (SECAMPO) Zacatecas Sitio web: <https://coepla.zacatecas.gob.mx/wp-content/uploads/2019/04/SECAMPO-1-AGRI-Y-AGRONEGOCIOS.pdf>
- SEDESOL. (2013). Catálogo de localidades, resumen municipal, Gral. Enrique Estrada. 9 de Diciembre de 2020, de Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL) Sitio web: <http://www.microrregiones.gob.mx/catloc/LocdeMun.aspx?tipo=clave&campo=loc&ent=32&mun=013>
- SEMARNAT. (2015). Convenio de Estocolmo. 26 de Octubre de 2020, de Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) Sitio web: <https://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/convenio-de-estocolmo>
- b) SEMARNAT. (2015). Convenio de Róterdam sobre el Consentimiento Fundamentado Previo Aplicable a Ciertos Plaguicidas y Productos Químicos Peligrosos Objeto de Comercio Internacional. 27 de Octubre de 2020, de Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) Sitio web: <https://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/convenio-de-rotterdam>
- SEMARNAT. (2018). Programa de Gestión para Mejorar la Calidad del Aire de estado de Zacatecas 2018-2028. 9 de Enero de 2021, de Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales Sitio web: http://dsiappsdev.semarnat.gob.mx/datos/portal/proaire/33_ProAire%20Zacatecas.pdf
- SENASICA. (s.f). Inducción al Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA): Manual de Contenido. 30 de Octubre de 2020 , de Secretaría Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SEANSICA) y Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural , Pesca y Alimentación (SAGARPA) Sitio web: <http://capacitacion.senasica.gob.mx/recursos/actividades/manual.pdf>
- SENASICA. (2011). LISTADO DE PLAGUICIDAS DE USO AGRICOLA ÚLTIMA ACTUALIZACIÓN ENERO 2011. 22 de Noviembre de 2020 , de SERVICIO NACIONAL DE SANIDAD, INOCUIDAD Y CALIDAD AGROALIMENTARIA DIRECCIÓN GENERAL DE INOCUIDAD AGROALIMENTARIA, ACUÍCOLA Y PESQUERA Sitio web: sifemor.inifap.gob.mx
- SENASICA. (2019). Manual para el buen uso y manejo de plaguicidas en campo. 16 de Noviembre de 2020, de Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA) Sitio web: [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)
- SENASICA. (2020). Programa de Sanidad e Inocuidad Agroalimentaria. 30 de Octubre de 2020, de Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria Sitio web: <https://www.gob.mx/senasica/acciones-y-programas/programa-de-sanidad-e-inocuidad-agroalimentaria-194083>

- SIAP. (2017). Ubicación de los Delegación de la SAGARPA a nivel nacional en 2017. 5 de Noviembre de 2020, de Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) Sitio web: <https://datos.gob.mx/busca/dataset/mapa-base-de-los-cader-ddr-y-delegaciones-de-la-sagarpa-a-nivel-nacional-serie-iv>
- SIAP. (2019). Superficie Sembrada. 8 de Noviembre de 2020, del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) Sitio web: http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/FichaPorEstado.do
- UMFFAAC. (2019). Unión Mexicana de Fabricantes y Formuladores de Agroquímicos (UMFFAAC). 31 de Octubre de 2020, de Unión Mexicana de Fabricantes y Formuladores de Agroquímicos (UMFFAAC) Sitio web: <https://umffaac.org.mx/quienes-somos-2/>
- UNEP. (2013). Convenio de Rotterdam sobre el procedimiento de consentimiento fundamentado previo aplicable a ciertos plaguicidas y productos químicos peligrosos objeto de comercio internacional. 27 de Octubre de 2020, de United Nations Environment Programme (UNEP) and Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) Sitio web: https://observatoriop10.cepal.org/sites/default/files/documents/treaties/rotterdam_sp.pdf
- Víctor Manuel Gutiérrez Preciado (2020) Descripción de la instalación, operación y manejo del Centro de Acopio Temporal (CAT) ubicado en el municipio de Calera de Víctor Rosales.
- Virginia Aparicio, Eduardo De Gerónimo, Karen Hernández Guijarro, Débora Pérez, Rocío Portocarrero, y Claudia Vidal. (2015). Los plaguicidas agregados al suelo y su destino en el ambiente. 2 de Enero de 2020, de Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) Sitio web: https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_plaguicidas_agregados_al_suelo_2015.pdf

10. ANEXOS

Anexo A. Estudio realizado por la FAO a través del Código de Conducta sobre la distribución y utilización de plaguicidas.

Tabla 20. Estadística de enjuague (Fuente: FAO, 2008).

Ingrediente activo en 1 onza (28 g) de líquido remanente en un envase de 5 galloes (22.5 l)		
Etapa del lavado	Residuo de plaguicida	% remanente
Después de escurrir	14.2 g	100.0%
Después del 1er lavado	0.2 g	1.4%
Después del 2do lavado	0.003 g	0.021%
Después del 3er lavado	0.00005 g	0.00035%

Anexo B. Estudio realizado por AMIFAC para la eficacia de los lavados de los envases vacíos de plaguicidas.

Tabla 21. Eficacia de los lavados en los envases vacíos de plaguicidas (Fuente: Juárez, 2013).

Producto	Formulación g/l	Contaminación original	1er lavado. % efectividad	2do lavado. % efectividad	3er lavado. % efectividad.
Atrazina	HEDE-480	16.243 g/l	96.611	99.974	99.998
Malatión	INAC-600	5.045 g/l	99.158	99.997	99.999
2,4-D Amina	HEDE-480	3.181 g/l	99.336	99.994	99.999
Carbofuran	INAC-480	8.70 g/l	98.185	99.885	99.999
Endosulfan	INAC-360	3.70 g/l	98.971	99.951	99.970
Paraquat	HEDE-240	2.850 g/l	98.811	99.982	99.999
Azinfos metilo	INAC-240	6.00 g/l	97.496	99.965	99.999

Anexo C. Formato de los recibos otorgados por los CESAWEZ.


COMITÉ ESTATAL DE SANIDAD VEGETAL DE ZACATECAS
 C. David Cabral Román No. 103, Fracc. Médicos Veterinarios, Guadalupe, Zacatecas.
 http://www.cesavez.com.mx/

PROGRAMA NACIONAL DE RECOLECCIÓN DE ENVASES VACÍOS DE AGROQUÍMICOS Y AFINES
"CAMPO LIMPIO"

CLAVE DE CAP: _____

Lugar: _____ Fecha: _____

RECIBÍ DE: _____

LA CANTIDAD DE: _____ ENVASES VACÍOS DE AGROQUÍMICOS TRIPLEMENTE LAVADOS.

OBSERVACIONES:

RECOMENDACIONES:

INSTRUCCIÓN GENERAL: REALIZAR EL TRIPLE ENJUAGUE AL MOMENTO DE HACER LA MEZCLA. PERFORAR LOS ENVASES PARA EVITAR SU REUTILIZACIÓN, ALMACENAR EN BOLSAS TRANSPARENTES Y EN SU JALULA "CAP", RECOLECTAR LAS TAPAS POR SEPARADO. MANTENER LIMPIA LA JALULA Y SUS ALREDEDORES.

ENTREGA	RECIBE
---------	--------

Centro de Acopio Temporal
 Calle: Cayo Zapata Número # 103 Calera, Zac.
 Teléfono: 01 (478) 985-19-35
 Teléfono CESAWEZ: 01 (492) 924-67-10

SINTOX
 Tel.: (55) 55 98 66 59
 LADM: 01 800 00 908 00
ORIENTACIÓN EN CASO DE INTOXICACIONES POR AGROQUÍMICOS

Este programa es público, ajeno a cualquier partido político. Queda prohibido el uso para fines distintos a los establecidos en el programa.

Figura 36. Formato de recibo otorgado por el CESAWEZ a través del CAT de CALERA.

Anexo D. Formato de la encuesta aplicada a los agricultores

Encuesta "Manejo y disposición final de los envases vacíos de agroquímicos en Gral. Enrique Estrada y sus localidades.

Nombre: _____

Edad: _____

Ubicación exacta del predio agrícola (alguna referencia o coordenada): _____

1. ¿Con cuántas hectáreas cuenta su predio agrícola? De esa cantidad ¿Cuánta superficie cultiva? ¿Qué tipo de cultivo? ¿Es de riego o de temporal?
2. ¿Tiene pozo propio? (Sí/No) ¿Cuánta agua utiliza para regar sus cultivos?
3. Con base a su experiencia y a lo que ha observado ¿Qué tipo de plaga/enfermedad se presenta con mayor frecuencia sobre su cultivo?
4. ¿Si se presenta alguna plaga/enfermedad qué método aplica para erradicarla?
 - a) Usa agroquímicos
 - b) Aplica cal o retira la parte dañada
 - c) Usa compuestos naturales
 - d) No aplica nada

De acuerdo a la pregunta anterior, si su respuesta fue: "No aplica nada" aquí termina la encuesta, gracias por su atención.

5. ¿Cuál es el motivo por el que usted no utiliza agroquímicos?

- a) Son muy caros b) Su cultivo no lo requiere c) Tiene poco conocimiento sobre su uso y compra d) Se le complica ir a comprarlos (transporte)

En caso de usar agroquímicos, se procede con las siguientes preguntas

6. ¿Qué tipo de agroquímicos utiliza con mayor frecuencia?

- a) Insecticidas b) Fungicidas c) Herbicidas d) Bactericidas e) Fertilizantes f) Otro

7. ¿Cuál es la dosis aplicada por hectárea y el quipo o maquinaria que utiliza para aplicarlos?

8. ¿En qué presentación aplica más los agroquímicos?

- a) Líquido b) Polvo (sólido) c) Ambos

9. ¿Qué tipo de empaque de agroquímicos compra con mayor frecuencia?

- a) Costales b) Galones c) Bolsas d) Botellas o envases e) Bidones f) Empaques metálicos

10. ¿Cuál es el tiempo que dura aproximadamente aplicando la mezcla de agroquímicos sobre el cultivo?

11. ¿Con qué frecuencia los aplica en su cultivo?

- a) En cuanto existe presencia de la plaga/enfermedad b) 2 o 3 veces por semana d) Cada 8 a 30 días d) Cada 2 a 6 meses e) 1 vez al año f) Otro

12. ¿Se ha enfermado de algo a causa del uso de agroquímicos? (Sí/No) en caso de ser Sí ¿De qué?

13. ¿Ha recibido alguna capacitación sobre el uso de agroquímicos? (Sí/No) en caso de ser Sí ¿Por parte de quién fue la capacitación?

- a) No, ninguna b) Alguna asociación (Amocali) c) Técnicos (CESAVEZ) d) SADER d) Otro

14. ¿Sabía usted que hay un CAT en Calera de Víctor Rosales?

- a) Sí, pero no lleva sus envases b) Sí, y lleva sus envases c) No, no tiene idea d) No tiene interés sobre el tema

15. Una vez que es aplicado el contenido del agroquímico ¿Qué le hace al envase vacío?
- a) Los quema b) Los entierra c) Los lleva a algún tiradero o relleno sanitario d) Los deja en alguna área determinada e) Los arroja a un cuerpo de agua natural (arroyo, presa o pozo) f) Los lleva a un CAT g) Los reutiliza
16. Conoce la "Técnica del triple lavado" o le hace algún enjuague a los envases vacíos de agroquímicos?
- A) No, no conoce la técnica b) Sí conoce la técnica pero no la aplica c) Le realiza un solo lavado o enjuague a los envases c) Conoce la técnica y la aplica
17. (Esta pregunta se contesta en caso de que NO conozca la instalación de un CAT) Supongamos que conocer acerca de las instalaciones de un CAT ¿Usted no llevaría sus envases vacíos por qué?
- a) Tiene mucho trabajo y no le da tiempo de llevarlos b) No tiene en que llevarlos c) Falta de información sobre el tema d) No le interesa el tema.

Anexo E. Coordenadas geográficas para la generación del mapa de distribución geográfica de los predios agrícolas.

Tabla 22. *Coordenadas geográficas en unidades UTM de los puntos específicos de los predios agrícolas.*

Punto	X	Y	HUSO
1	727894.5	2549871.02	13
2	730905.99	2542280.00	13
3	2542280.00	2550222.00	13
4	726944.39	2547872.82	13
5	729539.17	2547120.54	13
6	728030.00	2546744.00	13
7	725616.00	2549397.00	13
8	725867.00	2551518.00	13
9	725542.00	2551702.00	13
10	733953.00	2545343.00	13

Tabla 22. Coordenadas geográficas en unidades UTM de los puntos específicos de los predios agrícolas (continuación).

Punto	X	Y	HUSO
11	732075.00	2544517.00	13
12	733276.00	2547834.00	13
13	733340.00	2545644.00	13
14	725470.00	2546141.00	13
15	725714.00	2550681.00	13
16	725123.00	2550273.00	13
17	730076.00	2544476.00	13
18	733048.00	2544923.00	13
19	729402.00	2542431.00	13
20	725116.00	2541983.00	13

Anexo F. Evidencia sobre la disposición final que se le realizan a los envases vacíos de agroquímicos por parte de los agricultores.



Figura 37. Segundo uso que se le da a los costales.



Figura 38. Disposición y segundo uso que se le da a los bidones de 10.00 y 20.00 litros.



Figura 39. Segundo uso que se le da a los bidones de 10.00 y 20.00 litros para ser usados como trampas naturales.



Figura 40. Resultado final del abandono de los envases vacíos de agroquímicos.

Anexo G. Requisitos para dar cumplimiento con la certificación del programa de inocuidad agrícola por parte del CESAVEZ.

COMITÉ ESTATAL DE SANIDAD VEGETAL DE ZACATECAS
 C. David Cabral Román No. 101, Fracc. Médicos Veterinarios, Guadalupe, Zacatecas.
 Tel. (492) 92 46716, correo electrónico: cesavez@prodigy.net.mx
PROGRAMA DE INOCUIDAD AGRÍCOLA
Formato de Asistencia Técnica

Folio: 00000

A) Datos de la Visita Técnica
 Empresa/Productor: *Roberto de la Torre Canilla*
 Nombre de la Unidad: _____
 RFC: _____ CURP: Haga clic o pulse aquí para escribir texto.
 Cultivo: MAIZ-FRÍJOL Localidad: _____ Municipio: _____ Hora: 10:00

B) Tipo de visita realizada
 Diagnóstico Seguimiento Mantenimiento Pre-Auditoría Otro: *Inspección BUMP*
 Atendió recomendaciones anteriores: Sí No Comentarios/compromisos: *Implementación BUMP*
 Fecha de visita anterior: *6-08-20*

D) Asistencia Técnica: Recomendaciones/Acuerdos

1. Registro	2. Infraestructura	3. Higiene	4. Manejo de Suelo	5. Capacitación	6. Evaluación interna	7. Manejo	8. Instalación
9. Manejo del agua	10. Manejo del agua	11. Fertilizantes	12. BUMP	13. Cascha	14. Empaques	15. Transporte	16. Campo Limpio

Hallazgos: (SRRC) y Buen Uso y Manejo de Plaguicidas (BUMP) se definen como las medidas y procedimientos establecidos por la Secretaría en normas oficiales mexicanas y demás disposiciones legales aplicables para garantizar que, durante el proceso de producción primaria de vegetales obtienen óptimas condiciones sanitarias al reducir la contaminación física, química y microbiológica a través de la aplicación de Buenas Prácticas agrícolas. La construcción del área de almacenamiento de plaguicidas debe cumplir con lo dispuesto en la sección 7.2.1 y 7.2.2 de la NOM-003-STPS-1999. Equipos de aspersión de productos plaguicidas y equipos de protección personal utilizados, en áreas seguras. 7.2.1 de la NOM-003-STPS-1999. Un espacio para la preparación de mezclas de productos agroquímicos y caldos sobrantes, tripe lavado y/o enjuague de envases y almacenamiento temporal de envases vacíos de agroquímicos. La identificación y señalización de las instalaciones deberán apearse a lo dispuesto en la NOM-026-STPS-2008.

E) Acciones complementarias
 1.- Capacitación: Plática No. Asistentes: _____ Taller: No. Asistentes: _____
 2.- Complemento a la infraestructura: Tipo de apoyo: Haga clic o pulse aquí para escribir texto. Cantidad: _____
 Tema: Haga clic o pulse aquí para escribir texto. Notas: Haga clic o pulse aquí para escribir texto.

F) Toma de Muestra
 Agua/ Producto/ Superficie/ Otro: _____ Reconocimiento/Certificado: SRRC BUMA Otro: _____
 Objetivo del muestreo: Área BUMA Área SRRC
 Interpretación de Resultados: Positivo: Negativo:

Fecha de entrega: _____
 Fecha de muestreo: _____
 Fecha del reconocimiento /certificado: _____ Fecha de próxima visita: _____

PERSONAL DEL ORGANISMO AUXILIAR
 TULIO ALVAREZ GUERRERO
 NOMBRE, FIRMA Y CLAVE DE AUTENTIFICACIÓN: _____
 RESPONSABLE DE LA EMPRESA
 Roberto de la Torre y Pro...
 Página 1 de 2

Este programa es público, ajeno a cualquier partido político. Queda prohibido el uso para fines distintos a los establecidos en el programa

Figura 41. Formato de asistencia técnica otorgado por los técnicos del CESAVEZ.

Anexo H. Ubicación del Centro de Acopio Temporal (CAT) de Calera de Víctor Rosales.



Figura 42. Ubicación e instalación del CAT de Calera de Víctor Rosales.

Anexo I. Recomendaciones y especificaciones para aplicar los agroquímicos en relación con las velocidades del viento.

Tabla 23. Velocidad del viento, signos observables y aplicación de agroquímicos (Fuente: Castillo et al., 2010).

Velocidad del viento a la altura del tractor	Escala Beaufort a 10 m de altura	Descripción	Signos observados	Aplicación de agroquímicos
<2 km/h (0.56 m/s)	Fuerza 0	Calma	Humo que asciende verticalmente	No trata en horas de mayor temperatura
2-3.2 km/h (0.80-1.81 m/s)	Fuerza 1	Leve brisa	Humo que sigue la dirección del viento	No tratar en horas de mayor temperatura
3.2-6.5 km/h (0.89-1.81 m/s)	Fuerza 2	Brisa ligera	Se mueven las hojas	Tiempo ideal para aplicar
6.5-9.6 km/h (1.81-2.67 m/s)	Fuerza 3	Brisa fuerte	Hojas y ramas en movimiento	No aplicar
9.6-14.5 km/h (2.67-4.03 m/s)	Fuerza 4	Viento moderado	Ramas en movimiento	No aplicar