



MCIA
Maestría en Ciencias
en Ingeniería Ambiental
UMSNH

Universidad Michoacana de San
Nicolás de Hidalgo

Facultad de Biología-Facultad de Ingeniería Civil-
Facultad de Ingeniería Química

“La gestión de los envases de plaguicidas utilizados en el cultivo del aguacate en el Estado de Michoacán, México.”

The Management of pesticide container used in avocado cultivation in the State of Michoacán, México.

Tesis

Como requisito para obtener el título profesional
de:

Maestro en Ciencias en Ingeniería Ambiental

Presenta:

Biól. Abiud Abimelec Sánchez Pérez

Nombre y grado del director de tesis:
Dr. Otoniel Buenrostro Delgado

Co-Director de tesis
Dr. Roberto García Acevedo

Morelia Michoacán, noviembre 2022



Resumen

El cultivo del aguacate (*Persea americana* Hass), tiene un impacto ecológico y social de gran importancia económica ya que aporta un alto ingreso de divisas a México, debido al aumento de la demanda de este fruto en el mercado mundial. El Estado de Michoacán es el mayor productor de este fruto, en consecuencia, el incremento del consumo de plaguicidas ha incrementado el impacto ambiental y a la salud de la población. El objetivo general de la investigación, fue analizar la generación de los envases de plaguicidas usados en el cultivo del aguacate; los objetivos específicos fueron, cuantificar los envases y caracterizar los tipos de plásticos, marcas y plaguicida que contuvo el envase).

Se muestreó un centro de acopio temporal de envases de plaguicidas durante seis días durante dos meses. Se analizaron un total de 167.5 kg, de los cuales se contabilizaron 2201 envases. Se identificaron tres tipos de plásticos, siendo el tereftalato de polietileno el mayoritario del total de envases, se encontraron cuatro grupos diferentes y envases sin etiqueta y código de identificación del plástico, lo que indica un incumplimiento de la legislación mexicana y de tratados internacionales, ya que estos envases no deben ser tratados junto con plásticos de otras fuentes de generación.

Los envases recolectados son transportados al norte del país a una planta de fabricación de cemento para su incineración. Este plan de manejo de envases de plaguicidas, es inviable desde el punto de vista económico y sustentable, por lo que es urgente incluir alternativas para el tratamiento de los envases de plaguicidas, que incluya en el diseño la ubicación de las plantas de tratamiento térmico y ubicarlas cerca de las zonas de producción de aguacate.

Esta información contribuye a mejorar la gestión de estos residuos, por lo que se requiere profundizar en la investigación de esta problemática.

Palabras clave: Gestión, Residuo, Plaguicida, Acopio, Plástico.

Abstract

Notwithstanding the ecological and social impacts of avocado (*Persea americana* 'Hass') due to its increased cultivation. The increase demand for this fruit in the world market is of great economic importance, since it provides a high income of foreign currency to Mexico. The State of Michoacán is the largest producer of this fruit, and consequently the increase in the consumption of pesticides has worsened the environmental impact and the health of the population.

The general objective of the research was to analyze the generation of containers of pesticides used in the avocado cultivation. The specific objectives were to quantify the containers and characterize the types of plastics, brands and pesticides contained in the container).

A temporary collection center for pesticide containers was sampled six days for two months. A total of 167.5 kg were analyzed, of which 2201 containers were counted. Three types of plastics were identified, polyethylene terephthalate being the majority of the total number of containers, four different groups were found and containers without a label and plastic identification code, which indicates a breach of Mexican legislation and international treaties, since they should not be treated together with plastics from other sources of generation.

The collected containers are transported to the north of the country to a cement manufacturing plant for its incineration. This management plan for pesticides containers is unfeasible from a sustainable end economic point of view, so it is urgent to include alternatives for the treatment of the pesticide containers, but location of thermic treatment plants must be designed and located nearby the production zones of avocado. This information contributes to improving the management of these residues, which is why it is required to deepen the investigation of this problem.

Key words: Management, Residue, Pesticide, Gathering, Plastic

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	8
2. MARCO TEÓRICO	13
2.1. Gestión ambiental	13
2.2. Los planes de manejo	13
2.3. Materiales peligrosos	14
2.4. Los Plaguicidas	14
2.5. Clasificación de plaguicidas	15
2.6. Clasificación toxicológica de los plaguicidas	15
2.7. Tipos de Envases utilizados para almacenar plaguicidas	17
2.7.1 Envases rígidos:	17
2.7.2 Envases flexibles (Papel / Cartón):	18
2.8. Generadores de residuos de plaguicidas	18
2.9. Manejo Integral de los residuos	19
2.10. Acopio de residuos de envases de plaguicidas	19
3. ANTECEDENTES	21
4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	27
5. HIPÓTESIS	29
6. OBJETIVOS DEL PROYECTO	30

6.1. Objetivo general:	30
6.2. Objetivos específicos:	30
7. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	31
7.1. Descripción del área de estudio y selección del sitio de muestreo	31
7.2 Permisos	31
7.3 Descripción general de los centros de acopio temporales	32
7.4 Materiales y equipo de seguridad	32
7.5. Cuantificación y caracterización de los envases de plaguicidas	32
7.6 Creación de base de datos	33
8. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	34
8.1. Tipo y uso del plaguicida que contuvo el envase	35
9. CONCLUSIONES	44
10. ABREVIATURAS Y ACRÓNIMOS	45
11. BIBLIOGRAFÍA	47

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1. Clasificación de los plaguicidas, Fuente: Wolansky, et al., 2011).</i>	15
<i>Figura 2. Centro de Acopio Móvil (CAM) y Centro de Acopio Temporal (CAT)</i>	20
<i>Figura 3. Ubicación de los centros de acopio temporales en Michoacán.</i>	31
<i>Información de capas obtenidas desde INEGI (año).</i>	31
<i>Figura 4. Pesaje de las bolsas con envases de plaguicidas y toma de datos</i>	33
<i>Figura 5. Clasificación de los plaguicidas agrícolas encontrados en el análisis de generación (número de envases).</i>	36
<i>Figura 6. Gráfica de barras con totales encontrados según su grupo de envases de plaguicidas.</i>	38
<i>Figura 7. Cantidades totales y porcentajes de REP captados en los CAT de Michoacán durante los años 2020-2021</i>	41
<i>Figura 8. Cantidad total de Residuos de envases de plaguicidas provenientes del cultivo del aguacate recibidos en los CAT en el Estado de Michoacán en los años 2020-2021</i>	42

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 2. Parámetros de clasificación toxicológica de plaguicidas.</i>	17
<i>Fuente: NOM-232-SSA1-2009 (SADER, 2019).</i>	17
<i>Tabla 3. Envases de plaguicidas pesados en cada</i>	34
<i>muestreo (kilos base seca).</i>	34
<i>Tabla 4. Plásticos encontrados en los muestreos.</i>	35
<i>Tabla 5. Clasificación de plaguicidas (Sistema Activo, Categoría de Toxicidad, y Grupo).</i>	37
<i>Tabla 6. Marcas de plaguicidas encontradas durante el muestreo</i>	39
<i>en el CAT-01 utilizadas en huertas de aguacate.</i>	39
<i>Tabla 7. Cantidad de envases de plaguicidas utilizados en el cultivo de aguacate, recibidos en los tres centros de acopio temporal en los años 2020 y 2021 (ton/mes)</i>	40

1. INTRODUCCIÓN

Los seres humanos dependen y forman parte del sistema terrestre, modificándolo, ya sea para agricultura, ganadería y asentamientos, entre otros, por lo que 75% de la superficie terrestre, ha sido alterada por los diferentes usos del suelo, como es el caso de que 12% del porcentaje anterior, se usa para agricultura (Kehoe *et al.*, 2015). Específicamente en México se reportó en el censo del 2007, el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) reportó en México ocho millones 698 mil 483 hectáreas de superficie plantada con cultivos perennes como cacao (*Theobroma cacao*), café (*coffea arabica*), aguacate (*Persea americana'Hass'*), y plantaciones forestales, entre otros. Dentro de los cultivos perennes, los cultivos frutícolas son parte importante de la economía y la alimentación en México por la derrama económica que proporciona su comercialización; y porque gran parte de la población se alimenta de ellos. Los principales frutales a nivel nacional son el aguacate, el cacao, el coco, el mango y la naranja (INEGI, 2012). La superficie sembrada de aguacate en México en hectáreas, en el año de 1994 fue de 92`417, 121`044 en el año de 2007 y de 168`113.64 ha para el año 2013, lo que representa una tasa media de crecimiento anual de la superficie sembrada de 3.20%, (INEGI, 2012) (CEDRSSA/DESANR/INV-010/2015), En su último estudio realizado en 2020 se encontraron 241 014 ha, ya establecidas de producción de aguacate. México es el primer productor mundial de aguacate (38% de la producción mundial) y el Estado de Michoacán es el principal productor del fruto, y en los últimos años de productos de valor agregado como el guacamole, aceites, entre otros. La importancia del Estado de Michoacán en la producción del aguacate, demanda el uso de plaguicidas (cualquier sustancia o mezcla de sustancias con ingredientes químicos o biológicos destinados a repeler, destruir o controlar cualquier plaga o a regular el crecimiento de las plantas). Dada su naturaleza tóxica, los plaguicidas tienen impactos negativos en la salud humana y al ambiente, por lo que es importante considerar: en primer lugar el empleo de estas sustancias en la agricultura representa un alto riesgo ocupacional para los trabajadores y sus familias; y en segundo lugar, el uso de estas sustancias genera un residuo peligroso que impacta negativamente a la salud del personal que se expone por diferentes vías (trabajadores y consumidores de los productos agrícolas) y a los diferentes sistemas ecológicos (suelo, agua y aire) y ambientales (construidos o modificados por el

hombre, como la industria, el transporte y las ciudades). Por lo anterior, el marco jurídico de la mayoría de los países, al igual que la legislación ambiental mexicana, clasifican a estos residuos como peligrosos (DOF, 2017; DOF, 2021).

Desafortunadamente el impacto ambiental atribuido a la agricultura, seguirá creciendo a nivel mundial, ya que además de que se continúa con el cambio de uso de suelo para convertirlo en tierras agrícolas, no se ha logrado reducir de manera sustancial la aplicación intensiva de productos químicos como los fertilizantes, plaguicidas, insecticidas, herbicidas, y fungicidas lo que provoca la contaminación del agua dulce con compuestos carcinógenos y otros contaminantes que afectan al ser humano y a la pérdida de biodiversidad (Harrison, 2002; Lenhardt *et al.*, 2017). Aunque estos problemas no son nada nuevos, actualmente tiene un mayor peso principalmente por la gran difusión en la información de estos problemas tanto nacional como mundial (Schmidt y López, 2018). Un indicador para determinar el impacto ambiental que produce el uso de los plaguicidas es por medio del EIQ (coeficiente de impacto ambiental) el cual determina el impacto generado promediando tres valores de daño: al trabajador agrícola, al consumidor y al ambiente (Kovach *et al.*, 1992). Se ha determinado que el mayor problema que se presentan en los impactos ambientales es a una exposición accidental o a productos no diluidos, en la mezcla no aconsejable entre productos, además por el uso intensivo de los plaguicidas (Vargas, 2019).

La problemática ambiental ocasionada por estos productos se incrementa, ya que tanto uso, como la disposición final de los residuos generados, no considera el riesgo y las afectaciones tanto a la salud como al ambiente, esto sin considerar que la disposición final de los residuos de los plaguicidas es en general en tiraderos y son incinerados clandestinamente (Prieto, 2018). Esta tendencia creciente es porque mejora la producción y conservación de sus cultivos siendo esto una problemática si es que se busca la sustentabilidad de la producción agropecuaria principalmente por la alta demanda de la producción alimenticia de los cultivos. (Ospina *et al.*, 2014).

Una alternativa para resolver la problemática de la disposición final de los Residuos de Envases de Plaguicidas (REP), es el documento del Manejo Integrado de Plagas (MIP), el cual busca el manejo de plagas desde un punto de vista de sistemas y poblaciones,

fomentando el uso de información con base en evidencias científicas, métodos y técnicas combinadas en forma armónica para prevenir y mitigar la proliferación de agentes dañinos a los cultivos. Según la Organización de la Salud. El MIP considera el uso de plaguicidas solo en casos técnicamente necesarios (OMS, 2015). EL MIP considera que el residuo generado después de emplear a los plaguicidas que lo contuvieron (envases y bolsas), de acuerdo a lo establecido en el Diario Oficial de la Federación a estos se les considera como un residuo peligroso (DOF, 2021), por lo cual, los envases que los contuvieron no deben mezclarse, ni gestionarse con los residuos plásticos de origen urbano o industrial (OMS, 2015; DOF, 2010; DOF, 2012). Siguiendo los criterios de la DOF (2021), la legislación mexicana considera los planes de manejo para la gestión adecuada de los residuos de los envases de plaguicidas (PMGAREP), los cuales al igual que el MIP, deben enfatizar la protección del usuario y del personal ocupacionalmente expuesto, así como la población y el ambiente (DOF, 2013).

El Plan de Manejo es un instrumento, cuyo objetivo es minimizar la generación y maximizar la valorización de los residuos sólidos urbanos, residuos de manejo especial y residuos peligrosos específicos, bajo criterios de eficiencia ambiental, tecnológica, económica, social y de responsabilidad compartida; considera el conjunto de acciones, procedimientos y medios viables e involucra a productores, importadores, exportadores, distribuidores, comerciantes, consumidores, usuarios de subproductos y grandes generadores de residuos, según corresponda, así como a los tres niveles de gobierno (DOF, 2013). Para implementar eficientemente el PMGAREP, es indispensable tener claro cada uno de los niveles en los que se maneja el plaguicida. Según la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, desde la fabricación, ya que es importante saber cuáles son sus elementos activos y cómo reaccionarán ante diferentes alternativas de tratamiento; tanto el personal que utiliza el agroquímico, los modelos de distribución de los plaguicidas, el almacenaje post-consumo, recolección de los residuos y tipo de tratamiento más adecuado, es importante conocer la composición y cantidad de los residuos (SADER, 2019; DOF, 2022).

Es importante reiterar que, para tomar las decisiones adecuadas respecto al manejo y tratamiento de los residuos de plaguicidas, además de considerar los MIP que

prepondere la disminución de la cantidad de plaguicidas a utilizar, mediante otras técnicas biológicas y disminuir los impactos a la salud de la población y el ambiente, ya que el marco jurídico se ha enfocado en legislaciones para tal fin. Los envases y empaques utilizados para envasar plaguicidas una vez que se consume el producto genera REP, que por el producto que contuvieron tienen un impacto ambiental y es nocivo para la salud. Lo anterior, hace importante el establecer lineamientos y criterios para que los PMGAREP funcionen de la manera más eficiente (usar de manera eficiente la energía) y eficaces (emplear de manera sustentable los recursos naturales). Esto último es importante para considerar el instrumento del plan de manejo y para alcanzar las metas de eficiencia y eficacia, es trascendental identificar el nivel óptimo de cierre de los ciclos productivos, como estrategia para cerrar los circuitos de materiales a través de los procesos del ecosistema, para crear una necesidad mínima de extracción de recursos de los ecosistemas: minimización de los residuos prolongando la vida útil del producto, optimizar la reutilización para reducir a cero su generación y utilizar fuentes de energía con la misma biomasa de estos residuos (Suárez *et al.*, 2021; Grafström *et al.*, 2021).

Los métodos más comunes del manejo post-consumo de los envases vacíos son: a) preparación: Los envases que cuenten con condiciones para el reciclaje deben estar triplemente lavados, secos y perforados. Para lo cual se enviarán a empresas o industrias recicladoras, autorizadas, así como a empresas que utilicen los envases como materia prima en sus procesos de reciclaje; b) molienda o triturado: los envases para la molienda o triturado deben estar triplemente lavados, secos y perforados los cuales se incorporarán a la cadena de valor integral; c) incineración controlada: la incineración solo se utilizará en aquellos envases contaminados para los cuales no existe otra opción y para los envases flexibles que no se les puede realizar el triple lavado, siendo enviados mediante empresas de transporte y manejo de residuos peligrosos, autorizados por la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT, año); d) Co-procesamiento: integración ambientalmente segura de los residuos generados por una industria o fuente conocida, como insumo a otro proceso productivo. En el momento que se requiera como alternativa el aprovechamiento de residuos por coprocesamiento, se deberá de enviar los envases triplemente lavados y contratar el transporte especializado, que cuente con los

permisos y las instalaciones adecuadas que aseguren su almacenaje hasta su entrega evitando contaminaciones accidentales.

Los países desarrollados, son los mayores consumidores de plaguicidas y generan un kilogramo de envases por cada 50 kg de producto consumido, en tanto que en los países en desarrollo se genera un kilogramo de envases por cada 20 kg de plaguicidas consumidos, lo cual significa que anualmente se generan 100 millones de toneladas de envases, derivados del consumo mundial de estos productos. El aumento de residuos agrícolas se da en todo el mundo debido al aumento en la necesidad de alimentos; en estudios previos realizados en Perú se contabilizó una producción anual de 16 millones de toneladas por año principalmente de la producción de arroz y caña de azúcar (MINAG, 2016). En los últimos años, siguiendo los principios de la economía circular, muchos gobiernos e instituciones públicas han comenzado a aprobar leyes y establecer reglamentos para desarrollar sistemas de recuperación y reciclado de los envases poliméricos utilizados para los plaguicidas. La UE ha establecido criterios que hacen que un residuo sea peligroso y delimitan los límites de la concentración de sustancias peligrosas en ese residuo para que sea aceptable para el reciclado. Además, ha desplegado una normativa en la que muchos países basan su legislación nacional, en relación con los métodos aplicados para recuperar los contenedores de residuos peligrosos. Han desarrollado recientemente un plan de gestión optimizada de los desechos de envases de plástico de productos agroquímicos, en éste se destaca el papel del agricultor en la descontaminación del contenedor después de su uso como una de las cuestiones más críticas de los planes existentes (Briassoulis *et al.*, 2014).

En México los envases como botes o bidones son reutilizados por algunos sectores de la población, sobre todo, en aquéllos estratos de bajos recursos económicos, por ejemplo, para almacenar y transportar el agua de consumo diario, lo que conlleva a intoxicaciones graves (Soria, 2000). Es común que los envases de plaguicidas no sean sujetos a un plan de manejo y son dispuestos de forma clandestina en los canales de riego, ríos, arroyos, zanjas, brechas, barrancas, campo abierto y en otros casos son quemados o enterrados, contaminando el medio ambiente (aire, tierra y mantos acuíferos) y representando un peligro para la salud de las personas y de los organismos (SAGARPA, 2013).

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Gestión ambiental

El Medio ambiente por definición es el conjunto de circunstancias o factores físicos y biológicos que rodean a los seres vivos e influyen en su desarrollo y comportamiento, por esta razón, se debe proteger y defender de las acciones negativas que el ser humano provoca, por lo que la gestión ambiental es el conjunto de actividades, técnicas y acciones que son desarrolladas para cuidar, prevenir y remediar problemas ambientales (Tenserca, 2014).

Entre las ventajas de realizar estas actividades se encuentra: promover la protección ambiental y prevenir la contaminación, optimizar la gestión de recursos y residuos, reducir impactos negativos, así como riesgos asociados a situaciones accidentales. Dentro de las acciones que se encuentran como parte de la gestión ambiental para México hay programas establecidos así como leyes y planes de manejo, en las cuales se describen los pasos a seguir para proteger el medio ambiente con acciones normativas, operativas, financieras, de planeación, administrativas, sociales, educativas, de monitoreo, supervisión y evaluación, para el manejo de residuos, desde su generación hasta la disposición final (acción de depositar o confinar permanentemente residuos en sitios e instalaciones cuyas características permitan prevenir su liberación al ambiente y las consecuentes afectaciones a la salud de la población y a los ecosistemas y sus elementos)(LGPGIR, 2015).

2.2. Los planes de manejo

Es un instrumento que tiene por objeto minimizar, mitigar o eliminar la generación de los residuos y maximizar la valorización de los que se generan, bajo criterios de eficiencia ambiental, tecnológica, económica y social, tanto gubernamental como sector privado, aplicando prioritariamente a actividades de prevención de la contaminación. En cada Plan de Manejo Ambiental (PMA), es necesario identificar los objetivos generales y específicos, ligados a la obra o actividad que se está evaluando y a las metas y políticas de desarrollo de la empresa. Esto se relaciona con la problemática ambiental en el área de influencia de la actividad productiva. Sin dejar de lado, que los objetivos deben ser claros,

alcanzables (técnica, económica y temporalmente), medibles y evaluables, de tal forma que su materialización pueda llevarse a cabo óptimamente, una de las partes en las cuales es fundamental la aplicación de un plan de manejo es que el manejo sea aplicable a productos de consumo que al desecharse se convierten en residuos peligrosos,

2.3. Materiales peligrosos

Son aquellos elementos, sustancias, compuestos, residuo o mezclas de ellos que, independientemente de su estado físico, represente un riesgo para el ambiente, la salud o los recursos naturales, por sus características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables o biológico-infecciosas; para después de su uso y el término de su vida útil como tal se consideran como: Residuos peligrosos, los cuales son aquellos que posean alguna de las características de corrosividad, reactividad, explosividad, toxicidad, inflamabilidad o que contengan agentes infecciosos que le confieran peligrosidad, así como envases, recipientes, embalajes y suelos que hayan sido contaminados cuando se transfieran a otro sitio y por tanto, representan un peligro al equilibrio ecológico o el ambiente (LGEEPA, 2022). Entre los cuales se les considera como residuos peligrosos a plaguicidas y sus envases que contengan remanentes de los mismos.

2.4. Los Plaguicidas

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) define a los plaguicidas como “cualquier sustancia o mezcla de sustancias destinadas a prevenir, destruir o controlar cualquier plaga, incluye los vectores de enfermedades humanas o de los animales, las especies no deseadas de plantas o animales que causan perjuicio o que interfieren de cualquier otra forma en la producción, elaboración, almacenamiento, transporte o comercialización de alimentos, productos agrícolas, madera y productos de madera o alimentos para animales, o que pueden administrarse a los animales para combatir insectos, arácnidos u otras plagas en o sobre sus cuerpos”. El término incluye las sustancias destinadas a utilizarse como reguladoras del crecimiento de las plantas, defoliantes, desecantes, agentes para reducir la densidad de fruta o agentes para evitar la caída prematura de la fruta, y las sustancias aplicadas a los cultivos

antes o después de la cosecha para proteger el producto contra la deterioración durante el almacenamiento y transporte (FAO/OMS, 2017).

2.5. Clasificación de plaguicidas

Los plaguicidas se clasifican en ocho tipos de acuerdo con las circunstancias que se atacarán y su modo de acción. En la Figura 1 se muestra una clasificación comparativa de acuerdo con la fuente de acción.

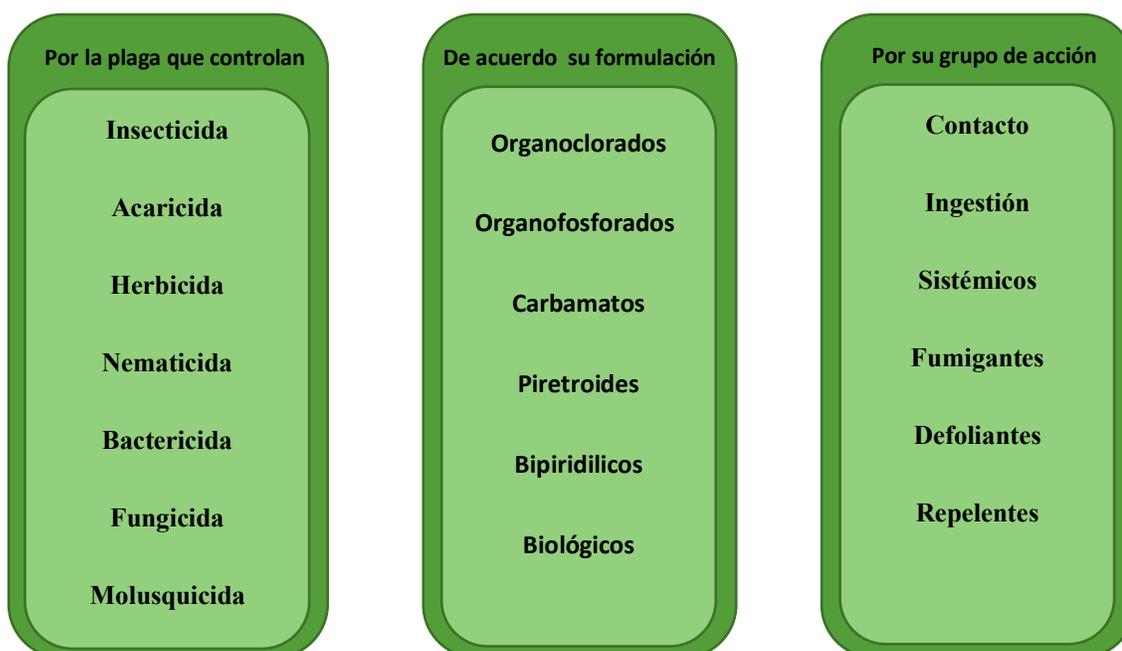


Figura 1. Clasificación de los plaguicidas, Fuente: Wolansky, et al., 2011).

2.6. Clasificación toxicológica de los plaguicidas

En 1978, la OMS, estableció una clasificación referida al etiquetado que deben portar los plaguicidas, en la cual deben especificar el nivel de peligrosidad y toxicidad que presentan. En 1985 la FAO adoptó el Código Internacional de Conducta para la Utilización y Distribución de plaguicidas, el cual fue modificado en 1989 y 2002; en su última actualización se introdujo la denominación de ciclo de vida del plaguicida. En la Tabla 1 se presenta la clasificación de los plaguicidas en cuanto a su toxicología presentada por la

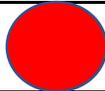
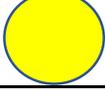
OMS, y en el Tabla 2 se muestra la clasificación toxicológica para los plaguicidas de acuerdo con la NOM-232-SSA1-2009 (SADER, 2019).

Tabla 1. Clasificación toxicológica de los plaguicidas de acuerdo a parámetros de la OMS.

Clasificación Toxicológica de los Plaguicidas				
Clasificación de la OMS Según el Peligro	Información que Debe de Figurar en la Tarjeta			
	Clasificación del Peligro	Color de la Banda	Símbolos y Palabras	
I a - Sumamente Peligroso	MUY TÓXICO		MUY TÓXICO	
I b - Muy Peligroso	TÓXICO		TÓXICO	
II - Moderadamente Peligroso	NOCIVO		NOCIVO	
III - Poco Peligroso	CUIDADO		CUIDADO	
IV - Productos que normalmente no ofrecen peligro			CUIDADO	
Clasificación	DL 50 aguda (ratas) mg/kg de Plaguicida Formulado			
	Por Vía Oral		Por Vía Cutánea	
	Sólidos	Líquidos	Sólidos	Líquidos
Categoría 1	5 ó menos	20 ó menos	10 ó menos	40 ó menos
Categoría 2	Más de 5 hasta 50	mas de 20 hasta 200	Más de 10 hasta 100	Más de 40 hasta 400
Categoría 3	Más de 50 hasta 300	Más de 200 hasta 2.000	Más de 100 hasta 1.000	Más de 400 hasta 4.000
Categoría 4	Más de 300 hasta 2.000	Más de 2.000 hasta 3.000	Más de 1.000	Más de 4.000
Categoría 5	Más de 2.000	Más de 3.000		

Fuente: OMS, (WHO, 2019).

Tabla 2. Parámetros de clasificación toxicológica de plaguicidas.

Categoría	Denominación del Peligro	Color Pantone	Símbolo de Peligro	DL50 en ratas (mg/kg de peso corporal)		
				ORAL	DERMAL	GASES
1	PELIGRO			≤ 5	≤ 5	≤ 100
2	PELIGRO			$5 \leq 50$	$50 \leq 200$	$100 \leq 500$
3	PELIGRO			$50 \leq 300$	$200 \leq 1000$	$500 \leq 2500$
4	PRECAUCIÓN			$300 \leq 2000$	$1000 \leq 2000$	$2500 \leq 20000$
5	PRECAUCIÓN			$2000 \leq 5000$	$2000 \leq 5000$	

Fuente: NOM-232-SSA1-2009 (SADER, 2019).

2.7. Tipos de Envases utilizados para almacenar plaguicidas

Envase: Es el componente de un producto que cumple la función de contenerlo y protegerlo para su distribución, comercialización y consumo (LGPEGIR, 2015); se clasificaron los principales envases utilizados en México para la aplicación de agroquímicos, las diversas presentaciones y formulaciones de los insumos agrícolas hacen que en el campo se encuentren varios tipos de envases de plaguicidas, los más comunes son rígidos y flexibles. Con la presentación del trabajo “PLAN DE MANEJO Y RECOLECCIÓN DE ENVASES VACÍOS DE PLAGUICIDAS” (PLAMREVP) realizado por la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SAGARPA) en 2012, se determinaron cuáles envases son utilizados en el territorio mexicano.

2.7.1 Envases rígidos.

Polietileno de alta y baja densidad (PEAD y PEBD): Galones, 12, 20 L, Garrafas de 1, 2.5 galones 4, 5, 10 y 20 L, Bidones de 1, 5, 20, L, Botella de 0.040, 0.050, 0.060, 0.095,

0.100, 0.125, 0.200, 0.240, 0.250, 0.267, 0.500, 0.600, 0.900, 0.960, 1, 1.2, 1.5, 1.8, 1.85, 2.5, 3.785, 4, 5, 9, 10, 20, 40, 50 L y Galones de 1.360 kg.

Polietilentereftalato (PET): Botella de 0.110, 0.250, 0.500, 1 L, Garrafa de 5 L, Vitrolero 1L.

Mezcla Polipropileno y Polietileno (COEX): Botella de 1.2 L.

Polipropileno: Tapas.

2.7.2 Envases flexibles (Papel / Cartón):

Bolsas de polietileno de 0.100, 0.250, 0.800 y de 1.0 kg.

Bolsa de película aluminizada de 0.100, 0.200, 0.250, 0.500, 0.800 y de 1.0 kg, y cartón con 20 botellas de 1.0 L.

2.8. Generadores de residuos de plaguicidas

Los generadores (Personas físicas o morales que producen residuos, a través del desarrollo de procesos productivos o de consumo) y demás poseedores de residuos peligrosos, deben contratar los servicios de manejo de estos residuos con empresas o gestores autorizados para tales efectos por SADER, o bien transferirlos a industrias para su utilización como insumos dentro de sus procesos, cuando previamente haya sido hecho del conocimiento de esta dependencia, mediante un plan de manejo para dichos insumos, basado en la minimización de sus riesgos. La responsabilidad del manejo y disposición final de los residuos peligrosos corresponde a quien los genera. En el caso de que se contraten los servicios de manejo y disposición final de residuos peligrosos por empresas autorizadas por la Secretaría y los residuos sean entregados a dichas empresas, la responsabilidad por las operaciones será de éstas, de manera independiente de la responsabilidad que tiene el generador. Los generadores de residuos peligrosos que transfieran éstos a empresas o gestores que presten los servicios de manejo, deberán cerciorarse ante la Secretaría que cuentan con las autorizaciones respectivas y vigentes, en caso contrario serán responsables de los daños que ocasione su manejo.

2.9. Manejo Integral de los residuos

El manejo integral de los residuos se reconoce como la actividad de reducción en la fuente, separación, reutilización, reciclaje, co-procesamiento, tratamiento biológico, químico, físico o térmico, acopio, almacenamiento, transporte y disposición final de residuos, individualmente realizadas o combinadas de manera apropiada, para adaptarse a las condiciones y necesidades de cada lugar, cumpliendo objetivos de valorización, eficiencia sanitaria, ambiental, tecnológica, económica y social (LGPGIR, 2015).

2.10. Acopio de residuos de envases de plaguicidas

Existen diferentes tipos de centro de acopio (CA), dependiendo su función primaria, los más básicos se pueden encontrar dentro de las mismas parcelas y su función es almacenar los envases utilizados dentro de la huerta; no son de gran capacidad ya que su función es almacenar por un corto periodo algunos días máximo, después en cada junta local de agricultores cuentan con un almacén de mayor capacidad denominado Centro de Acopio Primarios (CAP) (Figura 2), el cual es el punto de colecta de cada huerta que esté unida a esa junta de agricultores, aquí se levanta el primer registro para saber quiénes son los que depositan envases y aproximadamente en qué cantidad, una vez que lleguen a una cantidad establecida por cada administración del CAP son colocados en camionetas destinadas para su transporte, ya sea con jaulas o cerradas para evitar ser tiradas accidentalmente durante el traslado a su siguiente destino que son los centros de acopio temporales (CAT). Estos sirven para separar, acondicionar y reducir el volumen de envases vacíos de productos para la protección de cultivos y afines. En estas naves solo se reciben envases triplemente lavados, perforados y secos, en bolsa transparente, para ello se inspecciona que las bolsas no presenten escurrimientos y que los envases no contengan tapa; se recibirá los envases vacíos lavables (PET, polietileno, aluminio, fierro) y no lavables (bolsa aluminizada, bolsa de polietileno) en bolsas transparentes y con las tapas por separado; también se podrá recibir el embalaje. No se recibe producto caduco, equipo de protección y equipo de aplicación. A los CAT llegarán envases vacíos procedentes de los Centros de Acopio Primarios o de los usuarios finales. Una vez compactados, los

envases podrán estar por un tiempo máximo de seis meses y deberá ser enviados a un destino final seguro.



Figura 2. Centro de Acopio Móvil (CAM) y Centro de Acopio Temporal (CAT)

Después de que los envases vacíos son colectados, éstos son trasladados al CAT para su procesamiento; los envases se pesan a la entrada y se llena el formulario de colecta en el cual se anotaron las fechas y de que CAT proceden, con lo que se registra la cantidad que se acepta de cada zona. Actualmente en Michoacán solo se cuenta con cuatro CAT establecidos y en pleno funcionamiento. Éstos CAT se encuentran repartidos en el estado de Michoacán y son los encargados finales para su clasificación y conteo, posteriormente son entregados a empresas certificadas encargadas de su disposición final que puede ser para Reciclado tradicional, Incineración, Co-procesamiento y Fundición.

Una vez que el contenedor llega al sistema de gestión, es necesario garantizar la naturaleza no peligrosa del residuo final antes de su reintroducción en el mercado. Es importante considerar: a) los niveles precisos de plaguicida en el contenedor después de la aplicación correcta del triple enjuague; b) la conveniencia de los límites de residuos establecidos en función del uso futuro del material reciclado y c) en relación con el aspecto b, la trazabilidad en el uso de materiales reciclados fabricados a partir de envases de plaguicidas (Bustos, 2018).

3. ANTECEDENTES

Omar Huici y colaboradores realizaron en 2017 un estudio en Santa Cruz, Bolivia en donde se impartió un cuestionario entre los usuarios de plaguicidas para investigar el conocimiento y manejo de los envases vacíos de plaguicidas. El estudio mostró que 93% de los envases vacíos se desechaban en lugares vulnerables; 62% de la población no sabía qué es el triple lavado; 60% sentía malestar, dolor de cabeza y/o mareos al utilizar plaguicidas; y 31% de los envases vacíos tenían residuos de plaguicidas en su interior. El elemento clave para un cambio sostenible es la participación informada y coordinada de todos los actores.

Eras y colaboradores en 2017 realizaron un estudio sobre la Prevalencia de plaguicidas en envases poliméricos de agroquímicos posconsumo; encontraron que en muchos casos una cantidad significativa de pesticidas permanece en la matriz polimérica, incluso después de una limpieza estandarizada; el impacto de la liberación de estos compuestos peligrosos en el medio ambiente debe ser objeto de mayor consideración. Por lo que los restos de plaguicidas contenidos en residuos de envases de agroquímicos son una fuente de riesgo no controlado para la salud humana; también son una materia prima de calidad para la industria del reciclaje de plástico. Siendo esto una motivación para que muchos gobiernos recientemente han comenzado a establecer leyes y reglamentos para desarrollar sistemas de recuperación y reciclaje de los envases poliméricos utilizados para los plaguicidas.

Norsyazwani Mohammad y colaboradores en 2018 realizaron una revisión desde la situación de la gestión de los plaguicidas con la finalidad de proporcionar las similitudes, diferencias y debilidades del sistema de gestión de plaguicidas existente en los países del sudeste asiático. Los órganos de gobierno de los países del sudeste asiático han realizado un importante esfuerzo para desarrollar un marco relacionado con la gestión de los plaguicidas a nivel nacional. La aplicación de la gestión de plaguicidas basada en el marco existente es evidente en la mayoría de los países, pero debe mejorarse. Se sugiere hacer hincapié en la aplicación de un sistema de diagnóstico, vigilancia sanitaria y notificación, así como en el seguimiento o la adopción de directrices estándar para la protección de los trabajadores en términos de seguridad y salud en el sector agrícola.

Simeon Marnasidis evaluó en 2018 la generación de envases vacíos de plaguicidas en zonas agrícolas. Los datos sobre la generación de envases vacíos de plaguicidas (EPC) son escasos, incluso en países donde se aplica un sistema de recolección de EPC. En la mayoría de los casos, los datos se refieren a la cantidad total de EPC recolectada, que es inferior a la EPC generada según el alcance de la aplicación del proyecto de recolección. Además, los resultados no están correlacionados con el tipo de cultivos, el área y el número de agricultores involucrados, lo que hace imposible utilizarlos en otros lugares. Este estudio tiene como objetivo estimar los índices de generación de EPC. Se enfoca en la evaluación indirecta de la generación de EPC a partir de la información brindada por los agrónomos de las tiendas de insumos agrícolas y cooperativas agrícolas (stakeholders) consultando a los agricultores. Para el área de estudio (prefectura de Pella en Grecia), se estimó la producción de residuos de EPC para cultivos herbáceos, frutas y verduras, y se encontró que oscilaba entre 0.9 y 35.3 piezas/ha dependiendo del tipo de cultivo. El peso de los envases de plaguicidas de plástico vacíos (EPPV) se calcularon y se obtuvieron índices de 0.97 kg/ha y 4.36 kg/agricultor/año, que se acercan a los escasos datos disponibles en la literatura. Estos resultados pueden ser la base para el diseño de un programa de gestión de EPC en áreas donde se carece de datos de este tipo de residuos. Otros resultados de esta encuesta indican que las partes interesadas (dependiendo de su capacidad) podrían estar motivadas para organizar y operar estaciones de recolección de EPC, así como para ayudar a los agricultores a cumplir con el plan de manejo nacional. Con base en los hallazgos anteriores, se proponen tres escenarios alternativos para la gestión de EPC a fin de proporcionar una base para diseñar un programa de gestión de EPC regional aplicable.

Ziwa Tisah publicó en 2020 un estudio realizado en Zambia sobre la eliminación de contenedores de fumigantes provenientes de agricultores, con lo que determinaron que la fumigación implica el uso de un plaguicida altamente tóxico, para matar a los organismos objetivo en condiciones herméticas. Tras la fumigación, los envases residuales que quedan se clasifican como residuos peligrosos. Los resultados revelaron que 68% siempre enterraba los contenedores de fumigante en una fosa de 1.0 m de profundidad. Sin embargo, a través de las observaciones, 17 fumigadores de los 15 distritos, eliminaron los contenedores en superficies abiertas a pesar de ser conscientes de la normativa medioambiental. Por otra parte, la Agencia de Gestión Medioambiental de Zambia sólo

visitó 48% de los locales de los fumigadores. Sólo 21% de los fumigadores cumplía la ley en sus métodos de eliminación, mientras que el 79% restante no la cumplía. Aunque los fumigadores recibieron formación antes de iniciar las actividades de fumigación, tomaron pocas medidas útiles para la eliminación segura de los contenedores del fumigante. Los resultados de este estudio requieren la promulgación inmediata de leyes que ayuden a abolir la eliminación insegura de los contenedores de fumigantes en Zambia. Además, la eliminación de los contenedores de fumigante debe ser llevada a cabo por fumigadores capacitados y no por sus ayudantes. La Agencia de Gestión Medioambiental de Zambia debería intensificar sus inspecciones en combinación con la aplicación de la ley y se deben diseñar protocolos estándar de eliminación de fumigantes que se pongan a disposición de los fumigadores.

Karina Braga Marsola en 2021 comenta que los residuos de plaguicidas se han convertido en una seria preocupación ambiental debido a la intensificación de la producción agrícola, su uso universal y el riesgo de contaminación. Es un tema que se inserta en la dicotomía entre la búsqueda de una mayor producción de alimentos, la generación de residuos y la preservación del medio ambiente. Este trabajo tiene dos objetivos principales. En primer lugar, el análisis descriptivo de la logística inversa (LRI) de los envases vacíos de plaguicidas (EPC) tal como se practica en el sistema de Campo Limpo (Brasil), de modo que se identifiquen los factores que permiten su éxito. En segundo lugar, la propuesta de estrategias para mejorar el sistema de recogida. Se combinaron las visitas técnicas y un enfoque de dinámica de sistemas, utilizando el gráfico Behaviour Over Time y un modelo de bucle causal para describir el problema y proponer estrategias. Los resultados indican tres áreas clave del sistema de Campo Limpo que pueden mejorarse: la concienciación de los productores, los medios alternativos de devolución de envases y la transparencia de los datos. Los pequeños y medianos productores se ven más penalizados en el proceso de devolución debido a la falta de información, la dificultad de acceso a los centros de eliminación y el coste de transporte.

Marcia Beatriz en 2021 menciona que es necesario la implementación de una economía circular para los envases vacíos de agroquímicos en zonas donde la agricultura es intensiva y el uso de agroquímicos son en grandes cantidades. El objetivo es reducir el impacto al

ambiente y la salud de las personas que tienen contacto con estos residuos peligrosos. La capacitación a los productores primarios de los envases y empresas de agroquímicos en el manejo correcto de los residuos peligrosos son algunas estrategias encaminadas a evitar la disposición final de los envases vacíos de agroquímicos en el suelo, cuerpos de agua o incineración sin controles. El reciclaje, coprocesamiento o tratamiento de los envases vacíos de agroquímicos son métodos que dan un valor a los envases vacíos de plaguicidas.

Xiangbo Xu y colaboradores en 2021 realizaron un estudio sobre la eliminación de los residuos de botellas que contuvieron pesticidas en China con lo cual determinaron que, aunque el gobierno chino ha realizado grandes esfuerzos para controlar la contaminación de los desechos de botellas de los pesticidas, los métodos de tratamiento inadecuados adoptados por los pequeños agricultores han causado una grave contaminación en las zonas rurales de China. Los estudios existentes han demostrado que el diseño institucional en el aspecto público, de mercado y de gobierno tiene un impacto significativo en la adopción de métodos de tratamiento amigables con el medio ambiente por parte de los agricultores, mientras que su efecto general y su relación interna permanecen inexplorados hasta ahora. Los resultados mostraron que entre los hogares tomados en cuenta para el estudio que utilizan plaguicidas en la producción agrícola, 48.80% de los hogares dispuso de WPB *in situ* y solo 0.30% de los hogares adoptó el método de tratamiento formal. Otros hogares desecharon WPB con la basura doméstica o los vendieron a recicladores. Los resultados revelaron que las estipulaciones de la regulación, el precio de reciclaje, la compensación económica y la cognición ambiental contribuyeron a impulsar a los agricultores a disponer de WPB *ex situ*, entre los cuales el precio de reciclaje tuvo el mayor efecto relativo. Sin embargo, las normas y convenciones generales de las aldeas, las normas específicas de las aldeas sobre sólidos determinaron que otros hogares desecharon WPB con la basura doméstica o los vendieron a recicladores. La ejecución de la regulación y la propaganda no jugaron el papel de promover la adopción de métodos de tratamiento amigables con el medio ambiente por parte de los agricultores. Además, solo la compensación económica ejerció efecto sinérgico. En las disposiciones reglamentarias, no se reveló la relación complementaria entre la compensación económica y la cognición

ambiental. Sobre la base de los efectos directos y moderadores del sistema institucional actual, las implicaciones de política se destilaron punto por punto para brindar referencia a los responsables de la formulación de políticas para ajustar y optimizar la formulación e implementación de políticas de manera oportuna y contribuir al reciclaje y al tratamiento inocuo de los WPB en la China rural. Además, los hallazgos también proporcionaron información de primera mano y una nueva perspectiva para que los investigadores comprendan el sistema institucional y el mecanismo interno de China.

Garbounis y colaboradores en 2022 determinaron que Los envases de plástico para plaguicidas desechados representan el fin del ciclo de vida de los productos agroquímicos usados. Por lo que es necesario un tratamiento óptimo de estos envases para proteger tanto la salud humana como el medio ambiente. En Europa, los WPPC se suelen enjuagar después de su uso y se depositan en vertederos junto con los residuos sólidos urbanos (RSU) mezclados, pero el escenario en el que las WPPC se recogen y reciclan por separado tuvo el menor impacto medioambiental neto. El escenario donde 50% se recicla y 50% de incineración y donde se trató 50% de reciclaje, y 50% de vertido fueron las siguientes tecnologías óptimas desde el punto de vista medioambiental, mientras que el escenario de vertido dio lugar a los impactos medioambientales más elevados. Se realizó un análisis de sensibilidad, utilizando diferentes métodos de evaluación de impacto, diferentes distancias de transporte y diferentes tipos de vertederos e incineradoras. La cantidad de plaguicida residual no alteró la clasificación de los escenarios de gestión. Se comprobó que el triple enjuague convertía todos los envases desechados residuos no peligrosos.

En un estudio realizado por Bowei Li en 2022 menciona que, para mejorar las condiciones de vida en las regiones rurales, es fundamental alentar a los agricultores a reciclar los residuos de envases de plaguicidas (PPW). Este documento, por lo tanto, busca analizar teóricamente el impacto de los subsidios, las normas sociales y otros factores complementarios en las actitudes de los agricultores hacia el reciclaje. Los resultados sugieren que otorgar subsidios y formar normas sociales alentaría a los agricultores a reciclar los PPW. La eficacia de los subsidios como herramienta para mejorar el comportamiento de reciclaje de PPW de los agricultores así como las normas sociales se

pueden utilizar para fortalecer significativamente el comportamiento de reciclaje de los agricultores con altos ingresos y los cuadros de las aldeas.

Marco Galaviz en 2022 realizó un estudio en Sinaloa con el objetivo de realizar un diagnóstico del manejo de envases vacíos de plaguicidas utilizados por los usuarios de los módulos de riego del norte de Sinaloa, a través de encuesta y entrevistas estructuradas. Como producto de esta investigación, se propuso una serie de estrategias para minimizar los residuos peligrosos que son dispuestos en el suelo, cuerpos de agua, incinerados sin control o depositados en basureros clandestinos o rellenos sanitarios y maximizar su valorización mediante el reúso o reciclado.

4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

El uso de agroquímicos ha tenido un aumento en las últimas décadas, debido al incremento de la agricultura y al control de plagas, los fertilizantes y aditivos son destinados a maximizar los rendimientos de los cultivos. Los plaguicidas toman un papel importante en el ámbito agrícola, ya que permiten controlar la proliferación de plagas y enfermedades de los cultivos, al mismo tiempo que reducen y evitan las pérdidas en la producción de alimentos y contribuyen al control de insectos. Sin embargo, debido a su aplicación indiscriminada y sin control ha causado graves daños al ambiente, la utilización de plaguicidas puede ser una actividad riesgosa, particularmente para los agricultores que tienen contacto con esos productos tóxicos y también desconocen el manejo adecuado de estas sustancias. Se ha observado, durante años, que los envases de agroquímicos son tirados clandestinamente en los canales de riego, ríos, arroyos, zanjas, brechas, barrancas, campo abierto y en otros casos son quemados o enterrados e incluso se llegan a reutilizar. Todas estas prácticas generan focos de contaminación al ambiente (aire, tierra, cuerpos de agua) y en ocasiones problemas de intoxicación.

Además, no han tenido éxito, pues no consideran el incentivo para que el generador de estos residuos, participe en su implementación en ejecución y se enfocan en el acopio y no se considera el tratamiento final que se le dará a los residuos acopiados.

Por lo que es importante considerar que para que los sistemas de tratamiento sean los adecuados, deben ser eficientes (usar de manera eficiente la energía) y eficaces (emplear de forma sustentable los recursos naturales). Esto último es importante para considerar el instrumento del plan de manejo y para alcanzar las metas de eficiencia y eficacia, es trascendental identificar el nivel óptimo de cierre de los ciclos productivos, como estrategia para cerrar los circuitos de materiales a través de los procesos del ecosistema, para crear una necesidad mínima de extracción de recursos de los ecosistemas: minimización de residuos prolongando la vida útil del producto, optimizar la reutilización para reducir a cero su generación y utilizar fuentes de energía como la misma biomasa de estos residuos.

Por lo anterior, es de gran importancia descubrir y documentar cuáles son todos los escenarios finales que presentan los residuos plásticos de los plaguicidas que se está

realizando actualmente y qué tipos de alternativas eficaces se encuentran para cada situación y con el cual mejorar la gestión de estos residuos.

5. HIPÓTESIS

El plan de manejo de los residuos de envases de plaguicidas no disminuye los impactos negativos, pues no consideran el incentivo para que el generador de estos residuos, participe en su implementación. Por lo que el conocimiento de los subsistemas de la gestión actual de estos residuos, permitirá establecer estrategias que además de fomentar el acopio, incluya opciones de tratamiento sustentables y sostenibles.

6. OBJETIVOS DEL PROYECTO

6.1. Objetivo general:

Conocer la gestión actual de los residuos de envases de plaguicidas para identificar las deficiencias del sistema de gestión que permita establecer estrategias que incrementen la participación de los generadores y disminuyan el impacto ambiental de estos residuos.

6.2. Objetivos específicos:

- 1) Cuantificar los envases que se entregan por mes en el sitio de estudio seleccionado.
- 2) Caracterizar los tipos de plásticos con los que están elaborados los envases de plaguicidas.
- 3) Registrar las marcas, el producto y el uso que se le da al plaguicida que contuvo el envase.

7. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

7.1. Descripción del área de estudio y selección del sitio de muestreo

El Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Michoacán (CESAVEMICH), tiene delimitadas las áreas de cultivo de acuerdo con la localización de los centros de acopio temporales (CAT)) e información del tipo de cultivo en cada área. De tres CAT que existen, se seleccionó el ubicado en el municipio de Jacona (CAT-01), ya que recibe la mayor proporción de los envases de plaguicidas utilizados en el cultivo de aguacate (Figura 3).

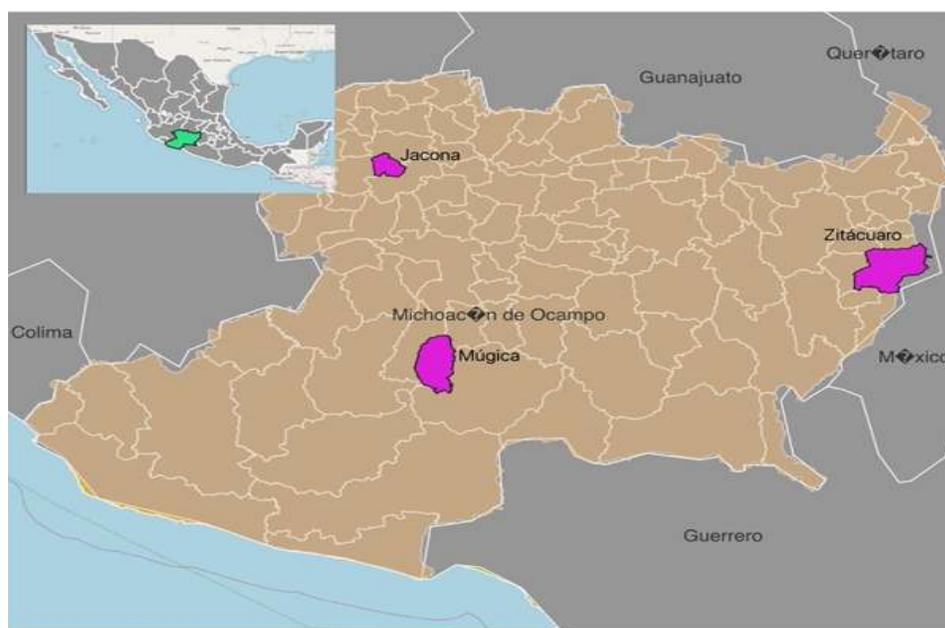


Figura. 3. Ubicación de los centros de acopio temporales en Michoacán. Información de capas obtenidas desde INEGI 2022.

7.2 Permisos

Una vez identificados los lugares donde se encuentran los CAT, se entabló una línea de contacto con el encargado de estos centros, pertenecientes a las oficinas de sanidad vegetal en Michoacán; se les explicó el motivo del estudio para que de esta manera supieran la importancia de su colaboración para recabar la información, fue necesario realizar oficios dirigidos a la dirección para que se autorizara el acceso y realizar el

muestreo, además se obtuvo el apoyo de la información recabada respecto al tonelaje recibido en los últimos dos años; de esta manera se amplió y se obtuvo más información en lo referente a los REP.

7.3 Descripción general de los centros de acopio temporales

De los tres CAT en Michoacán, se escogió el ubicado en Jacona con las coordenadas 19.929100, -102.274685 sobre el libramiento sur Zamora-Jacona, la razón de optar por este sitio es porque recibe mas REP provenientes de las huertas de aguacate de acuerdo con la información otorgada por el encargado de las oficinas de Sanidad Vegetal. El CAT cuenta con tres partes principales: a) oficina de registro, en ésta, antes de entregar los REP se revisa la información del cargamento que se está entregando, el peso, el lugar de procedencia y de qué cultivo proviene; b) la bodega en donde se almacena y se procesan los REP, se clasifican: plástico, cartón, bolsas y tapas para comenzar con su procesamiento, ya sea molienda o compactación dependiendo del producto tratado, y c) zona de almacenamiento de los REP procesados, ya sea en pacas compactadas o en bultos triturados en espera de que lleguen los encargados de llevarlos a su disposición final.

7.4 Materiales y equipo de seguridad

Antes de comenzar a trabajar en el CAT fue necesario conseguir equipo adecuado para trabajar de la manera más segura ya que al ser RP no es posible entrar con ropa normal; el equipo de seguridad estuvo conformado por botas de seguridad, overol completo con gorro, gafas de protección, guantes de carnaza y mascarilla con filtro de gases; otro material necesario para tomar datos fueron hojas de llenado con la información requerida para la captura de datos también se utilizaron básculas con capacidad de 100, 500, 2000 y 20 000 g.

7.5. Cuantificación y caracterización de los envases de plaguicidas

El muestreo fue aleatorio simple, en cada muestreo se seleccionaron tres bolsas y se pesaron con la pesola, antes y después del análisis de generación para disminuir la

probabilidad de cometer un error sistemático (Figura 4). Se vaciaron los envases para separarlos manualmente por tipo de plástico, se contaron y pesaron. Después se separaron por nombre y marca del producto. Se fotografiaron cada una de las etiquetas del envase para registrar la marca y uso del plaguicida. Esta información se registró en bitácoras y se capturó por campaña de muestreo en una hoja de Excel. Se procesaron con el programa R y Rstudio®, para analizar los datos con estadística descriptiva e inferencial. También se utilizó una base de datos proporcionada por la coordinación del programa de inocuidad agrícola (CESAVEMICH), de los registros de recepción de los envases de plaguicidas por mes de los años 2020 y 2021, del CAT-01.



Figura 4. Pesaje de las bolsas con envases de plaguicidas y toma de datos

7.6 Creación de base de datos

Después de tener toda la información en las hojas de toma de datos, fue requerido crear una base de datos en el programa Microsoft office EXCEL para manipular los datos y realizar los posteriores análisis de una manera más eficaz y con mayor rapidez.

8. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los seis muestreos realizados fueron del tipo aleatorio simple para tener una muestra más representativa entre cada una de las salidas, entre los datos obtenidos de cada una de las salidas no fueron del todo similares ya que el peso total procesado en cada uno varió porque no se tenía el control de cuál es la que se tomaría en cuenta para su análisis, (Tabla 3). De esta manera se pudo obtener una muestra más realista, ya que no todos los generadores utilizan los mismos productos ni la misma cantidad.

Tabla 3. Envases de plaguicidas pesados en cada muestreo (kilos base seca).

Muestreo	Cantidad (kg)
1	19
2	22.25
3	30.75
4	34
5	37
6	24.5
TOTAL	167.5

Los seis muestreos se realizaron en los meses de octubre y noviembre, periodo de la pre-cosecha del fruto (la cosecha se realiza dos veces al año) y es cuando se aplican los plaguicidas.

Se encontraron tres tipos de plásticos y 121 envases sin información, que se les denominó sin código de identificación de plásticos (S/C) y se les asignó el Número 7. El plástico con mayor número encontrado en los seis muestreos fue el tereftalato de polietileno (PET) con un total de 1348 envases (61%), siendo el segundo muestreo en el que se encontraron mayor cantidad de éstos (340 envases, 25.2%) y (121 envases, S/C 5.5%) (Tabla 4).

Tabla 4. Plásticos encontrados en los muestreos.

Tipo de plástico	Código de identificación	Total REP muestreados (unidades)
Polietileno tereftalato (PET):	1	1,348
Polietileno de alta densidad (HDPE) (PEAD)	2	731
S/C (sin código de identificación de plástico)	7	121
Envase de coextrusión (COEX)	NO APLICA	1
TOTAL		2,201

8.1. Tipo y uso del plaguicida que contuvo el envase

De acuerdo con los resultados del análisis de generación efectuado en el sitio de estudio, los fertilizantes son los de uso mayoritario con 774 REP contabilizados de 2201; seguido por los insecticidas con 588 y en tercer lugar los fungicidas con 287, cabe mencionar que estos tres tipos de REP representan el 75% del total encontrado, es notorio mencionar que 92 REP no tenían etiqueta, esto principalmente por el mal estado en el que se encontraban, muchos tenían la apariencia de haber estado enterrados o en otras circunstancias de intemperie y no se pudo rescatar la información, lo cual indica que no contaron con un almacenamiento adecuado después de su uso o que fueron utilizados de forma inadecuada; estos REP representan 4.2% del muestreo (Figura 5).

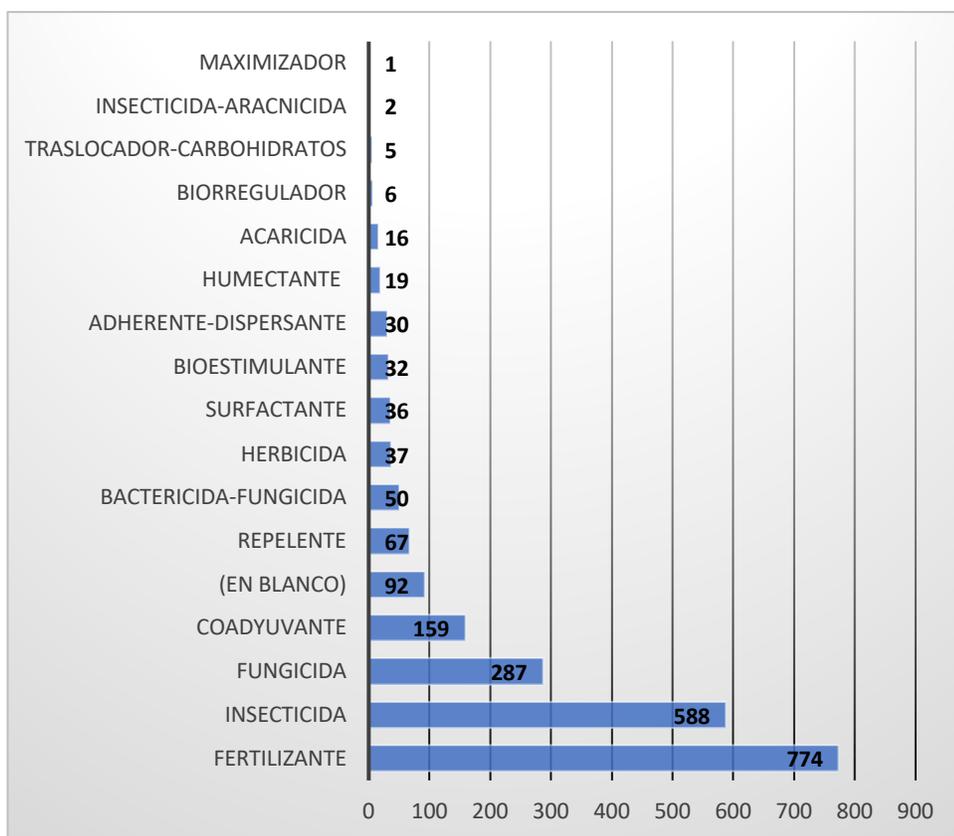


Figura 5. Clasificación de los plaguicidas agrícolas encontrados en el análisis de generación (número de envases).

El tamaño del título que sea el tamaño del texto

Con la información obtenida se identificaron los principales sistemas activos que se encuentran en los plaguicidas utilizados en las huertas de aguacate, así como su categoría de riesgo y el grupo al que pertenecen; se encontraron 282 tipos diferentes, los de mayor representatividad fueron aquéllos con un sistema que consiste en una mezcla de minerales de origen biológico con un total de 239 y en segundo lugar, fueron los elaborados a partir de extractos vegetales pertenecientes al grupo de orgánicos con un total de 182, éstos dos productos tienen la categoría de toxicidad Número “IV” que de acuerdo con la OMS no ofrece un peligro para la salud si no es de ingesta directa; en tercer lugar, los elaborados con permetrina que el cual se encuentran en el grupo de piretroides con un conteo de 119, éstos se clasifican por su toxicidad en la categoría “III” y en cuarto lugar, productos con base en LAMBDA-CYHALOTRINA que también pertenecen al grupo de PIRETROIDES, pero por su origen, éstos son clasificados en la categoría “I” que son los de mayor riesgo (Tabla 5).

Tabla 5. Clasificación de plaguicidas (Sistema Activo, Categoría de Toxicidad, y Grupo).

SISTEMA ACTIVO	CATEGORIA	GRUPO	TOTAL	SISTEMA ACTIVO	CATEGORIA	GRUPO	TOTAL
MINERALES	IV	BIOLOGICO	239	NONIL-FENOL-ETER-POLIOXIETILADO	IV	NO APLICA	9
EXTRACTO-VEGETAL	IV	ORGANICO	182	OLIGOELEMENTOS	IV	ORGANICO	9
PERMETRINA	III	PIRETOIDE	161	OXIDO-CUPROSO	IV	OXIDOS DE COBRE	9
LAMBDA-CYHALOTRINA	I	PIRETOIDE	119	DIAZINON	III	ORGANO-FOSFORADO	8
SIN INFORMACION	-	-	111	DIOCTIL-SULFOSUCCINATO	IV	NO APLICA	7
AZUFRE-ELEMENTAL	IV	ORGANO-VEGETAL	81	HORMONAS	IV	ORGANICO	7
EXTRACTO-ORGANICO	IV	BIOLOGICO	79	AZOXYSTROBIN	III	ESTROBILURINAS	6
CITOQUININAS	IV	BIOLOGICO	68	EXTRACTO-ALGAS	IV	ORGANO-VEGETAL	6
POLIETER-POLIMETILSILOXANO	IV	ORGANICO	58	EXTRACTO-NEEM	IV	ORGANO-VEGETAL	6
ZETA-CIPERMETRINA	III	PIRETOIDE	52	FOSFITO-DE-POTASIO	III	FOSFONATOS	6
NITROGENO	IV	ORGANO-MINERAL	50	MATERIA-ORGANICA	IV	ORGANICO	6
CIPERMETRINA	III	PIRETOIDE	42	ACIDOS-COMPLEJOS	IV	ORGANICO	5
ETHEPHON	IV	ORGANICO	41	ACIDOS-FOSFORICOS	II	ORGANO-FOSFORADO	5
ABAMECTINA	II	AVERMECTINAS	40	ALGAS	IV	ORGANICO	5
AZADIRECTINA	IV	LIMONOIDES	37	BORO	IV	ORGANO-MINERAL	5
IMIDACLOPRID	III	Neonicotinoides	37	CARBONO-ORGANICO-OXIDABLE	IV	ORGANO-MINERAL	5
ALCOHOL-GRASO-ETOXILADO	IV	ORGANOSILICICO	36	COMPLEJO ORGANICO FULVICO	IV	ORGANO-VEGETAL	5
OXICLORURO-COBRE	IV	ORGANO-MINERAL	33	FOSFORO	IV	ORGANO-FOSFORADO	5
ALCOHOL-TRIDECILICO-POLIOXIETILENICO	IV	ORGANO-FOSFORADO	31	MEZCLA-MICRONUTRIENTES	IV	ORGANO-MINERAL	5
HIDROXIDO-CUPRICO	IV	INORGANICO	30	CLORANTRANILIPROL	IV	DIAMIDAS ANTRANILICAS	4
CARBOHIDRATOS-NATURALES-RELACIONADOS	IV	ORGANICO	22	CYPRODINIL	III	PIRIMIDINA	4
BOSCALID	IV	ESTROBILURINA	20	FENPYROXIMATE	III	PIRAZOLES	4
CA-B-ACIDO-POLIHIDROXICARBOXILICOS-CARBONO-ORGANICO	IV	ORGANO-MINERAL	20	FOSFORO-POTASIO	IV	ORGANO-FOSFORADO	4
ALCOHOL-TRIDECILICO-ETOXILADO	IV	ORGANO-VEGETAL	19	ISOPROTIOLANO	III	DITIOLOANO	4
EXTRACTO-ALGAS	IV	ORGANO-VEGETAL	18	MN-ZN	IV	ORGANO-MINERAL	4
NUTRIENTES	IV	BIOLOGICO	18	NOVALURON	IV	BENZOFENILUREA	4
MALATION	III	ORGANO-FOSFORADO	16	ZINC	IV	ORGANO-MINERAL	4
B-CO-MO-ACIDO-INDOLACETICO-NITROGUAIACOLATO-SODIO	IV	ORGANO-MINERAL	14	AMINOACIDOS-LIBRES	IV	ORGANICO	3
BACILLUS-SUBTILIS	IV	BIOLOGICO	14	AZUFRE-OXYCLORURO-CU	IV	ORGANO-MINERAL	3
CA-MG-B-MO	IV	ORGANO-MINERAL	14	OLERORESINA-CAPSICUM	IV	ORGANO-VEGETAL	3
NF POLIOXIETILENADO	IV	ORGANICO	14	AZUFRE	IV	ORGANO-MINERAL	2
AMINOACIDOS	IV	ORGANICO	13	COBRE	IV	ORGANO-MINERAL	2
CALCIO-SILICIO	IV	ORGANO-MINERAL	12	HARZIANUM	IV	BIOLOGICO	2
METHOXYFANOZIDE	III	DIACLHIDRAZINAS	12	MG-CU-ZN-MN-FE	IV	ORGANO-MINERAL	2
MOLIBDENO	IV	NO APLICA	12	OXIDO-MG	IV	ORGANO-MINERAL	2
ALQUIL-ARIL-POLIOXIETILENO	IV	ORGANO-FOSFORADO	10	ALCOHOL	IV	TRIAZOLES	1
FENPROPATRIN	II	PIRETOIDE	10	CA-B	IV	ORGANO-MINERAL	1
NITROGENO	IV	ORGANO-MINERAL	10	FUOXOSTROBIN	III	ESTROBILURINA	1
POTASIO	IV	ORGANO-VEGETAL	10	GLIFOSATO	II	PIRETOIDE	1
FOSFORO-NITROGENO	IV	ORGANO-FOSFORADO	9	FOMESAFEN DE SODIO	III	ORGANO-CLORADO	1
NITROGENO-CALCIO	IV	ORGANO-MINERAL	9	OTROS		otros	203

Una vez clasificados, por el grupo al que pertenecen los REP se encontraron que son tres los principales tipos de plaguicidas utilizados o de más uso por parte de los agricultores de la zona perteneciente al CAT-01: en primer lugar, con más representatividad en los plaguicidas son de origen Biológico con un total de 420 conteos, seguido por los Piretroides y de origen orgánico con 385 y 365, respectivamente; en el séptimo lugar con 111 conteos se encontraron los que no representan a ningún grupo por información insuficiente para determinar su origen; la cantidad llama la atención por ser un número significativo para tomarse en cuenta, ya que esos productos son utilizados en la producción de la alimentación (Figura 6).

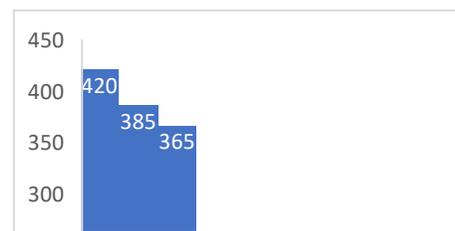


Figura 6. Gráfica de barras con totales encontrados según su grupo de envases de plaguicidas.

Se encontraron gran variedad de marcas utilizadas de plaguicidas, esto demuestra que cada agricultor utiliza los de su mayor agrado y no está estandarizado el uso de estos, ya que cada uno tomará la decisión personal de utilizar el de su mayor agrado o el que se acomode más a su cultivo; en el caso de haberse encontraron algunas marcas que eran más utilizados que otras esta incidencia solo permitió que tres superara las 50 unidades encontradas, los cuales fueron en primer lugar MAXI-GROW-EXCEL, bioestimulante complejo de origen orgánico que contiene micronutrientes en forma quelatada. Todos estos componentes interactúan sobre los procesos metabólicos de las plantas, pudiendo favorecer incrementos en las cosechas. Algunas de las funciones son: promover el crecimiento vigoroso de raíces, impartir resistencia a las plantas para enfrentar condiciones adversas, estimular la producción de flores y amarre de frutos, acelerar la maduración, hacer más eficiente la absorción de nutrientes por la raíz, aumentar la calidad y el tiempo de vida de los frutos después de la cosecha. PERMETHION, es un insecticida con acción de contacto e ingestión, con un excelente efecto de derribe y una buena persistencia, está

formulado a base de Permetrina, su aplicación es por aspersión foliar, muy efectivo para cultivos de aguacatero, algodónero, crucíferas, solanáceas, espinaca, apio, espárrago, lechuga, gramíneas, frutales y cucurbitáceas; en tercer lugar, Mustang Max es un insecticida a base de zeta-cipermetrina, éste es el resultado de una intensa selección de los cuatro isómeros más eficientes y activos de la cipermetrina, lo que deriva en un producto altamente efectivo para el control de una amplia gama de plagas con una fuerte acción de choque, empezando a controlar momentos después de su aplicación y con una menor cantidad de ingrediente activo aplicado al medio ambiente.

Tabla 6. Marcas de plaguicidas encontradas durante el muestreo en el CAT-01 utilizadas en huertas de aguacate.

MARCA	TOTAL	MARCA	TOTAL
MAXI-GROWEXCEL	78	HIDROXIFLUABLE	11
PERMETHION	70	NITROBORO	11
MUSTANGMAX	51	ADER	10
KELASOL	49	ASPER	10
MAGNUM	46	CUPERHIDRO	10
BLACKBERRY	44	INTREPID	10
BOROZINC	43	MALATHION	10
SUPREMO	42	PLATINO375	10
ADHERLINE	39	TRIPLE10	10
MORGAN	39	XTRAQUEL	10
CITOSOL	35	ATP-UP	9
SULFLOW	35	ENERFRUT	9
INEX-A	34	HIDRO/CU	9
GARSOL	33	LUCAFLOW	9
UNIQUE	32	LUCAMDA7CE	9
SULFOCOP-F	31	AGROPLEXB	8
PERKILL34%	30	BIO-CANELA	8
AZADIRECT	29	BIONEX	8
GLUCOTRON	29	BUFFEX	8
CUPERTRON	27	DIAZINON	8
ANATRINA	25	GLUCONATODECOBRE	8
ETEPHON	23	KURT	8
CARBOXYK	22	POLINFOL	8
ADHESOL	21	POTASIOPLUS	8
BRALIC	21	SELECTO	8
MASTERCOP	21	SUPERSOL	8
CABRIOC	20	AGREX.ABC	7
PACKHARD	20	KILLNEEM	7
TENAZ-ULTRA	20	KUPPER	7
ACI-FUL	19	MAGNABON	7
MEDAL	19	MAXFRUIT	7
VITIZIM	19	S/M	7
ETEPHON	18	THOR	7
NUTRISOL	18	ADHEMAX	6
ENGORDE	17	BIOELICTOR	6
HEADLINE	16	CORAX/SC	6
HIT70EC	16	FOGGER	6
S/N	16	FOLIAR	6
BUMPER	15	HORMO-LIFE	6
CARBOXILMINL	15	IMIDACRONE	6
ADEHEPLANT	14	IMPERIMAX	6
FLORFIX	14	LUCAMETRINA	6
POLIQUEL	14	MALPHOS	6
SERENADE	14	OXIMETF/O	6
AGRIMEC	13	PHYTOCa,Br,Zn	6
ALOMON	13	SAGAFILM	6
EXPANSIVE	13	SIFOL	6
PERMIAN	13	SOLUTION	6
AGROMIL	12	SULTRON	6
BARRIER	12	SUPERMECTIN	6
CORDEX	12	VIGORUP	6
FULL-PK	12	XTRAQUEL/CALCIO	6
PILKAROF	12	OTROS	427
CINNACIDE	11	TOTAL	2201

De los datos proporcionados por el CESAEMICH, de los registros de recepción de los envases de plaguicidas por mes de los años 2020 y 2021, del CAT-01, se observa que el mayor consumo de plaguicidas se dio durante los meses de febrero a abril (Tabla 7).

Tabla 7. Cantidad de envases de plaguicidas utilizados en el cultivo de aguacate, recibidos en los tres centros de acopio temporal en los años 2020 y 2021 (ton/mes)

PERIODO 2020-2021	
ENERO	60,242
FEBRERO	74,530
MARZO	72,316
ABRIL	66,960
MAYO	36,262
JUNIO	32,615
JULIO	43,748
AGOSTO	39,436
SEPTIEMBRE	41,318
OCTUBRE	44,795
NOVIEMBRE	38,373
DICIEMBRE	38,922
TOTAL	589,517

De los tres CAT encontrados en Michoacán se observa que en los últimos años el CAT-01 Jaconá es el que cuenta con la mayor captación de REP que provienen de huertas de aguacate con 323 439 ton registradas, lo cual representa 55% del total registrado por CESAEMICH, en segundo lugar, el CAT-02 que se encuentra en el municipio de Múgica con 260 809 ton que es 44% y en último lugar CAT-03 ubicado en Zitácuaro con 5269 ton solo representa 1% (Figura 7). Cabe mencionar que este último cuenta con una gran diferencia ya que la producción de aguacate en la zona es baja en comparación con otros municipios, además es el más nuevo y apenas se comienza con el programa de acopio de REP.

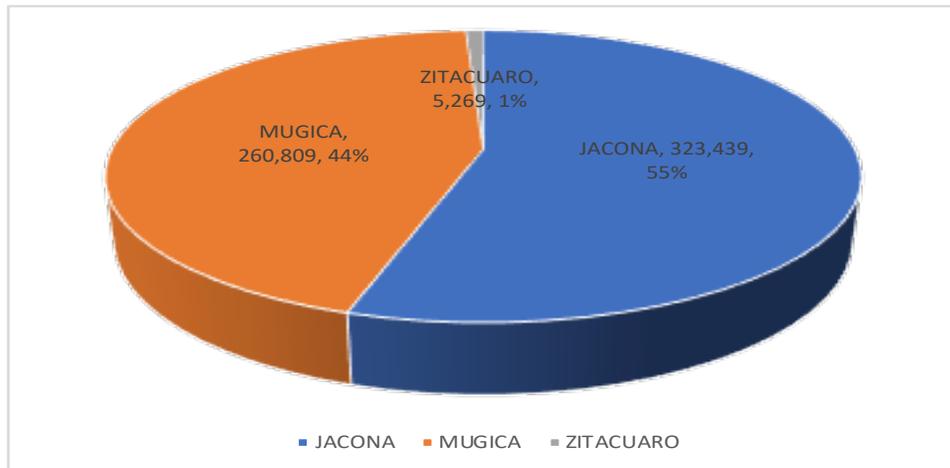


Figura 7. Cantidades totales y porcentajes de REP captados en los CAT de Michoacán durante los años 2020-2021

No solo se reciben residuos de envases plásticos en los CAT para su procesamiento, también llegan bolsas ya sean plásticas o de cartón principalmente y tapas. Estos son los tres grupos en los que se dividen los residuos que provienen de plaguicidas; de los tres grupos, la mayor cantidad es de los REP con 74% de los generados en las huertas, seguido de las bolsas con 23% y finalmente 3% de las tapas (Figura 8). Con la información recabada de los recorridos de campo, de la aplicación de la encuesta y del análisis de los datos, con base en la normatividad en materia de estos residuos, se propondrá un nuevo plan de manejo adecuado para la zona de estudio con el cual se puede aplicar a más zonas y tipos de cultivo para un mejor manejo de los residuos plásticos de los plaguicidas. La propuesta para establecer incentivos para promover la participación de los generadores, es la valorización energética de los residuos de los envases.

El proceso para la valorización energética de los residuos se seleccionó bajo los criterios de eficiencia y eficacia ambiental. La pirolisis y gasificación son los más viables de acuerdo con trabajos reportados en el tema. El ingreso de la venta de la energía generada

además de disminuir costos por pago de transporte, y tratamiento, disminuirá el impacto negativo de estos residuos en el ambiente y la salud de la población, como el ahorro económico del pago por tonelada de residuos que pagan los generadores con el plan de manejo actual.

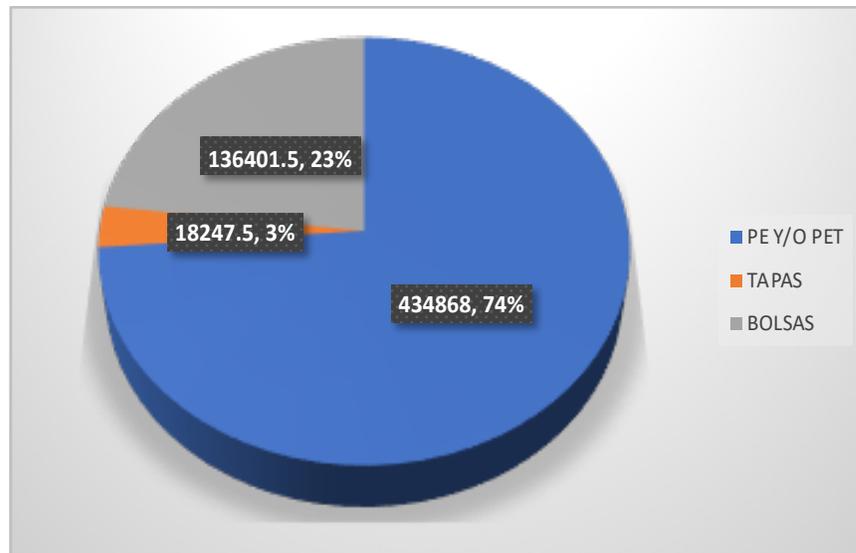


Figura 8. Cantidad total de Residuos de envases de plaguicidas provenientes del cultivo del aguacate recibidos en los CAT en el Estado de Michoacán en los años 2020-2021

Las huertas productoras son una parte muy importante en la generación de alimento a nivel mundial y por su naturaleza no se puede prescindir de ellas, muchas hectáreas de terreno se han visto transformadas para incorporar más huertas al paisaje, lo cual es necesario debido a la alta demanda de productos alimenticios a nivel mundial, entre ellos, México que tiene gran importancia por la producción de aguacate, razón por la que el presente estudio se ha enfocado en dichas huertas y por su alta demanda a nivel mundial requiere ser protegida o potenciada su producción. Para solucionar esto es necesario el uso de plaguicidas ya que por el alto costo tienen que idearse modos de su protección. Aún cuando los plaguicidas forman un papel crucial para la sustentabilidad de huertas productoras de alimentos, es necesario tener en cuenta el gran problema que generan los residuos de estos que por su naturaleza se clasifican como Residuos Peligrosos para

México, el alto uso de éstos productos genera gran cantidad de REP como se menciona en el estudio y hay un mal manejo de los mismos, lo que crea una gran problemática ambiental y de salud.

En este estudio se estimó la cantidad de REP que son captados anualmente en el estado de Michoacán, pero al igual que Marnasidis (2018), los datos obtenidos solo hacen referencia a lo recolectado por los CAT, ya que el valor puede ser mucho más alto, pero los generadores no realizan de manera correcta su tratamiento, y esta tendencia va en aumento por lo que si no se encuentra una manera más adecuada para su tratamiento final se creará una mayor problemática de contaminación ambiental porque esto no solo proviene de cultivos de aguacate sino de muchas otras producciones de cultivo alimenticio y ornamental.

Como se demostró en los resultados de este trabajo, la mayor producción de los REP es de plásticos (PET y HDPE) principalmente con 74% de lo generado en Michoacán que es registrado y tratado; aún no se sabe realmente cuánto se genera, por lo que se debe indagar más para reforzar la información que ya se tiene y realizar un plan de manejo más adecuado y un manejo de su disposición final más eficaz. Igual que Eras (2017), en el presente estudio se demostró que no se aplica el triple lavado que es una regla a nivel mundial para comenzar el procesamiento de los REP, ya que al contener aún remanentes de los productos, éstos pueden crear una mayor contaminación al mezclarse con varios productos, lo que provoca una fuente de riesgo.

Uno de los resultados más notorios e importante destacar es haber encontrado varios de los REP sin número de clasificación plástica, que por ley todos los plásticos deben traer para saber exactamente qué tipo de plástico es del que están hechos los contenedores y de esta manera poder separarlos, ya que al ser un Plástico diferente como es el caso de PET y HDPE su tratamiento es diferente, y muchos no tenían por los que los empleados del CAT los calificaban de una manera inadecuada y aunque estos REP solo representan el 5.5% del total encontrados, son toneladas en la producción anual.

9. CONCLUSIONES

El análisis de generación permitió encontrar envases sin etiqueta y sin código de identificación de plástico, lo cual indica un incumplimiento de la legislación mexicana y de acuerdos internacionales.

Los CAT cobran por tonelada de REP, los cuales deben cumplir con los requisitos especificados lo cual implica un costo económico a los agricultores.

El CAT no cuenta con las herramientas para revisar que los EP cumplan con los requisitos para su tratamiento adecuado ya que no es parte de las funciones del CAT y por la cantidad recibida es inviable realizarlo.

El tratamiento actual es la incineración de los envases que se acopian en los CAT, los cuales deben trasladarse a la planta cementera. Esto tiene un costo alto, que los agricultores no están dispuestos a pagar.

Es indispensable buscar alternativas de tratamiento para los REP, ya que por su uso no deben tratarse con las opciones utilizadas para este tipo de plásticos originados de otras fuentes de generación.

10. ABREVIATURAS Y ACRÓNIMOS

Centros de Acopio _____ (CA)

Centro de Acopio Primarios _____ (CAP)

Centros de Acopio Móvil _____ (CAM)

centros de acopio temporales _____ (CAT)

Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Michoacán _____ (CESAVEMICH)

Diario Oficial de la Federación _____ (DOF)

Instituto Nacional de Estadística y Geografía _____ (INEGI)

Manejo Integrado de Plagas _____ (MIP)

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación

y la Agricultura _____ (FAO)

Organización Mundial de la Salud _____ (OMS)

Plan de Manejo Para la Gestión Adecuada de los Residuos de los Envases

de Plaguicidas _____ (PMGAREP)

Plan de Manejo y Recolección de Envases Vacíos

de Plaguicidas _____ (PLAMREVP)

Residuos de Envases de Plaguicidas _____ (REP)

Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural _____ (SADER)

Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural _____ (SAGARPA)

Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales.

Naturales_____ (SEMARNAT)

Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y

Calidad Agroalimentaria_____ (SENASICA)

Unión Europea_____ (UE)

11. BIBLIOGRAFÍA

Las citas marcadas en verde significa que coinciden con las citas que están en el texto.

En el texto hay citas marcadas en azul, de algunas significa que no están registradas en la bibliografía y de otras, es necesario que las revise porque les hace falta información.

1. Loza H., A. "Situación Actual del Sistema Producto de Aguacate, DIRECCIÓN DE ESTUDIOS SOBRE SOBERANÍA ALIMENTARIA Y NUEVA RURALIDAD, Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria, Julio de 2015. <http://www.cedrssa.gob.mx/files/10/16Situaci%C3%B3n%20actual%20del%20sistema%20producto%20aguacate.pdf>. Recuperado: (10/08/2022)
2. Braga, M. , K., B., L. Ramos de O., A., Filassi, M., Elias, A. A., & A. Rodrigues, F. (2021). Reverse logistics of empty pesticide containers: solution or a problem?. *International Journal of Sustainable Engineering*, 14(6), 1451-1462.
3. Bustos, I. I. R., Martínez, V. L., López, P. J., Sánchez, D. G., Tejacal, I. A., León, I. R., ... & García, D. J. (2018). Identificación de envases vacíos de plaguicidas en plantaciones de nopal verdura, *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill. (*Cactaceae*), en Morelos, México. *Acta agrícola y pecuaria*, 4(1), 18-25.
4. Briassoulis, D., Hiskakis, M., Karasali, H., & Briassoulis, C. (2014). Design of a European agrochemical plastic packaging waste management scheme—Pilot implementation in Greece. *Resources, Conservation and Recycling*, 87, 72-88.
5. Cuadras-Valenzuela, M. B., & Arciniega-Galaviz, M. A. (2021). Propuesta de una economía circular para envases vacíos de agroquímicos. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 32(1), 166-174.
6. DOF (Diario Oficial de la Federación 04/10/2017). Norma Oficial Mexicana NOM-082-SAG-FITO/SSA1-2017. Límites máximos de residuos. Lineamientos técnicos y procedimiento de autorización y revisión.
7. DOF (Diario Oficial de la Federación 18/01/2021). Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos. Artículos 29-31. México. https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/263_180121.pdf Recuperado: (01/07/2022).

8. DOF (Diario Oficial de la Federación 13/04/2010). Norma Oficial Mexicana NOM-232-SSA1-2009, Plaguicidas: que establece los requisitos del envase, embalaje y etiquetado de productos grado técnico y para uso agrícola, forestal, pecuario, jardinería, urbano, industrial y doméstico. [https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5242199&fecha=04/04/2012#gsc.tab=0](https://www.dof.gob.mx/normasOficiales/4020/salud/salud.htm#:~:text=industrial%20y%20dom%C3%A9stico-.NORMA%20Oficial%20Mexicana%20NOM%2D232%2DSSA1%2D2009%2C%20Plaguicidas,que%20dice%3A%20Estados%20Unidos%20Mexicanos. Recuperado: (01/07/2022).9. DOF (Diario Oficial de la Federación 04/04/2012). Modificación de los numerales 4.1.8, 6.2.7, 6.3.7, 8.2.7, la Tabla 1 y los numerales 6.2.1.3. y 6.3.2 del Anexo Normativo 1, de la Norma Oficial Mexicana NOM-232-SSA1-2009, Plaguicidas: que establece los requisitos del envase, embalaje y etiquetado de productos grado técnico y para uso agrícola, forestal, pecuario, jardinería, urbano, industrial y doméstico, publicada el 13 de abril de 2010. <a href=) Recuperado: (02/07/2022).
10. DOF (Diario Oficial de la Federación (01/02/2013). Norma Oficial Mexicana NOM-161-SEMARNAT-2011, que establece los criterios para clasificar a los residuos de manejo especial y determinar cuáles están sujetos a plan de manejo; el listado de los mismos, el procedimiento para la inclusión o exclusión a dicho listado; así como los elementos y procedimientos para la formulación de los planes de manejo. <https://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/6633/1/nom-161-semarnat-2011.pdf> Recuperado (01/07/2022).
11. DOF (Diario Oficial de la Federación 11/05/2022). Ley Federal de Sanidad Vegetal. México <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LFSV.pdf> Recuperado (05/07/2022).
12. Eras, J., Costa, J., Vilaró, F., Pelacho, A. M., Canela-Garayoa, R., & Martin-Closas, L. (2017). Prevalence of pesticides in postconsumer agrochemical polymeric packaging. *Science of the total environment*, 580, 1530-1538.

13. Escaleras M., J. C. (2016-08). *Tesis*. Recuperado a partir de <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/15280>
14. FAO (Organización Mundial de la Salud y Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura), F. A. O. S. T. A. T. (2008). Food and agriculture organization of the United Nations. *Retrieved on, 15*.
15. FAO/OMS (Organización Mundial de la Salud). 2010. Manual sobre la elaboración y uso de las especificaciones de la FAO y la MS. Abril 2017, tercera revisión de la primera edición. Roma, Recuperado a partir <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/259820/WHO-HTM-NTD-WHOPES-2016.4-spa.pdf?sequence=1&isAllowed=y>, septiembre del 2022.
16. Galaviz, M. A. A. (2022). Disposición de envases vacíos de plaguicidas generados en actividades agrícolas en Ahome, Sinaloa. *Exploratoris: Revista de la Realidad Global*. Vol. 11, No.1, ISSN 2153-3318.
17. Garbounis, G., Karasali, H., & Komilis, D. (2022). A Life Cycle Analysis to Optimally Manage Wasted Plastic Pesticide Containers. *Sustainability*, 14(14), 8405.
18. Grafström, J. & Aasma, Siri. (2021). Breaking Circular Economy Barriers. *Journal of Cleaner Production*. 292. 126002. 10.1016/j.jclepro.2021.126002.
19. Harrison P. 2002. Agricultura mundial: hacia los años 2015/2030. Informe resumido.
20. Huici, O., Skovgaard, M., Condarco, G., Jørs, E., & Jensen, O. C. (2017). Management of empty pesticide containers a study of practices in Santa Cruz, Bolivia. *Environmental Health Insights*, 11, 1178630217716917.
21. INEEC (Instituto Nacional de Ecología). (2007). Obtenido de Programa Nacional de Recolección de Envases Vacíos de Plaguicidas: <http://www2.inecc.gob.mx/>
22. INEGI (Instituto Nacional de Geografía e Informática). 2012. Importancia y distribución de los cultivos perennes en los Estados Unidos Mexicanos: Censo Agropecuario 2007/ Instituto Nacional de Estadística y Geografía, Universidad de Guadalajara. México.
23. INEGI <https://www.inegi.org.mx/app/mapas/?t=0710000000000000&tg=3604> Recuperado (14/07/2022).

24. Inter-Organization Programme for the Sound Management of Chemicals, & World Health Organization. (2010). *WHO Recommended Classification of Pesticides by Hazard and Guidelines to Classification 2009*. World Health Organization.
25. Kehoe, L., Kuemmerle, T., Meyer, C., Levers, C., Václavík, T., & Kreft, H. (2015). Global patterns of agricultural land-use intensity and vertebrate diversity. *Diversity and Distributions*, 21(11), 1308-1318.
26. Kovach, J., Petzoldt, C., Degni, J., & Tette, J. (1992). A method to measure the environmental impact of pesticides.
27. Li, B., Xu, C., Zhu, Z. y Kong, F. (2022). Cómo animar a los agricultores a reciclar los residuos de envases de plaguicidas: subvenciones frente a normas sociales. *Diario de Producción más Limpia* , 367 , 133016.
28. Marnasidis, S., Stamatelatu, K., Verikouki, E., & Kazantzis, K. (2018). Assessment of the generation of empty pesticide containers in agricultural areas. *Journal of environmental management*, 224, 37-48.
29. Marques, M. D., Martínez, M. P., Junior, S. S. B., Cataneo, P. F., & da Silva, D. (2017). Logística inversa de envases de plaguicidas: percepción de los pequeños y medianos productores agrícolas. *Exacta*,—15(2), 353-368. DOI: 10.5585/ExactaEP.v15n2.7170
30. Mohammad, N., Abidin, EZ, How, V., Praveena, SM y Hashim, Z. (2018). Enfoque de gestión de pesticidas para proteger la seguridad y la salud de los agricultores en el sudeste asiático. *Reseñas sobre salud ambiental* , 33 (2), 123-134.
31. Morante A., L. O. (2019). Beneficios de un plan de gestión de residuos agrícolas en los cultivos de arroz y algodón, en el instituto de desarrollo agrario de Lambayeque—Idal.
32. OMS y FAO. (2015) Código Internacional de Conducta para la Gestión de Plaguicidas. 80 pag. ISBN 978-92-5-308548-4 (edición impresa), ISBN 978-92-5-308549-0 (PDF). En línea: <https://www.fao.org/3/I3604S/i3604s.pdf> Recuperado: 11/07/2022.
33. Plenge-Tellechea, F., Sierra-Fonseca, J. A., & Castillo-Sosa, Y. A. (2018). Riesgos a la salud humana causados por plaguicidas. *TECNOCENCIA Chihuahua*, 1(3), 4-

6. Recuperado a partir de <https://vocero.uach.mx/index.php/tecnociencia/article/view/55>
34. Plenge-Tellechea, F., Sierra-Fonseca, J. A., & Castillo-Sosa, Y. A. (2007). Riesgos a la salud humana causados por plaguicidas. *Tecnociencia Chihuahua*, 1(3), 4-6.
35. Prieto V., D. (2018). Causas y consecuencias de las problemáticas actuales en la gestión de envases plaguicidas de uso agrícola en Cundinamarca. Tesis de Especialista en Gestión Ambiental. Fundación Universidad de América. En línea <https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/6919/1/5121873-2018-II-GA.pdf> Recuperado: 03/07/2022.
36. RStudio Team (2020). RStudio: Integrated Development for R. RStudio, PBC, Boston, MA URL <http://www.rstudio.com/>
37. SAGARPA (anotar significado). (2013). Programa Nacional de Recolección en envases vacíos de agroquímicos y afines. México.
38. SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). Año. Dirección General de Gestión Integral de Materiales y Actividades Riesgosas. Luis Eduardo de Ávila Rueda. Situación Actual de los Envases Vacíos de Plaguicidas. En línea <https://siiba.conadesuca.gob.mx/siica/Consulta/verDoc.aspx?num=202> Recuperado: 03/07/2022.
39. SADER, y SENASICA (2019). (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, y Servicio Nacional de Sanidad Inocuidad y Calidad Agroalimentaria). (2019). Manual para el buen uso y manejo de plaguicidas en campo. 1a Edición. 80 pág. En línea: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/452645/MANUAL_PARA_EL_BUEN_USO_Y_MANEJO_DE_PLAGUICIDAS_EN_CAMPO.pdf Recuperado (02 /07/2022)
40. SENASICA. (Noviembre de 2012). Obtenido de la Actualización de los términos de Referencia para la operación del Programa Nacional de recolección de envases vacíos de Agroquímicos: www.senasica.gob.mx
41. Schmidt, M. A., & López, V. T. (2018). Agronegocio, impactos ambientales y conflictos por el uso de agroquímicos en el norte argentino. *Revista Kavilando*, 10(1), 162-179.

42. Sociedad de la Industria de Plásticos (SPI) (1988). Código de Identificación de Plástico. <https://www.reciclajemapres.com/post/como-identificar-el-pl%C3%A1stico> Recuperado (14/07/2022)
43. Soria, L. (2000). CENAPRED (anotar el significado). Obtenido de Evaluación de la generación de envases agroquímicos en una región del Edo. de Morelos: <http://www.bvsde.paho.org/>
44. Suárez-Eiroa, B. -& Fernández, E. & Martínez, G.. (2021). Integration of the circular economy paradigm under the just and safe operating space narrative: Twelve operational principles based on circularity, sustainability and resilience. *Journal of Cleaner Production*. 322. 129071. 10.1016/j.jclepro.2021.129071.
45. Vargas-González, G., Alvarez-Reyna, V. D. P., Guigón-López, C., Cano-Ríos, P., & García-Carrillo, M. (2019). Impacto ambiental por uso de plaguicidas en tres áreas de producción de melón en la Comarca Lagunera, México. *CienciaUAT*, 13(2), 113-127.
46. WOLANSKY, M., (2011). Plaguicidas y Salud Humana. Vinculadas a la Agricultura, UBA-Conicet abril-mayo de 2011 Vol. 21. No. 122, 24
47. Xu, X., Zhang, Z., Kuang, Y., Li, C., Sun, M., Zhang, L., & Chang, D. (2021). Waste pesticide bottles disposal in rural China: Policy constraints and smallholder farmers' behavior. *Journal of Cleaner Production*, 316, 128385.