
Plaguicidas de uso doméstico y profesional que se comercializan en la Ciudad de Guatemala: situación actual del etiquetado y registro sanitario

Melanie Paola Payes Herrarte



UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ciencias y Humanidades



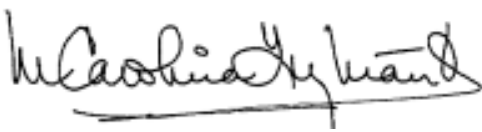
Plaguicidas de uso doméstico y profesional que se comercializan
en la Ciudad de Guatemala: situación actual del etiquetado y
registro sanitario

Trabajo de graduación presentado por Melanie Paola Payes Herrarte para
optar al grado académico de Licenciada en Química Farmacéutica

Guatemala,

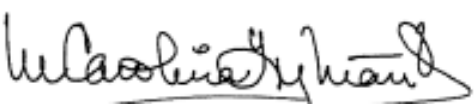
2025

Vo. Bo. :

(f) 

MSc. Miriam Carolina Guzmán Quilo
Asesora

Tribunal examinador:

(f) 

MSc. Miriam Carolina Guzmán Quilo
Asesora

(f) 

PhD. Krisztina Ríos-Gonzales
Revisora

(f) 
Dr. Efigio Rolando López García
Director
Departamento de Química Farmacéutica

Fecha de aprobación del examen de graduación: Guatemala, 05 de diciembre de 2025.

Prefacio

Ante todo, agradezco a Dios, por su guía constante, por bendecirme con salud, fortaleza y sabiduría, y por acompañarme con amor en cada paso de este camino. Su presencia ha sido mi apoyo más firme, dándome la serenidad para continuar aun en los momentos más desafiantes y la certeza de que todo esfuerzo vale la pena.

A mi padre, Byron Rolando Payes Ortiz, por ser mi ejemplo más grande de dedicación, esfuerzo y amor incondicional. Gracias por estar siempre a mi lado, por su apoyo en cada etapa de mi vida, por motivarme a dar lo mejor de mí y recordarme que con constancia y fe todo es posible. Has sido mi soporte diario, quien ha compartido conmigo los días largos, las desveladas y las metas cumplidas. Este logro no habría sido posible sin ti.

A mi madre, Lidia Azucena Herrarte Morales, por su cariño infinito, por acompañarme en las visitas a los establecimientos del área informal y por brindarme siempre sus consejos, su tiempo y su apoyo incondicional. Gracias por ser un ejemplo de fortaleza y sensibilidad, y por enseñarme el valor del esfuerzo, la empatía y la perseverancia.

A mis hermanos, Dr. Saúl Payes y Jose Payes, por su amor, alegría y compañía constante. Cada palabra de ánimo, cada sonrisa y cada muestra de cariño fueron una fuente de motivación durante este proceso. A mi tía, Rina Lorena Payes Ortiz, por su confianza y por transmitirme seguridad en mi tema, animándome a defenderlo con convicción y orgullo.

A mi novio, Gerber Ramos, por su amor, paciencia y compañía inquebrantable. Gracias por acompañarme en las visitas a los establecimientos formales, por tu ayuda y por estar a mi lado en todo momento, impulsándome a seguir adelante con cariño, comprensión y apoyo sincero.

A mi perrita Holly, por ser mi fiel compañera de desvelos y largas horas de estudio. Su compañía silenciosa y su ternura constante hicieron más llevadero este proceso, convirtiéndose en una fuente de calma y alegría.

A mis amigas, quienes han sido un pilar fundamental en esta etapa de mi vida. Gracias por motivarme a continuar cuando el cansancio y la incertidumbre aparecían; por

recordarme con sus palabras y acciones que soy capaz de lograr todo lo que me proponga, y por acompañarme con cariño. Su compañía, sus consejos y su amistad sincera me impulsaron a mantenerme organizada y celebrar cada pequeño avance como un gran logro. Este proceso no habría sido el mismo sin ustedes; cada una forma parte de este logro tanto como yo.

A la Universidad del Valle de Guatemala, por brindarme la oportunidad de formarme en el ámbito profesional y humano, así como a mis docentes, quienes con su conocimiento y ejemplo despertaron en mí el interés por la investigación científica y la mejora continua.

A mi asesora de tesis, M. Sc. Miriam Carolina Guzmán Quilo, por su guía constante, dedicación, paciencia y acompañamiento. Gracias por creer en mi tema, por orientarme con profesionalismo y por ser una inspiración académica y personal. A mi revisora, PhD. Krisztina Ríos-Gonzales, por sus valiosos aportes y observaciones precisas, así como por fortalecer cada parte de este trabajo con su experiencia y compromiso. Agradezco también al Dr. Elfego Rolando López por su guía, responsabilidad y apoyo durante mi formación universitaria, y por fomentar en mí la disciplina y la excelencia académica.

Extiendo mi más sincero agradecimiento a la Dra. María Eugenia Paz, por su disposición y tiempo para resolver mis dudas durante el desarrollo de la tesis, y al Dr. Juan Carlos Quijano, por su apoyo y orientación en el análisis estadístico, los cuales fueron clave para consolidar los resultados de esta investigación.

Extiendo mi agradecimiento a quienes participaron en la validación de la herramienta de evaluación, cuya experiencia y aportes fueron esenciales para su confiabilidad: Lcda. Ingrid Martínez, Dr. Alexander Pineda (Director de la Dirección del Sistema Nacional de la Calidad del Ministerio de Economía), Mgter. Archila (Sistema Nacional de la Calidad), M. Sc. Miriam Carolina Guzmán Quilo y PhD. Krisztina Ríos-Gonzales.

Por último, a todas las personas que, de una u otra forma, me acompañaron en este camino: familiares, amigos, docentes y seres queridos. Cada palabra de apoyo, cada gesto de cariño y cada momento compartido hicieron posible alcanzar esta meta que hoy marca el cierre de una etapa y el inicio de nuevos sueños. A todos, con el corazón lleno de gratitud, gracias.

Índice general

Prefacio	i
Índice general	iii
Índice de figuras	v
Índice de cuadros	vi
Resumen	vii
Abstract	viii
1. Introducción	1
2. Marco conceptual	3
2.1. Antecedentes del problema	3
2.2. Justificación	7
2.3. Planteamiento del problema	9
2.4. Alcance y limitantes del problema	9
3. Marco teórico	10
3.1. Plaguicidas	10
3.2. Mecanismo de acción	13
3.3. Clasificación de plaguicidas	17
3.4. Toxicología de los plaguicidas	23
3.5. Clasificación por sus efectos en el ambiente	27
3.6. Impacto del uso inadecuado de plaguicidas en el ambiente	29
3.7. Legislación y normativas	30
3.8. Comercialización de plaguicidas en comercios informales	32
4. Marco metodológico	35
4.1. Objetivos	35
4.2. Hipótesis	35
4.3. Variables	36
4.4. Población	36

4.5.	Muestra	37
4.6.	Criterios de inclusión	37
4.7.	Criterios de exclusión	37
4.8.	Procedimiento	38
4.9.	Diseño de investigación	39
4.10.	Análisis estadístico.....	40
5.	Marco operativo	42
5.1.	Recolección y tratamiento de datos	42
5.2.	Recursos	42
6.	Resultados	44
7.	Discusión.....	56
8.	Conclusiones	64
9.	Recomendaciones	66
10.	Referencias.....	67
11.	Anexos	73
11.1.	Información de etiquetado obligatorio.....	73
11.2.	Instrumento de evaluación.....	75
11.3.	Diagrama.....	78
11.4.	Datos originales	79
11.3.	Póster informativo	81
12.	Glosario	82

Índice de figuras

Figura 1. Diagrama del proceso de distribución de plaguicidas en sistemas bióticos y abióticos.	28
Figura 2. Tipos de plaguicidas encontradas en supermercados	45
Figura 3. Tipos de plaguicidas encontradas en mercados	46
Figura 4. Cumplimiento de número de registro en plaguicidas	46
Figura 5. Presentaciones de plaguicidas encontradas en supermercados.....	47
Figura 6. Presentaciones de plaguicidas encontradas en mercados	47
Figura 7. Tipo de empaque encontrados en los establecimientos	48
Figura 8. Porcentaje de cumplimiento de información general en etiquetado.....	48
Figura 9. Porcentaje de cumplimiento de información de fabricante y distribución en etiquetado	49
Figura 10. Porcentaje de cumplimiento de información de advertencias y precauciones de seguridad en etiquetado.....	49
Figura 11. Porcentaje de cumplimiento de información de aplicación y almacenamiento del envase en etiquetado de plaguicidas	50
Figura 12. Porcentaje de cumplimiento de información de uso seguro en etiquetado de plaguicidas	51
Figura 13. Cumplimiento general del etiquetado de plaguicidas.....	51
Figura 14. Principios activos en plaguicidas comercializados en supermercados.....	52
Figura 15. Principios activos en plaguicidas comercializados en mercados.....	53
Figura 16. Clasificación toxicológica de la Organización Mundial de la Salud.....	73
Figura 17. Pictogramas de peligro obligatorios en el etiquetado de plaguicidas de uso profesional según el RTCA 65.03.57:10.	73
Figura 18. Pictogramas de precaución y advertencia en el etiquetado de plaguicidas de uso profesional según el RTCA 65.03.57:10	74
Figura 19. Diagrama de procedimiento	78
Figura 20. Póster informativo para difundir en redes sociales.....	81

Índice de cuadros

Cuadro 1. Clasificación de plaguicidas según el organismo que controlan.....	19
Cuadro 2. Tipos de insecticidas	20
Cuadro 3. Clasificación de toxicidad según la OMS	21
Cuadro 4. Efectos tóxicos agudos por plaguicidas	25
Cuadro 5. Efectos tóxicos crónicos por plaguicidas	26
Cuadro 6. Aspectos económicos para trabajo de investigación	43
Cuadro 7. Cantidad de plaguicidas evaluados en puntos de venta	44
Cuadro 8. Condiciones de almacenamiento de plaguicidas observadas en supermercados y mercados de la Ciudad de Guatemala	44
Cuadro 9. Prueba de chi-cuadrado de independencia aplicada al cumplimiento del etiquetado de plaguicidas en supermercados y mercados	52
Cuadro 10. Principios activos identificados en etiquetas de plaguicidas comercializados en mercados y supermercados	53
Cuadro 11. Comercialización de plaguicida agrícola en punto de venta no autorizado	55
Cuadro 12. Instrumento de evaluación de plaguicidas	75
Cuadro 13. Datos observados del etiquetado de plaguicidas en supermercados y mercados	79
Cuadro 14. Frecuencias esperadas según el modelo chi-cuadrado sobre el etiquetado de plaguicidas en supermercados y mercados	79
Cuadro 15. Componentes del cálculo del estadístico χ^2	80

Resumen

Los plaguicidas son compuestos químicos utilizados para el control de plagas, cuyo manejo inadecuado puede generar riesgos para la salud y el ambiente. En Guatemala, el Reglamento Técnico Centroamericano (RTCA) 65.03.57:10, regula los plaguicidas de uso doméstico y profesional. Sin embargo, la información sobre su cumplimiento en los distintos canales de comercialización es limitada.

El presente estudio tuvo como finalidad elaborar un diagnóstico del grado de cumplimiento del etiquetado y registro sanitario de plaguicidas comercializados en la Ciudad de Guatemala, mediante la comparación entre establecimientos formales e informales, es decir, supermercados y mercados. Para ello, se aplicó una herramienta de evaluación basada en los criterios del RTCA a un total de 59 productos.

Los resultados evidenciaron diferencias significativas entre ambos canales. En supermercados, el 85 % de los productos presentó etiquetas completas y el 100 % contaba con registro sanitario, reflejando un alto nivel de cumplimiento. En mercados, solo el 28 % cumplió con los requisitos, mientras que el 72 % carecía de información obligatoria, incrementando el riesgo para el consumidor.

La prueba de chi-cuadrado ($\chi^2[1, N = 44] = 14.52, p = 0.00014$) confirmó una relación significativa entre el tipo de establecimiento y el cumplimiento normativo, rechazándose la hipótesis nula. Además, se documentó la venta ilegal de un plaguicida agrícola en un mercado urbano. Se concluye que el comercio informal concentra mayores incumplimientos, evidenciando la necesidad de fortalecer la vigilancia sanitaria y la capacitación de los comerciantes.

Palabras clave: plaguicida, etiquetado, establecimientos, diagnóstico, incumplimiento.

Abstract

Pesticides are chemical compounds used for pest control, whose improper handling may pose risks to human health and the environment. In Guatemala, Central American Technical Regulation (RTCA) 65.03.57:10, regulates household and professional-use pesticides. However, information regarding compliance across different marketing channels remains limited.

This study aimed to develop a diagnosis of the level of compliance with labeling and sanitary registration requirements for pesticides marketed in Guatemala City by comparing formal and informal establishments, specifically supermarkets and markets. To achieve this, an evaluation tool based on the criteria established in the RTCA was applied to a total of 59 products.

The results revealed significant differences between both channels. In supermarkets, 85 % of the products had complete labels and 100 % had sanitary registration, reflecting a high level of compliance. In markets, only 28 % complied with the requirements, on the other hand, 72 % lacked mandatory information, increasing the risk to consumers.

The chi-square test ($\chi^2[1, N = 44] = 14.52, p = 0.00014$) confirmed a significant relationship between the type of establishment and regulatory compliance, leading to the rejection of the null hypothesis. In addition, the illegal sale of an agricultural pesticide in an urban market was documented.

It is concluded that informal trade concentrates the highest level of regulatory noncompliance, highlighting the need to strengthen sanitary surveillance and merchant training to protect consumer health and the environment.

Keyword: pesticide, labeling, establishments, diagnosis, noncompliance.

1. Introducción

La comercialización de plaguicidas representa un desafío para la salud pública y la sostenibilidad ambiental. A pesar de la existencia de normativas nacionales y regionales como el RTCA 65.03.57:10, Plaguicidas de uso doméstico y profesional: requisitos de etiquetado, en Guatemala, el monitoreo en los puntos de venta sigue siendo limitado (RTCA, 2010). Esta situación se ve agravada en los mercados informales. Por ello, es necesario analizar el estado actual del etiquetado y el cumplimiento del registro sanitario de plaguicidas en el mercado guatemalteco. La correcta información al consumidor es clave para la prevención de daños a la salud y el ambiente (Asela, 2014).

Diversas investigaciones han documentado los efectos negativos de los plaguicidas mal manejados, lo que incluye intoxicaciones agudas y crónicas, y contaminación ambiental persistente (Asela, 2014). Estudios nacionales e internacionales resaltan que los productos sin etiquetado adecuado o con información incompleta representan un riesgo mayor para poblaciones vulnerables. En Guatemala, se han ratificado los convenios internacionales como el de Rotterdam y el de Estocolmo para mejorar el control de sustancias químicas peligrosas (Convenio de Estocolmo, 2010; Convenio de Rotterdam, 2017). A pesar de la implementación de estas medidas, se siguen enfrentando obstáculos, pues la falta de inspección en mercados populares y la venta de productos de contrabando continúan siendo problemáticas frecuentes. En este contexto, resulta importante fortalecer los mecanismos de vigilancia y regulación en los puntos de comercialización (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2011)

Los plaguicidas, aunque son necesarios para el control de plagas y enfermedades, pueden convertirse en amenazas cuando no se utilizan de forma adecuada. Su registro sanitario constituye un aspecto crítico que garantiza su legalidad y seguridad. Este procedimiento valida que un producto haya pasado por evaluaciones técnicas y toxicológicas antes de ser comercializado. Sin este control, es posible que productos peligrosos circulen de forma no controlada en el mercado (FAO, 2011). En Guatemala, el comercio ilegal representa una parte importante del mercado agrícola, con un 12 % ocupado por agroquímicos ilegales, según la Asociación del Gremio Químico Agrícola (2018). Esto genera pérdidas económicas y riesgos para el consumidor, según la Cámara Guatemalteca

de Alimentos y Bebidas y la Superintendencia de Administración Tributaria (SAT) (Cámara Guatemalteca de Alimentos y Bebidas [CGAB], 2021). La presencia de marcas sin origen definido o sin autorización oficial ha sido documentada en varias ocasiones (FAO, 2011).

El etiquetado constituye otro aspecto importante en la regulación de plaguicidas, ya que proporciona información sobre la toxicidad, el uso seguro y las medidas de precaución, lo que permite un manejo responsable. La normativa vigente exige datos específicos en las etiquetas, como pictogramas, frases de advertencia, composición química y dosis recomendada. Sin embargo, existen productos comercializados que no cumplen estos requisitos. Esto puede causar daños a los usuarios y el entorno, en especial, en zonas urbanas con alta densidad de población. Evaluar el cumplimiento del etiquetado es una medida esencial para reducir estos riesgos (Cámara de Insumos Agropecuarios y Forestales [CIAFA], 2018).

El presente estudio tuvo como finalidad evaluar el cumplimiento de las normativas técnicas respecto al registro sanitario y etiquetado en plaguicidas comercializados en la Ciudad de Guatemala. Se buscó identificar irregularidades, clasificar los productos según su uso y generar evidencia para fortalecer las acciones de control. A través de visitas de campo y análisis documental, se analizó si los productos cumplen con los estándares establecidos. Los resultados permiten proponer mejoras en el control y la educación del consumidor. Con ello, se espera contribuir a la reducción de riesgos asociados al uso inadecuado de plaguicidas.

2. Marco conceptual

2.1. Antecedentes del problema

En las últimas décadas, la evaluación de los plaguicidas ha adquirido una relevancia creciente dentro de los sistemas de salud pública y protección ambiental. Diversas investigaciones han evidenciado que la exposición a estos productos, en especial cuando no cumplen con los requisitos de registro sanitario y etiquetado establecidos, puede generar efectos adversos significativos en la salud humana y el entorno ecológico. Esta problemática se agrava en contextos donde los canales de comercialización carecen de control regulatorio, como ocurre con frecuencia en los mercados. Por ello, que múltiples países han fortalecido sus marcos normativos y estrategias de vigilancia, promoviendo el uso responsable de plaguicidas y la aplicación rigurosa de las normativas técnicas (FAO y OMS, 2022).

En este sentido, uno de los instrumentos más relevantes en la gestión responsable de plaguicidas es el Código Internacional de Conducta en relación con la Gestión de Plaguicidas, desarrollado por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) y la Organización Mundial de la Salud (OMS). Este código establece directrices voluntarias dirigidas a gobiernos, industria y otros actores clave, para asegurar un manejo seguro y sostenible de estos productos a lo largo de su ciclo de vida. En su versión revisada de 2022, se publicó la Guía referente a Buenas Prácticas de Etiquetado de Plaguicidas, que busca apoyar a las autoridades reguladoras, en particular de países en desarrollo que aún no han establecido de manera eficaz esquemas regulatorios en el diseño de etiquetas claras, legibles y completas. La correcta rotulación es vital para minimizar riesgos a la salud humana y al ambiente en contextos donde el uso de estos productos se da sin supervisión técnica. Aunque el Código de Conducta de la FAO constituye un marco de referencia internacional de carácter voluntario, en Guatemala prevalece el RTCA por su obligatoriedad y fuerza legal, mientras que la Guía de Buenas Prácticas complementa su aplicación como instrumento técnico de orientación (FAO y OMS, 2022).

El Convenio de Rotterdam que incluye el Procedimiento de Consentimiento Fundamentado Previo, adoptado en 1998 y en vigor desde 2004, se establece un mecanismo mediante el cual los países deben otorgar su consentimiento antes de importar ciertos productos químicos y plaguicidas peligrosos. El Convenio abarca 39 productos químicos, de los cuales 24 son plaguicidas, incluyendo 4 formulaciones de plaguicidas muy peligrosas, y 11 son productos químicos industriales. En Guatemala se ratificó el Convenio de Rotterdam en el 2009, mediante el Decreto No. 33-2009 del Congreso de la República, fortaleciendo así su marco legal en relación con el comercio de sustancias químicas peligrosas. De esta manera, las autoridades nacionales deben ser notificadas y aprobar antes de la importación de ciertos plaguicidas enlistados en el convenio. La implementación de este tratado permite al país mejorar su control respecto a los productos que ingresan a su territorio, en particular aquellos que representan altos riesgos para la salud pública. También fomenta la transparencia y la cooperación internacional en el intercambio de información de productos restringidos (Convenio de Rotterdam, 2017).

El Convenio de Estocolmo referente a Contaminantes Orgánicos Persistentes (COP), adoptado en 2001, establece compromisos internacionales para eliminar o restringir plaguicidas muy tóxicos y persistentes como el DDT, el aldrín y el lindano, en la actualidad estas sustancias corresponden a 28 compuestos que presentan riesgos significativos debido a su capacidad para persistir en el ambiente, bioacumularse en los organismos y causar efectos adversos en la salud humana. En Guatemala se firmó el Convenio de Estocolmo el 29 de enero del 2002 y lo ratificó el 30 de julio del 2008, entrando en vigor en octubre de ese mismo año. Desde entonces, el país ha elaborado planes nacionales que contemplan la eliminación progresiva de plaguicidas incluidos en la lista de COPs. Estos planes incluyen inventarios de existencias, disposiciones para su destrucción segura, y la promoción de alternativas menos riesgosas. El Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN) ha coordinado esfuerzos interinstitucionales para reforzar el control del uso y comercialización de estas sustancias en el territorio nacional (Convenio de Estocolmo, 2010).

El Centro de Información y Asesoría Toxicológica (CIAT), perteneciente al Departamento de Toxicología, de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala es una institución que brinda información especializada respecto a intoxicaciones y riesgos tóxicos, incluyendo los ocasionados por plaguicidas. Su función contribuye de manera significativa a la vigilancia y prevención de intoxicaciones por plaguicidas, así como a la educación de la población en el manejo seguro de estas sustancias (CIAT, 2025).

El Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social por su parte, en el Departamento de Epidemiología desarrolla la labor de vigilancia epidemiológica de plaguicidas y junto con otras instancias como el Dirección del Laboratorio Nacional de Salud (DLNS), el Departamento de Regulación y Control de Productos Farmacéuticos y Afines (DRCPFA), el Departamento de Atención a las Enfermedades Transmitidas por Vectores, el Departamento de los Programas de Salud y Ambiente, la Organización Panamericanas de la Salud (OPS-OMS) y el Departamento de Toxicología antes mencionado, conforman la Comisión de Plaguicidas del Ministerio de Salud, ente encargado de asesorar en el proceso de gestiones, registros y monitoreo de establecimientos y productos relacionados a plaguicidas (Acuerdo 014, 2022; DRCPFA, 2021).

Desde el año 2019, en el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA) se regulan los procesos para los plaguicidas de uso agrícola y los ingredientes activos grado técnico, inició un proceso de unificación de criterios en el etiquetado de plaguicidas en Centroamérica. Esta iniciativa busca agilizar los procesos aduaneros y familiarizar a los consumidores mediante el uso de etiquetas uniformes en la región, que incluyen pictogramas, categoría toxicológica, colores, símbolos, frases de advertencia e indicaciones. Este esfuerzo regional es un paso significativo hacia la estandarización de normativas en plaguicidas (MAGA, 2019).

Además, la investigación desarrollada por Berta Sam Colop en la Universidad del Valle de Guatemala, titulada *Intoxicación aguda por plaguicidas en Guatemala: análisis de la vigilancia epidemiológica del 2008 al 2009*, se centra en el análisis de los casos reportados por los servicios de salud relacionados con intoxicaciones por plaguicidas. El estudio revela que estas intoxicaciones agudas, tanto accidentales como intencionales, son

un problema persistente en el país, afectando en particular a poblaciones rurales, con una alta incidencia en departamentos como Quiché, Alta Verapaz y Petén. Se destaca que la mayoría de los casos ocurre por contacto con plaguicidas agrícolas, sin que exista un control estricto respecto a su acceso o distribución. Además, se identifica una necesidad urgente de mejorar los sistemas de vigilancia epidemiológica y de fortalecer las campañas de prevención a nivel nacional (Colop, 2013).

De igual forma, en 2010 se oficializó el Reglamento Técnico Centroamericano (RTCA) 65.03.57:10, *Plaguicidas de uso doméstico y profesional: requisitos de etiquetado*, que establece los requisitos de etiquetado para plaguicidas de uso doméstico y profesional. Este reglamento busca armonizar las normativas en la región, facilitando el comercio y asegurando la protección del consumidor. Incluye especificaciones referente a pictogramas, frases de advertencia, y clasificación toxicológica. La implementación de este reglamento es esencial para garantizar que los productos en el mercado cumplan con estándares de seguridad. Su adopción por Guatemala fortaleció el marco regulatorio existente (RTCA, 2010).

En 2006, Marvin Estuardo Alfaro López publicó su tesis acerca de un manual de efectos acumulativos en la salud y el ambiente por el uso de plaguicidas en la agroindustria guatemalteca. En este se recopiló información científica y experiencias del país sobre el impacto del uso intensivo de estos productos. En él se advierte que el uso prolongado de plaguicidas, en especial sin un etiquetado claro o sin un registro sanitario actualizado, puede generar consecuencias negativas como enfermedades crónicas, daño genético y alteraciones neurológicas. También se aborda la contaminación de los ecosistemas por residuos químicos, situación agravada por el incumplimiento de normativas técnicas. El documento hace énfasis en que el cumplimiento riguroso de los requisitos de etiquetado puede contribuir a la prevención de estos efectos, tanto en salud humana como en el ambiente (Alfaro, 2006).

En el año 2003, se aprobó el Acuerdo Gubernativo No. 480-2003 que establece la Norma Guatemalteca Obligatoria COGUANOR para el etiquetado de plaguicidas de uso doméstico e industrial. Esta normativa define los requisitos mínimos que deben cumplir las etiquetas, incluyendo información acerca de la composición, instrucciones de uso y

advertencias de seguridad. Su objetivo es garantizar que los usuarios cuenten con información clara y precisa para el manejo seguro de estos productos. La implementación de esta norma busca reducir riesgos para la salud humana y el medio ambiente (Acuerdo Gubernativo 480-2003, 2003).

2.2. Justificación

De acuerdo con Brenes Madriz (2017), el comercio ilegal de plaguicidas representa un riesgo para la salud humana y el medio ambiente, al introducir en el mercado productos que incumplen los requerimientos de etiquetado o falsificados, cuya composición puede ser desconocida, generando efectos adversos en los ecosistemas, la seguridad alimentaria y la salud de las personas que los manipulan o consumen sus residuos (Brenes, 2017). Esta problemática no solo implica consecuencias sanitarias y ambientales, sino también económicas. Según datos de la Asociación del Gremio Químico Agrícola (Agrequima) en el 2018, el comercio ilícito de plaguicidas acaparó alrededor del 12 % del mercado nacional, generando pérdidas económicas estimadas en 56 millones de dólares anuales. Además, se detectó que circulaban en el país 209 marcas sospechosas, de las cuales 104 eran de origen guatemalteco sin número de registro o sin país de origen declarado, y 105 marcas fueron identificadas como productos de contrabando provenientes de México, Estados Unidos y otros países, lo que incrementa los riesgos asociados al uso y comercialización de plaguicidas ilegales y sin regulación en el país (Fernández, 2018).

El uso y la comercialización de plaguicidas en la Ciudad de Guatemala representan una preocupación significativa para la salud pública y el medio ambiente. La venta de estos productos en los mercados, que son lugares no aprobados para su comercialización, puede conllevar riesgos tanto para los consumidores como para el ecosistema. El uso indiscriminado de plaguicidas y sin supervisión puede causar efectos adversos. Estudios han demostrado que la exposición excesiva a plaguicidas está asociada con problemas de salud humana y daños al medio ambiente (EPA, 2024).

En Guatemala, la regulación del etiquetado de plaguicidas está establecida en dos reglamentos técnicos centroamericanos. El RTCA 65.05.67:13, *Insumos agrícolas. ingrediente activo grado técnico, plaguicidas químicos formulados, sustancias afines, coadyuvantes y vehículos físicos de uso agrícola. requisitos para la elaboración de*

etiquetas y panfletos, el cual regula los requisitos para el etiquetado de plaguicidas de uso agrícola, mientras que el RTCA 65.03.57:10, *Plaguicidas de uso doméstico y profesional: requisitos de etiquetado*, se utiliza para el etiquetado de plaguicidas de uso doméstico y profesional. En Guatemala, los plaguicidas de uso agrícola son regulados por el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación y los plaguicidas de uso doméstico, en Programas de Salud y de Uso Profesional, son regulados por el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social (RTCA, 2010).

El RTCA establece lineamientos específicos para el registro, etiquetado, comercialización, transporte y uso de plaguicidas, con el objetivo de proteger tanto la salud humana como el medio ambiente. Este reglamento regula la venta y distribución de plaguicidas, asegurando que solo aquellos productos que cumplan con los requisitos técnicos, sanitarios y de seguridad establecidos sean aprobados para su comercialización. De acuerdo con el RTCA, los plaguicidas deben contar con un registro sanitario válido, estar en cumplimiento de los requisitos de etiquetados con información acerca de su composición, dosis, riesgos y precauciones, y ser sometidos a un control de calidad que certifique su eficacia y seguridad (RTCA, 2010).

Se establecen medidas para el manejo adecuado de los residuos y la protección del ecosistema frente a los efectos nocivos de estos productos. En conjunto con el *Reglamento de Registro, Comercialización, Uso y Control de Plaguicidas Agrícolas y Sustancias Afines* (Acuerdo Gubernativo 377-90), el RTCA contribuye a una mejor regulación, alineada con estándares internacionales, con el fin de minimizar los riesgos derivados de la comercialización y uso irresponsable de plaguicidas. La implementación efectiva de estas normativas es relevante para garantizar que los plaguicidas en el mercado sean seguros tanto para los consumidores como para el medio ambiente (Acuerdo Gubernativo 377-90 de Guatemala, 1990).

El presente estudio tiene como finalidad analizar el cumplimiento de las normativas técnicas en el registro sanitario y la comercialización de plaguicidas en la Ciudad de Guatemala. Se busca determinar si estos productos cumplen con los requisitos técnicos para su distribución y venta, identificar posibles irregularidades en su comercialización y contribuir a la protección de la salud pública y el medio ambiente (Rueda, 2023). Además,

se evaluó el cumplimiento de los requisitos de etiquetado y rotulado de los plaguicidas comercializados. La clasificación de los plaguicidas según su uso y grado de cumplimiento normativo ayudará a establecer un panorama de la regulación y control de estos productos en establecimientos formales e informales (Asela, 2014).

2.3. Planteamiento del problema

¿Los plaguicidas de uso doméstico y profesional cumplen los requerimientos exigidos por las normativas vigentes para su comercialización en Guatemala?

2.4. Alcance y limitantes del problema

2.4.1. Alcance

Esta investigación se centró en analizar el cumplimiento de las normativas técnicas vigentes en el registro sanitario de plaguicidas de uso doméstico y profesional que se comercializan en la Ciudad de Guatemala. Para ello, se identificaron puntos de venta dentro de mercados seleccionados y se verificó si los productos comercializados tienen registro sanitario válido y vigente, conforme a la normativa aplicable.

Asimismo, se determinó el cumplimiento de los requisitos de etiquetado y rotulado, y se clasificaron los plaguicidas según su uso y nivel de cumplimiento normativo. Por último, se identificaron los posibles riesgos asociados a la comercialización de plaguicidas expendidos en sitios no autorizados y que no cumplan con los estándares técnicos y legales establecidos.

2.4.2. Límites

- El estudio se limita a mercados específicos de la Ciudad de Guatemala.
- La verificación del cumplimiento del registro sanitario depende de la accesibilidad a bases de datos oficiales y la disposición de los comerciantes para proporcionar información.
- La normativa aplicable puede haber sido modificada durante el desarrollo del estudio, afectando la evaluación del cumplimiento regulatorio.
- Algunos plaguicidas pueden ser comercializados sin etiquetado adecuado o en envases reutilizados, dificultando su clasificación y análisis.

3. Marco teórico

3.1. Plaguicidas

3.1.1. Historia

La evolución histórica de los plaguicidas se puede dividir en tres etapas, cada una marcada por avances significativos en el descubrimiento, desarrollo y uso de estas sustancias en la protección de cultivos y la salud pública. La primera etapa, que tuvo lugar a inicios del siglo XIX, estuvo caracterizada por el uso de compuestos de origen natural cuya acción plaguicida fue descubierta de manera accidental o experimental. Durante este período, comenzaron a emplearse elementos como el azufre, el cobre, el arsénico, así como extractos vegetales como las piretrinas, obtenidas de los pétalos del crisantemo (*Chrysanthemum cinerariifolium*). Además, se introdujeron los primeros derivados del petróleo, que fueron utilizados como insecticidas primitivos. A pesar de su efectividad, el progreso en esta etapa fue lento, ya que el conocimiento respecto a estos compuestos era aún limitado y su aplicación se basaba en métodos empíricos (Alfaro, 2006).

La segunda etapa, que comenzó en 1922, representó un avance significativo con la incorporación de los aceites insecticidas. Estos fueron empleados como una nueva estrategia para el control de plagas. Poco después, se desarrollaron los primeros plaguicidas sintéticos, siendo estos productos con mayor estabilidad y eficacia en el manejo de organismos nocivos. Este período se basó en el inicio del diseño de compuestos químicos más especializados, con una acción más dirigida y controlada (Bedmar, 2011).

La tercera etapa, iniciada en 1940, fue un punto de inflexión en la historia de los plaguicidas con el descubrimiento de las propiedades insecticidas del Dicloro Difenil Tricloroetano (DDT) por el científico suizo Paul Müller (Alfaro, 2006). Aunque este compuesto ya había sido sintetizado a finales del siglo XIX, su capacidad para eliminar insectos no se conocía hasta que demostró su efectividad en el control de piojos, transmisores del tifus exantemático, durante la Segunda Guerra Mundial. Su éxito llevó a su uso masivo en la agricultura y en campañas sanitarias para la erradicación de enfermedades transmitidas por vectores. A partir de este descubrimiento, se impulsó la

producción de nuevos plaguicidas organosintéticos, dando origen a una industria en constante crecimiento (Fernández & Bertomeu, 2020).

Luego, se desarrollaron compuestos con mecanismos de acción más sofisticados, destacándose dos grandes categorías de plaguicidas: los organoclorados y los organofosforados. Los organoclorados, como el DDT, se caracterizan por su estructura química basada en carbono, cloro e hidrógeno, lo que les confiere una alta estabilidad en el ambiente, permitiéndoles permanecer activos durante largos períodos. Sin embargo, su persistencia también generó preocupaciones ambientales, lo que llevó a la prohibición de muchos de ellos. Por otro lado, los organofosforados, derivados del ácido fosfórico, fueron diseñados para ser más tóxicos para las plagas, pero con una degradación más rápida en el medio ambiente, reduciendo así su impacto a largo plazo (Fernández & Bertomeu, 2020). Desde entonces, el desarrollo de plaguicidas ha evolucionado hacia la creación de compuestos más selectivos y menos dañinos, con un enfoque en la reducción de riesgos tanto para la salud humana como para los ecosistemas (Bedmar, 2011).

3.1.2. Definición

3.1.2.1. Plaga

Una plaga se refiere a cualquier organismo cuya presencia o abundancia genera daños significativos en cultivos, salud humana, bienes materiales o el medio ambiente. Desde una perspectiva antropocéntrica, se considera plaga a todo ser vivo que perjudica las actividades del ser humano (RTCA, 2010). En el ámbito agrícola, el término se emplea por lo general para designar insectos, ácaros, hongos u otros agentes que afectan la productividad vegetal. La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, por sus siglas en inglés), define a las plagas como cualquier especie o biotipo que resulta nocivo para las plantas o sus productos. A nivel mundial, estos organismos provocan pérdidas económicas considerables, afectando entre el 20 % y el 40 % de la producción agrícola (Zepeda, 2017).

3.1.2.2. *Plaguicidas*

Los plaguicidas son sustancias diseñadas para prevenir, controlar o eliminar organismos que pueden representar una amenaza para la salud humana, la agricultura y el equilibrio ambiental. Pueden ser de origen natural, como extractos vegetales, o sintéticos, formulados para mejorar su eficacia. Su uso abarca una amplia gama de plagas (insectos, malezas, hongos y bacterias) que pueden afectar la producción de alimentos, la calidad del agua y la estabilidad de los ecosistemas. Debido a sus posibles efectos adversos, su aplicación está sujeta a normativas con el fin de reducir riesgos tanto para el medio ambiente como para la salud pública (Bedmar, 2011).

Diferentes organismos internacionales han establecido definiciones correspondientes a los plaguicidas, destacando su función y regulaciones. La Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA, por sus siglas en inglés) los describe como “cualquier sustancia o mezcla de sustancias empleadas para prevenir, destruir, repeler o controlar plagas” (2024). Además, pueden utilizarse como reguladores del crecimiento vegetal, defoliantes, desecantes o estabilizadores de nitrógeno. La EPA resalta su importancia en la protección de cultivos y la erradicación de vectores de enfermedades como mosquitos y roedores, enfatizando la necesidad de un manejo adecuado para evitar efectos negativos (EPA, 2024).

Por su parte, la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2022) destaca la función de los plaguicidas en la protección de cultivos. Los efectos adversos dependen de la cantidad y la vía de exposición, lo que puede provocar intoxicaciones agudas con dosis elevadas en algunos casos, así como daños crónicos en exposiciones prolongadas a niveles más bajos. La OMS (2022) también señala que algunos plaguicidas más antiguos y económicos pueden persistir en el suelo y el agua durante años, lo que ha llevado a su prohibición en países desarrollados, aunque su uso sigue vigente en muchos países en desarrollo. Además, menciona la importancia de establecer límites máximos de residuos para minimizar los riesgos en los alimentos y proteger la salud de los consumidores (OMS, 2022).

Por otro lado, la FAO (2014) ofrece una definición más amplia en su Código internacional de conducta para la distribución y utilización de plaguicidas. Define a los

plaguicidas como “cualquier sustancia o mezcla de sustancias destinadas a prevenir, destruir o controlar plagas que afectan la producción, el almacenamiento, el transporte y la comercialización de alimentos y productos agrícolas” (FAO, 2014). También, incluye sustancias utilizadas como reguladores del crecimiento de plantas, defoliantes y agentes para evitar la caída prematura de frutos, lo que asegura la conservación de los cultivos antes y después de la cosecha. Esta regulación internacional resalta la necesidad de un uso responsable de los plaguicidas para garantizar la seguridad alimentaria y la sostenibilidad ambiental (FAO, 2014).

3.2. Mecanismo de acción

A continuación, se describen los mecanismos de acción de los diferentes grupos químicos de plaguicidas a pesar de que, en esta tesis, el punto principal a revisar serán los de uso doméstico o profesional, que no incluye a los grupos cuyos mecanismos de acción no están aprobados para uso en ambiente donde habiten o circulen personas, como los derivados del bipiridilo, fumigantes, fenilpirazoles, carbamatos y los organoclorados que tienen la restricción del Convenio de Estocolmo.

3.2.1. *Interacción con el sistema nervioso de plagas*

La alteración del sistema nervioso de plagas es el mecanismo de acción más común de los plaguicidas. Estos compuestos interfieren con la transmisión de impulsos nerviosos, lo que genera efectos como hiperactividad, parálisis y, hasta la muerte del organismo. La mayoría de dichos plaguicidas bloquean o modifican la acción de neurotransmisores esenciales, lo que interrumpe el funcionamiento normal del sistema nervioso. Existen diversas clases de plaguicidas neurotóxicos, cada una con un modo de acción específico y un impacto variable en la toxicidad ambiental (Alfaro, 2006).

3.2.1.1. *Organofosforados y carbamatos*

Son compuestos que inhiben la enzima acetilcolinesterasa (AChE), mediante la fosforilación de esta. La enzima se encarga de la degradación de la acetilcolina, un neurotransmisor relevante en la transmisión de señales entre neuronas. Al bloquear la acción de la acetilcolinesterasa, la acetilcolina se acumula en las sinapsis. Esto provoca una

estimulación nerviosa continua que deriva en convulsiones, parálisis y luego la muerte del organismo (EPA, 2021).

3.2.1.2. Organoclorados

Son compuestos químicos con cloro en su estructura, conocidos por su uso extensivo como pesticidas en el pasado. Forman parte de los contaminantes orgánicos persistentes debido a su alta estabilidad y larga permanencia en el ambiente. Aunque fueron eficaces en el control de enfermedades como la malaria y el tifus, muchos de estos productos han sido prohibidos en países desarrollados por sus efectos tóxicos. A pesar de sus riesgos, su bajo costo y eficacia han mantenido su uso en algunas regiones en desarrollo, en especial con compuestos como el DDT, HCH, aldrín y dieldrín (Jayaraj *et al.*, 2017).

Estos productos ya no se consiguen en el mercado guatemalteco, debido a las restricciones establecidas por el Convenio de Estocolmo respecto a Contaminantes Orgánicos Persistentes, el cual busca eliminar o restringir el uso de sustancias químicas muy peligrosas, como los plaguicidas organoclorados, debido a su toxicidad, capacidad de bioacumulación y efectos adversos en la salud humana. Guatemala ratificó este convenio en 2008 y ha adoptado planes nacionales para su cumplimiento, incluyendo la prohibición progresiva y el control del comercio y uso de estas sustancias (Convenio de Estocolmo, 2010).

3.2.1.3. Piretroides

Son compuestos sintéticos diseñados para imitar la acción de las piretrinas, sustancias naturales extraídas de las flores del crisantemo (*Chrysanthemum cinerariifolium*). Ambos actúan sobre los canales de sodio en las membranas neuronales, prolongando su apertura y generando una actividad nerviosa excesiva. Esta sobreexcitación provoca movimientos incontrolados en la plaga, seguidos de fatiga extrema y parálisis irreversible. Los piretroides se utilizan en insecticidas domésticos, de uso profesional y en programas de salud. También a nivel agrícola, ya que presentan toxicidad para insectos, pero una menor peligrosidad para mamíferos. Sin embargo, su uso indiscriminado ha favorecido el desarrollo de resistencia en diversas especies de plagas (EPA, 2021).

3.2.1.4. *Neonicotinoides*

Estos actúan sobre los receptores nicotínicos de acetilcolina, interfiriendo con la comunicación neuronal; imitan la acción de la acetilcolina, causando una sobreestimulación de los receptores que interrumpe la transmisión normal de señales nerviosas. Su toxicidad es selectiva para insectos, lo que los hace populares en el control de plagas agrícolas sin afectar de manera grave a vertebrados. A pesar de esto, estudios han demostrado que pueden afectar a insectos beneficiosos como las abejas, lo que ha generado restricciones en su uso en algunas regiones (National Toxicology Program [NTP, por sus siglas en inglés], 2020).

3.2.1.5. *Fenilpirazoles*

Los fenilpirazoles, bloquean los receptores del ácido gamma-aminobutírico (GABA). Este corresponde a un neurotransmisor inhibitorio esencial en la regulación de la excitabilidad neuronal. Al bloquear estos receptores, se impide la inhibición de los impulsos nerviosos, lo que provoca una actividad neuronal descontrolada y la eventual muerte del organismo afectado. Este tipo de plaguicidas es muy eficaz contra insectos y parásitos, pero su persistencia en el ambiente puede generar efectos negativos en especies no objetivo, como peces y anfibios (Portolés, 2018).

3.2.1.6. *Derivados del bupiridilo*

Los derivados del bupiridilo, como el paraquat y el diquat, se caracterizan por tener una estructura basada en dos anillos de piridina unidos por un enlace. Actúan generando especies reactivas de oxígeno que destruyen las membranas celulares de las plantas, causando su desecación rápida. Son considerados herbicidas de contacto, ya que solo afectan las partes de la planta que entran en contacto con el producto. A pesar de su eficiencia, estos compuestos presentan una toxicidad elevada para humanos y animales, lo que ha llevado a restricciones en su uso en varios países. Su aplicación requiere precauciones rigurosas para evitar intoxicaciones y daños ambientales (INSST, 2023). Estos productos son por naturaleza de uso agrícola.

3.2.1.7. *Rodenticidas cumarínicos/ warfarínicos*

También conocidos como anticoagulantes, son sustancias de gran alcance utilizadas para el control de plagas como ratas y ratones. Actúan interfiriendo en el metabolismo de

la vitamina K, esencial para la síntesis de factores de coagulación, lo que provoca hemorragias internas progresivas que llevan a la muerte del roedor. Se clasifican en dos generaciones: la primera incluye compuestos como la warfarina, de acción más lenta, mientras que la segunda generación abarca moléculas más potentes y persistentes como el *brodifacoum*. Su estructura química se basa en el anillo cumarínico, que les otorga la capacidad de bloquear enzimas clave en la coagulación (Lynch, 2019).

3.2.1.8. Fumigantes

Los fumigantes son plaguicidas volátiles que se aplican en forma gaseosa para el control de plagas en espacios cerrados, suelos o productos almacenados. Uno de los más utilizados es la fosfina (PH_3), un gas tóxico liberado a partir de compuestos sólidos como el fosfuro de aluminio o fosfuro de magnesio al entrar en contacto con la humedad del ambiente. Su mecanismo de acción se basa en la inhibición de enzimas mitocondriales, lo que interfiere en la respiración celular de los organismos expuestos, provocando su muerte. La fosfina es muy efectiva contra insectos, roedores y otros organismos dañinos en productos almacenados, aunque su aplicación requiere estrictas medidas de seguridad debido a su alta toxicidad para humanos y animales (EPA, 2021). Estos productos tampoco están autorizados para uso doméstico ni en programas de salud pública. Su aplicación se restringe al ámbito agrícola y, en casos de uso profesional, sólo puede ser realizada por personal con anterioridad capacitado por el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social de Guatemala, en contextos industriales específicos.

3.2.2. Inhibición de enzimas y procesos biológicos.

Algunos plaguicidas actúan interfiriendo con procesos bioquímicos importantes para la supervivencia y reproducción de las plagas. Estos mecanismos de acción afectan funciones esenciales como el crecimiento, la producción de energía o la síntesis de proteínas. Al inhibir estos procesos, se interrumpe el desarrollo normal del organismo, lo que conduce a su debilitamiento y eventual muerte. Dependiendo del compuesto, estos plaguicidas pueden afectar tanto a larvas como a adultos, limitando su capacidad de proliferación (Melgarejo, 2011).

Los inhibidores de la síntesis de quitina son un ejemplo de este tipo de plaguicidas, ya que afectan la formación del exoesqueleto de los insectos. La quitina es un polímero

estructural esencial para la formación de la cutícula en artrópodos, por lo que su inhibición impide el crecimiento y la muda de los insectos. Al no poder completar su desarrollo, las larvas mueren antes de alcanzar la etapa adulta, lo que reduce la población de la plaga. Estos plaguicidas son utilizados en cultivos agrícolas y en el control de plagas urbanas (Hoyos y Vélez, 1997).

Otros plaguicidas, como los inhibidores de la respiración celular, afectan la producción de energía en las mitocondrias de las células de las plagas. Estos compuestos bloquean la cadena de transporte de electrones, evitando la generación de adenosín trifosfato (ATP), la principal fuente de energía celular. Sin ATP, las funciones celulares se ven comprometidas, lo que lleva a la muerte del organismo por colapso metabólico. Ejemplos de estos plaguicidas incluyen la rotenona y ciertas avermectinas, utilizadas en la agricultura y el control de parásitos (Melgarejo, 2011).

También existen los disruptores hormonales, que interfieren con las hormonas juveniles en insectos, afectando su metamorfosis y reproducción. Estos compuestos alteran el equilibrio hormonal, impidiendo que los insectos alcancen la madurez o que se reproduzcan con éxito. Un ejemplo es el metopreno, que imita la hormona juvenil y mantiene a los insectos en un estado larvario, evitando que lleguen a la etapa adulta. Su uso es común en el control de mosquitos y otras plagas que requieren un desarrollo completo para reproducirse (García y Hernández, 2021).

3.3. Clasificación de plaguicidas

3.3.1. Según su uso: agrícola, profesional y doméstico

Los plaguicidas agrícolas están formulados para ser utilizados en actividades agroproductivas, incluyendo cultivos extensivos, sistemas de riego, almacenamiento de granos y manejo de plagas en el ámbito rural. Este tipo de plaguicidas suele tener una composición más concentrada y pertenece, en muchos casos, a categorías toxicológicas más elevadas, siendo estas la I y II según la OMS. Su manejo está regulado por el MAGA, y su aplicación debe ser realizada por personal capacitado, debido a los riesgos que implica para la salud humana, animal y el ambiente (RTCA, 2011).

Por su parte, los plaguicidas de uso doméstico son productos formulados con uno o más ingredientes activos cuya eficacia y seguridad han sido respaldadas por estudios científicos, permitiendo su aplicación en espacios donde las personas habitan o transitan a menudo. Esto incluye viviendas, edificios públicos o privados, comercios, vehículos, así como jardines tanto interiores como exteriores. Estos productos están destinados a zonas no agrícolas ni de jardinería extensiva, y deben estar formulados en presentaciones listas para usar, sin requerir preparación o dilución adicional por parte del consumidor. Además, su toxicidad debe corresponder a la categoría IV de la clasificación de la OMS, lo que los identifica como de bajo riesgo si se utilizan de manera correcta. A pesar de su disponibilidad para el público general, su uso sin las debidas precauciones puede representar un peligro, en hogares con niños, mascotas o personas con condiciones de salud específicas (RTCA, 2010).

En cuanto a los plaguicidas de uso profesional, estos están dirigidos a ser aplicados por personal capacitado, debido a que requieren conocimientos técnicos tanto para su manipulación como para su correcta aplicación. Estos productos también pueden emplearse en lugares frecuentados por personas; como centros de salud, hoteles, restaurantes, jardines amplios, industrias o vehículos, pero su uso debe realizarse siguiendo protocolos estrictos. Pueden pertenecer a las categorías toxicológicas II, III o IV, según la OMS; sin embargo, es imprescindible que la mezcla final que se aplique se clasifique dentro de la categoría IV, garantizando así un nivel de riesgo aceptable para el entorno humano. Su formulación puede incluir ingredientes más potentes o requerir diluciones específicas, por lo que su manejo indebido representa un riesgo significativo si no es realizado por profesionales autorizados (RTCA, 2010).

Cabe destacar que esta tesis se centrará solo en el análisis normativo y técnico de los plaguicidas de uso doméstico y profesional, excluyendo los plaguicidas de uso agrícola, aunque se haga referencia contextual a ellos cuando sea necesario.

3.3.2. Según el tipo de organismo que controlan

Los plaguicidas se pueden clasificar en función del tipo de organismo que están destinados a controlar. Esta forma de clasificación permite seleccionar con mayor precisión el producto más adecuado para cada situación. Es útil tanto en contextos agrícolas como en

entornos urbanos y domésticos. Además, facilita la regulación y etiquetado de estos productos (EPA, 2021). A continuación, se describen las principales clases de plaguicidas según este criterio:

Cuadro 1. Clasificación de plaguicidas según el organismo que controlan

Clase	Control de	Ejemplos de principios activos
<i>Insecticida</i>	Insectos	Permetrina Imidacloprid
<i>Acaricida</i>	Ácaros	Abamectina Fenpiroximato
<i>Fungicida</i>	Hongos	Mancozeb Clorotalonil
<i>Herbicida</i>	Malezas	Glifosfato Atrazina
<i>Nematicida</i>	Nemátodos	Oxamilo Fenamifos
<i>Molusquicida</i>	Moluscos	Metaldehído Fosfato de hierro
<i>Rodenticida</i>	Roedores	Bromadiolona Warfarina
<i>Avicida</i>	Aves	4-Aminopiridina (Avitrol) DRC-1339

Nota. Adaptada de EPA (2021), INSL (1999) y OMS (2019).

Esta clasificación considera la biología del organismo que se desea eliminar, lo cual es fundamental para aplicar estrategias de control efectivas. La elección adecuada no solo depende del organismo blanco, sino también del entorno, la toxicidad del producto y su persistencia en el medio. Por ello, esta clasificación es importante tanto para el usuario como para los entes reguladores (EPA, 2021).

Dentro de la clase de insecticidas, también es posible hacer una subclasificación más específica basada en la etapa de desarrollo del insecto o en el tipo particular de plaga que

se desea eliminar. Esta diferenciación resulta útil para diseñar intervenciones más eficaces y reducir el impacto ambiental, ya que permite atacar fases críticas del ciclo de vida del insecto. Por ejemplo, algunos productos están diseñados para eliminar larvas, mientras que otros actúan sobre los huevos o individuos adultos. Esta precisión en la acción facilita el control integrado de plagas y contribuye al uso racional de los plaguicidas (OMS, 2019). A continuación, se presentan algunos tipos de insecticidas según su objetivo biológico específico:

Cuadro 2. Tipos de insecticidas

Tipo	Actúa sobre
<i>Larvicida</i>	Larvas
<i>Ovicida</i>	Huevecillos
<i>Aficida</i>	Pulgones
<i>Piojicida</i>	Piojos

Nota. Adaptada de EPA (2021), INSL (1999) y OMS (2019).

3.3.3. Según su toxicidad

La clasificación toxicológica de los plaguicidas, establecida por la OMS, se basa en el grado de peligrosidad que estos productos representan para la salud humana. Esta categorización se determina por la toxicidad aguda, es decir, la capacidad del producto para causar efectos adversos inmediatos tras una sola exposición. La OMS agrupa los plaguicidas en diferentes niveles de riesgo, desde los más peligrosos hasta aquellos que presentan un riesgo mínimo bajo condiciones normales de uso (Navas y García, 2022).

Dentro de este sistema de clasificación, un parámetro clave es la Dosis Letal 50 (DL50), que representa la cantidad de una sustancia que causa la muerte del 50 % de una población de prueba, por lo general son ratones en condiciones controladas. Se expresa en miligramos de sustancia por kilogramo de peso corporal (mg/kg) y puede aplicarse por vía oral, dérmica o por inhalación. Cuanto menor sea la DL50, mayor será la toxicidad del producto, ya que se necesita una dosis menor para provocar efectos letales. Esta medida permite comparar de manera objetiva la peligrosidad de diferentes compuestos y es

relevante para establecer las categorías de riesgo en el etiquetado y manejo de estos productos (OMS, 2019).

Cuadro 3. Clasificación de toxicidad según la OMS

		DL50 en rata (mg/kg peso corporal)			
		Sólidos		Líquidos	
Clase según la OMS		Oral	Dérmica	Oral	Dérmica
Ia	Extremadamente peligroso	< 5	< 10	< 20	< 40
Ib	Altamente peligroso	5 – 50	10 - 100	20 - 200	40 - 400
II	Moderadamente peligroso	50 – 500	10 - 100	20 - 200	40 - 400
III	Ligeramente peligrosos	> 500	> 1000	> 2000	> 4000

Nota. Adaptada de Navas y García (2022).

Los plaguicidas clasificados en el Grupo Ia son considerados los más peligrosos debido a su elevada toxicidad, incluso en cantidades mínimas. Representan una amenaza grave para la salud humana y animal, por lo que deben ser manipulados solo bajo condiciones estrictas de seguridad. La exposición, aunque sea breve o accidental, puede provocar consecuencias letales, en especial por su acción en el sistema nervioso. En esta categoría también se incluyen ciertos rodenticidas anticoagulantes de alta toxicidad, cuyo uso debe ser controlado para prevenir intoxicaciones graves (OMS, 2019).

En el Grupo Ib se encuentran productos con un nivel elevado de toxicidad, aunque suelen requerir dosis ligeramente mayores que los del Grupo Ia para provocar efectos severos. A pesar de ello, continúan representando un riesgo significativo y su aplicación debe realizarse bajo estrictas medidas de precaución. Su potencial para causar daños graves a la salud, incluso en exposiciones de baja intensidad, justifica la necesidad de su manejo responsable y su regulación estricta (OMS, 2019). Es importante mencionar, que el 15 % del total de plaguicidas pertenece a las categorías Ia y Ib, lo cual evidencia el grado de

peligro que aún implican numerosos productos empleados en la actualidad (Aguilar y Carlier, 2015).

Los plaguicidas del Grupo II son clasificados como moderadamente peligrosos. Aunque su toxicidad es menor en comparación con los grupos anteriores, aún pueden provocar efectos adversos importantes si no se manipulan de forma adecuada. Son utilizados en diversas aplicaciones agrícolas y no agrícolas, lo que incrementa la necesidad de formación continua para quienes los utilizan (OMS, 2019). Alrededor del 38 % de los plaguicidas se ubican en esta categoría, lo que indica su amplia presencia en distintos sectores. Su empleo debe ir acompañado de prácticas de seguridad apropiadas para minimizar riesgos a la salud y al ambiente (Aguilar y Carlier, 2015).

En el caso del Grupo III, los plaguicidas se consideran de baja peligrosidad en condiciones normales de uso. Sin embargo, su aplicación incorrecta o en concentraciones excesivas puede generar impactos negativos, en especial, en personas sensibles o en ecosistemas vulnerables. Este tipo de productos suele ser más accesible y empleado en distintas escalas de producción, lo que exige una atención constante a las indicaciones técnicas (OMS, 2019). Se estima que cerca del 18 % de los plaguicidas disponibles se encuentran en esta categoría, lo que refleja una tendencia hacia alternativas con menor impacto tóxico, pero que aún requieren precaución (Aguilar y Carlier, 2015).

Por último, los productos del Grupo IV se consideran de toxicidad muy baja, sin representar un peligro significativo para la salud humana ni para el ambiente cuando se utilizan de forma correcta. Son elegidos para contextos en los que se prioriza la sostenibilidad y la reducción de riesgos, como la producción ecológica y el control en espacios habitados. No obstante, la baja toxicidad no implica ausencia total de riesgo, por lo que deben seguirse siempre las recomendaciones técnicas (OMS, 2019). Según estimaciones, el 30 % de los plaguicidas autorizados pertenecen a esta categoría, lo que sugiere un cambio progresivo hacia formulaciones más seguras y compatibles con la salud pública y ambiental (Aguilar y Carlier, 2015).

Para fines de esta investigación, se evaluaron los productos de uso doméstico y de uso profesional (grupos III y IV).

3.3.4. *Modo de acción*

Los plaguicidas de contacto son aquellos que eliminan la plaga cuando entra en contacto directo con el producto. Se aplican en superficies, plantas o estructuras; afectan a la plaga al tocarla, penetrando su cutícula o interfiriendo con su sistema nervioso. Son utilizados en el control de insectos y ácaros, ya que actúan de forma rápida y pueden eliminar grandes poblaciones en poco tiempo. Un ejemplo es los piretroides, empleados en cultivos y áreas urbanas para el control de mosquitos y otras plagas (CIAFA, 2018).

Los plaguicidas por ingestión requieren que la plaga consuma el compuesto. Son eficaces cuando se utilizan en cebos o se aplican sobre plantas y alimentos que las plagas consumen de forma regular. Un ejemplo es los rodenticidas anticoagulantes, que alteran la coagulación sanguínea de los roedores, lo que les provoca hemorragias internas y la muerte tras su consumo repetido. Estos plaguicidas suelen ser utilizados en el control de plagas en ambientes urbanos y agrícolas (CIAFA, 2018).

Por último, los plaguicidas sistémicos son absorbidos por las plantas y transportados a través de su sistema vascular. De esta forma, las plagas se ven afectadas al consumirlas, lo que los convierte en una opción efectiva para cultivos agrícolas. Un ejemplo se observa en los neonicotinoides, como el imidacloprid, que protegen los cultivos de insectos chupadores como los pulgones y las moscas blancas. Sin embargo, su uso ha sido restringido en algunas regiones debido a su impacto en polinizadores como las abejas (NTP, 2020).

3.4. Toxicología de los plaguicidas

3.4.1. *Vías de intoxicación y su descontaminación*

En el estudio de los efectos tóxicos de los plaguicidas, es importante entender cómo estas sustancias pueden ingresar al cuerpo humano y qué riesgos implican para la salud. Existen varias vías de exposición, como la piel, los ojos, la inhalación o la ingestión, y cada una representa un nivel distinto de riesgo dependiendo del tipo de plaguicida, la cantidad de contacto y el tiempo de exposición. La forma en que el organismo reacciona puede variar desde síntomas leves hasta complicaciones graves si no se actúa con rapidez. Por eso,

reconocer a tiempo la vía de intoxicación y aplicar las medidas de descontaminación adecuadas puede marcar la diferencia en la evolución del paciente (INSST, 2023).

La exposición cutánea es una de las formas más frecuentes de intoxicación por plaguicidas. Esta vía implica la absorción del producto químico a través de la piel, siendo más crítica en áreas delgadas o lesionadas, así como en los pliegues corporales (INSST, 2023). Para una descontaminación efectiva, se recomienda retirar de inmediato la ropa contaminada y lavar la piel y el cabello con agua abundante y jabón. Se recomienda utilizar guantes de goma adecuados para evitar su propia exposición, ya que otros materiales como el látex no brindan suficiente protección. No deben ignorarse áreas como debajo de las uñas o zonas de difícil acceso, donde puede permanecer el residuo tóxico (EPA, 2021).

Los ojos son vulnerables a los efectos tóxicos de los plaguicidas debido a su sensibilidad y vascularización. La contaminación ocular puede producir irritación severa, visión borrosa e incluso daño irreversible si no se actúa de inmediato (INSST, 2023). Ante una exposición, se debe proceder con el lavado inmediato con agua limpia y en abundante cantidad durante al menos 10 a 15 minutos, manteniendo los párpados abiertos. En caso de persistir los síntomas, es recomendable la evaluación por un oftalmólogo para descartar complicaciones. La atención oportuna reduce el riesgo de lesiones permanentes y acelera la recuperación visual (EPA, 2021).

La inhalación de vapores, polvos o aerosoles de plaguicidas representa un riesgo grave en espacios cerrados o mal ventilados. Esta vía permite que las sustancias ingresen de manera directa al torrente sanguíneo a través del sistema respiratorio, lo que puede derivar en efectos sistémicos inmediatos (INSST, 2023). La primera medida consiste en retirar al afectado del área contaminada hacia un entorno con aire fresco. Es fundamental asegurar la permeabilidad de las vías respiratorias, y si es necesario, administrar oxígeno o realizar intubación en casos severos de depresión respiratoria. La ventilación mecánica puede ser requerida en exposiciones agudas que comprometen la función pulmonar (EPA, 2021).

La ingestión de plaguicidas ya sea de forma accidental o intencional, puede provocar intoxicaciones graves y de evolución rápida. La descontaminación gastrointestinal debe ser considerada dentro de los primeros 60 minutos posteriores a la ingesta, tiempo durante el

cual procedimientos como el lavado gástrico pueden ser efectivos. La administración de carbón activado se considera una alternativa segura y eficaz en muchos casos, aunque no todos los compuestos responden del mismo modo a este tratamiento. Procedimientos como la inducción del vómito con jarabe de ipecacuana han caído en desuso por su baja efectividad y potenciales riesgos. Es esencial proteger las vías respiratorias durante estos procedimientos para evitar aspiraciones, en especial en pacientes con compromiso neurológico (EPA, 2021).

3.4.2. Toxicidad aguda y crónica

La toxicidad aguda se refiere a los efectos que produce un plaguicida tras una exposición única o en un corto periodo de tiempo. Estos efectos suelen manifestarse de forma inmediata o en las primeras horas posteriores al contacto. Entre sus síntomas se pueden incluir náuseas, vómitos, dolor abdominal, sudoración excesiva, salivación, dificultad respiratoria, convulsiones, pérdida del conocimiento o incluso la muerte, dependiendo del tipo de plaguicida y la dosis absorbida (Aguilar y Carlier, 2015). Las vías más comunes de exposición aguda son la ingestión, la inhalación y el contacto dérmico, siendo los trabajadores agrícolas y personas que manipulan estos productos quienes presentan mayor riesgo. En los casos más graves, la toxicidad aguda puede producir daños irreversibles en órganos vitales como el hígado, los pulmones o el sistema nervioso central (PennState, 2022).

Cuadro 4. Efectos tóxicos agudos por plaguicidas

Dermatitis	Trastornos renales
Sudoración	Trastornos circulatorios
Trastornos hepáticos	Trastornos motores
Diarrea	Convulsiones
Muerte	Coma

Nota. Adaptada de Albert (1985).

Por otro lado, la toxicidad crónica se desarrolla como resultado de exposiciones repetidas o continuas a dosis bajas de plaguicidas durante semanas, meses o años. A

diferencia de la toxicidad aguda, sus efectos no son inmediatos, sino que se manifiestan de manera progresiva y a menudo son difíciles de asociar de forma directa con la exposición inicial. Entre los efectos crónicos más documentados se encuentran los trastornos neurológicos, es decir, temblores, pérdida de memoria o neuropatías; alteraciones reproductivas, problemas hormonales, debilitamiento del sistema inmunológico, daño hepático o renal y, en algunos casos, la aparición de cáncer (Aguilar y Carlier, 2015). También se han observado asociaciones con afecciones psiquiátricas como la depresión y tendencias suicidas, en especial en personas expuestas de forma continua sin medidas de protección adecuadas. Este tipo de toxicidad representa un desafío importante para la salud pública, ya que muchas veces no se diagnostica a tiempo o se subestima su impacto (PennState, 2022).

Cuadro 5. Efectos tóxicos crónicos por plaguicidas

Cloracné	Teratogénesis
Daño hepático	Mutagénesis
Efectos en la producción	Carcinogénesis

Nota. Adaptada de Albert (1985).

3.4.3. *Poblaciones vulnerables*

Existen poblaciones que presentan una mayor susceptibilidad a los efectos tóxicos de los plaguicidas debido a factores fisiológicos, ocupacionales o de desarrollo. En este caso, los niños son vulnerables por su menor peso corporal, su comportamiento exploratorio y la inmadurez de sus sistemas de desintoxicación, lo que incrementa el riesgo de absorción y daño. Por su parte, las mujeres embarazadas también se consideran en alto riesgo, ya que la exposición puede afectar el desarrollo del feto, provocando alteraciones neurológicas, malformaciones o parto prematuro. De igual manera, los trabajadores agrícolas y personas que manipulan plaguicidas de forma directa están expuestos de manera frecuente y prolongada, lo cual aumenta la posibilidad de intoxicaciones agudas o efectos crónicos acumulativos. Es debido a ello, que es necesario proteger a estas poblaciones mediante el uso de equipos adecuados, capacitación y regulaciones estrictas para reducir el impacto en la salud pública (FAO y OMS, 2009).

3.5. Clasificación por sus efectos en el ambiente

3.5.1. *Cuando aparecen y lugar de ocurrencia*

Los plaguicidas, al ser liberados en el entorno durante su uso, pueden generar efectos ambientales que varían según el tiempo de aparición y el lugar donde ocurren. A corto plazo, los efectos suelen observarse en el ambiente cercano al sitio de aplicación, como en cultivos, suelos y cuerpos de agua adyacentes. Estos impactos inmediatos incluyen la toxicidad aguda en organismos no objetivo, como abejas, peces y aves, y la alteración de microorganismos del suelo. La volatilidad, solubilidad y persistencia del plaguicida influyen en la magnitud de estos efectos. Por esta razón, se considera esencial aplicar medidas de mitigación local y respetar las buenas prácticas agrícolas y domésticas (Albert, 1985).

A largo plazo, los plaguicidas pueden continuar afectando el ambiente cercano, en especial si se acumulan en el suelo o se infiltran en fuentes subterráneas de agua. Estos efectos incluyen la pérdida progresiva de biodiversidad, la alteración de ciclos ecológicos y la resistencia genética en plagas debido a la exposición continua. También se ha documentado la bioacumulación de residuos tóxicos en cadenas tróficas locales, afectando tanto a la fauna como a la salud humana por medio del consumo de agua o alimentos contaminados. La exposición crónica a bajas concentraciones de plaguicidas es preocupante por sus efectos poco visibles y prolongados. Por tanto, el monitoreo ambiental constante es fundamental para identificar estos daños que no se manifiestan de inmediato (Albert, 1985).

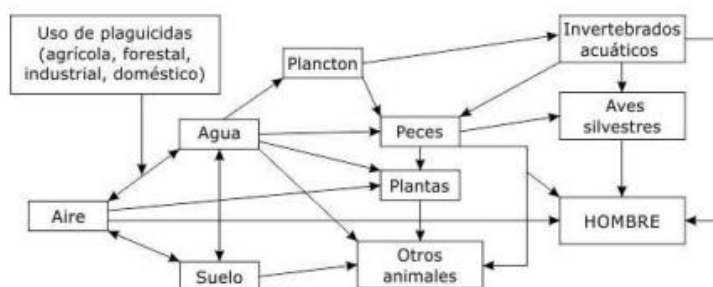
Los plaguicidas también pueden causar efectos a largo plazo en ambientes lejanos, debido a su transporte atmosférico o hídrico a grandes distancias. Compuestos como el DDT, aunque prohibidos en muchos países, persisten en el medioambiente y han sido encontrados en regiones remotas como el Ártico, donde nunca fueron aplicados. Este fenómeno, conocido como “contaminación global por plaguicidas”, demuestra cómo ciertos productos químicos afectan ecosistemas enteros fuera de sus áreas de uso original. Los efectos incluyen la alteración hormonal en especies sensibles y la contaminación de zonas protegidas o vírgenes. Estos hallazgos han impulsado tratados internacionales que buscan restringir o eliminar el uso de plaguicidas muy persistentes (Albert, 1985).

3.5.2. Conforme al sustrato afectado

Los efectos de los plaguicidas pueden clasificarse según el tipo de sustrato afectado, iniciando por el ambiente abiótico, es decir, los componentes no vivos del ecosistema. Cuando los plaguicidas son aplicados en contextos agrícolas, forestales, industriales o domésticos, estos pueden diseminarse al aire, al agua y al suelo. En el aire, los residuos pueden transportarse a largas distancias, afectando regiones fuera del área de aplicación. En el agua, los plaguicidas alteran la calidad de los cuerpos acuáticos, afectando de manera directa al plancton, peces y otras formas de vida acuática. En el suelo, modifican la composición microbiana, reducen su fertilidad y contaminan las aguas subterráneas, lo que representa un riesgo acumulativo (Albert, 1985).

Los efectos en el ambiente biótico se observan en los organismos vivos que entran en contacto directo o indirecto con los residuos de plaguicidas. En los ecosistemas acuáticos, el plancton contaminado puede ser ingerido por peces, que a su vez afectan a invertebrados acuáticos y aves silvestres. Las plantas pueden absorber plaguicidas desde el suelo o el agua, introduciendo estos compuestos en la cadena trófica. Otros animales, incluyendo especies domésticas o de consumo, pueden verse contaminados al ingerir plantas o agua contaminada, y estos efectos que alcanzan al ser humano. Este complejo entramado de interacciones demuestra que los plaguicidas no solo afectan al organismo blanco, sino que impactan a múltiples niveles del ecosistema (Albert, 1985).

Figura 1. Diagrama del proceso de distribución de plaguicidas en sistemas bióticos y abióticos.



Nota. Adaptada de Cremlyn (1979).

En la Figura 1 se muestra un esquema del recorrido e impacto que tienen los plaguicidas desde su aplicación en diferentes contextos como el agrícola, forestal, industrial

o doméstico. Una vez liberados al ambiente, los plaguicidas se dispersan hacia los componentes abióticos: aire, agua y suelo, actuando como medios de transporte y acumulación. A partir de eso, se distribuyen mediante sistemas bióticos: peces, plantas y otros animales (Cremlyn, 1979).

3.6. Impacto del uso inadecuado de plaguicidas en el ambiente

3.6.1. Contaminación ambiental

Diversas propiedades fisicoquímicas de los plaguicidas favorecen su capacidad de contaminar el ambiente de manera prolongada. La persistencia, es decir, el tiempo que un plaguicida permanece activo en el ambiente sin degradarse, contribuye a su acumulación en suelos, agua y organismos vivos. La liposolubilidad permite que estas sustancias se almacenen en tejidos grasos de los seres vivos, promoviendo la bioacumulación. Su movilidad ambiental implica que pueden desplazarse fácil por el viento, el agua o el suelo, alcanzando áreas no objetivo e incluso regiones alejadas del punto de aplicación. Estos factores también permiten su incorporación a las cadenas tróficas, afectando no solo a organismos expuestos de forma directa, sino también a depredadores y consumidores en niveles superiores. En conjunto, estas características convierten a los plaguicidas en contaminantes persistentes y peligrosos, con efectos acumulativos en los ecosistemas (Asela, 2014).

La contaminación de cuerpos de agua, suelos y aire debido al uso inadecuado de plaguicidas representa una grave amenaza ambiental con efectos acumulativos y persistentes. El escurrimiento superficial y el riego transportan residuos hacia ríos, lagos y mares, donde los ingredientes activos pueden disolverse o adherirse a sedimentos, afectando la calidad del agua y a los organismos acuáticos, que muchas veces son muy sensibles. Estos compuestos pueden sufrir bioacumulación en tejidos de peces y mariscos, incrementarse a lo largo de la cadena alimentaria mediante biomagnificación y concentrarse desde el medio acuático hacia los organismos por bioconcentración, representando un riesgo para la salud humana y animal. A su vez, el suelo actúa como un reservorio de plaguicidas que, dependiendo de su persistencia, pueden permanecer durante meses o años, alterando la microbiota del suelo, interfiriendo en procesos esenciales como la fijación de nitrógeno y afectando la fertilidad (Orta, 2002).

3.6.2. Consecuencias ecológicas

El uso indiscriminado de plaguicidas también tiene efectos negativos sobre especies benéficas que desempeñan roles ecológicos esenciales. Las abejas, por ejemplo, son muy sensibles a muchos insecticidas y su exposición puede causar desorientación, disminución en la producción de miel, e incluso colapso de colmenas. Las aves, en especial aquellas que se alimentan de insectos o semillas tratadas, pueden ingerir plaguicidas tóxicos, afectando su reproducción y supervivencia. Los microorganismos del suelo, esenciales para la salud del ecosistema, pueden ver afectada su diversidad y actividad, alterando funciones como la mineralización y la formación de humus (Martí-Culma y Arenas-Suaárez, 2018).

Otras especies benéficas como mariquitas, avispas parasitoides y hongos entomopatógenos también se ven perjudicadas, disminuyendo el control biológico natural. La pérdida de estas especies genera desequilibrios ecológicos y aumenta la dependencia de productos químicos. Al disminuir la diversidad biológica, se reduce la resiliencia de los ecosistemas frente a perturbaciones ambientales. Esta pérdida también compromete los servicios ecosistémicos esenciales, como la polinización, el control biológico y el reciclaje de nutrientes (Martí-Culma y Arenas-Suaárez, 2018).

El uso continuo y mal gestionado de plaguicidas favorece la aparición de resistencia en las plagas, disminuyendo la eficacia de los productos químicos aplicados. Esta resistencia se desarrolla por selección natural, cuando los individuos más tolerantes sobreviven y se reproducen, transmitiendo esa característica a sus descendientes. A medida que las poblaciones resistentes aumentan, se requiere el uso de dosis más altas o productos más tóxicos para lograr el mismo efecto. Esto genera un círculo vicioso que incrementa los riesgos ambientales y económicos. La resistencia también puede extenderse a diferentes regiones y cultivos, dificultando su control (Vargas, 2003).

3.7. Legislación y normativas

3.7.1. Normativa nacional de plaguicidas

En Guatemala, la regulación de los plaguicidas está respaldada por un marco legal compuesto por leyes, reglamentos y normas técnicas que buscan proteger la salud pública, el ambiente y garantizar el uso responsable de estos productos. La Constitución de la

República de Guatemala establece como deber del Estado velar por la salud de sus habitantes, lo cual se materializa en leyes como el Código de Salud, siendo este el Decreto Legislativo 90-97, que en su Artículo 9, inciso d), señala la obligación de controlar los productos químicos peligrosos (Decreto 90-97, 2011). El Reglamento de Salud y Seguridad Ocupacional, Acuerdo Gubernativo 229-2014 y su reforma, el Dto. Gub. 33-2016, también establece disposiciones específicas para la manipulación segura de sustancias peligrosas, como los plaguicidas (Acuerdo Gubernativo 229-2014 y sus reformas 33-2016, 2016).

Mediante el Acuerdo Gubernativo 377-90 se regula el registro, comercialización y uso de plaguicidas agrícolas y sustancias afines, exigiendo la autorización previa para su comercialización. Estas normativas son esenciales para asegurar que solo productos evaluados y aprobados circulen de forma legal en el país, en especial en entornos vulnerables como los mercados informales donde se enfoca tu estudio (Acuerdo Gubernativo 377-90 de Guatemala, 1990). El cumplimiento de estas leyes es supervisado por varias instituciones del Estado. El Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social (MSPAS), a través de la Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA), se encarga del registro sanitario y la vigilancia de productos de uso doméstico. Por su parte, el MAGA regula los plaguicidas de uso agrícola y profesional (MSPAS, 2025; MAGA, 2024).

3.7.2. Importancia del registro sanitario

El registro sanitario es un mecanismo esencial para garantizar que los plaguicidas comercializados cumplan con los estándares de calidad, seguridad y eficacia establecidos por las autoridades competentes. En Guatemala, este proceso es importante para proteger la salud pública y el medio ambiente, ya que asegura que los productos hayan sido evaluados y aprobados antes de su distribución. El registro sanitario contribuye a prevenir la circulación de productos falsificados o de contrabando, los cuales pueden carecer de controles adecuados y representar riesgos significativos para los usuarios y el entorno. La existencia de un registro sanitario vigente permite a las autoridades monitorear y controlar los productos en el mercado, facilitando acciones correctivas en caso de detección de irregularidades. Asimismo, promueve la transparencia y la confianza del consumidor en los productos disponibles. En el contexto de los plaguicidas, el registro sanitario es un requisito indispensable para su legalización y comercialización en el país. Por lo tanto, su

cumplimiento es relevante para asegurar el uso responsable y seguro de estos productos (FAO, 2011).

3.7.3. *Regulación de etiquetado, almacenamiento y comercialización*

El etiquetado de plaguicidas es importante para informar a los usuarios acerca de sus características, riesgos y medidas de seguridad. El RTCA 65.03.57:10 establece los requisitos que deben cumplir las etiquetas de plaguicidas de uso doméstico y profesional, incluyendo información del ingrediente activo, instrucciones de uso, advertencias y pictogramas de seguridad (RTCA, 2010). Además, el RTCA 65.05.67:13 regula la elaboración de etiquetas y panfletos para insumos agrícolas, lo que asegura que la información sea clara y comprensible. En cuanto a su almacenamiento y transporte, el Reglamento de Salud y Seguridad Ocupacional (Acuerdo Gubernativo 229-2014 y sus reformas en el Acuerdo Gubernativo 33-2016) establece las condiciones mínimas de seguridad que deben cumplirse para prevenir riesgos a la salud y el ambiente. Estas regulaciones incluyen aspectos como la ventilación adecuada, el uso de equipos de protección personal y la señalización de áreas peligrosas. Asimismo, existen restricciones para la venta y publicidad de plaguicidas, en especial aquellos de alta toxicidad, para evitar su uso indebido y proteger a la población vulnerable (Pérez, 2016).

3.8. Comercialización de plaguicidas en comercios informales

3.8.1. *Problemática del comercio informal de plaguicidas*

De acuerdo con el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA, 2020), en Guatemala, la venta informal de plaguicidas constituye una problemática constante para los mecanismos de regulación y control del Estado. Una parte significativa de estos productos se comercializa sin registro sanitario ni etiquetado adecuado, lo que representa un riesgo importante para la salud pública, el ambiente y la productividad agrícola. Según el MAGA (2020), el uso de plaguicidas no registrados compromete la calidad de los cultivos, afecta a los agricultores y pone en riesgo la admisibilidad de los productos nacionales en los mercados internacionales. Como respuesta a esta problemática, el MAGA, en conjunto con Agrequima, desarrolló la aplicación móvil Productos Ilegales Agropecuarios (PIA), una herramienta que permite denunciar de manera confidencial la

comercialización de agroquímicos ilegales, así contribuir al fortalecimiento de los procesos de fiscalización y control en el país (MAGA, 2020). De acuerdo con el Instituto de las Naciones Unidas para Investigaciones sobre la Delincuencia y la Justicia (UNICRI), los plaguicidas ilícitos pueden ser los siguientes (Brenes, 2017):

- Productos y sustancias no autorizados, obsoletos o prohibidos.
- Importaciones paralelas.
- Productos falsificados o piratas.
- Productos re-etiquetados o con etiqueta de disfraz.
- Envases rellenos.
- Robo de producto.

La informalidad en la venta de plaguicidas también afecta la economía formal y la competitividad del sector agrícola. Los productos ilegales suelen ser más baratos, lo que incentiva su compra y desincentiva el cumplimiento de las normativas por parte de los comerciantes formales. Esto crea un mercado desleal y pone en desventaja a quienes cumplen con las regulaciones y estándares de calidad. Además, la falta de trazabilidad de estos productos dificulta la identificación de fuentes en casos de intoxicaciones o impactos ambientales, lo cual limita la respuesta oportuna y efectiva de las autoridades responsables (Fernández, 2018).

3.8.2. Consecuencias del incumplimiento normativo

El incumplimiento de las normativas relacionadas con la comercialización de plaguicidas en Guatemala tiene consecuencias graves para la salud pública. La exposición a productos no autorizados o mal etiquetados puede provocar intoxicaciones agudas y crónicas, afectando en especial a poblaciones vulnerables como niños y trabajadores agrícolas. Además, el uso indiscriminado de plaguicidas sin supervisión puede contribuir al desarrollo de resistencia en plagas, lo que complica su control y requiere el uso de sustancias más tóxicas. Esto crea un ciclo perjudicial que afecta tanto la salud humana como la sostenibilidad agrícola (Alfaro, 2006). Desde el punto de vista ambiental, el uso de plaguicidas no regulados puede contaminar suelos, cuerpos de agua y afectar la biodiversidad. La falta de cumplimiento normativo impide la implementación de prácticas agrícolas sostenibles y la protección de los recursos naturales. Además, dificulta la

recopilación de datos precisos del uso de plaguicidas, lo que limita la capacidad de las autoridades para tomar decisiones informadas y desarrollar políticas efectivas (Asela, 2014).

3.8.3. Mayor exposición a productos sin control o con etiquetado incorrecto

La presencia de plaguicidas sin control o con etiquetado incorrecto en los establecimientos informales, incrementa el riesgo de exposición a sustancias peligrosas. Los consumidores, al no contar con información clara respecto a la composición, dosis y precauciones de uso, pueden utilizar estos productos de manera inadecuada, lo que puede resultar en intoxicaciones o daños a la salud. Además, la falta de etiquetado adecuado impide la identificación de los productos en casos de emergencias médicas o ambientales. Este problema se agrava en áreas rurales, donde el acceso a información y servicios de salud es limitado, y la dependencia de plaguicidas para la agricultura es alta (CIAFA, 2018).

La exposición a plaguicidas sin control también tiene implicaciones económicas y sociales. Los agricultores que utilizan productos de dudosa procedencia pueden enfrentar pérdidas en sus cultivos debido a la ineficacia o toxicidad de estos. Esto afecta su sustento y puede generar desconfianza en los mercados locales e internacionales acerca de la calidad de los productos agrícolas guatemaltecos. Además, el uso de plaguicidas no regulados puede resultar en sanciones o restricciones comerciales para el país, afectando su economía (Congreso de la República, 2022).

3.8.4. Importancia de la vigilancia y regulación en puntos de venta

La vigilancia y regulación en los puntos de venta de plaguicidas son fundamentales para asegurar que solo se comercialicen productos seguros y autorizados. En Guatemala, el MSPAS y el MAGA son responsables de supervisar la venta y uso de plaguicidas. Sin embargo, la falta de recursos y personal limita la capacidad de estas instituciones para realizar inspecciones frecuentes y efectivas. Esto permite que muchos establecimientos operen sin licencias sanitarias y vendan productos no registrados, como se evidenció en una supervisión donde el 85 % de los agroservicios no contaban con licencia sanitaria y el 88% no tenían registro ante el MAGA (Fernández, 2018).

4. Marco metodológico

4.1. Objetivos

4.1.1. *Objetivo general*

- Elaborar un diagnóstico respecto a el cumplimiento de las normativas técnicas vigentes en el registro sanitario y el etiquetado de plaguicidas de uso doméstico y profesional comercializados en la Ciudad de Guatemala.
- Generar información científica de interés para las autoridades regulatorias correspondientes a lo que se haya evidenciado en la presente investigación.

4.1.2. *Objetivos específicos*

- Identificar la presencia de puntos de venta de plaguicidas de uso doméstico y profesional en comercios formales e informales de la Ciudad de Guatemala.
- Verificar si los plaguicidas comercializados en estos establecimientos cuentan con registro sanitario válido y vigente de acuerdo con la normativa correspondiente.
- Evaluar el cumplimiento de los requisitos de etiquetado de los plaguicidas comercializados en establecimientos formales e informales de la Ciudad de Guatemala, conforme a la normativa aplicable.
- Clasificar los plaguicidas identificados según su uso y toxicidad, evaluando sus posibles riesgos asociados.

4.2. Hipótesis

4.2.1. *Hipótesis nula (H₀)*

No existe diferencias significativas en el cumplimiento de las normativas técnicas establecidas en el RTCA 65.03.57:10, *Plaguicidas de uso doméstico y profesional: requisitos de etiquetado*, entre los plaguicidas de uso doméstico y profesional comercializados en la Ciudad de Guatemala, y todos los productos cumplen con los requisitos legales y técnicos establecidos para su registro sanitario, etiquetado y comercialización.

4.2.2. Hipótesis alternativa (Ha)

Existe diferencias significativas en el cumplimiento de las normativas técnicas establecidas en el RTCA 65.03.57:10, *Plaguicidas de uso doméstico y profesional: requisitos de etiquetado*, entre los plaguicidas de uso doméstico y profesional comercializados en la Ciudad de Guatemala, y algunos productos no cumplen con los requisitos legales y técnicos establecidos para su registro sanitario, etiquetado o comercialización.

4.3. Variables

4.3.1. Independientes

- Tipo de establecimiento (formal o informal) determina las condiciones de comercialización de los plaguicidas.
- Tipo de plaguicida (doméstico o profesional) define el uso autorizado y el nivel de riesgo asociado.
- Posse o no registro sanitario.

4.3.2. Dependientes

- El cumplimiento del registro sanitario se mide verificando si el producto posee registro vigente, no vigente o inexistente.
- El cumplimiento del etiquetado se evalúa de acuerdo con los requisitos establecidos en el RTCA 65.03.57:10, *Plaguicidas de uso doméstico y profesional: requisitos de etiquetado*.

4.3.3. De control

- Presentaciones comerciales de plaguicidas.

4.4. Población

La población del estudio está conformada por plaguicidas de uso doméstico y profesional que se comercializan en la Ciudad de Guatemala. Se incluyeron productos de distintas marcas y formulaciones, tanto nacionales como internacionales. La investigación se centró en plaguicidas de libre acceso disponibles en establecimientos formales, como

supermercados, y en establecimientos informales, es decir, lugares no autorizados para su comercialización. No se limitó a un tipo específico de ingrediente activo o formulación, aunque se dio prioridad a aquellos productos con mayor presencia y demanda.

4.5. Muestra

La muestra se obtuvo a partir de la identificación y recolección de plaguicidas en establecimientos que fueron seleccionados dentro de la Ciudad de Guatemala. Se incluyeron productos representativos de diferentes categorías de plaguicidas, diferenciando entre aquellos de uso doméstico y profesional.

El muestreo fue no probabilístico y por conveniencia, debido a la falta de información acerca de la población, basándose en la disponibilidad de los productos en los puntos de venta y en su accesibilidad. Se visitaron diez establecimientos en total; cinco mercados y cinco supermercados, todos ubicados en la Ciudad de Guatemala. En cada uno de estos lugares se documentaron las muestras disponibles, agregando todas aquellas que se encuentren a la venta en el momento de la visita. Se registraron los datos relevantes de cada muestra, incluyendo la información de las etiquetadas, el número de registro sanitario, la presentación del producto y el tipo de establecimiento.

4.6. Criterios de inclusión

Se incluyeron en el estudio plaguicidas de uso doméstico y profesional disponibles en los comercios que fueron seleccionados de la Ciudad de Guatemala. Los productos cuentan con etiquetas que presenten información acerca del fabricante, la composición y el número de registro sanitario, en caso de poseerlo. Además, solo se incluyeron aquellos plaguicidas en envases intactos y en condiciones adecuadas para su comercialización, con el fin de garantizar una evaluación precisa de su cumplimiento normativo.

4.7. Criterios de exclusión

Se excluyeron del estudio los plaguicidas que carecieron de etiquetado, impidiendo su identificación y verificación. Asimismo, no se consideraron aquellos productos cuyo envase estuviese deteriorado, roto o presentara signos de manipulación.

4.8. Procedimiento

4.8.1. *Revisión bibliográfica*

Se realizó una búsqueda y análisis exhaustiva de la literatura técnica y legal relacionada con la regulación de plaguicidas, enfocándose en las normativas nacionales e internacionales respecto al registro sanitario y el etiquetado de productos. Se consultaron normativas emitidas por el DRCPFA, así como por organismos internacionales como la OMS y la FAO.

4.8.2. *Selección de puntos de venta*

Se identificaron comercios representativos de la Ciudad de Guatemala que comercialicen plaguicidas de uso doméstico y profesional, diferenciando entre establecimientos formales (supermercados) e informales (mercados no autorizados para este tipo de productos). La selección se hizo según la disponibilidad y accesibilidad de los productos, evaluando un total de 10 establecimientos: 5 mercados y 5 supermercados.

4.8.3. *Elaboración y validación del instrumento de evaluación*

Se diseñó un formulario con base en los criterios establecidos en el RTCA 65.03.57:10, *Plaguicidas de uso doméstico y profesional: requisitos de etiquetado*, el cual incluye: advertencias obligatorias, pictogramas de seguridad, registro sanitario y condiciones de almacenamiento. El instrumento fue revisado por expertos en regulación sanitaria y toxicología para garantizar su validez de contenido. Ver anexo B, Cuadro 12.

4.8.4. *Recolección de datos*

En cada punto de venta se registró la información de los plaguicidas disponibles, complementada con fotografías del etiquetado visible. No se realizó la compra de productos, ya que la investigación se enfocó solo en la información expuesta al público. Los datos recolectados incluyen:

- Establecimiento donde se efectuó el muestreo
- Tipo de plaguicida
- Presentación

- Tipo de empaque
- Información visible en la etiqueta conforme al RTCA 65.03.57:10, *Plaguicidas de uso doméstico y profesional: requisitos de etiquetado* (ingredientes activos, instrucciones de uso, fecha de vencimiento, precauciones, etc.).
- Número de registro sanitario

Para validar los datos, se procuró verificar la información sobre los registros sanitarios y el etiquetado en las bases oficiales de la autoridad reguladora nacional; no obstante, dicha verificación no fue posible, ya que la información no es de acceso público.

4.8.5. Clasificación y análisis de cumplimiento

Una vez recolectados los datos, los productos fueron clasificados según su uso y su grado de cumplimiento con los requisitos establecidos en las normativas correspondientes. Se verificó que cada producto tuviera un registro sanitario y si su etiquetado cumplía con los estándares establecidos en la legislación guatemalteca, en particular en lo relativo a la veracidad de la información y la inclusión de advertencias de seguridad. Para esta evaluación, se utilizó un formulario que permitió verificar el cumplimiento de cada uno de los numerales considerados en el estudio, la cual se presenta en el apartado de anexos.

4.8.6. Análisis de resultados

Se realizó la tabulación de resultados y el análisis de las muestras, siendo estas un análisis descriptivo y una prueba chi-cuadrado de acuerdo con las hipótesis planteadas por medio del programa Microsoft Excel año 2016, versión 16.54. 4. Por último, se realizó la interpretación y discusión de resultados, con el fin de elaborar el trabajo de graduación.

4.9. Diseño de investigación

Investigación no experimental, de tipo transversal descriptiva, con la finalidad de evaluar el cumplimiento de las normativas establecidas en el RTCA 65.03.57:10, *Plaguicidas de uso doméstico y profesional: requisitos de etiquetado*. Para ello, se examinaron las etiquetas de los plaguicidas de uso doméstico y profesional comercializados

en establecimientos de la Ciudad de Guatemala, verificando la presencia o ausencia de la información exigida por la normativa.

Derivado que la investigación se centró de forma exclusiva en el contenido del etiquetado que pueda ser evaluado y no en análisis de laboratorio u otras características técnicas del RTCA 65.03.57:10, *Plaguicidas de uso doméstico y profesional: requisitos de etiquetado*. El análisis se enfocó solo en la identificación de los elementos obligatorios dentro del etiquetado de los plaguicidas, según lo estipulado en la normativa vigente. El formulario se elaboró con base a metodologías con anterioridad utilizadas en estudios similares, adaptándolo a los criterios normativos aplicables.

4.10. Análisis estadístico

1. Porcentaje de cumplimiento de requisitos: el porcentaje es una forma de expresar una proporción o fracción de un valor en términos de 100. Se calcularon las frecuencias absolutas y relativas de los plaguicidas que cumplen y no cumplen con los requisitos establecidos en el RTCA 65.03.57:10, *Plaguicidas de uso doméstico y de uso profesional: Requisitos de etiquetado* (Skoog *et al.*, 2015). Esto permitió determinar la proporción de productos con etiquetado adecuado e identificar las principales áreas de incumplimiento.

$$\frac{\text{Requisitos cumplidos}}{\text{Requisitos totales necesarios}} * 100$$

2. Media aritmética: la media aritmética es el valor promedio que resume los datos, proporcionando una idea central del comportamiento de las mediciones de disolución en cada intervalo de tiempo. Se empleó para calcular el promedio de elementos presentes en el etiquetado de los plaguicidas analizados. Con ello, se estableció una referencia respecto al grado general de cumplimiento de los requisitos normativos (Skoog *et al.*, 2015).

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

$\bar{x}$ = Media aritmética.

n = Número total de observaciones.

x_i = Valores individuales de disolución en cada intervalo de tiempo.

3. Frecuencia esperada: la frecuencia esperada es un valor teórico que se calcula en la prueba de chi-cuadrado para determinar cuántas observaciones deberían presentarse en cada celda de la tabla si no existiera relación entre las variables analizadas. En este estudio se utilizó para estimar la distribución esperada de productos con etiqueta completa e incompleta en supermercados y mercados, bajo el supuesto de independencia entre el tipo de establecimiento y el cumplimiento del etiquetado (Skoog *et al.*, 2015).

$$E = \frac{(Total\ fila \times Total\ columna)}{Total\ general}$$

E = Frecuencia esperada

Total fila = suma de la fila correspondiente.

Total columna = suma de la columna correspondiente.

Total general = número total de observaciones en la tabla.

4. Chi-cuadrado: la prueba de chi-cuadrado (X^2) es un método estadístico que permite evaluar si existe una relación significativa entre variables categóricas. Se utilizó para analizar la asociación entre el tipo de establecimiento, formal o informal, y el cumplimiento del registro sanitario y etiquetado de plaguicidas. Esta herramienta ayudó a identificar si el incumplimiento está relacionado con ciertos tipos de comercios (Skoog *et al.*, 2015).

$$X^2 = \sum \frac{(o - e)^2}{e}$$

X^2 = Valor total de la prueba de chi-cuadrado

O = Valor observado en la tabla de contingencia; es decir, los datos reales que se obtuvieron en el estudio.

e = Valor esperado si no existiera relación entre las variables.

Los resultados se expresan en porcentajes de frecuencia y medidas de tendencia central. Se representan en gráficos estadísticos tipo circular y de barras para visualizar los sectores y los criterios.

5. Marco operativo

5.1. Recolección y tratamiento de datos

Los datos recolectados fueron ingresados en Microsoft Excel versión 16.54.4. y organizados según registro sanitario y cumplimiento de etiquetado de acuerdo con el RTCA 65.03.57:10. Para el cumplimiento del registro sanitario, se verificó si el plaguicida incluía un registro vigente, categorizándolo según su número de registro. En cuanto al cumplimiento de etiquetado, se evaluó si la etiqueta cumplía con los requisitos técnicos y legales, clasificándola como “cumple”, “cumple parcialmente” o “no cumple”. Los datos fueron analizados mediante el porcentaje de cumplimiento en cada categoría. Además, se calculó la media aritmética para evaluar la confiabilidad de los resultados, con el fin de proporcionar un análisis más detallado del cumplimiento normativo y los posibles riesgos asociados. Por último, se aplicó la prueba estadística de chi-cuadrado para determinar si existía una asociación significativa entre el tipo de establecimiento (formal o informal) y el cumplimiento del registro sanitario y etiquetado.

5.2. Recursos

5.2.1. Humanos

- Autora: Melanie Paola Payes Herrarte
- Asesor: MSc. Miriam Carolina Guzmán Quilo
- Revisor: PhD. Krisztina Ríos-Gonzales

5.2.2. Materiales

- Fuentes bibliográficas
- Teléfono
- Computadora
- Formulario de evaluación
- Útiles de oficina
- Impresora
- Fotografías de plaguicidas comercializados en la Ciudad de Guatemala.

5.2.3. Aspectos económicos

Cuadro 6. Aspectos económicos para trabajo de investigación

Material	Costo
<i>Transporte</i>	Q800.00
<i>Gasolina</i>	Q500.00
<i>Celular</i>	Q200.00
<i>Energía eléctrica</i>	Q150.00
<i>Útiles de oficina</i>	Q250.00
<i>Impresora</i>	Q300.00
<i>Internet</i>	Q250.00
<i>Licencia Microsoft 365</i>	Q550.00
<i>Parqueo</i>	Q200.00
<i>Total</i>	Q3,200.00

Nota. Los costos de este estudio fueron costeados por la autora.

6. Resultados

Cuadro 7. Cantidad de plaguicidas evaluados en puntos de venta

Canal de venta	Establecimiento	Cantidad de plaguicidas
Supermercado	LT	17
	P	12
	C	13
	DF	13
	DC	3
Subtotal		26
Mercados	El Guarda	7
	La Reformita	8
	Central	8
	La Terminal	5
	Verbena	5
Subtotal		33
Total general		59

Nota. Elaboración propia.

El Cuadro 7 presenta los puntos de venta y la cantidad de plaguicidas encontrados según los criterios metodológicos establecidos y el RTCA 65.03.57:10. Se registraron 59 productos: 26 en supermercados y 33 en mercados. Algunos productos se repitieron en ambos establecimientos, tanto formales como informales.

Cuadro 8. Condiciones de almacenamiento de plaguicidas observadas en supermercados y mercados de la Ciudad de Guatemala

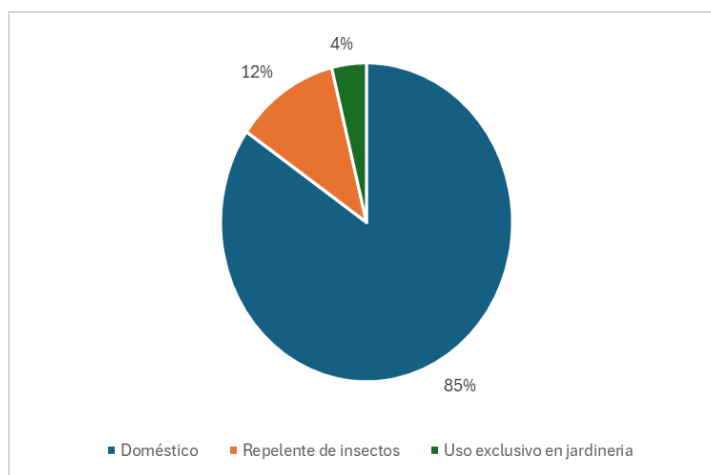
Aspecto	Supermercados	Mercados
Ubicación	Los productos se encontraron en góndolas delimitadas, con cierta separación respecto a alimentos y otros artículos de consumo.	Los productos se ubicaron en mesas o estantes improvisados, colocados junto a alimentos y artículos de higiene personal, sin separación física.

Aspecto	Supermercados	Mercados
Ambiente	Se observaron espacios ventilados, sin exposición directa a la luz solar ni a la humedad.	Los productos estaban expuestos directamente al sol y la humedad, e incluso en algunos casos colocados sobre el suelo.
Envases y etiquetas	Los envases se encontraban íntegros y con etiquetas legibles.	Se observaron envases deteriorados, con etiquetas dañadas, incompletas o sin número de registro visible.

Nota. Elaboración propia.

El Cuadro 8 muestra que en los supermercados los plaguicidas se almacenan de forma más controlada y organizada, mientras que en los mercados predomina un manejo inadecuado, con productos expuestos y colocados junto a otros artículos, lo que incrementa el riesgo para la salud y seguridad del consumidor.

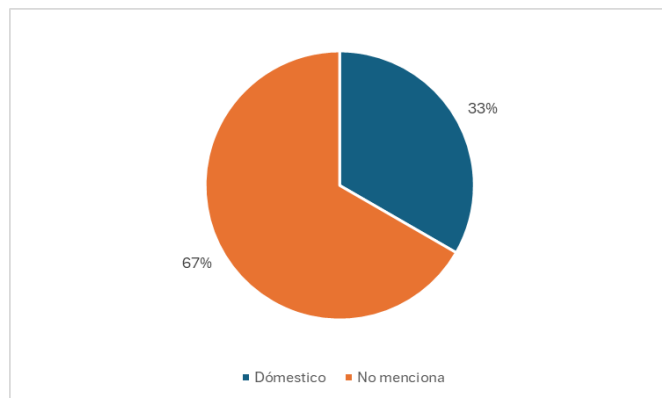
Figura 2. Tipos de plaguicidas encontradas en supermercados



Nota. Elaboración propia.

La Figura 2 muestra que el 85 % de los plaguicidas en supermercados son de uso doméstico, el 12 % repelentes y el 4 % de jardinería. Esto evidencia que los supermercados concentran productos orientados al consumidor general, con menor presencia de los de aplicación específica.

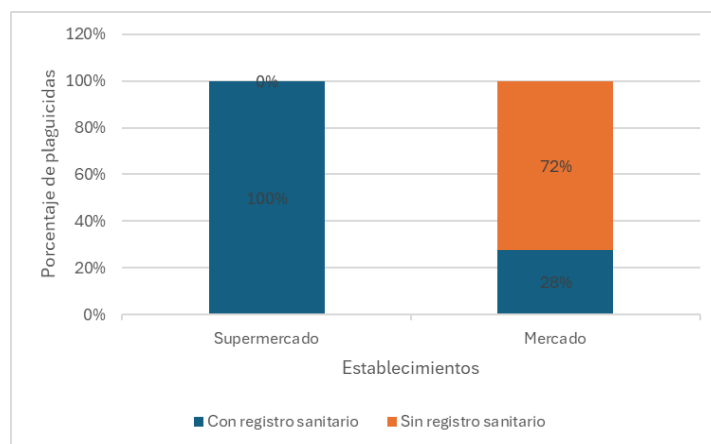
Figura 3. Tipos de plaguicidas encontradas en mercados



Nota. Elaboración propia.

La Figura 3 muestra que el 33 % de los plaguicidas en mercados son de uso doméstico, mientras que el 67 % no especifica su categoría, en incumplimiento del RTCA 65.03.57:10. Esta falta de información evidencia deficiencias de etiquetado que incrementan el riesgo de manipulación inadecuada. Para todos los casos, no debió encontrarse ninguno de estos productos en estos establecimientos.

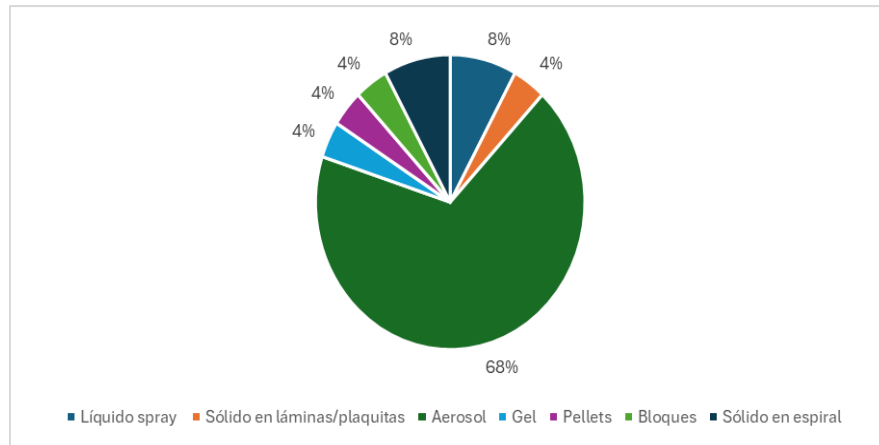
Figura 4. Cumplimiento de número de registro en plaguicidas



Nota. Elaboración propia.

La Figura 4 muestra que todos los plaguicidas en supermercados contaban con registro sanitario, mientras que en los mercados solo el 28 % lo incluía. No se pudo confirmar la vigencia de los registros al momento de la evaluación.

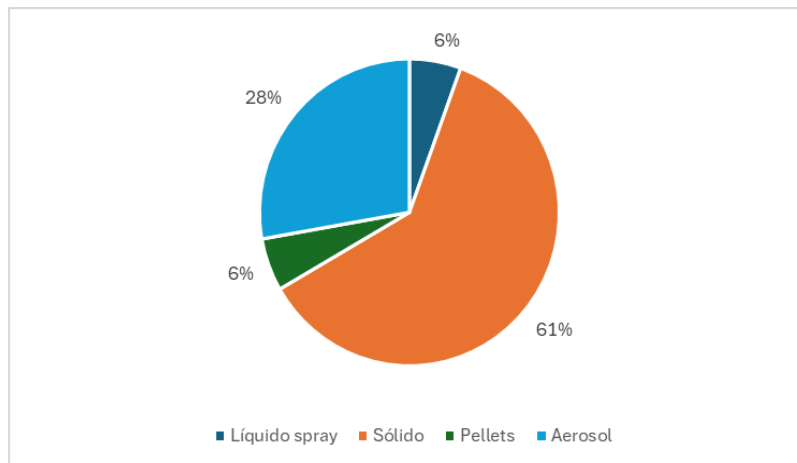
Figura 5. Presentaciones de plaguicidas encontradas en supermercados



Nota. Elaboración propia.

La Figura 5 muestra que en los supermercados predominan los plaguicidas en aerosol (68 %), seguidos por líquidos y sólidos (8 % cada uno), mientras que otras presentaciones alcanzan solo el 4 %.

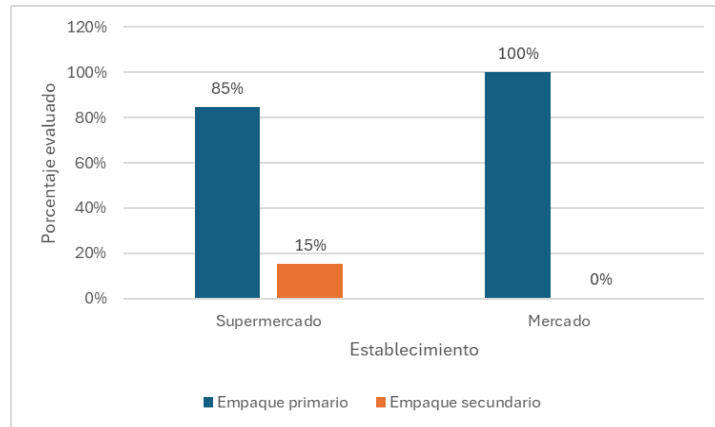
Figura 6. Presentaciones de plaguicidas encontradas en mercados



Nota. Elaboración propia.

La Figura 6 muestra que en los mercados predominan los plaguicidas en forma sólida (61 %), seguidos por aerosoles (28 %) y, en menor proporción, líquidos y pellets (6 % cada uno).

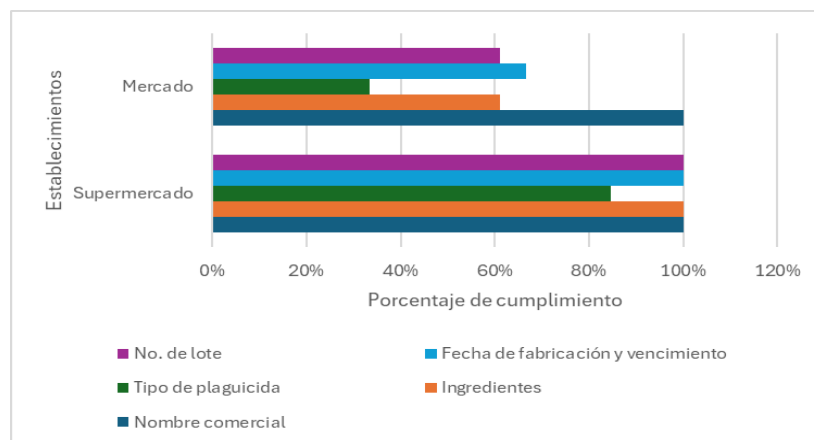
Figura 7. Tipo de empaque encontrados en los establecimientos



Nota. Elaboración propia.

La Figura 7 muestra que en los supermercados predominó el empaque primario (85 %) y un 15 % incluyó empaque secundario, propio de presentaciones más formales. En los mercados, el 100 % de los productos se vende solo con empaque primario, evidenciando una menor seguridad para los consumidores que los adquieren en esas presentaciones.

Figura 8. Porcentaje de cumplimiento de información general en etiquetado

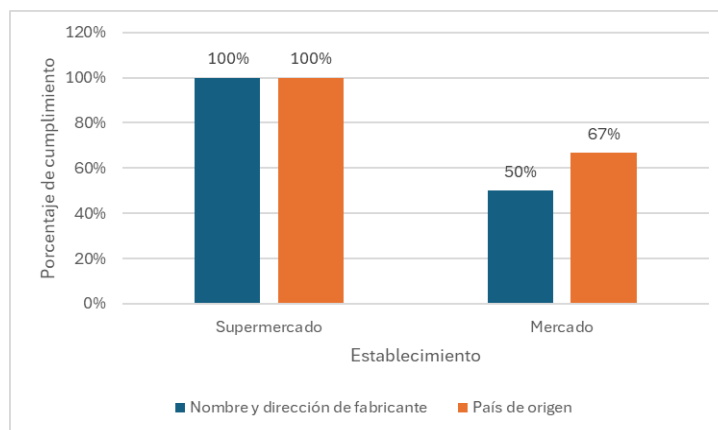


Nota. Elaboración propia.

La Figura 8 muestra que los productos en los supermercados evaluados cumplieron casi en su totalidad con la información general del etiquetado según la herramienta de

evaluación en el apartado de anexos en base al RTCA 65.03.57:10, alcanzando el 100 % en la mayoría de los apartados y 85 % en tipo de plaguicida. En los mercados, aunque el nombre comercial se cumplió en todos los casos, los demás criterios presentaron porcentajes menores.

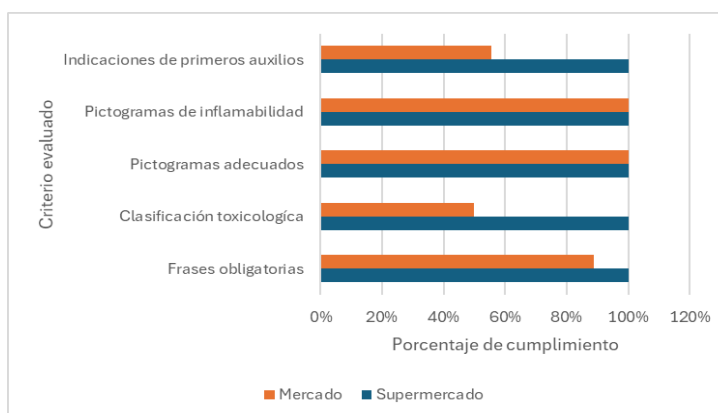
Figura 9. Porcentaje de cumplimiento de información de fabricante y distribución en etiquetado



Nota. Elaboración propia.

La Figura 9 muestra que en los supermercados el 100 % de los plaguicidas que se comercializan, declararon fabricante, dirección y país de origen, mientras que en los mercados solo el 50 % incluyó fabricante y el 67 % el país de origen. Esto evidencia el cumplimiento en los canales formales y condiciones de peligro a los consumidores en los informales.

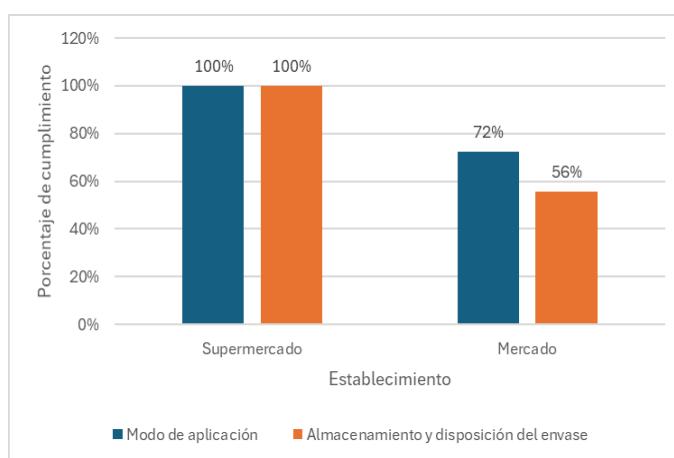
Figura 10. Porcentaje de cumplimiento de información de advertencias y precauciones de seguridad en etiquetado



Nota. Elaboración propia.

La Figura 10 muestra que los productos en los supermercados cumplieron al 100 % con el etiquetado que incluye los requisitos de advertencias y precauciones de la herramienta de evaluación en el apartado de anexos en base al RTCA 65.03.57:10. En los mercados, aunque se alcanzó el 100 % en pictogramas, el cumplimiento fue menor en frases obligatorias (89 %), clasificación toxicológica (50 %) y primeros auxilios (56 %).

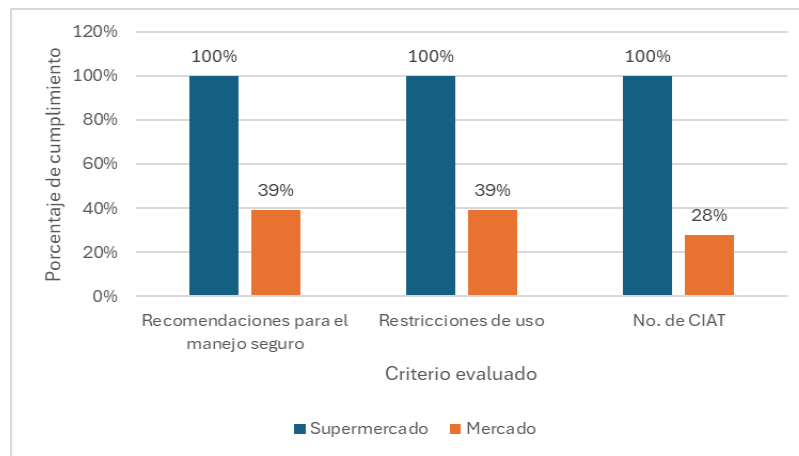
Figura 11. Porcentaje de cumplimiento de información de modo de aplicación y almacenamiento del envase en etiquetado de plaguicidas



Nota. Elaboración propia.

La Figura 11 muestra que los productos que se comercializan en los supermercados muestran cumplimiento del 100 % en incluir la información sobre modo de aplicación, almacenamiento y disposición final del envase. En los mercados, los valores fueron menores, con 72 % y 56 % respectivamente, reflejando información incompleta en las etiquetas. De acuerdo con la herramienta de evaluación en el apartado de anexos en base al RTCA 65.03.57:10.

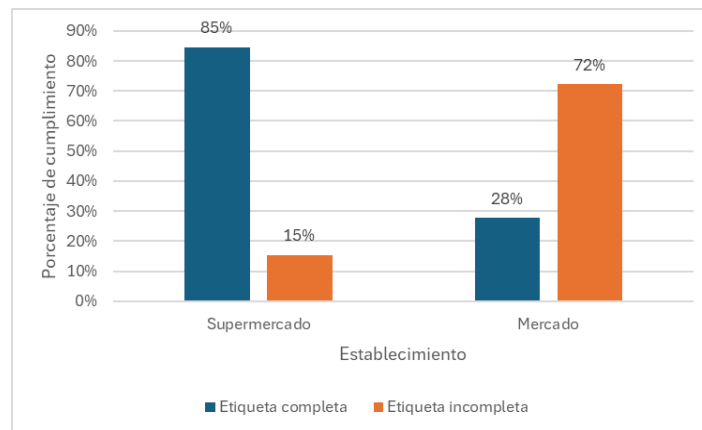
Figura 12. Porcentaje de cumplimiento de información de uso seguro en etiquetado de plaguicidas



Nota. Elaboración propia.

La Figura 12 muestra que el 100 % de los productos en los supermercados cumplió con la información de uso seguro, restricciones y número del CIAT. En los mercados, los porcentajes fueron mucho menores (39 %, 39 % y 28 % respectivamente), lo que evidencia las limitaciones en la protección del consumidor y la atención ante emergencias.

Figura 13. Cumplimiento general del etiquetado de plaguicidas



Nota. Elaboración propia.

La Figura 13 muestra que en los supermercados el 85 % de los productos presentó etiquetas completas y el 15 %, incompletas; en los mercados, solo el 28 % cumplió con la normativa. Estos resultados evidencian cumplimiento en el canal formal y deficiencias en el informal, lo que aumenta el riesgo para el consumidor.

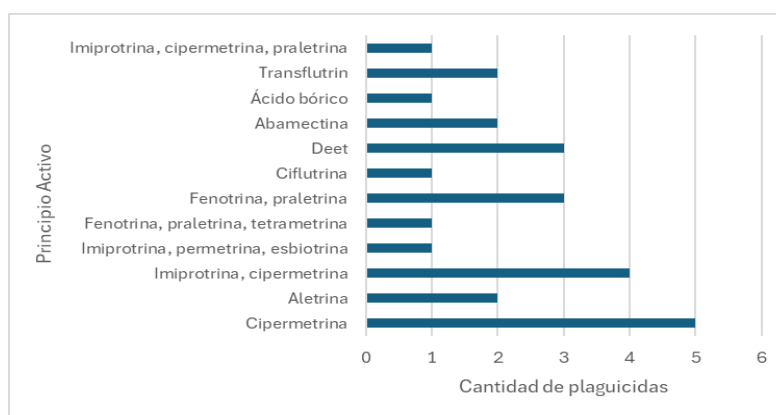
Cuadro 9. Prueba de chi-cuadrado de independencia aplicada al cumplimiento del etiquetado de plaguicidas en supermercados y mercados

Estadístico	Valor obtenido
χ^2 calculado	14.52
Grados de libertad (gl)	1
Valor-p	0.00014
Nivel de significancia (α)	0.05
Decisión	Se rechaza la hipótesis nula

Nota. Elaboración propia.

El Cuadro 9 muestra los resultados de la prueba de chi-cuadrado aplicada para comparar el cumplimiento del etiquetado entre supermercados y mercados. El resultado fue significativo ($\chi^2[1, N = 44] = 14.52, p = 0.00014$), por lo que se rechaza la hipótesis nula y se concluye que el tipo de establecimiento influye en el cumplimiento, siendo mayor en los supermercados.

Figura 14. Principios activos en plaguicidas comercializados en supermercados

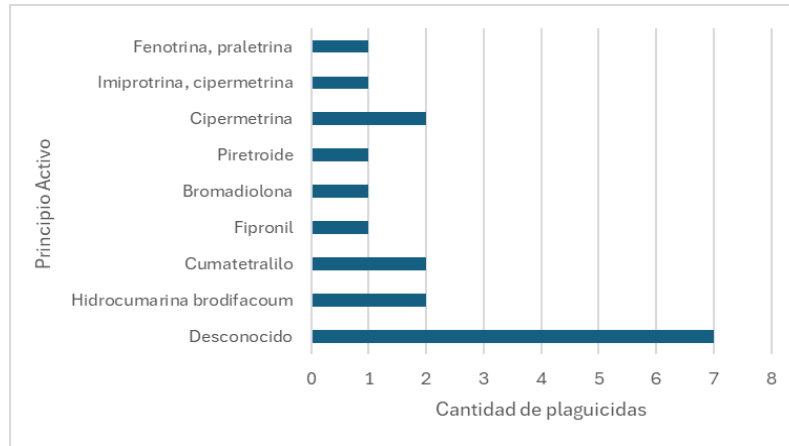


Nota. Elaboración propia.

La Figura 14 muestra que en los supermercados predominan los plaguicidas a base de piretroides, principalmente cipermetrina (5 productos) e imiprotrina + cipermetrina (4). También se identificaron N,N Dietil Toluamida (DEET), aletrina y fenotrina-praletrina en

menor proporción. Estos compuestos se usan en productos domésticos por su eficacia, aunque su manejo inadecuado implica riesgos para la salud y el ambiente.

Figura 15. Principios activos en plaguicidas comercializados en mercados



Nota. Elaboración propia.

La Figura 15 muestra que en los mercados predominan plaguicidas sin declaración del ingrediente activo (7 casos). Entre los ingredientes activos declarados, destaca la cipermetrina (2 productos), seguida por rodenticidas como cumatetralilo, brodifacoum e hidrocurmarina, además de otras combinaciones en menor proporción.

Cuadro 10. Principios activos identificados en etiquetas de plaguicidas comercializados en mercados y supermercados

Grupo químico	Principio activo	Plagas que controla
Piretroides sintéticos	Cipermetrina	Mosquitos, moscas, cucarachas, hormigas, escorpiones, ciempiés, pulgas, arañas
	Imiprotrina	Cucarachas, hormigas, ciempiés, arañas, escorpiones
	Permetrina	Mosquitos, moscas, cucarachas, arañas
	Esbiotrina	Mosquitos, moscas, cucarachas, arañas
	Aletrina	Mosquitos y zancudos

Grupo químico	Principio activo	Plagas que controla
Piretroides sintéticos	Fenotrina	Mosquitos, moscas, cucarachas, hormigas, pulgas, arañas
	Praletrina	Mosquitos, moscas, cucarachas, hormigas, pulgas, arañas
	Tetrametrina	Mosquitos y moscas
	Ciflutrina	Mosquitos, moscas, cucarachas, hormigas, pulgas, arañas, alacranes
	Transflutrín	Mosquitos
	Dismetrina	Insectos de amplio espectro
Repelente	Deet	Mosquitos (uso en piel y ambiente)
Avermectinas	Abamectina	Cucarachas, hormigas, zompopos
Inorgánico	Ácido bórico	Cucarachas
Rodenticidas anticoagulantes (cumarinicos)	Bromadiolona	Ratas y roedores
	Cumatestralilo	Ratas y roedores
	Hidrocumarina/ Brodifacoum	Ratas y roedores
Fenilpirazoles	Fipronil	Cucarachas, insectos restreros
No declarado	Desconocido	Moscas, mosquitos, cucarachas, hormigas, pulgas, chinches, ratas, roedores, etc.

Nota. Elaboración propia.

El Cuadro 10 muestra la relación de principio activo y plaga que controlan, encontrados en el etiquetado de plaguicidas comercializados en el sector formal e informal. Identificando un predominio de piretroides sintéticos como cipermetrina, imiprotrina, fenotrina y aletrina, empleados contra insectos domésticos. También se identificaron

abamectina, ácido bórico, fipronil y rodenticidas cumarínicos como bromadiolona y brodifacoum, más frecuentes en mercados. La presencia de productos sin ingrediente activo declarado limita la trazabilidad y representa un riesgo para el consumidor y el ambiente.

Cuadro 11. Comercialización de plaguicida agrícola en punto de venta no autorizado

Características	Observación
Nombre comercial	Dismetrina 25 EC
Presentación	Líquido
Principio activo	Piretroide sintético
Tipo de plaguicida	Uso agrícola (insecticida)
Clasificación toxicológica	III – Ligeramente peligroso (banda azul)

Nota. Elaboración propia.

El Cuadro 11 documenta la detección de Dismetrina 25 EC en el mercado La Terminal, un plaguicida agrícola de tipo piretroide sintético, Categoría III (ligeramente peligroso, banda azul). Regulado por el RTCA 65.05.60:11, no debería venderse en mercados. El producto fue ofrecido con panfleto, pero no se verificó su autenticidad. Este tipo de productos deben comercializarse en expendios o agroservicios registrados.

7. Discusión

En el presente existe una creciente preocupación por la forma en que se comercializan y etiquetan los plaguicidas, ya que un etiquetado inadecuado supone un riesgo para la salud pública y el ambiente (FAO y OMS, 2022). Estos productos deben incluir información correspondiente a su composición, uso y riesgos para garantizar una manipulación segura (RTCA, 2010). La falta de datos en las etiquetas incrementa el riesgo de intoxicaciones y contaminación ambiental (Borowska & Brzóska, 2004; FAO y OMS, 2014), lo que evidencia la necesidad de reforzar las normativas nacionales y alinearlas con las directrices internacionales (FAO y OMS, 2022).

El presente estudio evidenció diferencias en la comercialización de plaguicidas entre supermercados y mercados, reflejando la brecha entre el comercio formal e informal. En los supermercados, los productos presentaban envases en buen estado, etiquetas legibles y una disposición ordenada, conforme a lo establecido en el RTCA 65.03.57:10, *Plaguicidas de uso doméstico y profesional: requisitos de etiquetado* (RTCA, 2010). En contraste, en los mercados se encontraron envases dañados, etiquetas incompletas y productos colocados junto a alimentos o artículos de higiene, lo que incrementa el riesgo por mal uso (FAO y OMS, 2014). Estos resultados coinciden con las directrices internacionales que advierten que la venta en entornos no regulados eleva la exposición aguda y crónica, y pone en riesgo la seguridad del consumidor (FAO y OMS, 2022). Estos resultados podrían explicarse además por la falta de capacitación de los comerciantes y la limitada vigilancia institucional, debido a que de manera oficial no son expendios sujetos a monitoreo.

En total se identificaron 59 plaguicidas distribuidos en supermercados y mercados de la Ciudad de Guatemala, como se muestra en el Cuadro 7. De ellos, 26 se localizaron en supermercados y 33 en mercados. Algunos ingredientes activos y marcas se repitieron en distintos puntos de venta, lo que evidencia la frecuencia y las presentaciones que se comercializan en ambos tipos de establecimientos (RTCA, 2010).

En cuanto a las condiciones de almacenamiento, el Cuadro 8 muestra las diferencias entre supermercados y mercados. En los supermercados, los plaguicidas se mantenían en góndolas organizadas, ventiladas y separadas de los alimentos, lo que favorece un manejo seguro. En los mercados, en cambio, se observó estantería improvisada, exposición al sol

y la humedad, ausencia de señalización y colocación de productos junto a alimentos y artículos de higiene personal. Estas prácticas contradicen las recomendaciones internacionales, ya que el almacenamiento inadecuado puede alterar la composición química, aumentar la volatilidad y generar compuestos tóxicos que elevan el riesgo de intoxicaciones agudas y crónicas (FAO y OMS, 2014; FAO y OMS, 2022).

Las Figuras 2 y 3 muestran diferencias en el tipo de plaguicidas comercializados en cada canal. En los supermercados predominaban los de uso doméstico, que representaron el 85 % de los productos, seguidos por repelentes y artículos de jardinería. Este comportamiento coincide con lo descrito por la FAO, que indica que en el comercio formal suelen ofrecerse plaguicidas dirigidos al consumidor general (FAO, 2014). En los mercados, solo el 33 % correspondía a plaguicidas de uso doméstico, mientras que el 67 % carecía de información acerca de su categoría de uso, lo que representa un incumplimiento del RTCA (2010) y eleva el riesgo de manipulación inadecuada.

En cuanto al registro sanitario, la Figura 4 muestra una diferencia entre ambos canales de venta. En los supermercados, el 100 % de los productos contaba con número de registro sanitario en Guatemala, mientras que en los mercados solo el 28 % lo incluía. No fue posible verificar su vigencia por la falta de acceso a bases públicas. La ausencia de registro limita la trazabilidad, dificulta el control de las autoridades y reduce la confianza del consumidor referente a la legalidad del producto (Decreto Número 43-74, 1974; RTCA, 2010).

Respecto a las presentaciones, las Figuras 5 y 6 muestran que en los supermercados predominaban los aerosoles con un 68 %, seguidos por líquidos en spray y presentaciones sólidas en menor proporción. Esta tendencia refleja la preferencia del consumidor formal por productos prácticos y listos para usar, que reducen la manipulación directa y el riesgo de exposición (OMS, 2010). En los mercados, en cambio, los plaguicidas sólidos representaron el 61 % de la oferta, seguidos por aerosoles y otras formas, lo que evidencia la búsqueda de opciones más económicas, pero con mayor riesgo al venderse en envases de baja calidad o fraccionados sin información completa (Brenes, 2017).

La Figura 7 muestra diferencias en el tipo de empaque. En los supermercados, el 85 % de los productos se vendía solo en envase primario y un 15 % contaba además con

empaques secundarios, que brinda mayor protección e información. En los mercados, todos los productos se ofrecían solo en envase primario, sin embalaje adicional que garantizara seguridad o trazabilidad. Esta diferencia evidencia un mayor compromiso del canal formal por ofrecer productos seguros, mientras que en el comercio informal predominan envases básicos, más propensos a adulteración o falsificación (FAO y OMS, 2014).

La evaluación del etiquetado, realizada con la herramienta de evaluación descrita en los anexos, incluyó la información general, como se observa en la Figura 8. En los supermercados, el cumplimiento fue casi total; todos los productos presentaban nombre comercial, ingredientes, fecha de fabricación, vencimiento y número de lote. Solo un 15 % mostró deficiencias al no especificar si eran de uso doméstico o profesional, limitándose a indicar aplicaciones generales como repelente o jardinería. En los mercados, aunque el nombre comercial se cumplió en el 100 %, se observaron menores porcentajes en los demás apartados: ingredientes 61 %, tipo de plaguicida 33 %, fecha de fabricación y vencimiento 67 % y número de lote 61 %. Estas deficiencias reflejan un cumplimiento parcial de la normativa y una información limitada para el consumidor (RTCA, 2010).

Con relación a la información del fabricante y país de origen, la Figura 9 evidencia un cumplimiento total en los supermercados, lo que garantiza transparencia y trazabilidad. En los mercados, en cambio, solo el 50 % de los productos incluía el nombre y dirección del fabricante, y el 67 % declaraba el país de origen. Esta carencia limita la verificación y autenticidad del producto, además de incumplir lo establecido en el RTCA 65.03.57:10. La omisión de estos datos, según las directrices internacionales, facilita la falsificación y la venta de plaguicidas ilegales, incrementando el riesgo para los consumidores y el ambiente (RTCA, 2010; FAO y OMS, 2014).

Entre los productos hallados en los mercados, que consignaban fabricante y país de origen, predominaron procedencias de China, México, República Dominicana, El Salvador y Honduras. De estos dos últimos países, la información fue coherente con el RTCA 65.03.57:10, al compartir la misma normativa regional, sin embargo, no contaban con registro sanitario válido en Guatemala. Por su parte, para los productos de origen mexicano se observó un nivel de detalle superior al mínimo exigido, incluyendo pictogramas en plaguicidas de uso doméstico, aunque la obligatoriedad aplica solo para los de uso

profesional. Esta práctica mejora la comunicación del riesgo y brinda advertencias más claras, haciendo sus etiquetas más seguras e informativas que las que solo cumplen con los requisitos básicos (RTCA, 2010).

La Figura 10, correspondiente al apartado de advertencias y precauciones de seguridad, muestra cumplimiento total en los supermercados, donde el 100 % de los productos incluía las frases obligatorias, la clasificación toxicológica con banda de color verde (categoría IV según la OMS), pictogramas generales y de inflamabilidad, así como las indicaciones de primeros auxilios. Este resultado refleja apego al RTCA 65.03.57:10, que exige la presencia visible de estas advertencias como medida esencial de protección. La incorporación de la banda toxicológica verde comunica al consumidor la peligrosidad que el producto presenta, promoviendo un manejo más seguro, reduciendo el riesgo de intoxicaciones y reforzando el principio de comunicación de peligros en el etiquetado (RTCA, 2010).

En los mercados, el cumplimiento fue irregular. Aunque todos los productos presentaban pictogramas e indicaciones de inflamabilidad, esto se debió a que la mayoría correspondía a aerosoles fabricados bajo estándares más regulados, también disponibles en supermercados. En los demás criterios, los porcentajes fueron menores: el 89 % incluía frases obligatorias, el 50 % consignaba la clasificación toxicológica y solo el 56 % brindaba información de primeros auxilios. En los productos que sí indicaban su clasificación, predominó la banda toxicológica verde (Categoría IV, ligeramente peligrosa), lo que sugiere que los riesgos agudos son bajos; sin embargo, la información incompleta en las etiquetas puede generar una falsa sensación de seguridad y aumentar la exposición indebida del usuario. La falta de datos sobre primeros auxilios es crítica, ya que el RTCA 65.03.57:10 recomienda incluir medidas inmediatas y antídotos específicos para facilitar la atención médica en casos de intoxicación. Su omisión deja al consumidor en una situación de vulnerabilidad, pudiendo retrasar la respuesta médica y agravar los efectos de la exposición (RTCA, 2010; OMS, 2010; FAO y OMS, 2014).

La Figura 11 presenta el cumplimiento en los apartados de modo de aplicación, almacenamiento y disposición final de envases. En los supermercados, el cumplimiento fue del 100 % de los productos en todos los criterios, mientras que en los mercados solo el 72

% de los productos incluía instrucciones de uso y el 56 % indicaciones de almacenamiento y eliminación. Esta falta de información es relevante, ya que el RTCA 65.03.57:10 exige detallar los procedimientos de aplicación, almacenamiento seguro y disposición final de envases. Su omisión incrementa el riesgo de uso inadecuado, intoxicaciones y reutilización indebida de envases, práctica que la FAO y OMS identifica como una de las principales fuentes de contaminación y exposición involuntaria en países en desarrollo (RTCA, 2010; FAO y OMS, 2022).

La Figura 12 analiza la información relacionada con el uso de los plaguicidas. En los supermercados, el cumplimiento en los productos encontrados fue total en los tres criterios evaluados; recomendaciones de manejo, restricciones de uso y número del CIAT. En los mercados, los porcentajes fueron de forma notable menores: solo el 39 % incluía recomendaciones de manejo, el 39 % señalaba restricciones de uso y el 28 % consignaba el número del CIAT. Esta carencia contraviene el RTCA 65.03.57:10, que exige instrucciones y datos de contacto en caso de intoxicación. Algunos productos importados presentaban números de instituciones extranjeras, lo que reduce su utilidad ante emergencias locales. La ausencia de esta información limita la respuesta inmediata y, según Brenes (2017), contribuye a la persistencia de intoxicaciones accidentales en la región (RTCA, 2010; Brenes, 2017).

Este estudio presenta una visión global del nivel de cumplimiento del etiquetado de plaguicidas según el RTCA 65.03.57:10, *Plaguicidas de uso doméstico y profesional: requisitos de etiquetado*. Este resumen integra los resultados obtenidos con la herramienta de evaluación y permite dimensionar las diferencias entre supermercados y mercados, evidenciando un mayor grado de cumplimiento en el comercio formal frente a las deficiencias observadas en el informal.

En los supermercados, el 85 % de los plaguicidas presentó etiquetado completo y solo el 15 % mostraba deficiencias parciales. En los mercados, en cambio, apenas el 28 % cumplía con los requisitos, mientras que el 72 % exhibía omisiones en aspectos como clasificación toxicológica, primeros auxilios o declaración del ingrediente activo. Estos resultados, consistentes con las Figuras 8 a 12, confirman un mayor cumplimiento en el canal formal y deficiencias estructurales en el informal. La diferencia responde a un patrón

persistente; los supermercados mantienen orden y apego regulatorio, mientras que los mercados carecen de control efectivo. Según las Directrices conjuntas FAO y OMS, la etiqueta es el principal medio de comunicación entre fabricante y usuario; su ausencia compromete la seguridad del consumidor y la protección ambiental (FAO y OMS, 2014).

El Cuadro 9 presenta los resultados de la prueba de chi-cuadrado aplicada para determinar diferencias en el cumplimiento del etiquetado entre supermercados y mercados de la Ciudad de Guatemala. El análisis arrojó un valor de ($\chi^2[1, N = 44] = 14.52$) y un valor- p de 0.00014, menor al nivel de significancia ($\alpha = 0.05$), por lo que se rechazó la hipótesis nula y se aceptó la alternativa, confirmando diferencias significativas en el cumplimiento del RTCA 65.03.57:10, *Plaguicidas de uso doméstico y profesional: requisitos de etiquetado*. El tipo de establecimiento influye de manera directa en el grado de cumplimiento; los supermercados concentran productos con etiquetado completo, mientras que en los mercados predominan omisiones en clasificación toxicológica, primeros auxilios e ingredientes activos. La prueba estadística respalda con evidencia cuantitativa las observaciones cualitativas, reafirmando que el comercio informal es un punto crítico que requiere mayor control y vigilancia sanitaria (RTCA, 2010; Skoog *et al.*, 2015).

Las Figuras 14 y 15, junto con el Cuadro 10, evidencian diferencias en los principios activos de los plaguicidas comercializados en supermercados y mercados. En los supermercados predominaron los piretroides sintéticos, como cipermetrina, imiprotrina, fenotrina y aletrina, además de repelentes como el DEET y, en menor medida, ácido bórico y abamectina. Estos compuestos son comunes en productos de uso doméstico por su eficacia frente a insectos y su baja toxicidad aguda, lo que reduce el riesgo de intoxicaciones inmediatas y presenta una menor persistencia ambiental, ya que los piretroides suelen degradarse con la luz solar y el oxígeno (OMS, 2019; FAO y OMS, 2014).

En los mercados también se identificó cipermetrina, aunque destacó la presencia de rodenticidas anticoagulantes como bromadiolona, cumatetralilo y brodifacoum, además de siete productos sin declaración del ingrediente activo, lo que constituye un incumplimiento grave del RTCA 65.03.57:10 (RTCA, 2010; OMS, 2010). Estos rodenticidas representan un mayor riesgo tanto para la salud humana como para el ambiente, ya que actúan por acumulación en el organismo y pueden causar hemorragias internas en mamíferos no

objetivo, incluyendo animales domésticos y especies silvestres. Su alta persistencia química favorece la contaminación secundaria del suelo y el agua, prolongando el riesgo ecológico. En conjunto, estos resultados coinciden con lo señalado por Brenes (2017), quien advierte que el comercio informal concentra plaguicidas de composición incierta y peligrosidad elevada, mientras que el canal formal ofrece productos con principios activos de menor toxicidad y riesgo ambiental controlado (RTCA, 2010; OMS, 2010; Brenes, 2017).

El Cuadro 11 registra la detección de Dismetrina 25 EC en el mercado La Terminal, un plaguicida agrícola a base de piretroide sintético, clasificado en la Categoría III (ligeramente peligroso) y con banda toxicológica azul. Este producto está regulado por el RTCA 65.05.67:18, *Insumos agrícolas. Ingrediente activo grado técnico, plaguicidas químicos formulados, sustancias afines, coadyuvantes y vehículos físicos de uso agrícola*, en relación con insumos agrícolas, que exige registro y etiquetado específicos y autoriza su venta por distribuidores acreditados. Aunque no se incluyó en la herramienta aplicada a plaguicidas domésticos y profesionales, su hallazgo se incorporó por la relevancia de su presencia en un punto de venta informal (RTCA, 2018).

La comercialización de plaguicidas agrícolas en lugares no autorizados constituye una infracción grave, ya que expone a la población a sustancias de mayor riesgo. Tanto el Código Internacional de Conducta para la Gestión de Plaguicidas (FAO y OMS, 2014) como el Acuerdo Gubernativo 343-2010 del MAGA establecen que estos productos deben distribuirse solo en canales acreditados y con etiquetas completas. La detección de Dismetrina 25 EC en un mercado urbano revela la vulnerabilidad del comercio informal y el riesgo de falsificación o ingreso ilícito (Acuerdo Gubernativo 343-2010, 2010; Agrequimia, 2020).

Los resultados confirman diferencias significativas en la comercialización de plaguicidas entre canales formales e informales en la Ciudad de Guatemala, siendo los mercados los que concentran la mayoría de los incumplimientos al RTCA 65.03.57:10, *Plaguicidas de uso doméstico y profesional: requisitos de etiquetado*, en especial en registro sanitario, etiquetado e identificación del ingrediente activo. En los puntos de venta evaluados se encontraron solo plaguicidas de uso doméstico, salvo un caso de un plaguicida

de uso agrícola. La ausencia de plaguicidas de uso profesional indica que estos productos no circulan en el comercio minorista urbano, aunque no se descarta su presencia en otros espacios no evaluados.

Estos hallazgos evidencian la necesidad de fortalecer la vigilancia y fiscalización, en especial en los mercados, para prevenir la venta de estos productos, incluyendo además productos ilegales, falsificados o sin la información requerida por la normativa. Asimismo, se recomienda ampliar futuras investigaciones a un mayor número de productos para monitorear la vigencia de registros sanitarios y la calidad del etiquetado. De igual manera, las acciones regulatorias deben complementarse con programas de educación para comerciantes y consumidores, promoviendo el uso seguro de plaguicidas y una cultura de consumo responsable (FAO y OMS, 2014).

La investigación aporta evidencia científica acerca del estado actual del etiquetado de plaguicidas de uso doméstico en Guatemala y resalta la necesidad de establecer controles más rigurosos y fortalecer la coordinación interinstitucional para proteger la salud pública y el ambiente. El cumplimiento del RTCA 65.03.57:10, *Plaguicidas de uso doméstico y profesional: requisitos de etiquetado*, y del RTCA 65.05.67:18, *Insumos agrícolas. Ingrediente activo grado técnico, plaguicidas químicos formulados, sustancias afines, coadyuvantes y vehículos físicos de uso agrícola*, junto con la aplicación de las directrices de la FAO y la OMS, debe ser una prioridad para garantizar que los productos comercializados no representen riesgos sanitarios ni ambientales.

8. Conclusiones

- Se elaboró un diagnóstico del cumplimiento de las normativas técnicas vigentes que regulan el registro sanitario y etiquetado de plaguicidas de uso doméstico y profesional en la Ciudad de Guatemala. El análisis evidenció diferencias significativas entre los canales formales e informales, lo que confirmó, mediante la prueba de chi-cuadrado, que el tipo de establecimiento influye en el nivel de cumplimiento normativo.
- Se identificaron los puntos de venta de plaguicidas en comercios formales e informales en la Ciudad de Guatemala, lo que constata que el comercio informal concentra la mayoría de los incumplimientos del RTCA 65.03.57:10, en particular por la ausencia de registro sanitario y la falta de información obligatoria en las etiquetas.
- Se verificó el estado del registro sanitario de los plaguicidas comercializados, lo que determinó que una parte considerable no cuenta con registro vigente o presenta inconsistencias en la información declarada. Los supermercados mostraron mayor cumplimiento de los requisitos técnicos y legales, mientras que los establecimientos informales presentaron los mayores índices de incumplimiento.
- Se evaluó el cumplimiento del etiquetado conforme la normativa RTCA 65.03.57:10, gracias a lo cual se identificaron deficiencias en las advertencias de seguridad, idioma, pictogramas y legibilidad. En los comercios formales, predomina una aplicación más consistente de los lineamientos, mientras que en los puntos informales se identificaron productos sin información del ingrediente activo ni advertencias visibles de riesgo.
- Se clasificaron los plaguicidas identificados según su uso y nivel de toxicidad, con lo que se concluye que los supermercados comercializan en especial productos de baja toxicidad, como cipermetrina, imiprotrina y DEET, mientras que en los mercados se detectaron rodenticidas anticoagulantes y productos sin declaración del ingrediente activo. La detección de Dismetrina 25 EC en un mercado urbano demostró la venta de un plaguicida agrícola

regulado por el RTCA 65.05.67:18, lo cual constituye una infracción normativa y representa un riesgo para la salud pública.

- Se generó información científica de valor que respalda la necesidad de reforzar la fiscalización, la vigilancia sanitaria y las acciones educativas relacionadas con el uso responsable de plaguicidas. Los resultados aportan evidencia útil para las autoridades reguladoras en la planificación de estrategias que promuevan la protección de la salud y el cumplimiento efectivo de la normativa técnica vigente.

9. Recomendaciones

- En futuras investigaciones de plaguicidas de uso doméstico y profesional, se recomienda ampliar puntos de venta evaluados, incluyendo otras regiones del país, para obtener un diagnóstico más representativo del cumplimiento normativo y las condiciones de comercialización.
- Se considera necesario realizar estudios de laboratorio que analicen la composición real de los plaguicidas comercializados, en especial aquellos sin declaración de ingrediente activo, con el fin de identificar sustancias peligrosas y determinar su impacto sobre la salud y el ambiente.
- Para fortalecer la vigilancia, se recomienda mantener los mecanismos de control por parte de las autoridades para los mercados, priorizando la verificación de productos que se comercializan, como los plaguicidas que no deben ofrecerse en este tipo de comercios.
- Es fundamental reforzar los programas de capacitación dirigidos a comerciantes y distribuidores, orientados a promover el correcto almacenamiento, manipulación y etiquetado de plaguicidas.
- Se sugiere desarrollar campañas de sensibilización al consumidor que fomenten la compra responsable, la lectura de etiquetas, la compra de productos con registro sanitario vigente y el uso responsable de plaguicidas, lo que fortalecería la cultura de prevención y seguridad doméstica.
- Es recomendable unificar y actualizar las bases de datos públicas de registros sanitarios para que tanto las autoridades como los consumidores verifiquen la legalidad de los productos de manera rápida.
- Se propone incentivar las investigaciones orientadas al impacto ambiental derivado del uso inadecuado de plaguicidas, así como la evaluación de alternativas menos tóxicas o biodegradables, con el fin de promover una transición hacia productos más seguros y sostenibles.

10. Referencias

- Agrequimia. (2020). *Identifique los plaguicidas legales*. <https://sl1nk.com/a672oi2>
- Aguilar, Y., & Carlier, L. (2015). *Daño reproductivo relacionado con el uso de plaguicidas y/o pesticidas en los trabajadores de la industria agrícola: una revisión de los años 1990 a 2014 a nivel internacional*. [Tesis ocupacional, Fundación universitaria del área andina de Bogotá]. <https://11nq.com/mst23ku>
- Albert, L. (1985). *Curso básico de toxicología ambiental*. Instituto nacional de investigaciones sobre recursos bióticos. <https://11nq.com/kbudy23>
- Alfaro, E. (2006). *Manual sobre efectos acumulativos en la salud y el ambiente por el uso de plaguicidas en la agroindustria guatemalteca*. [Tesis, Universidad de San Carlos de Guatemala]. http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_1525_IN.pdf
- Acuerdo Gubernativo número 377-90. [Congreso de la República de Guatemala]. Reglamento sobre registro, comercialización, uso y control de plaguicidas agrícolas y sustancias afines. 18 de abril de 1990. <https://sl1nk.com/8h39jii>
- Acuerdo Gubernativo número 343-2010. [Congreso de la República de Guatemala]. Reglamento de la ley de registro de productos agroquímicos. 28 de noviembre de 2010. <https://11nq.com/uuz0ebp>
- Asela, M. (2014). *Efectos de los plaguicidas sobre el ambiente y la salud*. Instituto nacional de higiene, epidemiología y microbiología. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología*, 52 (3), 372-387. <https://11nq.com/jpurwuj>
- Bedmar, F. (2011). *¿Qué son los plaguicidas?* Universidad Nacional de Mar de Plata. [Archivo PDF]. <https://sl1nk.com/vmjwgik>
- Brenes, J. (octubre de 2017). *Definición y consecuencias del comercio ilegal de plaguicidas*. Instituto Tecnológico de Costa Rica. <https://11nq.com/ss7ocu8>
- Cámara de Insumos Agropecuarios y Forestales [CIAFA]. (2018). *Capítulo 2: Plaguicidas químicos, composición y formulaciones, etiquetado, clasificación toxicológica, residuos y métodos de aplicación*. [Archivo PDF]. <https://bit.ly/4efUO7W>

- Cámara Guatemalteca de Alimentos y Bebidas [CGAB]. (13 de abril de 2021). *Contrabando y piratería de productos afecta sector agrícola*. <https://sl1nk.com/0fwakfd>
- Centro de Información y Asesoría Toxicológica de Guatemala [CIAT]. (2025). *Centro de Información y Asesoría Toxicológica de Guatemala*. <https://sl1nk.com/vwzv4t>
- Colop, B. (2013). *Intoxicación aguda por plaguicidas en Guatemala: análisis de la vigilancia epidemiológica del 2008 al 2009*. [Tesis facultad de ciencias y humanidades, Universidad del Valle de Guatemala]. <https://11nq.com/mp9oc9z>
- Congreso de la República de Guatemala. (2022). *Verifican acciones contra comercio ilegal de productos agropecuarios*. <https://11nq.com/fj3r9pg>
- Convenio de Estocolmo. (2010). *Convenio de Estocolmo sobre contaminantes orgánicos persistentes (COP)*. Enmendado en 2009. <https://sl1nk.com/17jmjzu>
- Convenio de Rotterdam. (2017). *Convenio de Rotterdam para la aplicación del procedimiento fundamentado previo a ciertos plaguicidas y productos químicos peligrosos objeto de comercio internacional*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (ONU). <https://11nq.com/jcmuu0q>
- Cremlyn, R. (1979). *Preparation and mode of action*. John Wiley & Sons.
- Departamento de Regulación y Control de Productos Farmacéuticos y Afines [DRCPPA]. (2021). *Solicitud de licencia sanitaria de formuladora de plaguicidas de uso doméstico y profesional: apertura*. <https://www.tramites.gob.gt/servicio/3414/>
- Environmental Protection Agency [EPA]. (2021). *Diagnóstico y tratamiento de los envenenamientos por plaguicidas* (4.^a ed.).
- Environmental Protection Agency [EPA]. (2024). *Información básica sobre pesticidas*. <https://sl1nk.com/h3tii8y>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. (2011). *Manual para el registro de plaguicidas en Centroamérica*. [Archivo PDF]. <https://sl1nk.com/3nhfuwu>

- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. (2014). *Código internacional de conducta para la gestión de plaguicidas*. [Archivo PDF]. <https://bit.ly/47Vs00K>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO] & Organización Mundial de la Salud [OMS]. (2009). *Código internacional de conducta sobre la distribución y utilización de plaguicidas*. [Archivo PDF]. <https://bit.ly/4mnYdDC>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) & Organización Mundial de la Salud [OMS]. (2022). *Guidance on good labelling practice for pesticides* (2nd rev.). [Archivo PDF]. <https://bit.ly/4dMoYQ8>
- Fernández, J. (9 de septiembre de 2018). *Contrabando de agroquímicos genera pérdidas por US\$56 millones en el país*. Prensa Libre. <https://surl.li/bxqikq>
- Fernández, S., Bertomeu, J. (2020). *Adopción y producción estatal de DDT en México (1940-1980)*. Scielo. <https://surl.li/wipwlq>
- García, K., Hernández, K. (2021). *Directo a tus hormonas: Guía de alimentos disruptores*. Ministerio para la transición ecológica y el reto demográfico [Archivo PDF]. <https://s11nk.com/o5b6mgp>
- Hoyos, D., Vélez, M. (1997). *Efectos de un inhibidor de quitina en el control de población de Musca doméstica en una piara comercial*. [Tesis facultad de química, Universidad Nacional de Colombia]. <https://s11nk.com/jj2osno>
- Instituto Navarro de Salud Laboral [INSL]. (1999). *Plaguicidas*. <https://www.navarra.es/es/inicio>
- Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo [INSST]. (2023). *Plaguicidas: clasificación, toxicología de los plaguicidas: absorción*. <https://11nq.com/37lihdd>
- Jayaraj, R., Megha, P., Sreedev, P. (2017). *Plaguicidas organoclorados, sus efectos tóxicos sobre los organismos vivos y su destino en el medio ambiente*. National Library of Medicine [NIH]. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC5464684/>

- Lynch, M. (2019). *Intoxicación con rodenticidas anticoagulantes de larga duración*. Revista medicina legal de Costa Rica. <https://11nq.com/tbicmls>
- Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación [MAGA]. (2019). *Centroamérica unifica criterios en etiquetado de plaguicidas*. <https://s11nk.com/o5cbgi>
- Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación [MAGA]. (2020). *Lanzan aplicación contra el uso de productos agroquímicos ilegales*. <https://11nq.com/ye47cqs>
- Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación [MAGA]. (2024). *Formularios fertilizantes y plaguicidas*. <https://11nq.com/qrcbrh>
- Marcos, I. (2018). *Prevención de intoxicaciones por plaguicidas dirigida a expendedores que laboran en agroservicios*. [Tesis, Universidad San Carlos de Guatemala]. <https://11nq.com/rfb2fjm>
- Martí-Culma, N., Arenas-Suárez, N. (2018). *Daño colateral en abejas por la exposición a pesticidas de uso agrícola*. Universidad Libre Colombia. <https://11nq.com/yvdk92x>
- Melgarejo, J. (2011). *Fungicidas: Mecanismo de acción de los fungicidas*. [Archivo PDF]. <https://11nq.com/62jk9fj>
- Decreto 90-97 de 2011 [con fuerza de ley]. Código de Salud. 2011. <https://11nq.com/qycb14l>
- Acuerdo 014 de 2022 [Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social]. Norma sobre la vigilancia epidemiológica de las intoxicaciones por plaguicidas. (27 de enero de 2022). <https://faolex.fao.org/docs/pdf/els49850.pdf>
- Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social [MSPAS]. (2025). Registro de Plaguicidas. Departamento de regulación y control de productos farmacéuticos y afines. <https://11nq.com/dlf7npg>
- Navas, I., García, A. (2022). *Plaguicidas y biocidas: generalidades, clasificación toxicológica y de riesgos, legislación europea aplicable*. [Archivo PDF]. <https://s11nk.com/ugm1wgf>

- National Toxicology Program [NTP]. (2020). *Scoping review of potential human health effects associated with exposures to neonicotinoid pesticides*. [Archivo PDF]. <https://s11nk.com/wqhsmzm>
- Organización Mundial de la Salud [OMS]. (2019). *Clasificación recomendada por la OMS de los plaguicidas por el peligro que representan*. [Archivo PDF]. <https://s11nk.com/brc21es>
- Organización Mundial de la Salud [OMS]. (15 de septiembre de 2022). *Residuos de plaguicidas en los alimentos*. <https://s11nk.com/ogqa7nm>
- Orta, L. (2002). *Contaminación de las aguas por plaguicidas*. Instituto de Investigaciones de Sanidad Vegetal. [Archivo PDF]. <https://11nq.com/pm3pntg>
- Penn State Extension. (2022). *Posibles efectos de los pesticidas sobre la salud*. [Archivo PDF]. <https://s11nk.com/j3wg5ua>
- Acuerdo Gubernativo 229-2014 y sus reformas 33-2016 [Instituto Guatemalteco de Seguridad Social]. Reglamento de salud y seguridad ocupacional. 5 de febrero 2016. <https://s11nk.com/2k2oe3g>
- Acuerdo Gubernativo 480-2003 [Comisión Guatemalteca de Normas [COGUANOR] NO. 44 063]. Revisión. Plaguicidas. Etiquetado para los productos de uso doméstico e industrial. 2 de octubre 2003. <https://faolex.fao.org/docs/pdf/gua68435.pdf>
- Portolés, M. (2018). *Alteraciones inducidas por fipronil sobre el metabolismo aminoacidérgico*. [Tesis para doctorado, Universidad Complutense de Madrid]. <https://11nq.com/4ffg551>
- Reglamento Técnico Centroamericano [RTCA] 65.03.57:10 [Consejo de Ministros de Integración Económica (COMIECO)]. Plaguicidas de uso doméstico y profesional: requisitos de etiquetado. 2010. <https://s11nk.com/2jmi90z>
- Reglamento Técnico Centroamericano [RTCA] 65.03.44:07 [Consejo de Ministros de Integración Económica (COMIECO)]. Plaguicidas de uso doméstico y profesional: requisitos de registro. 2010. <https://11nq.com/b01prfp>

- Reglamento Técnico Centroamericano [RTCA] 65.05.62.11 [Consejo de Ministros de Integración Económica (COMIECO)]. Plaguicidas botánicos de uso agrícola. 2011. <https://sl1nk.com/er701d2>
- Reglamento Técnico Centroamericano [RTCA] 65.05.67:18 [Consejo de Ministros de Integración Económica (COMIECO)]. Insumos agrícolas: ingrediente activo grado técnico, plaguicidas químicos formulados, sustancias afines, coadyuvantes y vehículos físicos de uso agrícola. 2018. <https://11nq.com/2wuaens>
- Rueda, A. (11 de abril de 2023). El abuso de los plaguicidas y sus riesgos. Salud con lupa. <https://sl1nk.com/ljk20dy>
- Decreto Número 43-74 [Congreso de la República de Guatemala]. Ley reguladora sobre importación, elaboración, almacenamiento, transporte, venta y uso de pesticidas. 1974. <https://11nq.com/28lp10f>
- Santisteban, J. (2007). *Exposición a plaguicidas organofosforados y carbamatos en agricultores que cultivan tomate en el departamento de Sacatepéquez, Guatemala*. [Tesis, Universidad del Valle de Guatemala]. <https://sl1nk.com/hn4un8p>
- Skoog, D., West, D., Holler, J., & Crouch, S. (2015). *Fundamentos de química analítica*. Cengage Learning.
- Solano, E. (2008). *Monitoreo de plaguicidas en tomate para consumo en fresco comercializado en la ciudad de Guatemala*. Universidad San Carlos de Guatemala. <https://11nq.com/7o94ij3>
- Vargas, J. (2003). *La resistencia de plagas, un tema que adquiere mayor importancia*. Rainbow Agro. <https://surl.li/gedpct>
- Zepeda, I. (2017). *Manejo sustentable de plagas agrícolas en México*. Redalyc. [Archivo PDF]. <https://11nq.com/1gdag75>

11. Anexos

11.1. Información de etiquetado obligatorio

Figura 16. Clasificación toxicológica de la Organización Mundial de la Salud

Clasificación de la OMS según peligro potencial	Información que debe aparecer en la etiqueta			DL ₅₀ aguda (rata) mg/kg de peso corporal			
	Denominación de Peligro	Color de la banda ¹	Símbolos y palabras	Oral		Dermal	
				Sólido	Líquido	Sólido	Líquido
				5 o menos	20 o menos	10 o menos	40 o menos
I.a. Extremadamente Peligroso	Muy tóxico	Rojo PMS 199C	 MUY TOXICO	5 o menos	20 o menos	10 o menos	40 o menos
I.b. Altamente Peligroso	Tóxico	Rojo PMS 199 C	 TOXICO	5 - 50	20- 200	10 – 100	40- 400
II Moderadamente Peligroso	Nocivo	Amarillo PMS C	 NOCIVO	50 - 500	200 – 2000	100-1000	400-4000
III Ligeramente Peligroso	Cuidado	Azul PMS 293 C	CUIDADO	> 500	>2000	>1000	>4000
IV Productos que no ofrecen peligro EN CONDICIONES NORMALES DE USO.		Verde PMS 347 C	PRECAUCION	> 2000	>3000		

Nota. Extraída de RTCA 65.03.57:10 (2010).

Figura 17. Pictogramas de peligro obligatorios en el etiquetado de plaguicidas de uso profesional según el RTCA 65.03.57:10.



Nota. Extraída de RTCA 65.03.57:10 (2010).

Figura 18. Pictogramas de precaución y advertencia en el etiquetado de plaguicidas de uso profesional según el RTCA 65.03.57:10



Nota. Extraída de RTCA 65.03.57:10 (2010).

11.2. Instrumento de evaluación

Cuadro 12. Instrumento de evaluación de plaguicidas

 Plaguicidas de uso doméstico y profesional que se comercializan en la ciudad de Guatemala: situación actual del etiquetado y registro sanitario				
<i>Establecimiento donde se efectúa el muestreo:</i>				
<i>Tipo de plaguicida:</i>				
<i>Presentación:</i>				
<i>Empaque:</i>				
<i>Instrucciones:</i> Complete la tabla marcando con una "X" en la casilla correspondiente. Estos criterios son obligatorios a reportar o declarar de acuerdo con el RTCA 65.03.57:10 “ <i>Plaguicidas de uso doméstico y profesional: requisitos de etiquetado</i> ”. Registre cualquier observación relevante.				
Criterio Evaluado	RTCA 65.03.57:10	Cumple	No Cumple	Observaciones
Información general				
Nombre comercial del plaguicida	6.1 a / 7.1 a			
Tipo de plaguicida (Doméstico/Profesional)	6.1 b / 7.1 b			
Nombre común e ingredientes activos (con concentración)	6.1 c / 7.1 c			
Número de registro sanitario válido y vigente	6.2 l / 7.2 k			
Fecha de fabricación y vencimiento	6.2 l / 7.2 k			
Número de lote	6.2 l / 7.2 k			

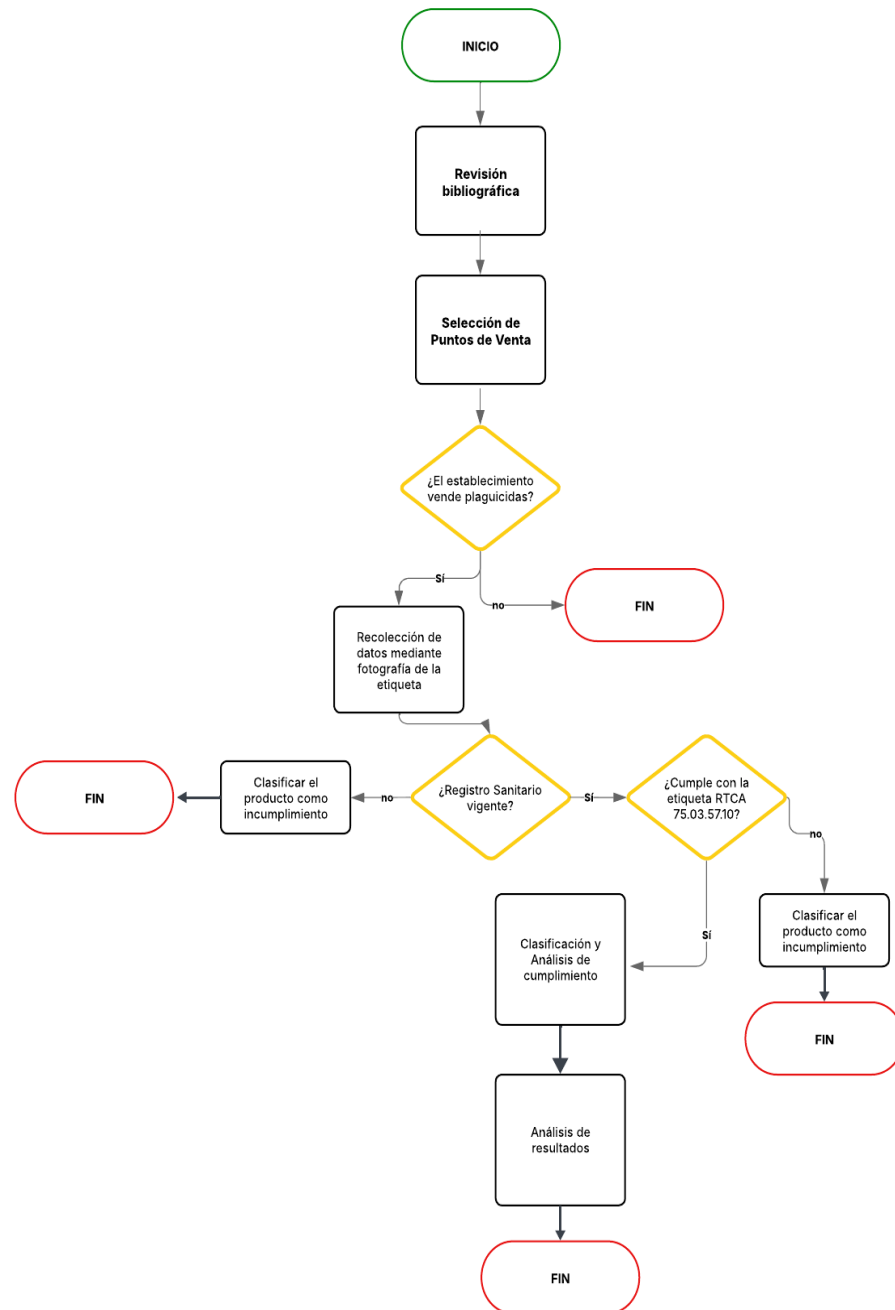
Criterio Evaluado	RTCA 65.03.57:10	Cumple	No Cumple	Observaciones
Fabricante y distribución				
Nombre y dirección del fabricante o importador	6.2 m / 7.2 l			
País de origen/ distribuidor	6.2 k / 7.2 j			
Advertencias y seguridad				
Frases obligatorias de advertencia (Ej.: "Manténgase fuera del alcance de los niños")	5.4.2 a, b, c, d / 6.2 c y h			
Clasificación toxicológica (banda de color correspondiente)	7.1 d / 7.2 h			
Pictogramas de seguridad adecuados <i>*Aplica para plaguicidas profesionales</i>	5.1.5 / 5.4.3			
Pictogramas de inflamabilidad o combustibilidad para aerosol, líquido o sólido inflamable o combustible	6.2 i / 7.2 f			
Indicaciones de primeros auxilios en caso de intoxicación	6.2 d y e / 7.4.1 k			

Criterio Evaluado	RTCA 65.03.57:10	Cumple	No Cumple	Observaciones
Uso y almacenamiento				
Modo de aplicación	6.2 g / 7.2 e			
Almacenamiento y disposición del envase	5.4.2 c / 6.2 j / 7.2 g			
Uso seguro				
Recomendaciones para el manejo seguro y eliminación del producto y su envase	6.2 f / 7.2 d			
Uso seguro				
Restricciones de uso o prohibiciones específicas	5.4.2 c			
Número de centro de toxicología CIAT	5.4.1			

Nota. Adaptada de RTCA 65.03.57:10 (2010).

11.3. Diagrama

Figura 19. Diagrama de procedimiento



Nota. Elaboración propia.

11.4. Datos originales

Cuadro 13. Datos observados del etiquetado de plaguicidas en supermercados y mercados

Lugar	Etiqueta completa	Etiqueta Incompleta	Total
Supermercado	22	4	26
Mercado	5	13	18
Total	27	17	44

Nota. Elaboración propia.

El Cuadro 13 presenta las frecuencias observadas en supermercados y mercados, diferenciando productos con etiqueta completa e incompleta. Para evitar duplicaciones, en ambos tipos de establecimientos se contabilizó cada plaguicida como un único ejemplar, aun cuando estuviera presente en más de un punto de venta del mismo sector. De esta forma, un mismo producto podía aparecer en supermercados y en mercados, pero siempre registrado una sola vez por sector, lo que permitió obtener resultados más representativos y confiables.

Cuadro 14. Frecuencias esperadas según el modelo chi-cuadrado sobre el etiquetado de plaguicidas en supermercados y mercados

Lugar	Etiqueta completa	Etiqueta Incompleta
Supermercado	15.95	10.05
Mercado	11.05	6.95

Nota. Elaboración propia.

El Cuadro 14 presenta las frecuencias esperadas obtenidas mediante la fórmula de frecuencias esperadas. Estos valores representan la distribución teórica que deberían seguir los datos si no existiera relación entre el tipo de establecimiento y el cumplimiento del etiquetado, y sirven como referencia para contrastar con las frecuencias observadas en campo.

Cuadro 15. Componentes del cálculo del estadístico χ^2

Dato	O (observado)	E (esperado)	(O-E)² / E
Supermercado (Etiqueta completa)	22	15.95	2.29
Supermercado (Etiqueta incompleta)	4	10.05	3.64
Mercado (Etiqueta completa)	5	11.05	3.31
Mercado (Etiqueta incompleta)	13	6.95	5.27
χ^2 Total			14.52

Nota. Elaboración propia.

El Cuadro 15 presenta los componentes utilizados para obtener el valor del estadístico chi-cuadrado. Para ello, se aplicó la fórmula de cálculo del estadístico χ^2 , en la que se comparan los valores observados con las frecuencias esperadas de cada celda. El resultado de estas operaciones parciales se sumó para obtener el χ^2 total, que refleja la magnitud de la diferencia entre lo observado en campo y lo que se esperaría bajo el supuesto de independencia entre las variables.

11.3. Póster informativo

Figura 20. Póster informativo para difundir en redes sociales

¿Sabes qué plaguicidas estás usando en tu casa?

Los plaguicidas son compuestos químicos utilizados para el control de plagas, cuyo manejo inadecuado puede generar riesgos para la salud y el ambiente. En Guatemala, el RTCA 65.03.57:10 "Plaguicidas de uso doméstico y profesional: requisitos de etiquetado", regula a los plaguicidas de uso doméstico y profesional; sin embargo, la información sobre su cumplimiento en los diferentes canales de comercialización es limitada.

► **¿Por qué es un problema?**

- Los plaguicidas ayudan a controlar plagas, pero mal usados pueden causar intoxicaciones y dañar el ambiente.
- En Guatemala se han encontrado muchos productos sin registro sanitario ni etiqueta completa en puntos de venta informales.
- Sin etiqueta clara, no sabes qué estás aplicando, cómo usarlo ni qué hacer en una emergencia.



¿Qué encontró el estudio en la Ciudad de Guatemala?



Establecimientos formales:

- 85 % de los productos tenían etiqueta completa.
- 100 % tenían registro sanitario.

Establecimientos informales:

- Solo 28 % cumplía con el etiquetado y registro.
- 72 % **NO** tenía la información obligatoria.

¿Qué riesgos tienen los productos sin registro ni etiqueta?

- Mayor riesgo de intoxicaciones agudas y crónicas, especialmente en niños, adultos mayores y mascotas.
- Dificulta la atención médica, porque no se sabe qué sustancia se usó.
- Puede contaminar agua, suelo y alimentos si se usa o desecha mal.

¿Cómo reconocer un plaguicida más seguro?



Nombre del producto e ingrediente activo claros.

Número de registro sanitario y uso autorizado (doméstico/profesional).

Instrucciones de uso, dosis, almacenamiento y eliminación del envase.

Advertencias y símbolos de peligro visibles.

UVG UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Información basada en el estudio "Plaguicidas de uso doméstico y profesional que se comercializan en la Ciudad de Guatemala: situación actual del etiquetado y registro sanitario" (Payes, 2025).

Nota. Elaboración propia.

12. Glosario

- **Biodisponibilidad:** proporción del ingrediente activo de un plaguicida que es absorbido por el organismo o el entorno. Este concepto se relaciona con el comportamiento del plaguicida en el ambiente y su interacción con los seres vivos (Asela, 2014).
- **Categoría toxicológica:** clasificación establecida por la OMS basada en la toxicidad aguda de un plaguicida. Va desde Ia (extremadamente peligrosos) hasta IV (muy poco peligrosos) según la DL50 oral y dérmica en ratas (Navas y García, 2022; OMS, 2019).
- **DL50 (dosis letal 50):** medida que indica la dosis requerida para causar la muerte del 50 % de una población animal de prueba. A menor DL50, mayor toxicidad (OMS, 2019).
- **Disruptores hormonales:** plaguicidas que interfieren con las hormonas juveniles de los insectos, lo que afecta su metamorfosis y reproducción. Ejemplo: el metopreno (García y Hernández, 2021).
- **Etiqueta o rotulado:** conjunto de datos obligatorios impresos en el envase de un plaguicida. Incluye instrucciones, advertencias, pictogramas, número de registro y dosis recomendada. Regulado por el RTCA 65.03.57:10 (RTCA, 2010).
- **Grupo químico:** clasificación de plaguicidas según su estructura molecular y mecanismo de acción, como organofosforados, carbamatos, neonicotinoides, entre otros (Fernández & Bertomeu, 2020; EPA, 2021).
- **Intoxicación aguda:** efecto adverso que ocurre tras una exposición breve a un plaguicida. Puede provocar vómitos, diarrea, convulsiones o incluso la muerte (Albert, 1985; PennState, 2022).
- **Intoxicación crónica:** efectos provocados por exposiciones continuas o repetidas a bajas dosis de plaguicidas durante un periodo prolongado. Puede causar cáncer, mutaciones, alteraciones neurológicas y reproductivas (Aguilar y Carlier, 2015; PennState, 2022).

- **Plaga:** cualquier organismo vivo que causa daño a cultivos, salud, bienes o medio ambiente. La FAO las define como especies perjudiciales para plantas o sus productos (Zepeda, 2017; RTCA, 2010)
- **Plaguicida:** sustancia utilizada para prevenir, destruir o controlar plagas. Pueden ser naturales o sintéticos. Su uso está regulado para minimizar riesgos en la salud y el medio ambiente (EPA, 2024; OMS, 2022; FAO, 2014).
- **Plaguicida de contacto:** producto que actúa cuando la plaga entra en contacto directo con él, sin necesidad de ingerirlo. Usado en superficies y cultivos (CIAFA, 2018).
- **Plaguicida por ingestión:** actúa tras ser consumido por la plaga, ya sea en forma de cebo o aplicado sobre alimentos (CIAFA, 2018).
- **Plaguicida sistémico:** la planta lo absorbe y actúa al ser ingerido por la plaga (NTP, 2020).
- **Registro sanitario:** proceso oficial de autorización que certifica que un plaguicida ha sido evaluado desde el punto de vista técnico y toxicológico para su uso legal (FAO, 2011).
- **RTCA 65.03.57:10:** Reglamento Técnico Centroamericano que define los requisitos para el etiquetado de plaguicidas domésticos y profesionales en la región (RTCA, 2010).
- **Toxicología:** ciencia que estudia los efectos nocivos de sustancias químicas en los seres vivos y el ambiente. Aplica al análisis de riesgos por plaguicidas (INSST, 2023).
- **Vía de exposición:** ruta por la cual un plaguicida entra en el cuerpo; ingestión, inhalación o contacto con la piel o los ojos (INSST, 2023; EPA, 2021).