



Universidad
Nacional
de Loja

Universidad Nacional de Loja

Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables

Maestría en Agroecología y Desarrollo Sostenible

Residuos de plaguicidas en hortalizas de hoja, provenientes de sistemas de producción convencional, agroecológico y con certificación orgánica

Trabajo de Titulación previo a la obtención del título de Magíster en Agroecología y Desarrollo Sostenible

AUTORA:

Beatriz Alexandra Guerrero León

DIRECTORA:

Ing. Jackelinne Andrea Castillo Villalta Mg. Sc.

Loja – Ecuador

2023

Educamos para **Transformar**

Certificación

Loja, 21 de julio de 2023

Ing. Jackelinne Andrea Castillo Villalta Mg. Sc.

DIRECTORA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

CERTIFICO:

Que he revisado y orientado todo proceso de la elaboración del Trabajo de Titulación denominado: **Residuos de plaguicidas en hortalizas de hoja, provenientes de sistemas de producción convencional, agroecológico y con certificación orgánica**, previo a la obtención del título de Magíster en Agroecología y Desarrollo Sostenible, de la autoría de la **Ing. Beatriz Alexandra Guerrero León**, con cédula de identidad **Nro. 1104253446** previo a la obtención del título de Magíster en Agroecología y Desarrollo Sostenible, una vez que el trabajo cumple con todos los requisitos exigidos por la Universidad Nacional de Loja, para el efecto, autorizo la presentación para la respectiva sustentación y defensa.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Jackelinne', enclosed within a blue circular stamp or seal.

Ing. Jackelinne Andrea Castillo Villalta Mg. Sc.

DIRECTORA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Autoría

Yo, **Beatriz Alexandra Guerrero León**, declaro ser autora del presente Trabajo de Titulación y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos de posibles reclamos y acciones legales, por el contenido del mismo. Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja la publicación del Trabajo de Titulación en el Repositorio Digital Institucional – Biblioteca Virtual.

Firma:

Cédula de identidad: 1104253446

Fecha: 21 de julio de 2023

Correo electrónico: beatriz.guerrero@unl.edu.ec

Teléfono: 0960011188

Carta de autorización por parte de la autora para la consulta, reproducción parcial o total y/o publicación electrónica de texto completo del Trabajo de Titulación

Yo **Beatriz Alexandra Guerrero León**, declaro ser autora del Trabajo de Titulación denominado: **Residuos de plaguicidas en hortalizas de hoja, provenientes de sistemas de producción convencional, agroecológico y con certificación orgánica**, como requisito para optar el título de **Magíster en Agroecología y Desarrollo Sostenible**, autorizo al sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que, con fines académicos, muestre la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido en el Repositorio Institucional.

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el Repositorio Institucional, en las redes de información del país y del exterior con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia del Trabajo de Titulación que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los diez días del mes de agosto de dos mil veintitrés.

Firma:

Autora: Beatriz Alexandra Guerrero León

Cédula: 1104253446

Dirección: La Paz

Correo electrónico: beatriz.guerrero@unl.edu.ec

Teléfono: 0960011188

DATOS COMPLEMENTARIOS:

Directora del Trabajo de Titulación: Ing. Jackeline Andrea Castillo Villalta Mg. Sc.

Dedicatoria

A Dios.

A mi Arcángel San Miguel

A mis padres José Miguel y Beatriz del Carmen.

A mis hermanos Juan José, Verónica, Patricio, Dayana.

A ti Stalin

Beatriz Alexandra Guerrero León

“Como no estas experimentado en las cosas del mundo, todas las cosas que tienen algo de dificultad te parecen imposibles... Confía en el tiempo que suele dar dulces salidas a muchas amargas dificultades”

Miguel de Cervantes

Agradecimiento

Al Ing. Wilson Chalco Sandoval PhD, cuya amplia visión de la agricultura desde una perspectiva ecológica, le ha permitido dirigir acertadamente la Maestría en Agroecología y Desarrollo sostenible.

A todos los docentes del programa de Maestría quienes han vertido generosamente sus conocimientos en tierra fértil, especialmente al Ing. Darlin González Zaruma PhD e Ing. Paulina Fernández Mg. Sc., quienes con su paciencia, nobleza y entrega me guiaron en el transcurso de la elaboración del proyecto de titulación.

A mi directora, Ing. Andrea Castillo Mg. Sc., quien pacientemente con dedicación y entrega ha sabido guiar este trabajo hasta su culminación.

A todos los compañeros y compañeras de estudio, especialmente a Dianita por su don de gente y valiosa amistad.

Beatriz Alexandra Guerrero León

Índice de contenidos

Portada	i
Certificación	ii
Autoría	iii
Carta de autorización	iv
Dedicatoria	v
Agradecimiento	vi
Índice de contenidos	vii
Índice de tablas	x
Índice de figuras	xi
Índice de anexos	xii
1. Título	1
2. Resumen	2
2.1. Abstract	3
3. Introducción	4
4. Marco Teórico	7
4.1. Producción hortícola mundial y nacional	7
4.2. Sistemas de producción	7
4.2.1. <i>Sistemas de producción convencionales.</i>	8
4.2.2. <i>Sistemas de producción agroecológicos.</i>	8
4.2.3. <i>Sistemas de producción orgánicos.</i>	9
4.3. Horticultura	10
4.3.1. <i>Clasificación de las hortalizas.</i>	10
4.3.2. <i>Plagas y enfermedades comunes en cultivos hortícolas.</i>	11
4.4. Plaguicidas	12
4.4.1. <i>Clasificación de los plaguicidas</i>	13

4.4.2.	<i>Problemas asociados al uso de plaguicidas</i>	17
4.4.3.	<i>Uso y manejo de plaguicidas en la agricultura ecuatoriana</i>	18
4.4.4.	<i>Plaguicidas prohibidos en el territorio ecuatoriano</i>	18
4.4.5.	<i>Límite Máximo de Residuos (LMR)</i>	19
4.5.	Métodos de detección de plaguicidas en alimentos	19
4.5.1.	<i>Técnicas de inmunoensayo (ELISA)</i>	19
4.5.2.	<i>Técnicas cromatográficas</i>	20
5.	Metodología	22
5.1.	Área de estudio	22
5.1.1.	<i>Condiciones ecológicas</i>	23
5.2.	Tipo de Investigación	23
5.3.	Instrumentos para recolección de datos	23
5.4.	Diseño de investigación	24
5.5.	Metodología para el primer objetivo.	25
5.6.	Metodología para el segundo objetivo.	28
5.7.	Análisis de resultados	30
6.	Resultados	31
6.1.	Plaguicidas de mayor frecuencia de adquisición	31
6.2.	Cultivos hortícolas de mayor producción	34
6.3.	Residuos de insecticidas en lechuga <i>Lactuca sativa L.</i>	35
6.4.	Residuos de insecticidas en col <i>Brassica oleracea var. Capitata.</i>	37
7.	Discusión	39
7.1.	Plaguicidas de mayor frecuencia de adquisición	39
7.2.	Residuos de insecticidas en lechuga y col.	41
8.	Conclusiones	44
9.	Recomendaciones	45

10.	Bibliografía	46
11.	Anexos	59

Índice de tablas

Tabla 1. Principales plagas y enfermedades presentes en cultivos hortícolas. _____	12
Tabla 2. Tipo de plaguicida y su función o plaga objetivo _____	14
Tabla 3. Clasificación de los plaguicidas según su Toxicidad. _____	17
Tabla 4. Mercados municipales. _____	26
Tabla 5. Insecticidas comerciales de mayor frecuencia de adquisición en locales de expendio de insumos agropecuarios de la ciudad de Loja. _____	33
Tabla 6. Resultados analíticos de residuos de insecticidas en muestras de lechuga (<i>Lactuca sativa L.</i>) variedad criolla, proveniente de sistemas de producción convencional, agroecológico y certificación orgánica que se expenden en la ciudad de Loja cantón y provincia de Loja. _____	36
Tabla 7. Resultados analíticos de residuos de insecticidas en muestras de col (<i>Brassica oleracea var. Capitata</i>), proveniente de sistemas de producción convencional, agroecológico y certificación orgánica que se expenden en la ciudad de Loja cantón y provincia de Loja. _____	38

Índice de figuras

Figura 1. Clasificación de las hortalizas según los tejidos y órganos comestibles. _____	11
Figura 2. Estructura general de los pesticidas según su estructura química y algunas moléculas de importancia _____	16
Figura 3. Pasos generales del análisis de residuos de plaguicidas por GC-MS/MS _____	21
Figura 4. Mapa de ubicación del área de estudio, ciudad de Loja. _____	22
Figura 5. Fases aplicadas para el proceso de investigación. _____	24
Figura 6. Locales de expendio de insumos agropecuarios. _____	25
Figura 7. Productoras de zonas urbanas y rurales del cantón Loja. _____	27
Figura 8. Productores de la Red agroecológica en el Mercado Nueva Granada. _____	28
Figura 9. Esquema de toma de muestras. _____	29
Figura 10. Plaguicidas de mayor frecuencia de adquisición en locales de expendio de insumos agropecuarios en la ciudad de Loja. _____	31
Figura 11. Insecticidas de mayor frecuencia de adquisición, según su grupo químico. _____	32
Figura 12. Criterios tomados en cuenta para determinar la hortaliza de mayor producción. _____	34
Figura 13. Cultivos hortícolas de mayor producción según personas productoras de mercados municipales. _____	35

Índice de anexos

Anexo 1. Límites máximos de residuos (LMR) vigentes en el Codex Alimentarius. _____	59
Anexo 2. Encuesta a nivel de locales de expendio de insumos agropecuarios _____	62
Anexo 3. Certificado de traducción. _____	64

1. Título

Residuos de plaguicidas en hortalizas de hoja, provenientes de sistemas de producción:
convencional, agroecológico y con certificación orgánica.

2. Resumen

La economía ecuatoriana se encuentra fuertemente ligada a la agricultura, en el 2020 este sector aportó con el 9,8 % del Producto Interno Bruto (PIB). En Ecuador, cerca del 47 % de la superficie agrícola, utiliza algún tipo de plaguicida químico en sus cultivos y su uso se ha visto incrementado notoriamente. Los plaguicidas en niveles que sobrepasen el Límite Máximo de Residuos (LMR) admitidos legalmente en los alimentos, constituyen un grave problema a la seguridad alimentaria. El objetivo de este estudio fue evaluar los residuos de plaguicidas en hortalizas de hoja provenientes de sistemas de producción convencional, agroecológico y con certificación orgánica. Inicialmente, se llevaron a cabo encuestas dirigidas a los propietarios o responsables de establecimientos de venta de insumos agropecuarios con el propósito de identificar el plaguicida más adquirido. Se evidenció que los insecticidas del grupo de los organofosforados y piretroides tienen mayor demanda en el mercado. Posteriormente se determinaron las hortalizas de mayor producción, estableciéndose que los cultivos de lechuga y col criollas tienen una alta producción en el mercado local. Se recolectó el material vegetal de mercados municipales, ferias agroecológicas y supermercados que expenden productos con certificación orgánica. Las muestras fueron llevadas al laboratorio para detectar y cuantificar mediante Cromatografía gaseosa acoplada a espectrofotometría de masas (CG/MS-MS) los residuos. En este estudio no se pudo detectar residuos de insecticidas en el total (100 %) de muestras analizadas tanto para *Lactuca sativa L.* como para *Brassica oleracea*, provenientes de diversos sistemas de producción (convencional, agroecológico y con certificación orgánica). Los resultados obtenidos podrían indicar que la seguridad alimentaria de la zona de estudio no está afectada, sin embargo, son precisos monitoreos continuos en otros alimentos y escenarios. Esto permitirá identificar posibles incumplimientos de las regulaciones y prevenir riesgos para la salud pública.

Palabras claves: agroecológico, CG/MS-MS, insecticidas, organofosforados, piretroides

2.1. Abstract

The Ecuadorian economy is strongly linked to agriculture, in 2020 this sector contributed 9.8 % of the Gross Domestic Product (GDP). In Ecuador, about 47 % of the agricultural area uses some type of chemical pesticide on its crops, and its use has increased significantly. Pesticides at levels that exceed the Maximum Residue Limit (MRL) legally admitted in food constitute a serious problem for food safety. The objective of this study was to evaluate pesticide residues in leafy vegetables from conventional, agroecological, and certified organic production systems. Initially, surveys were carried out aimed at the owners or managers of establishments selling agricultural inputs to identify the most commonly purchased pesticides. It was evidenced that the insecticides in the group of organophosphates and pyrethroids have a greater demand in the market. Subsequently, the vegetables with the highest production were determined, establishing that lettuce and Creole cabbage have high production in the local market. Plant material was collected from municipal markets, agroecological fairs, and supermarkets that sell certified organic products. The samples were taken to the laboratory to be detected and quantified using gas chromatography coupled with mass spectrometry (GC/MS-MS). In this study, it was not possible to detect insecticide residues in the total (100 %) of samples analyzed for both *Lactuca sativa L.* and *Brassica oleracea*, from various production systems (conventional, agroecological, and certified organic). The results obtained could indicate that the food security of the study area is not affected, however, continuous monitoring is necessary for other foods and scenarios. This will make it possible to identify possible breaches of regulations and prevent risks to public health.

Keywords: agroecological, GC/MS-MS, insecticides, organophosphates, pyrethroids

3. Introducción

Dentro de la producción agroalimentaria, el sector hortícola se destaca por su gran potencial de desarrollo a nivel mundial, consolidándose en aquellos países subdesarrollados y de economías emergentes, a los que provee de una fuente de nutrientes e ingresos económicos (USAID, 2005). Las regiones con mayor oferta de hortalizas pertenecen al cinturón mundial de hortalizas, entre ellas Asia oriental, Asia central y la cuenca del Mediterráneo, incluidos el sur de Europa y el norte de África (Dong et al., 2022).

La producción de hortalizas es una actividad agrícola esencial para la alimentación humana. Las hortalizas son fuente de antioxidantes, vitaminas, minerales y fibra dietética, por lo que su consumo constituye un escudo protector contra varios tipos de cáncer y enfermedades cardiovasculares (Dong et al., 2022), sin embargo el excesivo uso de plaguicidas necesario para la producción a gran escala podría causar un efecto adverso aumentando el riesgo de exposición a sustancias tóxicas como los plaguicidas (Claeys et al., 2011; Hossain et al., 2013).

Los plaguicidas son una sustancia o mezcla de sustancias cuyo objetivo es prevenir, destruir, repeler o controlar una plaga o transmisores de enfermedades, y puede ser usado como regulador del crecimiento de plantas, defoliante/ desecante o empleado como estabilizador de nitrógeno (EPA, 2019). A nivel mundial se estima la incorporación de 4,6 millones de toneladas de plaguicidas químicos al año y unos 115 millones de toneladas de fertilizantes nitrogenados (Nature, 2022). Los plaguicidas pueden ser clasificados de diversas maneras, sin embargo, la de mayor interés sanitario es la correspondiente a su estructura química: organofosforados, organoclorados, carbamatos, piretrinas y piretroide, ya que ésta determina su modo de acción en el organismo humano.

El desarrollo de la economía ecuatoriana está ligado a la agricultura. su contribución al PIB (Producto Interno Bruto) en el 2020 fue del 9,8 %. El sistema de producción convencional es el más extendido a escala nacional, se caracteriza por el predominio de monocultivos y el alto uso de plaguicidas y fertilizantes químicos, sin embargo, este enfoque presenta riesgos para la seguridad y soberanía alimentaria, principalmente debido a la inclinación de los agricultores a formar parte de grandes cadenas de producción, lo que conlleva el abandono de policultivos y cultivos destinados al autoconsumo en pequeña escala. (MAE, 2012).

En Ecuador según datos del INEC, (2013) cerca del 47 % de la superficie agrícola (1 320 988,67 hectáreas), utiliza algún tipo de plaguicida químico en sus cultivos y su uso se ha visto incrementado notoriamente, no solo con el fin de cubrir las necesidades de consumo

locales, sino con el propósito de satisfacer en calidad y cantidad las demandas en cuanto a exportación (Mollocana y Gonzales, 2020).

El consumo de alimentos con residuos de plaguicidas en niveles que sobrepasen los Límites Máximo de Residuos (LMR) que se admite legalmente en los alimentos, constituyen un grave problema a la seguridad alimentaria (De Andrade et al., 2023). Existe numerosa evidencia que respalda la relación entre la exposición a plaguicidas y la tasa elevada de enfermedades crónicas como diferentes tipos de cáncer, diabetes, trastornos neurodegenerativos como Parkinson, Alzheimer, esclerosis lateral amiotrófica, defectos en el tubo neural y trastornos reproductivos (González et al., 2017; Kalliora et al., 2018; Yin et al., 2021). El consumidor puede ver afectada su salud dependiendo la cantidad y el tipo de plaguicidas ingeridos, la duración y la frecuencia de la exposición, la edad, el estado de salud general y otros factores individuales (FAO, 2022).

Los estudios publicados sobre residuos de plaguicidas en hortalizas en Ecuador, son escasos. Pazmiño et al., (2015), realizaron un estudio en brócoli proveniente de ocho provincias del Ecuador, encontraron que el 43,06 % de las muestras analizadas contenían residuos de al menos un plaguicida, no obstante, las concentraciones encontradas no superaron los LMR permitidos por el Codex Alimentarius. Estudios como el de Chirinos (2019), realizados en las provincias de Chimborazo, El Oro, Guayas, Loja y Santa Elena, en cultivos de melón, sandía, frijol, papa, pimiento y tomate, manifiesta que el uso de insecticidas es variado y de alta frecuencia en cuanto a aspersiones y dosificaciones, representado una elevada toxicidad para vertebrados.

A nivel internacional son diversos los organismos que regulan los residuos de plaguicidas permitidos en un cultivo determinado. El Comité del Codex sobre Residuos de Plaguicidas (CCPR) es el encargado de establecer los LMR para alimentos o piensos que circulan en el comercio internacional (Codex Alimentarius Commission, 2023). En la Unión Europea la EFSA (Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria) y en Estados Unidos la EPA (Agencia de Protección Ambiental), son los encargados de establecer los LMR de sus regiones. En Ecuador, la Agencia de Regulación y Control Fito y Zoonosanitario AGROCALIDAD, establece los LMR para cada plaguicida, basándose en la normativa internacional del Codex Alimentarius. La cantidad permitida de residuos plaguicidas permitidos en un cultivo en un país puede no ser la misma que la permitida en el mismo cultivo en otro país, por tal razón los exportadores agropecuarios deberán regirse a la normativa del país de destino (NPCI, 2022).

Tomando en cuenta los antecedentes expuestos, en esta investigación se analizará los residuos de plaguicidas de dos hortalizas de hoja: lechuga y col criolla provenientes de sistemas de producción convencional, agroecológico y con certificación orgánica, para lo cual se ha planteado los siguientes objetivos:

Objetivo general

Determinar los residuos de plaguicidas en hortalizas de hoja, provenientes de sistemas de producción convencional, agroecológica y con certificación orgánica.

Objetivos específicos

Identificar el plaguicida de mayor frecuencia de adquisición en locales de expendio de insumos agropecuarios de la ciudad de Loja, para sistemas de producción agrícola.

Establecer la residualidad del plaguicida de mayor uso, en hortalizas de hoja provenientes de sistemas de producción convencionales, agroecológicos y con certificación orgánica.

4. Marco Teórico

4.1. Producción hortícola mundial y nacional

Dentro de la producción agroalimentaria, el sector hortícola se destaca por su gran potencial de desarrollo a nivel mundial, consolidándose en aquellos países subdesarrollados y de economías emergentes, a los que provee de una fuente de nutrientes e ingresos económicos (USAID, 2005). El avance de este sector en el ámbito de las exportaciones, ha permitido desplazar aquellos productos tropicales tradicionales, con una fuerte demanda, como el té, cacao, banano y café (Van den Broeck et al., 2018).

En el 2020, la producción mundial de hortalizas alcanzó las 2 035 millones toneladas. La principal región productora de frutas y hortalizas en el mundo es Asia oriental, seguida de Asia meridional. En la Unión Europea, la cosecha es de casi 68 millones de toneladas, donde España es el primer productor de frutas y hortalizas con más del 26 % de la producción y el séptimo a nivel mundial (AenVerde, 2021; MAPA, 2022).

En Ecuador 5,20 millones de hectáreas se destinan a actividades agropecuarias, entre cultivos permanentes, transitorios, pastos cultivados y naturales (INEC, 2021). La contribución del sector agropecuario al Producto Interno Bruto (PIB), fue en el 2020 del 9,8 %, una cifra significativa comparada con el 4,4 % de aporte al PIB de las rentas del petróleo en el mismo año (Banco Mundial, 2022).

El Ecuador produce el 95 % de los bienes alimenticios consumidos internamente, el 64 % de la producción agrícola está en manos de pequeños productores y el 60 % de los alimentos consumidos provienen de la Agricultura Familiar Campesina (FAO, 2023). A pesar de ser muy buenos productores agrícolas, las estadísticas revelan que el consumo promedio de frutas y hortalizas tanto hombres como mujeres de los distintos grupos etarios es de 183 gramos, un valor muy por debajo de las recomendaciones de la OMS la cual sugiere una ingesta de 400 gramos al día (Freire et al., 2014).

4.2. Sistemas de producción

Según Restrepo et al. (2000), un sistema de producción es un conjunto de actividades organizadas, dirigidas y realizadas por un grupo humano (por ejemplo, la familia campesina), encaminadas a cumplir objetivos propios y afines con su cultura y recursos. Un estudio detallado de los componentes del sistema de producción permite determinar a qué tipo pertenece: convencional, agroecológico, orgánico, etc.

4.2.1. *Sistemas de producción convencionales.*

El sistema convencional es el más extendido a nivel mundial, fue adoptado a partir de los años cincuenta con el origen de la Revolución verde. Es un sistema enfocado en la producción y rentabilidad, se encuentra en evolución constante y correlacionado a los avances tecnológicos. Está basado en el alto consumo de recursos, entre ellos: tierra, agua, nutrientes, trabajo, energía, tecnología, agroquímicos, ingeniería genética, etc.

Entre los efectos negativos de los sistemas convencionales se encuentran: empleo de semillas de alto rendimiento desplazando el uso de variedades tradicionales, degradación física y biológica del suelo ocasionando la pérdida paulatina y significativa del carbono orgánico y una concomitante disminución de su salud y biodiversidad del mismo, además los fertilizantes y plaguicidas contaminan otros recursos naturales como aire y agua y afectan la salud de los actores involucrados (Caiza y Rodríguez, 2021; Restrepo et al., 2000; Sumberg y Giller, 2022).

4.2.2. *Sistemas de producción agroecológicos.*

El sistema de producción agroecológico, nace en América Latina en la década de 1980 como un modelo agrario integral que incorpora prácticas con prioridades ambientales, sociales y económicas para contribuir a una dieta sostenible. En Ecuador, los modelos agroecológicos incluyen aquellos sistemas ancestrales tales como: Ajas, chakras, eras, huertas y otras modalidades de fincas y granjas integrales diversificadas (COPISA, 2010; Deaconu et al., 2021).

Como todo sistema de producción, los sistemas agroecológicos buscan la productividad, sin embargo no es su eje central, también se enfoca en lograr la sostenibilidad ecológica del sistema (Restrepo et al., 2000). Así por ejemplo, los policultivos favorecen la diversidad de nutrientes, la dependencia restringida de insumos agrícolas externos puede reducir gastos de producción (Deaconu et al., 2021). De igual forma, los productos agroecológicos suelen poseer circuitos cortos de comercialización (ferias campesinas, tiendas de productos campesinos, canastas de consumidores, compras públicas por parte del Estado y mercados internacionales de comercio justo), esta estrategia evita entre otras cosas: uso de embalajes obligados para el transporte, empleo de energía para mantener temperaturas y humedades que extiendan la vida útil del alimento y emisiones innecesarias de CO₂, generadas durante el transporte a otras localidades (Caiza y Rodríguez, 2021).

El sistema agroecológico está estrechamente relacionado con los pequeños agricultores familiares, sin embargo, en los últimos años se ha visto fomentada la asociatividad, constituyéndose un sinnúmero de organizaciones agroecológicas a nivel nacional, entre ellas: la Red Agroecológica de Loja (RAL), Red Agroecológica del Austro (RAA), Red Biovida y RESSAK en Imbabura, Asociación de productores y comercialización agroecológica de Tungurahua – PACAT, Red de Guardianes de Semilla, Federación de Centros Agrícolas y Organizaciones Campesinas del Litoral (FECAOL), entre otras (Gortaire A., 2017).

4.2.3. *Sistemas de producción orgánicos.*

La agricultura orgánica se encuentra muy extendida, a nivel mundial se registran cerca de 187 países, y aproximadamente 72,3 millones de hectáreas de tierras cultivadas bajo este sistema (Willer, 2021). Se define a la agricultura orgánica como un sistema de manejo integral de la producción basada en los principios de equidad, salud, cuidado y ecología (Debuschewitz y Sanders, 2022). El Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA, 2023), indica que para cumplir los principios anteriormente mencionados, el agricultor orgánico debe sostener prácticas como:

- Conservar y mejorar la fertilidad, estructura y biodiversidad del suelo.
- Disminuir el uso de sustancias tóxicas que supongan un riesgo para la vida humana, animal y ambiental, optimizando estrategias como el control manual de plagas, trampas, depredadores naturales, etc.
- Cumplir con las condiciones de producción locales y satisfacer los mercados locales.

Este sistema depende en gran medida de fuentes energéticas, especialmente en fincas de grandes extensiones y aquellas mecanizadas, por ejemplo, al no ser posible el uso de herbicidas, es necesario realizar recorridos para ejecutar deshierbes mecánicos (Siegmeier et al., 2019), requiere 30 % más de mano de obra por hectárea con respecto a la producción convencional (C. M. Andrade y Ayaviri, 2018), razón por la cual estos productos tienen precios elevados y no todas las personas pueden acceder a ellos.

Los productos orgánicos poseen una fuerte demanda en el mercado, muchos países no se abastecen con su producción interna por lo que requieren importar de otros, el mercado principal es Estados Unidos, seguido de Alemania, Francia y China. Las ventas mundiales de alimentos y bebidas orgánicos alcanzaron cifras superiores a los 106 mil millones de euros en 2019 (Willer, 2021).

A partir del año 2013, Ecuador inició procesos de certificación de productos orgánicos bajo la Resolución No. 0099 que establece el “Instructivo de la Normativa General para Promover y Regular la Producción Orgánica- Ecológica- Biológica en el Ecuador”. A mayo de 2021 Agrocalidad, tenía registrados 12 434 productores orgánicos entre agrícolas, acuícolas, pecuarios, apícolas, etc.

En Ecuador, la certificación de productos orgánicos se encuentra a cargo de organismos especializados, quienes verifican el cumplimiento de normativas dispuestas en otros mercados (EE. UU, Asia, Unión Europea, etc.), para este tipo de productos. Actualmente existen cinco organismos de certificación acreditados por el Servicio de Acreditación Ecuatoriana (SAE):

- BCS OKO GARANTIE Cía.
- CERES ECUADOR Cía. Ltda.
- CONTROL UNIÓN PERÚ SAC.
- QUALITY CERTIFICATION SERVICES QCS Cía. Ltda.
- CONSERVACIÓN Y DESARROLLO CYD CERTIFIED S.A.

4.3. Horticultura

La horticultura es el arte y la ciencia de la producción sostenible, comercialización y uso de alto valor de frutas, vegetales y plantas ornamentales cultivadas intensivamente. La palabra se deriva del vocablo latino *hortus* (planta de jardín) y *cultura* (labrar la tierra) (Michigan State University, 2022).

Las hortalizas poseen una gran diversidad genética, anatómica y morfológica. La población depende de las hortalizas para cubrir necesidades de ciertos nutrientes fundamentales en una dieta equilibrada, tal como: minerales, vitaminas, metabolitos vegetales secundarios y otros compuestos que mejoran y mantienen la buena salud. El significativo valor calórico de raíces y tubérculos les permite ser utilizados como alimentos básicos reemplazando a cultivos tradicionales como el arroz y trigo (Acquaah, 2019; Sinha et al., 2010).

4.3.1. Clasificación de las hortalizas.

Existen diferentes criterios para clasificar las hortalizas, entre ellos:

- La adaptación ecológica
- Taxonomía
- Los tejidos y órganos comestibles

A continuación, en la Figura 1, se detalla la clasificación de las hortalizas, según *los tejidos y órganos comestibles*, de interés para nuestra investigación.

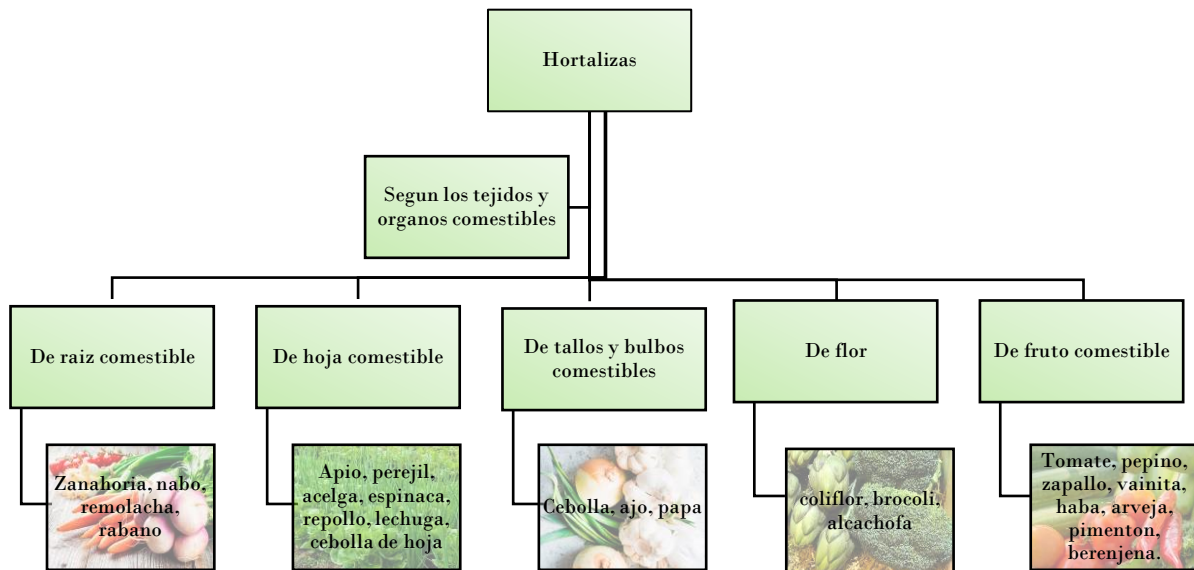


Figura 1. Clasificación de las hortalizas según los tejidos y órganos comestibles. Adaptado de MDRyT, (2011).

Las Hortalizas de Hoja. En este tipo de hortalizas los nutrientes se concentran principalmente en las hojas, sitio en el que se realiza la fotosíntesis. Dentro de la misma hoja predominan una variedad de estructuras, tipos de células, succulencia y cantidad de fitoquímicos, que dan origen a texturas y sabores diversos (Sinha et al., 2010).

Los estomas presentes en altas densidades y la gran superficie de sus hojas hace que este tipo de hortalizas sean susceptibles a la pérdida de agua postcosecha, siendo imprescindible prácticas de enfriamiento inmediato después de la cosecha y almacenamiento con alta humedad para evitar su rápido perecimiento (Kader, 2013; Sinha et al., 2010). Las hortalizas de hoja tienen un alto consumo principalmente en fresco, las de consumo común son: lechuga, escarola, repollo, perejil, apio, cilantro, espinaca, acelga, berro, albahaca, orégano, cebolla de verdeo, etc.

4.3.2. *Plagas y enfermedades comunes en cultivos hortícolas.*

Plagas y enfermedades causan serias amenazas en varias etapas de los cultivos hortícolas. El aumento y la frecuencia de las precipitaciones implica una mayor humedad en el

aire y suelo lo cual favorece la presencia de plagas y enfermedades (ICA, 2012). En la Tabla 1, se muestran las principales plagas y enfermedades presentes en cultivos hortícolas.

Tabla 1. Principales plagas y enfermedades presentes en cultivos hortícolas.

Enfermedades		Plagas	
Producidas por hongos	Producidas por bacterias	Artrópodos y moluscos	Del follaje
Antracnosis	Pudrición blanda o suave	Trozadores o	Muques
Alternaria	Pudrición negra o tizón bacteriano	Tierreros	Minador de la hoja
Tizón tardío		Chisa	Polilla dorso de diamante
Botrytis		Gusano de alambre	Cogollero
Mildeo veloso		Babosas y caracoles	Áfidos o pulgones
Damping - off		Caracoles	
Hernia de las crucíferas		Barrenador del cuello de la raíz	
Pudrición blanca			
Rhizoctonia			
Pudrición blanca de la cebolla			

Fuente: ICA, (2012).

4.4. Plaguicidas

La palabra "plaguicida" abarca a cientos de sustancias químicas sintéticas o una mezcla de ellas, cuyo objetivo es prevenir, destruir, repeler o controlar una plaga, y puede ser usado como regulador de crecimiento de plantas, defoliante/ desecante o empleado como estabilizador de nitrógeno (EPA, 2019). Los plaguicidas más usados son los insecticidas, herbicidas, fungicidas y rodenticidas (Abubakar et al., 2020). El manejo de estas sustancias no se restringe solo al sector agrícola, sino a otros como el de la salud pública en donde son utilizados para erradicar vectores de enfermedades. La alta toxicidad de los plaguicidas para los organismos de las redes tróficas, incluidos aquellos que no son su objetivo, hace indispensable su uso correcto desde la aplicación hasta su desecho (Yadav y Devi, 2017).

Los plaguicidas son usados mundialmente permitiendo una mayor exposición de forma directa o indirecta a bajas concentraciones, perjudicando al ecosistema en general y causando un grave peligro para la salud de los seres vivos (Sharma et al., 2019). En los humanos la exposición resulta en un mayor riesgo de adquirir enfermedades neurodegenerativas, trastornos reproductivos y del desarrollo, y riesgos emergentes como el desarrollo de neurotoxicidad y efectos inmunotoxicológicos (Hernández et al., 2017).

A nivel mundial se estima la incorporación de 4,6 millones de toneladas de plaguicidas químicos al año, siendo China el país que más los utiliza, seguido de Estados Unidos y Argentina (Nature, 2022; Sharma et al., 2019).

4.4.1. Clasificación de los plaguicidas

Los plaguicidas son químicos sintetizados por el hombre que difieren en sus propiedades físicas y químicas. Existen varios criterios para su clasificación, según:

- Modo de entrada,
- Función del plaguicida y la plaga que eliminan,
- Composición química del plaguicida.
- Toxicidad

Según el Modo de Entrada. El criterio para esta clasificación dependerá de la forma en la que el plaguicida entra en contacto con su objetivo:

- Plaguicidas sistémicos. - son los que penetran de forma superficial o profunda, unidireccional o multidireccional en los tejidos de la planta y son transportados por el sistema vascular.
- Plaguicidas de contacto. - penetran en la epidermis de la plaga y causa la muerte de esta, por envenenamiento. Estos plaguicidas no penetran necesariamente en los tejidos de la planta y, en consecuencia, no se transportan a través del sistema vascular de la misma (Abubakar et al., 2020).
- Venenos estomacales. - este tipo de plaguicidas se caracteriza por ingresar por vía digestiva cuando la plaga ingiere partes de la planta contaminadas y causa envenenamiento.
- Fumigantes. - forman gases nocivos cuando son aplicados y se caracterizan por ingresar al cuerpo de la plaga a través de su sistema traqueal respiratorio) causando la muerte por envenenamiento.
- Repelentes. - actúan como ahuyentadores de las plagas, sin causar su muerte.

Según la Función del Plaguicida y la Plaga que Eliminan. Según esta clasificación el plaguicida recibe su nombre a partir de la función que cumple o del organismo al que inhiben o eliminan, en este último caso su nombre se deriva de la palabra latina “cide” que significa matar o asesino. En la Tabla 2, se observan algunos ejemplos para esta clasificación.

Tabla 2. Tipo de plaguicida y su función o plaga objetivo

Tipo de plaguicida	Función/Plaga objetivo
Avicidas	Elimina aves
Acaricidas	Elimina los ácaros que se alimentan de plantas y animales.
Atrayente	Atrae una amplia gama de plagas.
Alguicidas	Controla el crecimiento o elimina las algas
Bactericidas	Elimina bacterias o actúa contra las bacterias.
Biopesticida	Amplia gama de organismos
Carnadas	Amplia gama de organismos
Desecantes	Actuar sobre las plantas secando sus tejidos
Defoliante	Elimina el follaje de las plantas.
Fungicidas	Elimina hongos (incluyendo plagas, hongos, mohos)
Fumigantes	Amplia gama de organismos
Herbicidas	Elimina arvenses
Insecticidas	Mata insectos y otros artrópodos.
Regulador de crecimiento de insectos	Insectos
Lampricida	Elimina larvas de lampreas.
Larvicidas	Inhibe el crecimiento de las larvas.
Molusquicidas	Inhibir o matar moluscos,
Bolas de naftalina	Detenga el daño a textiles causado por larvas de polillas o mohos
Nematicidas	Elimina nematodos que actúan como parásitos de las plantas
Ovicidas	Inhibe el crecimiento de huevos de insectos y ácaros
Piscicidas	Actúa contra los peces
Regulador de crecimiento vegetal	Regula el crecimiento de las plantas
Predacidas	Depredadores de mamíferos
Repelentes	Repeler plagas por su sabor u olor, vertebrados e invertebrados
Rodenticidas	Controla ratones y otros roedores
Silvicidas	Actúa contra la vegetación leñosa
Termicidas	Elimina termitas
Virucidas	Actuar contra los virus

Traducido al español de Hassaan y El Nemr, (2020).

Según la Composición Química del Plaguicida. Este tipo de clasificación permite conocer las propiedades físicas y químicas del plaguicida y con ello determinar el modo de aplicación, precauciones para su aplicación, frecuencia y dosis. Según la composición química, los pesticidas se clasifican en 4 categorías principales: organoclorados, organofosforados, carbamatos, piretrinas y piretroides (Hassaan y El Nemr, 2020), en la Figura 2, se observa la estructura química general de estos plaguicidas y algunas moléculas representativas.

Organoclorados: Son compuestos orgánicos sintéticos que derivan de los hidrocarburos clorados (Jayaraj et al., 2016). Son persistentes en el medio ambiente debido a su estabilidad química, alta solubilidad en grasas e insolubilidad en agua (Zaragoza-Bastida et al., 2016).

Tienen un amplio espectro de actividad y efectividad contra gran variedad de plagas. Sin embargo, son altamente tóxicos para los organismos que no son el objetivo y han sido prohibidos en muchos países debido a sus efectos nocivos para la salud humana y el medio ambiente. Algunos ejemplos de pesticidas organoclorados son el DDT, el clordano, el aldrin y el lindano.

Organofosforados: Son compuestos orgánicos sintéticos que contienen ésteres del ácido fosfórico, entre ellos: ácido fosfórico (fosfatos), ácido tiofosfórico (tiofosfatos) y ácidos ditiofosfóricos (ditiofosfatos). Su toxicidad radica en que producen la inactivación irreversible de la enzima acetilcolinesterasa, que es esencial para la función nerviosa en humanos, insectos y muchos otros animales, razón por la cual estos plaguicidas son potencialmente tóxicos para una amplia variedad de especies no objetivo, incluidos los humanos (Jayaraj et al., 2016). Estos plaguicidas se degradan rápidamente por hidrólisis al exponerlos a la luz, el aire y el suelo; sin embargo, se detectan pequeñas cantidades en los alimentos y el agua potable (Miodovnik, 2019). Algunos ejemplos de pesticidas organofosforados son: Azinfos metilo, bromofos, clorfoxima, clorpirifos, diazinón, malatión, metamidofos, paratión, etc.

Carbamatos: Son compuestos orgánicos sintéticos que se derivan de los ácidos carbámicos, siendo el carbaril uno de los más utilizados debido a su mínima toxicidad para los mamíferos y su corta vida media ambiental (Asem et al., 2023). Al igual que los organofosforados actúan inactivando la enzima acetilcolinesterasa, sin embargo la inactivación es reversible, lo que implica que la duración de su toxicidad sea inferior a las 24 horas (Silberman y Taylor, 2023). Otros carbamatos de uso frecuente son: carboburan, carbaryl, aldicarb, pirimicarb, metomil, etc.

Piretrinas y piretroides: Las piretrinas son compuestos de propiedades insecticidas que en la naturaleza se encuentra en las flores de los crisantemos (*Chrysanthemum Coccineum* and *C. cinerariaefolium*). Los piretroides tienen naturaleza sintética, actúan afectando los canales de sodio y conducen a la parálisis del organismo. Su toxicidad es baja y se biodegradan rápidamente. El piretroide de mayor uso es la permetrina (Asem et al., 2023; ATSDR, 2021).

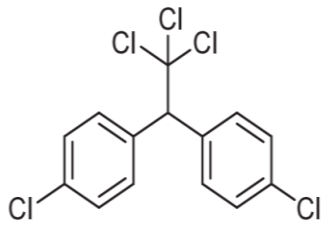
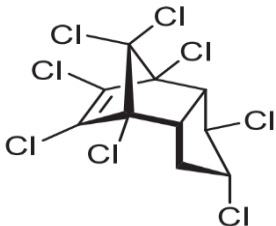
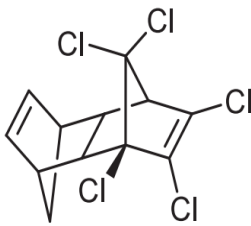
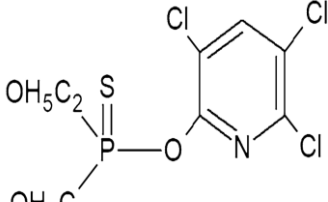
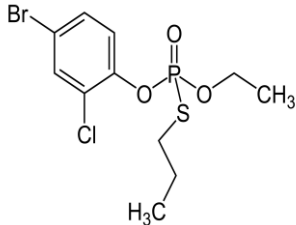
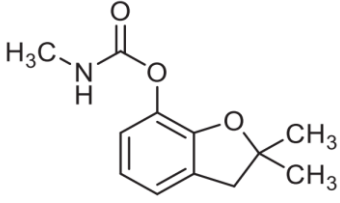
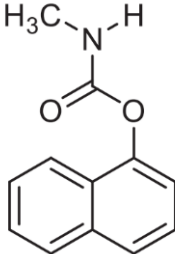
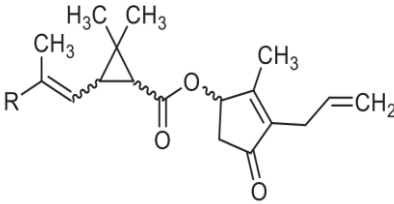
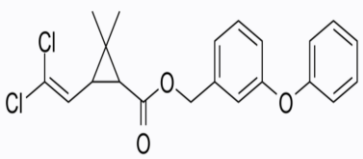
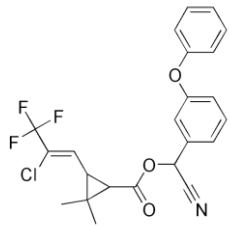
ORGANOCOLORADOS		
 <p>Estructura general DDT</p>	 <p>Clordano</p>	 <p>Aldrin</p>
ORGAFOSFORADOS		
$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{R}^1\text{O}-\text{P}-\text{OR}^3 \\ \\ \text{R}^2\text{O} \end{array}$ <p>Estructura general</p>	 <p>Clorpirifos</p>	 <p>Profenofos</p>
CARBAMATOS		
$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{R}^1-\text{O}-\text{C}-\text{N}-\text{R}^2 \\ \\ \text{R}^3 \end{array}$ <p>Estructura general</p>	 <p>Carbofuran</p>	 <p>Carbaryl</p>
PIRETROIDES		
 <p>Estructura general</p>	 <p>Permetrina</p>	 <p>Lambda-cihalotrina</p>

Figura 2. Estructura general de los pesticidas según su estructura química y algunas moléculas de importancia.

Según la Toxicidad. Este criterio ha sido establecido y recomendado por la Organización Mundial de la Salud (OMS) desde 1973 para diferenciar los plaguicidas en una escala de: sumamente peligroso (Ia), muy peligroso (Ib), moderadamente peligroso (II), poco peligroso (III) y productos que normalmente no ofrecen peligro (IV). Toma en cuenta la toxicidad en dosis letal media (DL50) de un ingrediente activo. La DL50 expresa la concentración de la sustancia en mg/kg que, al ser administrada por vía oral o dérmica a un

grupo de ratas albinas, causa en el plazo de 14 días la máxima probabilidad de muerte para la mitad de los animales. (Ulibarry, 2019).

Actualmente, la clasificación de la OMS se apoya con las categorías de peligro de toxicidad aguda (efectos inmediatos) del Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación y Etiquetado de Productos Químicos (SGA). En la Tabla 3 se detalla esta clasificación.

Tabla 3. Clasificación de los plaguicidas según su Toxicidad.

Clasificación Toxicológica OMS	Descripción	DL ₅₀ para la rata (mg/kg de peso corporal)	
		Vía Oral	Vía Dérmica
Categoría Ia	Extremadamente peligroso	< 5	< 5
Categoría Ib	Muy peligroso	5 - 50	5 - 50
Categoría II	Moderadamente peligroso	50 - 2000	50 - 2000
Categoría III	Ligeramente peligroso	2000 - 5000	2000 - 5000
Categoría IV	Productos que normalmente no ofrecen peligro	> 5000	> 5000

Adaptado de: (FAO, 2021)

4.4.2. Problemas asociados al uso de plaguicidas

Los problemas asociados al uso de plaguicidas se dan principalmente debido al mal uso de los mismos, a la interacción con los ecosistemas afectados, así como a la ingestión y contacto con agua, aire y alimentos contaminados (Díaz y Betancourt, 2018; Ulibarry, 2019).

En el caso del cuerpo humano, posee vías que facilitan el ingreso de estos químicos, como son: vía dérmica, oral, ocular y respiratoria (inhalación), concomitante a ello su peligrosidad aumenta dependiendo de la concentración, toxicidad y residualidad del plaguicida (Ulibarry, 2019). La evidencia médico científica revela, elevados índices de enfermedades relacionados con la exposición directa o indirecta a plaguicidas, entre ellas: diversos tipos de cáncer, diabetes, trastornos neurodegenerativos como Parkinson, Alzheimer, trastornos reproductivos, etc. (González et al., 2017; Kalliora et al., 2018; Yin et al., 2021).

El uso indiscriminado de agroquímicos ha provocado su acumulación en el ambiente y contaminación de la vegetación, animales, aguas superficiales y subterráneas y aire, así

mismo los suelos se ven afectados al eliminar microorganismos benéficos, enzimas, etc., importantes para mantener su fertilidad (Aktar et al., 2009).

4.4.3. *Uso y manejo de plaguicidas en la agricultura ecuatoriana*

Según datos del INEC-ESPAC (2014), a nivel nacional cerca de 80 000 hectáreas usan plaguicidas orgánicos, mientras que, para los plaguicidas químicos la superficie de uso fue de 1 764 426,44 hectáreas. Los plaguicidas utilizados en mayor proporción son los herbicidas con el 38,14 %, seguido por los fungicidas en un 33,63 % y los insecticidas en un 21,69 %.

Generalmente las Personas Productoras (PP), es decir aquella que tiene la responsabilidad del aprovechamiento de los terrenos agrícolas, realizan la compra bajo el criterio de *mayor eficacia*, y un gran porcentaje de ellos son los que efectúan las aplicaciones de agroquímicos, generalmente no leen las etiquetas del producto, solo toman en cuenta las indicaciones del vendedor. Se debe acotar que según las estadísticas nacionales solo 2 de cada 10 PP, han recibido capacitación técnica sobre manejo, precauciones y uso de plaguicidas (INEC-ESPAC, 2014).

Resulta importante señalar que a nivel del norte de la Amazonia ecuatoriana en poblaciones de colonos kichwas y mestizos, se ha evidenciado el indiscriminado uso de plaguicidas en el cultivo de naranjilla, un hallazgo importante es que los hogares que reciben dinero de los programas sociales del gobierno gastan más en fertilizantes químicos y pesticidas que los hogares que no los reciben (Vasco et al., 2021).

A nivel de la ciudad de Loja los datos reportan bajos conocimientos en cuanto a dosis, frecuencias e interacciones de plaguicidas y uso de equipo de protección de personal, en agricultores de las zonas productoras de tomate de la ciudad de Loja (Castillo-Pérez y Castillo-Bermeo, 2021). Hurtig et al., (2003) y Mollocana & Gonzales, (2020), han reportado una problemática similar las provincias de Orellana y Sucumbíos.

4.4.4. *Plaguicidas prohibidos en el territorio ecuatoriano*

Ecuador mediante Acuerdos Ministeriales a prohibido cerca de 41 plaguicidas, que corresponden en su mayoría a insecticidas de amplio espectro y persistencia. Los principios activos prohibidos son: DDT, Aldrin, Endrin, BHC, Dieldrin, Campheclor, Clordimeform, Chlordano, Lindano, Methyl Parathion, Leptophos, Heptachloro, Diethyl Parathion, Ethyl Parathion, Aldicarb (Uso restringido y venta aplicada), Monocrotofos, Mirex, Parathion,

Metamidofos, Fosfamidon, Formulaciones de polvo en seco con la mezcla de 10 % o más de Carbofurano (Valarezo y Muñoz, 2011).

4.4.5. Límite Máximo de Residuos (LMR)

El Límite Máximo de Residuos (LMR), es el nivel máximo de residuos de un plaguicida que se permite legalmente en los alimentos o piensos, cuando los plaguicidas se aplican correctamente conforme a las buenas prácticas agrícolas (Codex Alimentarius Commission, 2023). Estos límites permiten proteger a todos los consumidores, incluidos los más vulnerables (niños, vegetarianos, embarazadas, etc.), es por tanto la concentración máxima de residuos de un plaguicida (expresada en mg/kg), recomendada por el Codex Alimentarius (Galindo et al., 2016).

En Ecuador, AGROCALIDAD es el organismo encargado de fijar el límite máximo residual para garantizar la inocuidad de los alimentos. Los límites de residuos que generalmente se adoptan son los fijados por el Codex Alimentarius, o en su defecto los establecidos por la Unión Europea en el Reglamento (CE) n° 396/2005, o por el Código de Regulaciones Federales de los Estados Unidos de América, CFR 40, Sección 180 (Plan Nacional de Vigilancia y Control de contaminantes en la producción primaria., 2017). Para el caso de los productos de exportación los productores y exportadores deberán regirse a los LMR vigentes en el país de destino.

En el Anexo 1, se indica los LMR vigentes en el Codex Alimentarius para: Hortalizas de hoja, lechuga y col de repollo.

4.5. Métodos de detección de plaguicidas en alimentos

Los plaguicidas pueden ser determinados en alimentos, frutas o verduras, por medio de varias técnicas analíticas. El proceso empieza con la preparación de la muestra, etapa que permitirá mediante una extracción, aislar el compuesto de interés (analito) de la matriz alimentaria, para su posterior cuantificación.

4.5.1. Técnicas de inmunoensayo (ELISA)

La técnica de “Enzyme-Linked Immuno Sorbent Assay” (ELISA), permite un control fácil, rápido, económico y seguro de un gran número de muestras. Ofrece notables ventajas sobre las técnicas cromatográficas en la detección de pesticidas, toxinas biológicas, patógenos y residuos de medicamentos. Se ha demostrado que ELISA es una herramienta sensible y de bajo costo adecuada para análisis de alto rendimiento. ELISA está diseñada para monitorear la

contaminación de los alimentos, principalmente en términos de respuesta rápida, especificidad, límites de detección bajos y, lo que es más atractivo, rentabilidad. Es un método analítico para una inspección simple y rápida de residuos de plaguicidas en productos agrícolas antes de su salida al mercado.

4.5.2. Técnicas cromatográficas

Las técnicas cromatográficas constituyen herramientas potentes en la detección y cuantificación de analitos. Según la estructura química del analito, la determinación cromatográfica puede ser por Cromatografía líquida de alta eficacia (HPLC) o cromatografía gaseosa (GC). Posterior a la separación de compuestos, tiene lugar la etapa de cuantificación. En la etapa de cuantificación, es necesario estudiar las propiedades químicas de los analitos para de esta forma pueda ser interpretada en forma de concentración. En este proceso, es necesario confirmar la identidad del analito comparando las características químicas utilizadas en la cuantificación con un estándar de referencia.

En la Figura 3 se muestra un esquema que reúne los pasos necesarios para realizar una detección y cuantificación de plaguicidas por Cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (GC-MS/MS), técnica empleada en la presente investigación.

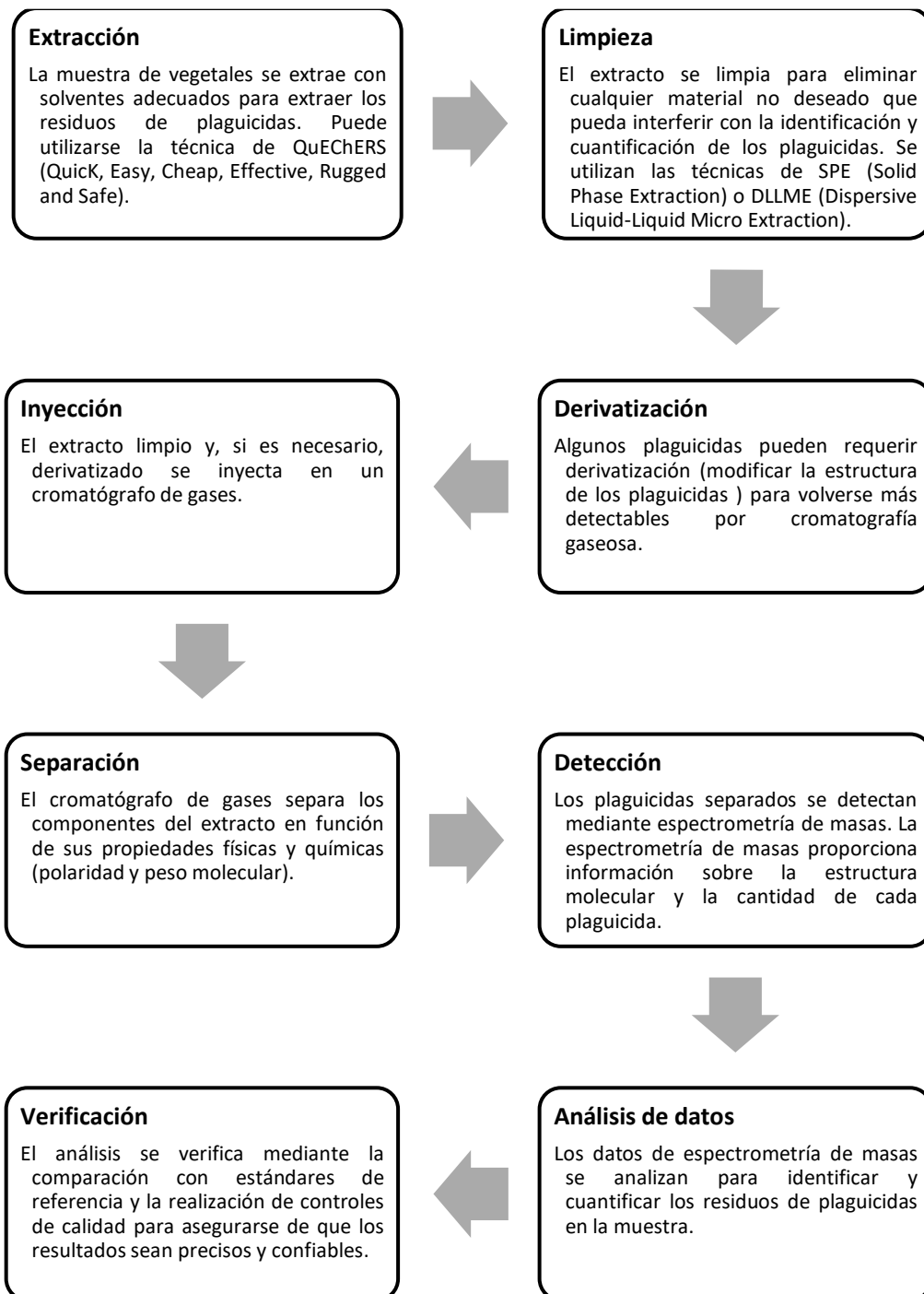


Figura 3. Pasos generales del análisis de residuos de plaguicidas por GC-MS/MS en vegetales.

5. Metodología

5.1. Área de estudio

La presente investigación fue ejecutada en diversos escenarios:

- El levantamiento de encuestas se realizó a nivel de locales de expendio de insumos agropecuarios localizados en la ciudad de Loja, en las parroquias: Sagrario, Sucre y Carigán.
- La toma de muestras fue ejecutada en los centros de expendio de hortalizas (mercados, ferias agroecológicas y supermercados) localizados en la ciudad de Loja, específicamente en las parroquias: San Sebastián, Sucre y Carigán (Figura 4).
- Los análisis para determinar los residuos de plaguicidas fueron realizados en el Laboratorio Mérieux NutriSciences, ubicado en Surquillo – Lima, Perú.

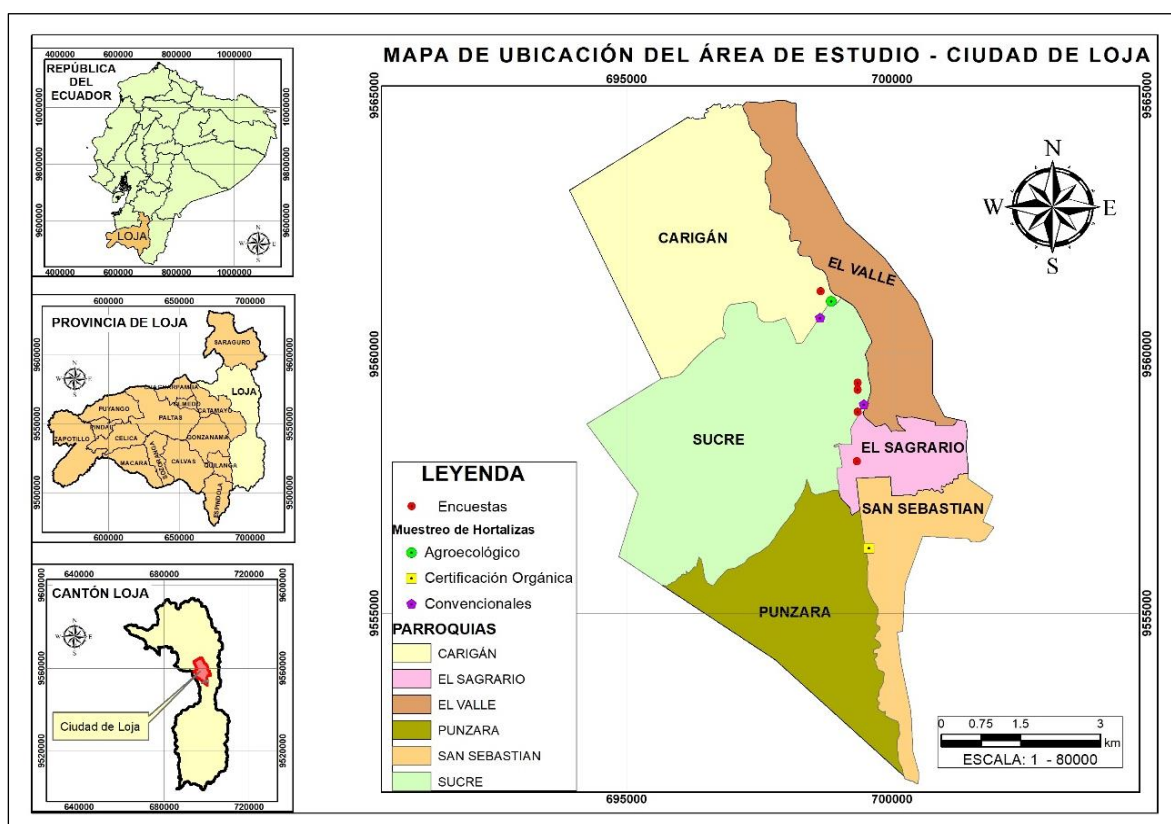


Figura 4. Mapa de ubicación del área de estudio, ciudad de Loja.

5.1.1. Condiciones ecológicas

El cantón Loja se encuentra ubicado al sur del Ecuador, siendo el más extenso y poblado de la provincia. Está dividido en 13 parroquias rurales y 6 urbanas, con una extensión de 1 893 km².

Al estar atravesado por la cordillera de los Andes sufre variaciones en su relieve que van desde los 800 m s.n.m hasta más de 3500 m s.n.m. El clima es variado predominando el Ecuatorial Mesotérmico Seco, Ecuatorial Mesotérmico Subhúmedo y Ecuatorial de Alta Montaña. La humedad relativa es de 75 %, con fluctuaciones extremas entre 69 % y 83 %, una temperatura que varía entre 9° a 20 °C y una precipitación promedio anual de 900 mm, estas variables climáticas con sus interacciones favorecen la diversificación de la producción agrícola y pecuaria, sin embargo, presenta en su mayoría pendientes fuertes que van del 40 al 70 %, factor que limita la ejecución de las actividades agrícolas, por ello el porcentaje de territorio dedicado a estas actividades es muy reducido y apenas alcanza el 2,8 % del territorio (Municipio de Loja, 2020).

5.2. Tipo de Investigación

El estudio realizado fue de tipo cuantitativo experimental, de corte transversal y descriptivo. Se realizó una encuesta a los dueños o personas encargadas de locales de expendio de insumos agropecuarios, con el objetivo de recopilar información acerca del plaguicida al cual acceden con mayor frecuencia las personas productoras de los sistemas de producción local.

En los centros de abasto, ferias agroecológicas y supermercados, se obtuvo información acerca del origen geográfico de las hortalizas y se procedió a la recolección de las muestras. El material vegetal fue enviado al Laboratorio Mérieux NutriSciences, ubicado en Surquillo – Lima, Perú para realizar los análisis cromatográficos que consistieron en detectar y cuantificar los residuos de plaguicidas.

5.3. Instrumentos para recolección de datos

Con el fin de obtener una perspectiva integral sobre el uso de plaguicidas a nivel local, se implementaron diversos métodos de recopilación de datos. Inicialmente, se realizaron encuestas a gerentes o encargados de locales de expendio de insumos agropecuarios, así como entrevistas a vendedores de los centros de abasto y de la Red agroecológica. Estas interacciones

directas nos permitieron recabar información valiosa sobre las prácticas y percepciones relacionadas con el uso de plaguicidas.

Adicionalmente, se llevó a cabo una revisión de documentos de archivo y fuentes gubernamentales que contenían estudios previos sobre el tema. Esta revisión documental nos brindó la oportunidad de obtener información complementaria y comparar nuestros hallazgos con investigaciones anteriores.

Posteriormente, se procedió a la fase analítica, en la cual se detectaron y cuantificaron los plaguicidas de mayor uso en las hortalizas estudiadas. Este análisis de laboratorio nos proporcionó datos precisos sobre la presencia y concentración de dichos plaguicidas.

5.4. Diseño de investigación

Esta investigación se cumplió en tres etapas principales:

- fase de campo
- fase de laboratorio y;
- fase de procesamiento y análisis de los datos (Figura 5).

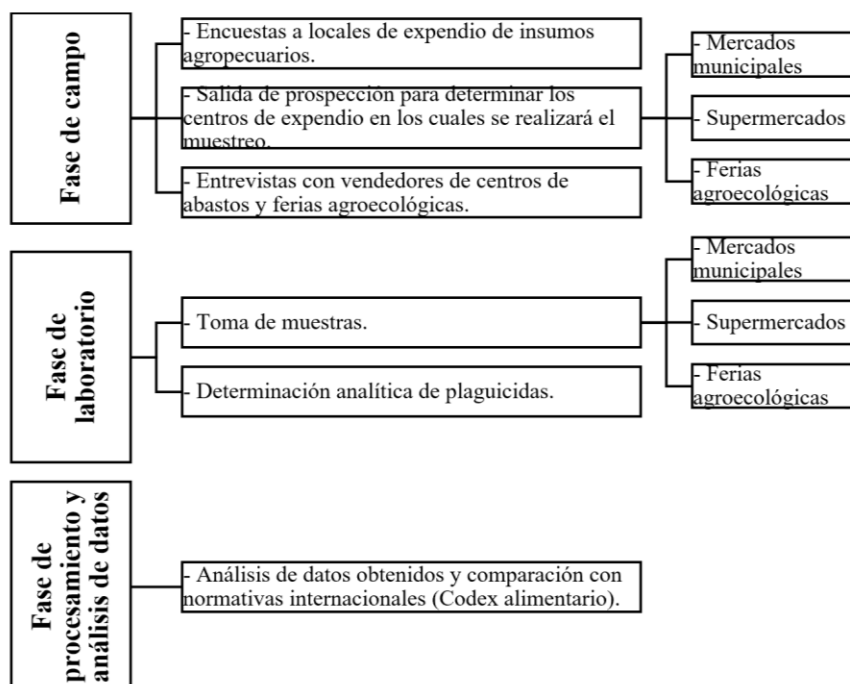


Figura 5. Fases aplicadas para el proceso de investigación.

5.5. Metodología para el primer objetivo.

Identificación del plaguicida de mayor frecuencia de adquisición en locales de expendio de insumos agropecuarios de la ciudad de Loja

Para identificar el plaguicida de mayor frecuencia de adquisición se ejecutaron las siguientes actividades:

- **Encuestas a gerentes o encargados de locales de expendio de insumos agropecuarios.**

En primera instancia se diseñó la encuesta, luego se validó y posteriormente se llevó a cabo el levantamiento de la información con el fin de determinar el tipo de plaguicida (según su estructura química) de mayor comercialización en el mercado local.

En los recorridos realizados en la ciudad de Loja encontramos que la mayoría de locales se encuentran concentrados en la parroquia Sucre, Sagrario y Carigán. Se identificó un total de 19 locales dedicados a la venta de insumos agrícolas, por ello las encuestas se realizaron en esta población (Figura 6). No fueron tomados en cuenta para este estudio aquellos locales que se dedican a la venta de insumos pecuarios y aquellos especializados en la venta de insumos y servicios para mascotas.



Figura 6. Locales de expendio de insumos agropecuarios. Parroquia Sucre, Barrio Gran Colombia.

A los dueños o encargados de los locales comerciales se les solicitó información que permitió determinar el tipo de plaguicida de mayor comercialización, también se recopiló otro tipo de información referente a: cultivos que solicitan mayor asistencia técnica, semillas de hortalizas y almácigos de mayor demanda, etc. La encuesta realizada se detalla en el Anexo 2.

- **Salida de prospección para determinar los centros de expendio (mercados, supermercados, ferias agroecológicas), en los cuales se realizará el muestreo.**

Sistemas de producción convencional:

La ciudad de Loja cuenta con seis mercados donde se expende una variedad de productos agrícolas, pecuarios, agroindustriales, textiles, etc., provenientes de la población económicamente activa local, así como de los cantones y provincias vecinas. Estos mercados se localizan en distintos barrios de la ciudad (Tabla 4).

Tabla 4. Mercados municipales, indicando número de puestos y áreas de construcción.

Mercados	Número de puestos	Área de construcción en m²
La Tebaida	67	1023
San Sebastián	147	2002
Gran Colombia	1509	11618
Nueva Granada	91	1567
Pequeño Productor	258	4323
Centro Comercial	810	15950
Total	2882	43557

Fuente: Municipio de Loja, (2022).

Los mercados seleccionados fueron el **Mercado Mayorista y el Mercado del Pequeño Productor, Las Pitás**, lugares en los que se evidenció mayor presencia de productores locales. (Figura 7), específicamente de zonas urbanas como Carigán, Virgenpamba, Salapa, etc. y rurales como: San Lucas, Taquil, Santiago, etc.



Figura 7. Productoras de zonas urbanas y rurales del cantón Loja. A. Mercado Mayorista, B. Mercado del pequeño productor “Las Pitas”.

Dependiendo la apertura de los productores se pudo entablar un diálogo sobre cultivos de mayor producción, variedades de mayor demanda y manejo de sus cultivos.

Sistemas de producción agroecológica:

La toma de muestras de los sistemas de producción agroecológica se realizó en las ferias organizadas por el Municipio de Loja, a las cuales asisten los productores de la ciudad y zonas rurales que pertenecen a la Red Agroecológica de Loja (RAL). Estos espacios de comercialización se desarrollan los días miércoles y sábados de 07h00 a 13h00, en el mercado Nueva Granada (Figura 8).



Figura 8. Productores de la Red agroecológica en el Mercado Nueva Granada.

Sistemas de producción orgánica:

La toma de muestras de productos provenientes de sistemas de producción con certificación orgánica se realizó en los supermercados de la ciudad. Se observó la presencia de empresas nacionales como: ECUAORGANIC, Hortana, Supermaxi, etc.

5.6. Metodología para el segundo objetivo.

Establecer la residualidad del plaguicida de mayor uso, en hortalizas de hoja provenientes de sistemas de producción convencionales, agroecológicos y con certificación orgánica.

Para dar cumplimiento a este objetivo se realizaron los siguientes pasos:

- **Selección de hortalizas**

Dado la gran variedad de especies hortícolas comercializadas en la ciudad, se llevó a cabo una selección con base a: la información de la encuesta a los gerentes de locales de expendio de insumos agropecuarios, entrevista a productores y bibliografía existente. Según ello se determinó que los cultivos de lechuga y col criollas eran los de mayor demanda.

- **Colecta del material vegetal**

Para los sistemas de producción convencionales y agroecológicos se colectaron 5 lechugas y 5 coles, provenientes de diferentes productores, para el caso de las muestras con certificación orgánica se tomaron según la disponibilidad de muestras provenientes de productores certificados (Figura 9). Cada muestra compuesta por 5 unidades fue homogenizada y se enviaron aproximadamente 2 Kilogramos de muestra al laboratorio. El muestreo fue realizado siguiendo las directrices del INSTRUCTIVO INT/RP/01 de AGROCALIDAD (Protocolo de muestreo de productos agrícolas para análisis de residuos de plaguicidas).









Sistemas de producción	Lechuga criolla	Col de repollo
Convencional (mercados municipales)		
- Mercado Mayorista		
- Pequeño productor (Las Pitas)		
Agroecológico (feria agroecológica)		
Certificación orgánica (Supermercados que expenden productos certificados)		

Figura 9. Esquema de toma de muestras.

Las muestras fueron transportadas hacia la ciudad de Huaquillas (provincia de El Oro), donde personal de logística del Laboratorio Mérieux NutriSciences, recibieron las muestras que fueron trasladadas bajo cadena de frío hacia la localidad de Surquillo en la ciudad de Lima, Perú. Cabe recalcar que este laboratorio posee acreditación del ANAB (ANSI National Accreditation Board) en la norma ISO/IEC 17025 garantizando la competencia técnica y la fiabilidad de los resultados analíticos.

- **Determinación de plaguicidas**

La determinación de residuos de plaguicidas se realizó siguiendo un protocolo interno de laboratorio (P-ME-Q 04), el cual consiste en un metodología multi residuos de Cromatografía de gases acoplada a masas (CG-MS/MS) en combinación con el método QuEChERS (Quick, Easy, Cheap, Effective, Rugged and Safe). El equipo utilizado fue un Cromatógrafo de Gases Agilent Technology modelo 6890 plus, acoplado a un espectrómetro

de masas 5973N. El modo de ionización es por Impacto Electrónico (IE) y el filtro de masas es un cuadrupolo. Además, el equipo cuenta con sistema de inyección automática. La incertidumbre de las medidas de ensayo está calculada al 95 % confianza.

5.7. Análisis de resultados

Los obtenidos fueron comparados con la normativa del Codex Alimentarius para determinar si los valores obtenidos se encuentran dentro de los LMR que se admite legalmente en los alimentos.

6. Resultados

6.1. Plaguicidas de mayor frecuencia de adquisición

En la Figura 10 se muestran los resultados de la encuesta realizada a los diecinueve locales en los cuales se expenden insumos agropecuarios. Según los datos obtenidos los plaguicidas de mayor frecuencia de adquisición son los insecticidas con un 34 %, seguidos por los herbicidas con un 24 %, fungicidas con un 22 % y Bactericidas y nematicidas con un 12 % y 8 % respectivamente.

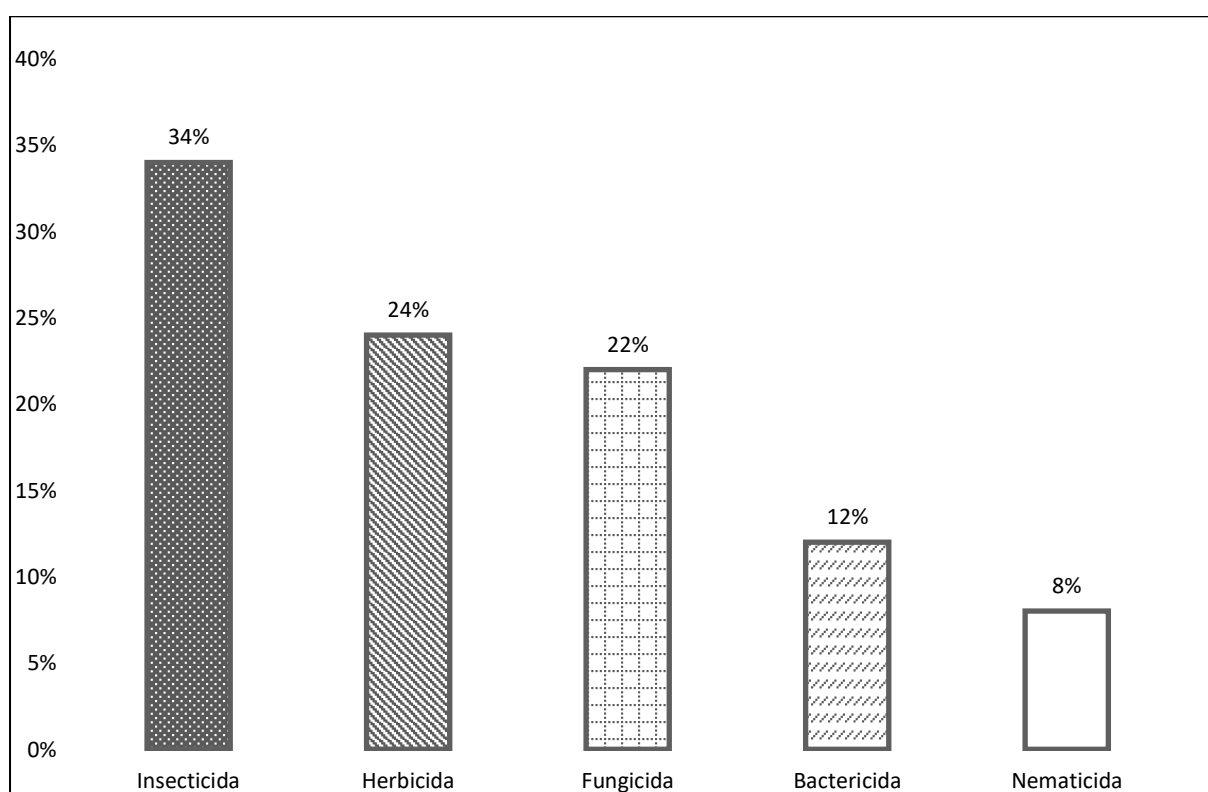


Figura 10. Plaguicidas de mayor frecuencia de adquisición en locales de expendio de insumos agropecuarios en la ciudad de Loja.

Así mismo se determinó que dentro del grupo de los insecticidas, los de mayor venta son aquellos cuya estructura química corresponde a los organofosforados y piretroides ambos con un 42 %, seguidos por los carbamatos con el 17 %, tal como se presenta en la Figura 11.

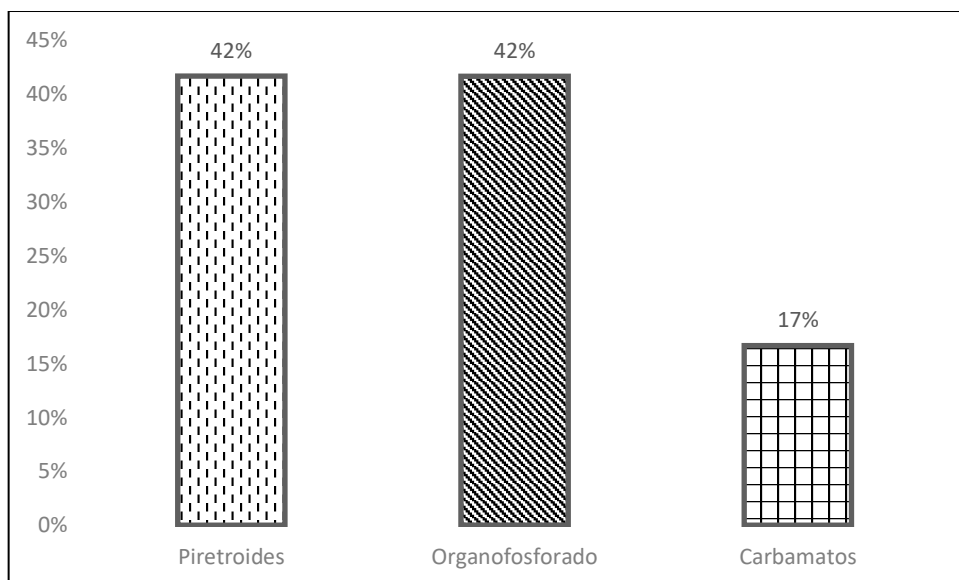


Figura 11. Insecticidas de mayor frecuencia de adquisición, según su grupo químico.

En la Tabla 5 se indica el nombre comercial, ingrediente activo, grupo químico, categoría toxicológica, plaga que controla, modo de acción y casa comercial, de los insecticidas que se adquieren con mayor frecuencia en los locales de expendio de insumos agropecuarios de la ciudad de Loja.

Tabla 5. Insecticidas comerciales de mayor frecuencia de adquisición en locales de expendio de insumos agropecuarios de la ciudad de Loja.

Nombre comercial	Ingrediente activo	Grupo químico	Categoría toxicológica	Plaga que controla según la ficha técnica	Modo de acción	Casa comercial
Bala 55	Clorpirifos + cipermetrina	Organofosforado-piretroide	II Moderadamente peligroso	Insectos chupadores, picadores, masticadores y sus larvas	Ingestión, contacto e inhalación, por acción de sus vapores.	Ecuaquimica
Chlorcyrin	Clorpirifos + cipermetrina	Organofosforado-piretroide	II Moderadamente peligroso	Insectos chupadores, picadores, masticadores	Contacto, Ingestión y Respiratorio	Afecor
Clorpilaq 48	Clorpirifos	Organofosforado	II Moderadamente peligroso	Gusano Cogollero (<i>Spodoptera frugiperda</i>), Falso medidor (<i>Pseudoplusia includens</i>), Trips (<i>Thrips tabaci</i>)	Contacto, inhalación e ingestión	Agripac
Curacron	Profenofos	Organofosforado	II Moderadamente peligroso	Pulguilla (<i>Epitrix cucumeris</i>), Trips (<i>Thrips tabaci</i>), Gusano cogollero (<i>Spodoptera frugiperda</i>).	De contacto e ingestión	Syngenta
Cyperpac	Cipermetrina	Piretroide	II Moderadamente peligroso	Gusano cogollero (<i>Spodoptera frugiperda</i>). Polilla (<i>Plutella xylostella</i>)	De contacto e ingestión	Agripac
Shy	Cipermetrina	Piretroide	II Moderadamente peligroso	Gusano cogollero (<i>Spodoptera frugiperda</i>), Trips (<i>Thrips tabaci</i>), Chinche	De contacto e ingestión	Sharda Cropchem
Skemata	Lambda-cihalotrina	Piretroide, clorado, fluorado	II Moderadamente peligroso	Insecticida de amplio espectro Gusano cogollero (<i>Spodoptera frugiperda</i>), Frankiniella sp., Aphis sp	De contacto e ingestión	Agrota
Nairobi	Lambda-cihalotrina + tiametoxam	Piretroide, clorado, fluorado	III Ligeramente peligroso	Amplio espectro de control sobre insectos chupadores y defoliadores.	De contacto e ingestión por la Lambda-Cyhalotrina y sistémico/translaminar por el Thiamethoxam.	Agrosad
Nakar	Benfuracarb	Carbamato	II Moderadamente peligroso	Insecticida de amplio espectro de acción y excelente control de plagas, especialmente en órdenes como Coleóptera, Lepidóptera, Hemiptera, Díptera, Thysanoptera y nemátodos.	Acción sistémica cuando es aplicado en el suelo, y de contacto e ingestión, cuando es aplicado al follaje.	SUMMITA-GRO
Verisan	Carbosulfan	Carbamato	II Moderadamente peligroso	Gusano blanco (<i>Premnotrypes vorax</i>), Paratrypa (<i>Bactericera cockerelli</i>), Enrollador de la hoja (<i>Syngamia</i> sp.)	De contacto e ingestión	DEL MONTE

6.2. Cultivos hortícolas de mayor producción

A nivel de encuesta a locales de expendio de insumos agropecuarios:

En la Figura 12 se indica los resultados obtenidos en la encuesta, para:

- Cultivos hortícolas para los cuales las personas productoras solicitan mayor asistencia técnica a profesionales encargados de locales de expendio de insumos agropecuarios.
- Semillas de mayor venta en locales de expendio de insumos agropecuarios
- Cultivos hortícolas en almácigos de mayor venta en locales de expendio de insumos agropecuarios

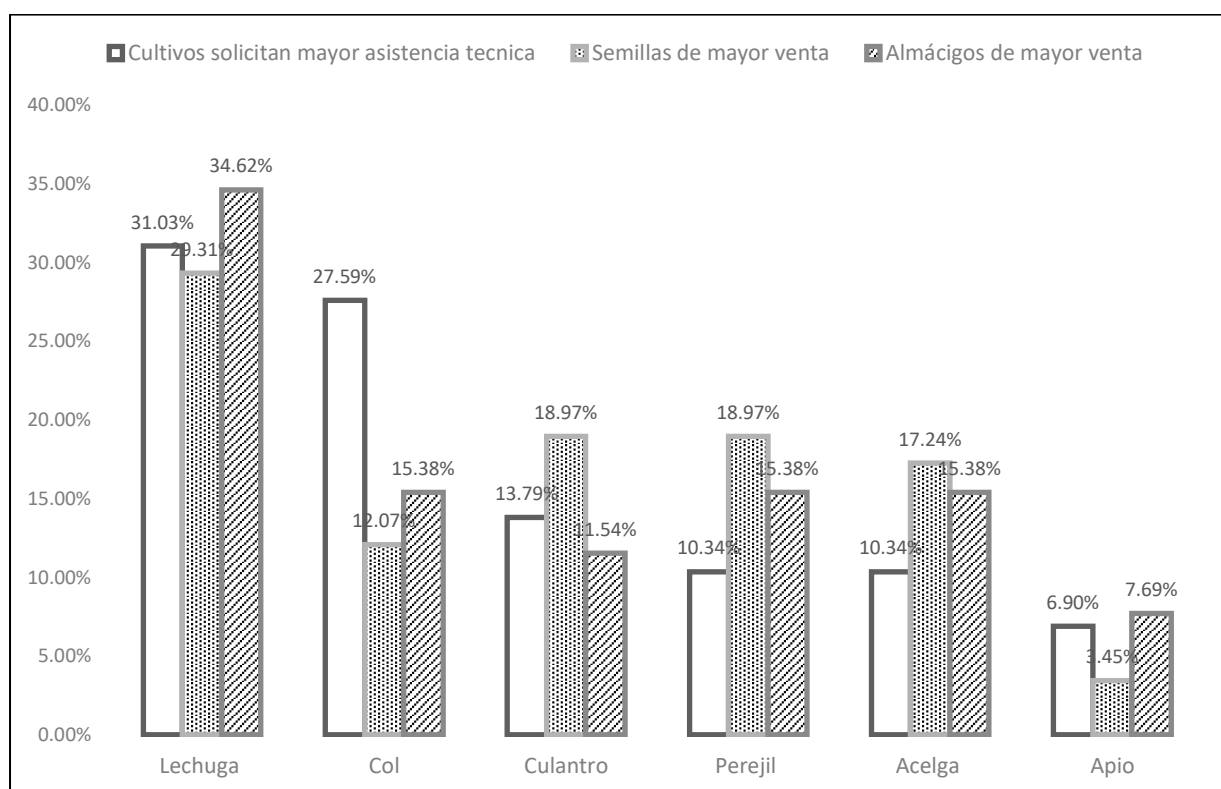


Figura 12. Criterios tomados en cuenta para determinar la hortaliza de mayor producción.

A nivel de entrevista a personas productoras de mercados municipales:

En la Figura 13 se muestra los cultivos hortícolas de mayor producción según la entrevista realizada a personas productoras de mercados municipales. Los datos muestran que lechuga (42,11 %) y col (21,05 %) son las hortalizas de hoja que se cultivan en mayor proporción.

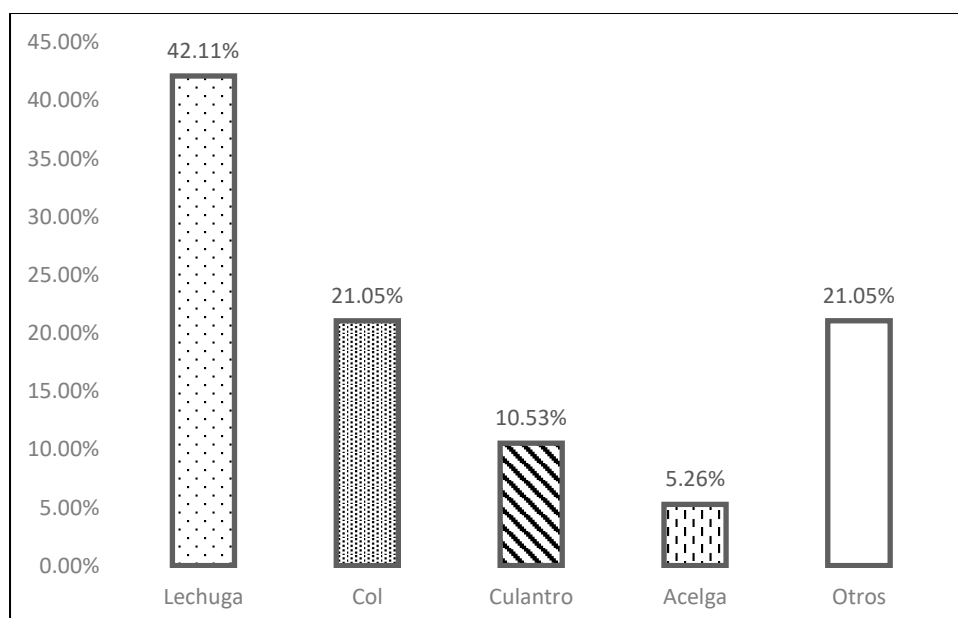


Figura 13. Cultivos hortícolas de mayor producción según personas productoras de mercados municipales.

A nivel de bibliografía:

En Ecuador en el año 2000, se ejecutó el último Censo Nacional Agropecuario a nivel de 162 818 Unidades de Producción Agropecuaria en todas las provincias del país. La investigación determinó que tanto lechuga como col son las hortalizas con mayor producción con 9196 y 8616 Toneladas métricas respectivamente. De igual forma (Cuenca, 2019) indica que Loja posee una gran riqueza productiva con alrededor de 62 alimentos orgánicos y frescos ofertados a la población, entre estos las hortalizas de hoja que tienen mayor producción son lechuga y col.

6.3. Residuos de insecticidas en lechuga *Lactuca sativa L.*

Mediante el análisis por Cromatografía gaseosa acoplada a espectrofotometría de masas (CG/MS-MS) se analizaron 12 insecticidas. En la Tabla 6 se presentan los resultados en mg/Kg, LOQ (Limite de cuantificación) y LMR para *Lactuca sativa L.* var criolla, además se indica la categoría toxicológica asignada según AGROCALIDAD, (2023) . Los LOQs se encuentran en el rango de 0,1 a 0,005 mg/Kg los cuáles están por debajo de los LMRs permitidos, mostrando que el método analítico usado en este estudio es capaz de cuantificar residuos de plaguicidas. Conforme a lo establecido por AGROCALIDAD, para los datos de límites máximos de residuos (LMR) se utilizó la información establecida por el CODEX ALIMENTARIUS, si este organismo no registraba el LMR deseado, se tomó como referencia el de la Unión Europea (UE).

Tabla 6. Resultados analíticos de residuos de insecticidas en muestras de lechuga (*Lactuca sativa L.*) variedad criolla, proveniente de sistemas de producción convencional, agroecológico y certificación orgánica que se expenden en la ciudad de Loja cantón y provincia de Loja.

	Ingrediente activo	Estructura química	Categoría toxicológica	Nombres comerciales	Convencional		Agroecológico	Certificación orgánica	LOQ (mg/Kg)	LMR (mg/Kg)	Fuente LMR
					Muestra 1 Resultado (mg/Kg)	Muestra 2 Resultado (mg/Kg)	Muestra 3 Resultado (mg/Kg)	Muestra 4 Resultado (mg/Kg)			
1	Clorpirifos	Organofosforado	II MODERADAMENTE PELIGROSO	Bala 55, Chlorcyrin, Clorpilaq 48, Cosmo	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,005	1,00	CODEX
2	Profenofos	Organofosforado	II MODERADAMENTE PELIGROSO	Curacron, azocor	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,005	0,01	Unión Europea
3	Malation	Organofosforado	III LIGERAMENTE PELIGROSO	Acuaflin, Limpiador, Malatox	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,005	0,50	Unión Europea
4	Diazinon	Organofosforado	III LIGERAMENTE PELIGROSO	Basudin, Flecha, Goliath 600	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,005	0,50	CODEX
5	Terbufos	Organofosforado	IB EXTREMADAMENTE PELIGROSO	Forater	<0,0015	<0,0015	<0,0015	<0,0015	0,0015	0,01	CODEX
6	Pirimifos metil	Organofosforado	II MODERADAMENTE PELIGROSO	Actellic, Planeta DM	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,005	0,01	CODEX
7	Cipermetrina	Piretroide	II MODERADAMENTE PELIGROSO	Cyperac, Shy, Bronka	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,005	0,70	CODEX
8	Lambda cihalotrina	Piretroide	II MODERADAMENTE PELIGROSO	Skemata, Nairobi, Puñal 5	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,005	0,30	CODEX
9	Permetrin	Piretroide	II LIGERAMENTE PELIGROSO	Permatec, Pirestar, Permetox	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,005	5,00	CODEX
10	Deltametrin	Piretroide	II MODERADAMENTE PELIGROSO	Dinastia 100 EC, Shooter, Delros	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,005	2,00	CODEX
11	Etofenprox	Piretroide	III LIGERAMENTE PELIGROSO	Trebon	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,005	0,01	CODEX
12	Bifentrina	Piretroide	II MODERADAMENTE PELIGROSO	Kadabra, Kodiak	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,005	0,01	CODEX

LOQ: Limite de cuantificación, LMR: Límite máximo de residuos.

6.4. Residuos de insecticidas en col *Brassica oleracea* var. *Capitata*.

Mediante el análisis por Cromatografía gaseosa acoplada a espectrofotometría de masas (CG/MS-MS) se analizaron 12 insecticidas. En la se presentan los resultados en mg/Kg, LOQ (Limite de cuantificación) y LMR para *Brassica oleracea* var. *Capitata*, además se indica la categoría toxicológica asignada según AGROCALIDAD, (2023) . Los LOQs se encuentran en el rango de 0,1 a 0,005 mg/Kg los cuáles están por debajo de los LMRs permitidos, mostrando que el método analítico usado en este estudio es capaz de cuantificar residuos de plaguicidas. Conforme a lo establecido por AGROCALIDAD, para los datos de límites máximos de residuos (LMR) se utilizó la información establecida por el CODEX ALIMENTARIUS, si este organismo no registraba el LMR deseado, se tomó como referencia el de la Unión Europea (UE).

Tabla 7. Resultados analíticos de residuos de insecticidas en muestras de col (*Brassica oleracea* var. *Capitata*), proveniente de sistemas de producción convencional, agroecológico y certificación orgánica que se expenden en la ciudad de Loja cantón y provincia de Loja.

	Ingrediente activo	Estructura química	Categoría toxicológica	Nombres comerciales	Convencional		Agroecológico	Certificación orgánica	LOQ (mg/Kg)	LMR (mg/Kg)	Fuente LMR
					Muestra 1 Resultado (mg/Kg)	Muestra 2 Resultado (mg/Kg)	Muestra 3 Resultado (mg/Kg)	Muestra 4 Resultado (mg/Kg)			
1	Clorpirifos	Organofosforado	II MODERADAMENTE PELIGROSO	Bala 55, Chlorcyrin, Clorpilaq 48, Cosmo	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,005	1,00	CODEX
2	Profenofos	Organofosforado	II MODERADAMENTE PELIGROSO	Curacron, azocor	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,005	0,01	Unión Europea
3	Malation	Organofosforado	III LIGERAMENTE PELIGROSO	Acuafin, Limpiador, Malatox	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,005	0,50	Unión Europea
4	Diazinon	Organofosforado	III LIGERAMENTE PELIGROSO	Basudin, Flecha, Goliath 600	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,005	0,50	CODEX
5	Terbufos	Organofosforado	IB EXTREMADAMENTE PELIGROSO	Forater	<0,0015	<0,0015	<0,0015	<0,0015	0,0015	0,01	CODEX
6	Pirimifos metil	Organofosforado	II MODERADAMENTE PELIGROSO	Actellic, Planeta DM	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,005	0,01	CODEX
7	Cipermetrina	Piretroide	II MODERADAMENTE PELIGROSO	Cyperac, Shy, Bronka	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,005	0,70	CODEX
8	Lambda cihalotrina	Piretroide	II MODERADAMENTE PELIGROSO	Skemata, Nairobi, Puñal 5	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,005	0,30	CODEX
9	Permetrin	Piretroide	II LIGERAMENTE PELIGROSO	Permatec, Pirestar, Permetox	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,005	5,00	CODEX
10	Deltametrin	Piretroide	II MODERADAMENTE PELIGROSO	Dinastia 100 EC, Shooter, Delros	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,005	2,00	CODEX
11	Etofenprox	Piretroide	III LIGERAMENTE PELIGROSO	Trebon	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,005	0,01	CODEX
12	Bifentrina	Piretroide	II MODERADAMENTE PELIGROSO	Kadabra, Kodiak	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,005	0,01	CODEX

LOQ: Limite de cuantificación, LMR: Límite máximo de residuos.

7. Discusión

7.1. Plaguicidas de mayor frecuencia de adquisición

El consumo estimado mundial de pesticidas para el año 2020 fue de 3,5 millones de toneladas, correspondientes al 47,5% de herbicidas, 29,5% de insecticidas, 17,5% de fungicidas y el 5,5 % para otros pesticidas (Sharma et al., 2019). En Ecuador según el INEC-ESPAC, (2014) el uso de plaguicidas químicos se distribuye en un 38,14% de herbicidas, 33,63% de fungicidas, 21,69% de insecticidas y un 6,55% de otros químicos, esto tanto para cultivos permanentes (cacao, palma africana, banano, etc.), como transitorios (maíz, papa, arroz, etc.).

En nuestro estudio los plaguicidas con mayor demanda son los insecticidas con un 34% y herbicidas con un 24%, similares porcentajes fueron obtenidos por el INEC, (2012), en la Zona de planificación 1 (Carchi, Esmeraldas, Imbabura y Esmeraldas), donde se reporta a los insecticidas como el plaguicida de mayor uso con un 43,60% seguido por los herbicidas con un 38,16%, esta zona se caracteriza por una intensa actividad agropecuaria con cultivos permanentes y transitorios y predominancia del minifundio. De igual forma en una investigación realizada por Merchán y Quichimbo, (2022), en cinco parroquias del cantón Paute (Bulán, Dug Dug, Tomebamba, Chicán y San Cristóbal), provincia del Azuay indican que los plaguicidas más utilizados por los agricultores de la zona son los insecticidas con un 47,63 % y fungicidas con un 43,68 %. Se debe considerar que esta región presenta microclimas similares a nuestra zona que favorecen la producción de frutas (durazno, manzana, pera, tomate de árbol, etc.) y hortalizas (tomate riñón, col, lechuga, apio, coliflor, etc.) (Municipio de Azuay, 2018).

Para nuestro caso de estudio las muestras de hortalizas (lechuga y col) provienen de zonas urbanas (Carigán, Virgenpamba, Salapa, etc.) y rurales (San Lucas, Taquil, Santiago, etc.), del cantón Loja. A pesar que el cantón Loja posee condiciones climáticas favorables para los cultivos hortícolas, con temperaturas medias anuales entre 12 y 20 °C y una humedad relativa entre el 65 y el 85% (clima mesotérmico semi-húmedo) (Municipio de Loja, 2020), existen otros factores como cambios en las condiciones climáticas globales y cambios en los sistemas agrícolas en diferentes regiones que son determinantes en la aparición y sucesión de plagas (Zhang et al., 2018).

En un estudio realizado por Alulima, (2019), en la Parroquia San Lucas, se menciona que existe la percepción del agricultor en que la incidencia de plagas y enfermedades en la

producción de hortalizas y frutales tiene una ligera tendencia al aumento, considerando que el factor de mayor afectación es la variación en los periodos y la intensidad de las precipitaciones, así como una mayor incidencia de temperaturas extremas. En el caso de los cultivos hortícolas generalmente suelen verse afectados por diversas plagas que incluyen pulgones, trozadores, araña roja, mosca blanca, nemátodos, minadores, escarabajos perforadores de hojas, trips y gasterópodos (caracoles y babosas), cuya presencia es dependiente de la temperatura, viento y precipitación.

Basándonos en los antecedentes mencionados, podemos inferir que el uso de plaguicidas específicos está determinado por una serie de factores propios de cada región que incluyen condiciones meteorológicas, estacionalidad, diseño de los predios, residuos de cultivos, migración de plagas, el microclima de las tierras de cultivo, salud de las plantas, plagas específicas que afectan a los cultivos, etc. (Zhang et al., 2018). Los factores culturales también son determinantes ya que, según lo manifestado por los responsables de locales de expendio de insumos agropecuarios, la mayoría de los agricultores recurren a plaguicidas cuando la infestación de plagas alcanza un nivel preocupante. Esta práctica es comprensible, ya que los agricultores suelen enfrentar diversas dificultades en el control de plagas, y en muchos casos, es difícil detectarlas en sus etapas iniciales. Por lo tanto, cuando la infestación se vuelve evidente y amenaza la salud de los cultivos, recurren a los plaguicidas como una medida de último recurso para evitar mayores pérdidas en la producción.

En cuanto a la **estructura química de los insecticidas**, en la encuesta se determinó que el organofosforado: clorpirifos y los piretroides: cipermetrina y lambda cihalotrina, son los de mayor venta. Estas sustancias según la escala toxicológica de la OMS se consideran categoría II Moderadamente Peligroso (franja amarilla), pudiendo ser irritantes severos y causar daño temporal a los ojos. Además estos compuestos tóxicos (Farag et al., 2021; Mali et al., 2023; Ore et al., 2023), se caracterizan por su alta persistencia, especialmente los piretroides (Ahamad y Kumar, 2023; Galadima et al., 2021).

El insecticida clorpirifos posee un control de amplio espectro en insectos como polillas (col, tomate, papa, etc.), mosca blanca, pulgones o áfidos, gusanos, trips, etc., por lo cual es muy usado en cultivos hortícolas y otros cultivos como maíz, soja, algodón, frutas, etc. (Foong et al., 2020). A nivel de la ciudad de Loja y en similitud a nuestro estudio, en una investigación realizada por Palacios, (2023) indica que el insecticida organofosforado Bala 55 (clorpirifos),

es de uso común en sistemas de producción convencionales localizados en el barrio Amable María al norte de la ciudad de Loja.

Para determinar los cultivos hortícolas sobre los cuales se realizaría el análisis de residuos de insecticidas se tomó el criterio de los profesionales encargados de locales de expendio de insumos agropecuarios, las personas productoras y la bibliografía. Los resultados de la encuesta realizada a las personas encargadas de los locales de expendio de insumos agropecuarios, revelaron que para la zona de estudio el cultivo de lechuga presenta una demanda significativamente alta tanto en semillas (29.31 %) como en almácigos (34.62 %). Además, se destaca que lechuga y col son cultivos que los productores solicitan mayor asistencia técnica, con un porcentaje del 31.03 % y 27,59 % respectivamente, este punto es relativamente importante ya que la asistencia técnica agrícola si bien permite mejorar los rendimientos por hectárea cultivada también implica un mayor uso de semillas mejoradas, fertilizantes, plaguicidas y otros insumos (Chininín Campoverde et al., 2019). Así mismo, según lo consultado a las personas productoras de los mercados municipales los cultivos que tienen una mayor tasa de producción son lechuga y col con un 42,11 % y 21,05 %, respectivamente. La revisión bibliográfica también nos indica que lechuga y col son cultivos hortícolas de gran demanda a nivel nacional, así lo reflejan los datos obtenidos del III Censo Nacional Agropecuario (INEC, 2002), observándose que estas dos hortalizas de hoja son las más vendidas con 8 854 y 8 319 Toneladas para lechuga y col respectivamente, así mismo Cuenca, (2019) en un estudio realizado en el Espacio Agrario Periurbano de la ciudad de Loja, indica que las hortalizas de hoja de mayor expendio semanal en los centros de abasto de la ciudad de Loja son lechuga y col y en menor proporción acelga, cilantro y perejil. Con esta información se definió que las hortalizas de hoja ideales para determinar los residuos de insecticidas serían lechuga y col.

7.2. Residuos de insecticidas en lechuga y col.

En nuestro estudio se realizó un barrido de 12 moléculas pertenecientes a insecticidas organofosforados (clorpirifos, profenofos, malatión, diazinon, terbufos y pirimifos metil) y piretroides (cipermetrina, Lambda cihalotrina, permetrin, deltametrin, etofenprox y bifentrina).

Estudios similares en sistemas de producción convencionales muestran diversidad en la ocurrencia de residuos de plaguicidas. Un estudio realizado en La Paz, Bolivia indica que se detectó la presencia de residuos de cipermetrina, clorpirifos, difenoconazol y lambda cihalotrina en el 50 % de las muestras de lechuga evaluadas, de estos el 20 % se encontraba

por encima del límite máximo de residuos, identificándose hasta 3 plaguicidas en una misma muestra (Skovgaard et al., 2017). (Ahoudi et al., 2019), evaluaron la residualidad de plaguicidas en lechugas cultivadas en el área urbana de Lome, Ghana, encontrando residuos de lambda cihalotrina y clorpirifos etil pero por debajo de los LMR permitidos por la Unión Europea (Council Directive 90/642/EEC, 1990). De igual forma, un estudio de residuos realizado por el INIA (Instituto de Investigaciones Agropecuarias) en los mercados mayoristas de la Región Metropolitana de Santiago de Chile, señala que un 23 % de las muestras de lechugas, excedieron los LMR, entre los plaguicidas encontrados estuvieron: profenofos y clorotalonil (ACHIPIA, 2021). (Mac Loughlin et al., 2018), realizó un estudio en frutas y hortalizas provenientes de mercados del Gran Buenos Aires, Argentina, detectando la presencia de plaguicidas en el 65 % del total de muestras, el 44 % de las muestras positivas por debajo de los LMR y el 56 % por encima de los LMR, siendo clorpirifos el plaguicida encontrado con mayor frecuencia y concentración.

En nuestro estudio no se encontraron residuos de insecticidas de los grupos organofosforados y piretroides en las hortalizas procedentes de los sistemas de producción convencional, lo que podría deberse principalmente a que estas provienen de minifundios con un tipo de agricultura fundado en el trabajo familiar (agricultura familiar campesina), con una alta diversificación productiva, rotación de cultivos y orientada al mercado pero siendo prioritario el autoconsumo (Esquel, 2020; Sanchez y Chicaiza, 2019).

Cabe indicar que la inexistencia de residuos de plaguicidas no es un indicador de no uso de los mismos ya que su detección está influenciada por la aplicación, los factores ambientales y el momento del muestreo (Materu et al., 2021). En nuestro caso las muestras fueron tomadas en una temporada de alta precipitación situación que pudo influir en los resultados. Estudios han demostrado que bajo condiciones de fuertes precipitaciones existe una mayor contaminación a nivel de suelo, aguas y sedimentos (Materu et al., 2021; Otieno et al., 2013)

Los sistemas de certificación orgánica prohíben el uso de plaguicidas y herbicidas. Estudios realizados por (Ripke et al., 2022) en lechugas provenientes de sistemas de producción orgánica que se expendían en las calles del municipio de Chapeco Brasil, reportaron ausencia de plaguicida, similar a nuestro estudio y en concordancia a lo esperado en este tipo de sistemas de producción. Sin embargo existe evidencia de presencia de plaguicidas en estos sistemas aunque en concentraciones menores a los LMR (Cressey et al., 2009).

No se han reportado estudios sobre residuos de plaguicidas en sistemas de producción agroecológicos, sin embargo inferimos que la ausencia de los mismos se da debido a las prácticas propias de este sistema: biofertilizantes, plaguicidas naturales, diversidad de cultivos y rotaciones; agrosilvicultura con árboles maderables y frutales, plantas alelopáticas, etc. (Wezel et al., 2014).

Para ambos cultivos no se evidenció la presencia de insecticidas catalogados como prohibidos en Ecuador entre ellos: Aldrin, Dieldrin, Endrin, Chlordano, DDT, Lindano, Leptophos, Heptachloro, Methyl Parathion, Parathion, Mirex y Monocrotofos.

8. Conclusiones

El presente estudio muestra que, los plaguicidas de mayor frecuencia de adquisición en los locales de expendio de insumos agropecuarios en la zona de estudio son los insecticidas y dentro de este grupo se destacan aquellos cuya estructura química corresponde a organofosforados y piretroides.

Las hortalizas de hoja de mayor producción son la lechuga y col y estas son ofertados principalmente por sistemas convencionales catalogados como agricultura familiar campesina

La concentración de plaguicidas encontrados en las hojas de lechuga y col provenientes de sistemas de producción convencional, agroecológico y con certificación orgánica de la zona de estudio, no podrían considerarse un problema grave de salud pública debido a que los residuos se encuentran por debajo de los LMR permisibles autorizados por el Codex alimentarius aplicados en Ecuador.

9. Recomendaciones

Para la determinación de residuos de plaguicidas es preciso un monitoreo continuo y completo con un mayor número de muestras, en otros alimentos (solanáceas, curbitáceas, etc.), escenarios (fincas, mercados, etc.), épocas del año (invierno y verano) y matrices (suelo, agua, etc.), para detectar posibles transgresiones a la normativa y prevenir riesgos a la salud de la población.

Se recomienda que desde la academia se desarrollen investigaciones con énfasis en la seguridad alimentaria y se apoye esta forma de producción más sana, que cumple un rol sustancial en el abastecimiento de alimentos para las familias ecuatorianas, y logra cubrir necesidades nutricionales de un amplio rango de la población en medio de condiciones sumamente desfavorables.

10. Bibliografía

- Abubakar, Y., Tijjani, H., Egbuna, C., Adetunji, C. O., Kala, S., Kryeziu, T. L., Ifemeje, J. C., y Patrick-Iwuanyanwu, K. C. (2020). Pesticides, History, and Classification. En *Natural Remedies for Pest, Disease and Weed Control* (pp. 29-42). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819304-4.00003-8>
- ACHIPIA, A. C. para la I. y C. A. (2021). *Evaluación del riesgo a la salud de la ingesta dietaria de residuos de plaguicidas presentes en muestras de lechugas y espinacas obtenidas en mercados mayoristas de la Región Metropolitana. Santiago de Chile.* [https://www.achipia.gob.cl/wp-content/uploads/2022/07/EVALUACION-DE-RIESGO HORTALIZAS](https://www.achipia.gob.cl/wp-content/uploads/2022/07/EVALUACION-DE-RIESGO-HORTALIZAS)
- Acquaah, G. (2019). *Horticulture: Principles and Practices* (4.^a ed.). Pearson.
- AenVerde, R. (2021, enero 4). 2021: El año de las frutas y hortalizas. *A en verde - Medio de información de agricultura.* <https://www.aenverde.es/2021-el-ano-de-las-frutas-y-hortalizas/>
- Plan Nacional de Vigilancia y Control de contaminantes en la producción primaria., Pub. L. No. Resolución 0064, DAJ-2017207-0201 54 (2017). <https://www.agrocalidad.gob.ec/wp-content/uploads/2020/05/plan-nacional-vigilancia-control-contaminantes-produccion-primaria-064.pdf>
- AGROCALIDAD, A. de R. y C. F. y Zoosanitario. (2023). *Reporte de plaguicidas de uso agrícola.* <https://www.agrocalidad.gob.ec/wp-content/uploads/2023/02/reporte-de-plaguicidas-de-uso-agricola-3-FEB-2023.xls>
- Ahamad, A., y Kumar, J. (2023). Pyrethroid pesticides: An overview on classification, toxicological assessment and monitoring. *Journal of Hazardous Materials Advances*, 100284. <https://doi.org/10.1016/j.hazadv.2023.100284>

- Ahouidi, H., Gnandi, K., Tanouayi, G., Ouro-Sama, K., Yorke, J.-C., Creppy, E., y Moesch, C. (2019). Assessment of pesticides residues contents in the vegetables cultivated in urban area of Lome (southern Togo) and their risks on public health and the environment, Togo. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 12, 2172. <https://doi.org/10.4314/ijbcs.v12i5.19>
- Aktar, Md. W., Sengupta, D., y Chowdhury, A. (2009). Impact of pesticides use in agriculture: Their benefits and hazards. *Interdisciplinary Toxicology*, 2(1), 1-12. <https://doi.org/10.2478/v10102-009-0001-7>
- Alulima, T. N. C. (2019). Los sistemas agroecológicos de la parroquia San Lucas (Loja). Prácticas resilientes ante el cambio climático. *Letras Verdes. Revista Latinoamericana de Estudios Socioambientales*, 26, Article 26. <https://doi.org/10.17141/letrasverdes.26.2019.3806>
- Andrade, C. M., y Ayaviri, D. (2018). Demanda y Consumo de Productos Orgánicos en el Cantón Riobamba, Ecuador. *Información Tecnológica*, 29(4), 217-226. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642018000400217>
- Asem, D., Kumari, M., Singh, L. R., y Bhushan, M. (2023). Chapter 11 - Pesticides: Pollution, risks, and abatement measures. En M. Kumar, S. Mohapatra, y K. Weber (Eds.), *Emerging Aquatic Contaminants* (pp. 307-326). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-96002-1.00014-6>
- ATSDR, A. for T. S. and D. R. (2021, enero 26). *Resumen de Salud Pública: Piretrinas y piretroides (Pyrethrins and Pyrethroids) | PHS | ATSDR*. ATSDR. https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs155.html
- Banco Mundial. (2022). *Desarrollo sostenible, resiliencia y crecimiento económico*. <https://www.bancomundial.org/es/home>

- Caiza, J. P. C., y Rodríguez, R. T. B. (2021). Cambio climático y sistemas de producción agroecológico, orgánico y convencional en los cantones Cayambe y Pedro Moncayo. *Letras Verdes. Revista Latinoamericana de Estudios Socioambientales*, 29, Article 29. <https://doi.org/10.17141/letrasverdes.29.2021.4751>
- Castillo-Pérez, B., y Castillo-Bermeo, V. (2021). Uso de plaguicidas químicos en tomate riñón (*Solanum lycopersicum* L.) en condiciones de invernadero y campo en Loja, Ecuador. *CEDAMAZ*, 11(1), Article 1.
- Chininín Campoverde, V. E., Hidalgo Ochoa, N. A., Ordóñez Hernández, M. I., y González Vilela, F. Y. (2019). Asistencia técnica agrícola para la transición de la agricultura de subsistencia a la sostenible, Parroquia Buenavista, Cantón Chaguarpamba, Provincia de Loja, 2017. *Polo del Conocimiento: Revista científico - profesional*, 4(3), 382-400.
- Claeys, W. L., Schmit, J.-F., Bragard, C., Maghuin-Rogister, G., Pussemier, L., y Schiffers, B. (2011). Exposure of several Belgian consumer groups to pesticide residues through fresh fruit and vegetable consumption. *Food Control*, 22(3), 508-516. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2010.09.037>
- Codex Alimentarius Commission. (2023). *Límites Máximos de Residuos (LMR) del Codex Alimentarius*. Codex Alimentarius. <https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/about-codex/es/#:~:text=El%20Codex%20Alimentarius%20es%20una,en%20el%20comercio%20de%20alimentos>.
- COPISA, C. P. E. I. D. S. A. (2010). *Propuesta de ley de agrobiodiversidad, semillas y fomento agroecológico*. <https://www.soberaniaalimentaria.gob.ec/prueba/servicios/wp-content/uploads/2016/07/FOLLETO-LEY-DE-AGROBIODIVERSIDAD.pdf>

- Cressey, P., Vannoort, R., y Malcolm, C. (2009). Pesticide residues in conventionally grown and organic New Zealand produce. *Food Additives and Contaminants: Part B*, 2(1), 21-26. <https://doi.org/10.1080/02652030802684096>
- Cuenca, V. del C. (2019). Valorización del Espacio Agrario Periurbano de la ciudad de Loja. *CEDAMAZ*, 9(2), Article 2.
- de Andrade, J. C., Galvan, D., Kato, L. S., y Conte-Junior, C. A. (2023). Consumption of fruits and vegetables contaminated with pesticide residues in Brazil: A systematic review with health risk assessment. *Chemosphere*, 322, 138244. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2023.138244>
- Deaconu, A., Berti, P. R., Cole, D. C., Mercille, G., y Batal, M. (2021). Agroecology and nutritional health: A comparison of agroecological farmers and their neighbors in the Ecuadorian highlands. *Food Policy*, 101, 102034. <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2021.102034>
- Debuschewitz, E., y Sanders, J. (2022). Environmental impacts of organic agriculture and the controversial scientific debates. *Organic Agriculture*, 12(1), 1-15. <https://doi.org/10.1007/s13165-021-00381-z>
- Díaz, O., y Betancourt, R. (2018, agosto). *Los pesticidas; clasificación, necesidad de un manejo integrado y alternativas para reducir su consumo indebido: Una revisión*. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/article/view/190/219>
- Dong, J., Gruda, N., Li, X., Cai, Z., Zhang, L., y Duan, Z. (2022). Global vegetable supply towards sustainable food production and a healthy diet. *Journal of Cleaner Production*, 369, 133212. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.133212>
- EPA, O. (2019, febrero 27). *Información básica sobre pesticidas [Overviews and Factsheets]*. <https://espanol.epa.gov/espanol/informacion-basica-sobre-pesticidas>

- Esquel. (2020). *Agricultura Campesina—Fundación Esquel*.
<https://www.esquel.org.ec/es/que-son-las-mesas-tematicas-del-pacto/agricola-campesina.html>
- ESTRATEGIA-NACIONAL-DE-CAMBIO-CLIMATICO-DEL-ECUADOR.pdf*. (s. f.).
- FAO, O. de las N. U. para la A. y la A. (2022). *Pesticide residues in food 2021. Joint FAO/WHO meeting on pesticide residues. Evaluation Part II – Toxicological* (p. 1000).
<https://www.who.int/publications-detail-redirect/9789240054622>
- FAO, O. de las N. U. para la A. y la A. (2021). *Introducción / Kit de Herramientas para el Registro de Plaguicidas / Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*. <https://www.fao.org/pesticide-registration-toolkit/special-topics/highly-hazardous-pesticides-hhp/introduction/es/>
- FAO, O. de las N. U. para la A. y la A. (2023). *Ecuador en una mirada*. FAO en Ecuador.
<https://www.fao.org/ecuador/fao-en-ecuador/ecuador-en-una-mirada/es/>
- Farag, M. R., Alagawany, M., Bilal, R. M., Gewida, A. G. A., Dhama, K., Abdel-Latif, H. M. R., Amer, M. S., Rivero-Perez, N., Zaragoza-Bastida, A., Binnaser, Y. S., Batiha, G. E.-S., y Naiel, M. A. E. (2021). An Overview on the Potential Hazards of Pyrethroid Insecticides in Fish, with Special Emphasis on Cypermethrin Toxicity. *Animals : an Open Access Journal from MDPI*, 11(7), 1880. <https://doi.org/10.3390/ani11071880>
- Foong, S. Y., Ma, N. L., Lam, S. S., Peng, W., Low, F., Lee, B. H. K., Alstrup, A. K. O., y Sonne, C. (2020). A recent global review of hazardous chlorpyrifos pesticide in fruit and vegetables: Prevalence, remediation and actions needed. *Journal of Hazardous Materials*, 400, 123006. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.123006>
- Freire, W., Ramírez-Luzuriaga, M. J., Belmont, P., y Mendieta, M. J. (2014). *Tomo I: Encuesta Nacional de Salud y Nutrición de la población ecuatoriana de cero a 59 años*. Ministerio de Salud Pública/Instituto Nacional de Estadísticas y Censos.

https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_Sociales/ENSANUT/MSP_ENSANUT-ECU_06-10-2014.pdf

- Galadima, M., Singh, S., Pawar, A., Khasnabis, S., Dhanjal, D. S., Anil, A. G., Rai, P., Ramamurthy, P. C., y Singh, J. (2021). Toxicity, microbial degradation and analytical detection of pyrethroids: A review. *Environmental Advances*, 5, 100105. <https://doi.org/10.1016/j.envadv.2021.100105>
- Galindo, C., Mambrona, H., Benavides, C., y Roca Vela, M. (2016). *Investigación de residuos de plaguicidas en frutas, verduras y hortalizas y cereales en la Comunidad Autónoma de Aragón durante el periodo 2010-2013*. 44-49.
- González, J. G., Miranda, M. I. V., Mullor, M. R., Jerez, A. F. H., Carreño, T. P., y Rodríguez, R. A. (2017). Association of reproductive disorders and male congenital anomalies with environmental exposure to endocrine active pesticides. *Reproductive Toxicology*, 71, 95-100. <https://doi.org/10.1016/J.REPROTOX.2017.04.011>
- Gortaire A., R. (2017). Agroecología en el Ecuador. Proceso histórico, logros, y desafíos. *Antropología Cuadernos de investigación*, 17, 12. <https://doi.org/10.26807/ant.v0i17.85>
- Hassaan, M. A., y El Nemr, A. (2020). Pesticides pollution: Classifications, human health impact, extraction and treatment techniques. *The Egyptian Journal of Aquatic Research*, 46(3), 207-220. <https://doi.org/10.1016/j.ejar.2020.08.007>
- Hernández, A. F., Gil, F., y Lacasaña, M. (2017). Toxicological interactions of pesticide mixtures: An update. *Archives of Toxicology*, 91(10), 3211-3223. <https://doi.org/10.1007/s00204-017-2043-5>
- Hossain, Md. S., Hossain, Md. A., Rahman, Md. A., Islam, Md. M., Rahman, Md. A., y Adyel, T. M. (2013). Health Risk Assessment of Pesticide Residues via Dietary Intake of

- Market Vegetables from Dhaka, Bangladesh. *Foods*, 2(1), 64-75.
<https://doi.org/10.3390/foods2010064>
- Hurtig, A. K., Sebastián, M. S., Soto, A., Shingre, A., Zambrano, D., y Guerrero, W. (2003). Pesticide Use among Farmers in the Amazon Basin of Ecuador. *Archives of Environmental Health: An International Journal*, 58(4), 223-228.
<https://doi.org/10.3200/AEOH.58.4.223-228>
- ICA, I. C. A. (2012). *Manejo fitosanitario del cultivo de hortalizas—Medidas para la temporada invernal*. <https://www.ica.gov.co/getattachment/bb883b42-80da-4ae5-851f-4db05edf581b/Manejo-fitosanitario-del-cultivo-de-hortalizas.aspx#:~:text=Entre%20las%20pr%C3%A1cticas%20de%20manejo%20integrado%20para,est%C3%A1n%3A%20E2%80%A2%20Utilizar%20semillas%20certificadas.&text=Evitar%20la%20siembra%20en%20suelos,el%20uso%20de%20coberturas%20h%C3%BAmedas.&text=Eliminar%20plantas%20muertas%20y%20residuos%20se%20cosecha.&text=Utilizar%20eficientemente%20el%20riego>.
- INEC. (2013). *Módulo Ambiental Uso de Plaguicidas en la Agricultura*. https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas_Ambientales/plaguicidas/Plaguicidas-2013/Documento_Tecnico-Uso_de_Plaguicidas_en_la_Agricultura_2013.pdf
- INEC, I. N. de E. y C. (2012). *ENCUESTA SOBRE USO DE AGROQUÍMICOS Y SU DESTINO FINAL EN LA AGRICULTURA ZONA DE PLANIFICACIÓN I - AÑO 2012*.
- INEC, I. N. de E. y C. (2021). *Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua 2020*. <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/estadisticas-agropecuarias-2/>
- INEC-ESPAC. (2014). *Uso y Manejo de Agroquímicos en la Agricultura 2014*.

- Jayaraj, R., Megha, P., y Sreedev, P. (2016). Organochlorine pesticides, their toxic effects on living organisms and their fate in the environment. *Interdisciplinary Toxicology*, 9(3-4), 90-100. <https://doi.org/10.1515/intox-2016-0012>
- Kader, A. A. (2013). *Postharvest Technology of Horticultural Crops—An Overview from Farm to Fork*.
- Kalliora, C., Mamoulakis, C., Vasilopoulos, E., Stamatiades, G. A., Kalafati, L., Barouni, R., Karakousi, T., Abdollahi, M., y Tsatsakis, A. (2018). Association of pesticide exposure with human congenital abnormalities. *Toxicology and Applied Pharmacology*, 346, 58-75. <https://doi.org/10.1016/j.taap.2018.03.025>
- Mac Loughlin, T. M., Peluso, Ma. L., Etchegoyen, Ma. A., Alonso, L. L., de Castro, Ma. C., Percudani, Ma. C., y Marino, D. J. G. (2018). Pesticide residues in fruits and vegetables of the argentine domestic market: Occurrence and quality. *Food Control*, 93, 129-138. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2018.05.041>
- MAE, M. del A. (2012). *Estrategia Nacional de Cambio Climático del Ecuador 2012—2025*.
- Mali, H., Shah, C., Raghunandan, B. H., Prajapati, A. S., Patel, D. H., Trivedi, U., y Subramanian, R. B. (2023). Organophosphate pesticides an emerging environmental contaminant: Pollution, toxicity, bioremediation progress, and remaining challenges. *Journal of Environmental Sciences*, 127, 234-250. <https://doi.org/10.1016/j.jes.2022.04.023>
- MAPA, M. de A., pesca y alimentación. (2022). *Análisis de la campaña de hortalizas 2021/2022. Sectorial hortalizas.* (p. 24). https://www.mapa.gob.es/es/agricultura/temas/producciones-agricolas/analisiscampanahortalizas2021-202227deabril2022_tcm30-619153.pdf
- Materu, S. F., Heise, S., y Urban, B. (2021). Seasonal and Spatial Detection of Pesticide Residues Under Various Weather Conditions of Agricultural Areas of the Kilombero

- Valley Ramsar Site, Tanzania. *Frontiers in Environmental Science*, 9.
<https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fenvs.2021.599814>
- MDRyT, M. de desarrollo rural y tierras. (2011). *Producción de Hortalizas*.
- Merchán, E. J., y Quichimbo, K. P. (2022). *Evaluación del uso de plaguicidas y propuesta de un plan de manejo ambiental de agropesticidas en las parroquias de Bulán, Dug Dug, Chicán y San Cristóbal pertenecientes al cantón Paute* [BachelorThesis].
<http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/22535>
- Michigan State University. (2022). *What is Horticulture? A Modern Applied Plant Science!*
 Department of Horticulture. https://www.canr.msu.edu/hrt/about-us/horticulture_is
- Miodovnik, A. (2019). Prenatal Exposure to Industrial Chemicals and Pesticides and Effects on Neurodevelopment☆. En J. Nriagu (Ed.), *Encyclopedia of Environmental Health (Second Edition)* (pp. 342-352). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409548-9.11008-5>
- Mollocana, E., y Gonzales, F. (2020). Control of pesticides in Ecuador: An underrated problem? *Bionatura*, 5, 1257-1263. <https://doi.org/10.21931/RB/2020.05.03.17>
- Municipio de Loja. (2020). *PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL*.
- Municipio de Loja. (2022). *Parroquia El Valle / Municipio de Loja*.
<https://www.loja.gob.ec/contenido/parroquia-el-valle>
- Nature, I. (2022, mayo 30). Biocontrol y sostenibilidad: Cultivos sin pesticidas químicos - Idai Nature. *Idai Nature, líderes en Biocontrol agrícola*.
<https://www.idainature.com/noticias/biocontrol-agricola/biocontrol-y-sostenibilidad/>
- NPCI, N. P. I. C. (2022). *Regulación internacional de pesticidas*.
<http://npic.orst.edu/reg/intreg.es.html>
- Ore, O. T., Adeola, A. O., Bayode, A. A., Adedipe, D. T., y Nomngongo, P. N. (2023). Organophosphate pesticide residues in environmental and biological matrices:

- Occurrence, distribution and potential remedial approaches. *Environmental Chemistry and Ecotoxicology*, 5, 9-23. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2022.10.004>
- Otieno, P. O., Owuor, P. O., Lalah, J. O., Pfister, G., y Schramm, K.-W. (2013). Impacts of climate-induced changes on the distribution of pesticides residues in water and sediment of Lake Naivasha, Kenya. *Environmental Monitoring and Assessment*, 185(3), 2723-2733. <https://doi.org/10.1007/s10661-012-2743-5>
- Palacios. (2023). *Calidad nutricional y propiedades fisicoquímicas de Kale (Brassica Oleracea Var. Sabellica L) en dos sistemas de producción agroecológico y convencional*. Universidad Nacional de Córdoba.
- Pazmiño, O., Miryan Flores, María José Vallejo, Francisco Iturra, Paola Ramón, y Lorena Medina. (2015). ESTUDIO SOBRE RESIDUOS DE PLAGUICIDAS EN BRÓCOLI DE EXPORTACIÓN Y CONSUMO NACIONAL. *ECUADOR ES CALIDAD: Revista Científica Ecuatoriana*, 2(2). <https://doi.org/10.36331/revista.v2i2.12>
- Restrepo, J., Angel, D., y Prager, M. (2000). *Agroecología*. Ed. Manatí.
- Ripke, M., Corralo, V., y Lutinski, J. (2022). Safety of foods sold in street fairs: Analysis of pesticide residues in lettuce (*Lactuca sativa* L.). *Brazilian Journal of Environmental Sciences*, 57. <https://doi.org/10.5327/Z2176-94781376>
- Sanchez, L. W. L., y Chicaiza, J. (2019). De la agricultura familiar campesina a las microempresas de monocultivo. Reestructura socio-territorial en la Sierra norte del Ecuador. *Eutopía. Revista de Desarrollo Económico Territorial*, 15, Article 15. <https://doi.org/10.17141/eutopia.15.2019.3875>
- Sharma, A., Kumar, V., Shahzad, B., Tanveer, M., Sidhu, G. P. S., Handa, N., Kohli, S. K., Yadav, P., Bali, A. S., Parihar, R. D., Dar, O. I., Singh, K., Jasrotia, S., Bakshi, P., Ramakrishnan, M., Kumar, S., Bhardwaj, R., y Thukral, A. K. (2019). Worldwide

- pesticide usage and its impacts on ecosystem. *SN Applied Sciences*, 1(11), 1446.
<https://doi.org/10.1007/s42452-019-1485-1>
- Siegmeier, T., Blumenstein, B., y Möller, D. (2019). Bioenergy Production and Organic Agriculture. En *Organic Farming* (pp. 331-359). Elsevier.
<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813272-2.00012-4>
- Silberman, J., y Taylor, A. (2023). Carbamate Toxicity. En *StatPearls*. StatPearls Publishing.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK482183/>
- Sinha, N. K., Hui, Y. H., Evranuz, E. O., Siddiq, M., y Ahmed, J. (2010). *Handbook of Vegetables and Vegetable Processing*.
- Skovgaard, M., Renjel Encinas, S., Jensen, O. C., Andersen, J. H., Condarco, G., y Jørs, E. (2017). Pesticide Residues in Commercial Lettuce, Onion, and Potato Samples From Bolivia—A Threat to Public Health? *Environmental Health Insights*, 11, 1178630217704194. <https://doi.org/10.1177/1178630217704194>
- Sumberg, J., y Giller, K. E. (2022). What is ‘conventional’ agriculture? *Global Food Security*, 32, 100617. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2022.100617>
- Ulibarry, P. G. (2019). *Efecto de los plaguicidas sobre la salud humana Exposición e impactos Autor*.
- USAID, U. S. A. for I. D. (2005). *GLOBAL HORTICULTURE ASSESSMENT* (p. 134).
https://pdf.usaid.gov/pdf_docs/pnadh769.pdf
- USDA, N. I. of F. and A. (2023). *Organic Agriculture*. Nation Institute of Food and Agriculture. <http://www.nifa.usda.gov/topics/organic-agriculture>
- Valarezo, O., y Muñoz, X. (2011). *Insecticidas de uso agrícola en el Ecuador*. INIAP, Estación Experimental Portoviejo.
<https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/1253/1/INIAP%20bolet%20C3%ADn%20divulgativo%20401.pdf>


- Van den Broeck, G., Van Hoyweghen, K., y Maertens, M. (2018). Horticultural exports and food security in Senegal. *Global Food Security*, 17, 162-171. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2017.12.002>
- Vasco, C., Torres, B., Jácome, E., Torres, A., Eche, D., y Velasco, C. (2021). Use of chemical fertilizers and pesticides in frontier areas: A case study in the Northern Ecuadorian Amazon. *Land Use Policy*, 107, 105490. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2021.105490>
- Wezel, A., Casagrande, M., Celette, F., Vian, J.-F., Ferrer, A., y Peigné, J. (2014). Agroecological practices for sustainable agriculture. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 34(1), 1-20. <https://doi.org/10.1007/s13593-013-0180-7>
- Willer, H. (2021). *The World of Organic Agriculture 2021 | FAO*. <https://www.fao.org/family-farming/detail/en/c/1378841/>
- Yadav, I., y Devi, N. (2017). *Pesticides Classification and Its Impact on Human and Environment* (pp. 140-158).
- Yin, S., Sun, Y., Yu, J., Su, Z., Tong, M., Zhang, Y., Liu, J., Wang, L., Li, Z., Ren, A., y Jin, L. (2021). Prenatal exposure to organochlorine pesticides is associated with increased risk for neural tube defects. *Science of The Total Environment*, 770, 145284. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.145284>
- Zaragoza-Bastida, A., Valladares-Carranza, B., Ortega-Santana, C., Zamora-Espinosa, J., Velázquez-Ordoñez, V., Aparicio-Burgos, J., Zaragoza-Bastida, A., Valladares-Carranza, B., Ortega-Santana, C., Zamora-Espinosa, J., Velázquez-Ordoñez, V., y Aparicio-Burgos, J. (2016). Repercusiones del uso de los organoclorados sobre el ambiente y salud pública. *Abanico veterinario*, 6(1), 43-55.


Zhang, C., Cai, J., Xiao, D., Ye, Y., y Chehelamirani, M. (2018). Research on Vegetable Pest Warning System Based on Multidimensional Big Data. *Insects*, 9(2), 66.
<https://doi.org/10.3390/insects9020066>

11. Anexos

Anexo 1. Límites máximos de residuos (LMR) vigentes en el Codex Alimentarius.

- Hortalizas de hoja





Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura

[codexalimentarius](#) > [Textos del Codex](#) > [Base de datos en línea del Codex](#) > [LMR de plaguicidas](#) > Detalle de las materias primas

VL 0053 - Hortalizas de hoja

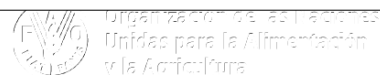
Search:

Pesticide	MRL	Year of Adoption	Symbol Note
Aldrin and Dieldrin	0,05 mg/kg	1997	E
Ametoctradin	50 mg/kg	2013	
Boscalid	40 mg/kg	2011	
Chlorantraniliprole	20 mg/kg	2014	(excepto las hojas de rábano)
Clothianidin	2 mg/kg	2011	
Cyantraniliprole	20 mg/kg	2014	(excepto la lechuga arrepollada)
Cyazofamid	10 mg/kg	2016	(except brassica leafy vegetables)
Cypermethrins (including alpha- and zeta-cypermethrin)	0,7 mg/kg	2009	
Cyprodinil	50 mg/kg	2014	(excepto las brasicáceas de hoja)
Deltamethrin	2 mg/kg	2006	
Dichlobenil	0,3 mg/kg	2015	
Dinotefuran	6 mg/kg	2013	(excepto berro)
Fluensulfone	1 mg/kg	2017	(not specified elsewhere) (R)
Fluopicolide	30 mg/kg	2011	
Mandipropamid	25 mg/kg	2009	
Myclobutanil	0,05 mg/kg	2015	
Paraquat	0,07 mg/kg	2006	
Penthiopyrad	30 mg/kg	2013	(excepto las brasicáceas de hoja)
Spinosad	10 mg/kg	2004	
Spiromesifen	15 mg/kg	2017	
Spirotetramat	7 mg/kg	2009	
Sulfoxaflor	6 mg/kg	2013	
Tebufenozide	10 mg/kg	2004	
Thiamethoxam	3 mg/kg	2011	

Showing 1 to 24 of 24 entries

E: (only for MRLs) The MRL is based on extraneous residues.
T: The MRL/EMRL is temporary, irrespective of the status of the ADI, until required information has been provided and evaluated.

- Col de repollo



[codexalimentarius](#) > [Textos del Codex](#) > [Base de datos en línea del Codex](#) > [LMR de plaguicidas](#) > [Detalle de las materias primas](#)

VB 0041 - Coles arrepolladas

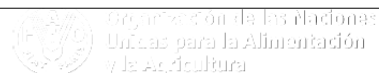
Search:

Pesticide	MRL	Year of Adoption	Symbol Note
Acephate	2 mg/kg	1999	
Acetamiprid	0,7 mg/kg	2012	
Afidopropen	0,5 mg/kg	2021	
Chlorpyrifos	1 mg/kg	2003	
Cyclanilprole	0,7 mg/kg	2021	
Cyfluthrin/beta-cyfluthrin	0,08 mg/kg	2013	
Cyhalothrin (includes lambda-cyhalothrin)	0,3 mg/kg	2009	
Cyprodinil	0,7 mg/kg	2014	
Diazinon	0,5 mg/kg	2005	
Dimethomorph	6 mg/kg	2015	
Dithiocarbamates	5 mg/kg	1999	
Fenamidone	0,9 mg/kg	2015	
Fenamiphos	0,05 mg/kg	2004	
Fipronil	0,02 mg/kg	2003	
Fluazifop-p-butyl	3 mg/kg	2017	
Fludioxonil	0,7 mg/kg	2019	
Flumioxazin	0,02 mg/kg	2016	(*)
Fluopicolide	7 mg/kg	2011	
Flupyram	0,15 mg/kg	2015	
Flupyradifurone	1,5 mg/kg	2017	
Imidacloprid	0,5 mg/kg	2004	
Indoxacarb	3 mg/kg	2008	
Mandipropamid	3 mg/kg	2009	
Metalaxyl	0,5 mg/kg	1993	
Methiocarb	0,1 mg/kg	2006	
Methoxyfenozide	7 mg/kg	2005	
Oxathiapiprolin	0,7 mg/kg	2017	
Parathion-Methyl	0,05 mg/kg	2004	
Penthiopyrad	4 mg/kg	2014	
Permethrin	5 mg/kg		
Propamocarb	1 mg/kg	2019	
Pyraclostrobin	0,2 mg/kg	2007	
Quintozene	0,1 mg/kg	2003	
Spirotetramat	2 mg/kg	2009	
Sulfoxaflor	0,4 mg/kg	2013	
Tebuconazole	1 mg/kg	2012	
Tebufenozide	5 mg/kg	2004	
Trifloxystrobin	1,5 mg/kg	2018	

Showing 1 to 38 of 38 entries

(*): At or about the limit of determination.

- Lechuga de repollo



codexalimentarius > [Textos del Codex](#) > [Base de datos en línea del Codex](#) > [LMR de plaguicidas](#) > [Detalle de las materias primas](#)

VL 0482 - Lechuga arrepollada

Search:

Pesticide	MRL	Year of Adoption	Symbol	Note
Abamectin	0,15 mg/kg	2016		
Acibenzolar-S-methyl	0,2 mg/kg	2017		
Azoxystrobin	3 mg/kg	2009		
Benalaxyl	1 mg/kg	2010		
Carbendazim	5 mg/kg	2008		
Cyantraniliprole	5 mg/kg	2014		
Cycloxydim	1,5 mg/kg	2013		
Cyromazine	4 mg/kg	2008		
Diazinon	0,5 mg/kg	1997		
Difenoconazole	2 mg/kg	2008		
Dimethoate	0,3 mg/kg	2009		
Dimethomorph	10 mg/kg	2008		
Dithiocarbamates	0,5 mg/kg	1999		
Emamectin benzoate	1 mg/kg	2012		
Fenamidone	20 mg/kg	2015		
Fenhexamid	30 mg/kg	2006		
Fenpyrazamine	1,5 mg/kg	2018		
Flonicamid	1,5 mg/kg	2016		
Flubendiamide	5 mg/kg	2011		
Fludioxonil	10 mg/kg	2006		
Fluensulfone	0,8 mg/kg	2017		
Fluopyram	15 mg/kg	2015		
Flupyradifurone	4 mg/kg	2017		
Flutriafol	1,5 mg/kg	2016		
Fluxapyroxad	4 mg/kg	2016		
Folpet	50 mg/kg	2006		
Fosetyl Al	200 mg/kg	2018		
Glufosinate-Ammonium	0,4 mg/kg	2013		
Imidacloprid	2 mg/kg	2004		
Indoxacarb	7 mg/kg	2006		
Iprodione	10 mg/kg			
Isofetamid	5 mg/kg	2017		
Metaflumizone	7 mg/kg	2010		
Metalaxyl	2 mg/kg	1995		
Methiocarb	0,05 mg/kg	2006	(*)	
Methomyl	0,2 mg/kg	2009		
Methoxyfenozide	15 mg/kg	2005		
Oxathiapiprolin	3 mg/kg	2017		
Permethrin	2 mg/kg			
Pirimicarb	5 mg/kg	2007		
Propamocarb	100 mg/kg	2007		
Pyraclostrobin	40 mg/kg	2019		
Pyrimethanil	3 mg/kg	2008		
Quinoxifen	8 mg/kg	2007		
Spinetoram	10 mg/kg	2009		
Tebuconazole	5 mg/kg	2012		
Trifloxystrobin	15 mg/kg	2013		

Showing 1 to 47 of 47 entries

(*): At or about the limit of determination.

Anexo 2. Encuesta a nivel de locales de expendio de insumos agropecuarios

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA
Maestría en Agroecología y Desarrollo Sostenible
Encuesta a los dueños o encargados de locales de expendio de insumos agropecuarios de la ciudad de Loja

Nombre del recolector de datos:	
---------------------------------	--

- Información general

Fecha y hora:	
Dirección del local comercial:	

1. ¿Cuáles son los cultivos que solicitan mayor asistencia técnica?

	Frutas
	Hortalizas
	Tubérculos
	Cereales y legumbres
	Otros

2. ¿Realiza actualmente supervisión técnica en fincas?

SI NO Número de fincas ()

3. Indique TRES (3) hortalizas que solicitan mayor asistencia técnica.

	Col		Brócoli
	Lechuga		Coliflor
	Apio		Tomate
	Perejil		Otros
	Culantro		
	Acelga		

4. Indique TRES (3) semillas de hortalizas de hoja más vendidas

	Col
	Lechuga
	Apio
	Perejil
	Culantro
	Acelga
	Otros

5. ¿Realiza venta de almácigos .. SI ().....NO ()?

6. ¿Cuales son los tres almácigos de mayor venta?

	Col
	Lechuga
	Apio
	Perejil

	Culantro
	Acelga
	Brócoli
	Coliflor
	Tomate
	Otros

7. *¿Cuál es el plaguicida de mayor venta?*

	Tipo de plaguicida	Nombre comercial
	Insecticida	
	Fungicida	
	Herbicida	
	Bactericida	
	Nematicida	
	Otros	

Nombre del informante: _____

La Universidad Nacional de Loja, agradece su colaboración y le desea éxitos en sus actividades.

Anexo 3. Certificado de traducción.

Loja, 09 de Agosto de 2023

CERTF. N° 042-JP-2023

El suscrito, Lic. Juan Pablo Quezada Rosales, con cédula de identidad 1104039621 **DOCENTE DE INGLÉS DE EDUCACION SUPERIOR** ", a petición de la parte interesada y en forma legal,

CERTIFICA

Que el numeral 2.1 ABSTRACT, del Trabajo de investigación titulado **Residuos de plaguicidas en hortalizas de hoja, provenientes de sistemas de producción convencional, agroecológico y con certificación orgánica, maestría en agroecología y desarrollo sostenible** de autoría de la Ing. **Beatriz Alexandra Guerrero León**, con C.I. 1104253446 de la Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional de Loja, está correctamente traducido del idioma español al idioma inglés, para lo cual se autoriza la impresión y presentación para los fines pertinentes.

Facultando a la interesada hacer uso del presente documento en lo que estime conveniente

English is the doorway to the future!

Checked by:
Juan Pablo Quezada R.
E.F.L. Teacher



Firmado electrónicamente por:
**JUAN PABLO
QUEZADA
ROSALES**

Lic. Juan Pablo Quezada Rosales
ENGLISH TEACHER OF SUPERIOR EDUCATION