

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

SEDE DE OCCIDENTE

**TESIS PARA OPTAR AL GRADO DE LICENCIATURA EN
LABORATORISTA QUÍMICO**

**Implementar un protocolo para la determinación de los
plaguicidas a analizar por el Laboratorio de Análisis de
Residuos de Agroquímicos del Servicio Fitosanitario del
Estado**

Edgar Bolaños Arrieta

2022

HOJA DE APROBACIÓN

Esta tesis fue aceptada por la Comisión del Programa de Trabajos Finales de Graduación del Departamento de Ciencias Naturales de la Universidad de Costa Rica, como requisito para optar por el grado de Licenciatura en Laboratorista Químico.

Aprobado por:

Oscar Vázquez Guirós, Lic.
Director de tesis



Karla Arrieta Viquez, Lic.
Miembro del comité asesor



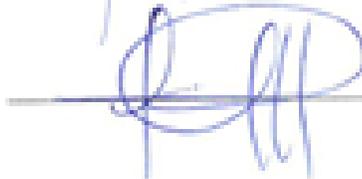
Ailyn Ramírez Leiva, Lic.
Miembro del comité asesor



John Diego Bolaños Alfara, M.Sc.
Presidente del tribunal



Laura Vindas Angulo, M.Sc.
Miembro del tribunal



Edgar Bolaños Arrieta
Sustentante



DEDICATORIA

El presente trabajo final de graduación va dedicado, primeramente, a Dios; quien me ha dado la oportunidad de desarrollarme como profesional y darme los recursos y salud para continuar estudiando.

También va dedicado a mi familia; quienes siempre me han apoyado en cada decisión tomada. Mi esposa, quien siempre está a mi lado y me guía a mejorar cada día. En especial, a mi hijo Santiago, porque me ha dado mayores deseos de superación desde que nos acompaña en esto tan lindo llamado vida.

A mi tutor y lectores, quienes han realizado esfuerzos por ver mejorías en el presente proyecto.

Y, finalmente, a la UCR y el SFE, por permitirme optar por un grado más en mi carrera profesional.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS	vii
ÍNDICE DE CUADROS	viii
ÍNDICE DE ABREVIATURAS.....	x
RESUMEN.....	xii
1. INTRODUCCIÓN	14
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN	14
1.2. ANTECEDENTES	18
1.3. OBJETIVOS	21
1.3.1. Objetivo general	21
1.3.2. Objetivos específicos.....	21
2. MARCO TEÓRICO	22
2.1. GENERALIDADES DE LOS PLAGUICIDAS	22
2.2. IMPORTANCIA DEL USO DE PLAGUICIDAS	23
2.3. RIESGOS A LA SALUD HUMANA Y AL AMBIENTE POR EL USO DE PLAGUICIDAS	23
2.3.1. Riesgos a la salud humana	24
2.3.2. Riesgos al ambiente	25
2.4. ANÁLISIS DE RESIDUOS DE PLAGUICIDAS.....	26
2.5. PARÁMETROS DEL INSTRUMENTO PARA DEFINIR LOS PLAGUICIDAS QUE DEBERÍA ANALIZAR EL LRE.....	28
2.5.1. Base de datos RASFF (Alertas Sanitarias en Alimentos, por sus siglas en inglés) de la Comunidad Europea	28
2.5.2. Importación, exportación y registro de plaguicidas en Costa Rica	30
2.5.3. Tendencia de consumo y área sembrada de productos vegetales frescos no procesados en Costa Rica.....	32
2.5.4. Degradación de plaguicidas (metabolitos) y plaguicidas prohibidos	33
2.5.5. Bases de datos históricas de resultados de análisis del LRE.....	35
3. MARCO METODOLÓGICO	36
3.1. VERIFICACIÓN DE ALERTAS EN LAS BASES DE DATOS RASFF	36

3.2. COMPARACIÓN DE PLAGUICIDAS IMPORTADOS Y REGISTRADOS EN COSTA RICA CON LOS ANALIZADOS POR EL LRE	38
3.3. TENDENCIAS DE CONSUMO DE VEGETALES FRESCOS POR PARTE DE LA POBLACIÓN NACIONAL, ASÍ COMO DEL ÁREA SEMBRADA DE ESTOS PRODUCTOS EN EL TERRITORIO NACIONAL.....	39
3.4. METABOLIZACIÓN DE LOS PLAGUICIDAS REGISTRADOS MÁS UTILIZADOS EN LOS CAMPOS DE COSTA RICA, POR MEDIO DEL ESTUDIO DE LA DEFINICIÓN DE RESIDUO DEL PLAGUICIDA	40
3.5. HISTÓRICO DE LAS BASES DE DATOS DE LOS ANÁLISIS DE PLAGUICIDAS DEL LRE.....	40
4. RESULTADOS.....	41
4.1. VERIFICACIÓN DE ALERTAS EN LAS BASES DE DATOS RASFF	41
4.2. COMPARACIÓN DE PLAGUICIDAS IMPORTADOS Y REGISTRADOS EN COSTA RICA CON LOS ANALIZADOS POR EL LRE	45
4.3. TENDENCIAS DE CONSUMO DE VEGETALES FRESCOS POR PARTE DE LA POBLACIÓN NACIONAL, ASÍ COMO DEL ÁREA SEMBRADA DE ESTOS PRODUCTOS EN EL TERRITORIO NACIONAL.....	48
4.4. METABOLIZACIÓN DE LOS PLAGUICIDAS REGISTRADOS MÁS UTILIZADOS EN LOS CAMPOS DE COSTA RICA, POR MEDIO DEL ESTUDIO DE LA DEFINICIÓN DE RESIDUO DEL PLAGUICIDA	58
4.5. HISTÓRICO DE LAS BASES DE DATOS DE LOS ANÁLISIS DE PLAGUICIDAS DEL LRE.....	62
5. DISCUSIÓN.....	64
5.2. COMPARACIÓN DE PLAGUICIDAS IMPORTADOS Y REGISTRADOS EN COSTA RICA CON LOS ANALIZADOS POR EL LRE	66
5.3. TENDENCIAS DE CONSUMO DE VEGETALES FRESCOS POR PARTE DE LA POBLACIÓN NACIONAL, ASÍ COMO DEL ÁREA SEMBRADA DE ESTOS PRODUCTOS EN EL TERRITORIO NACIONAL.....	67
5.4. METABOLIZACIÓN DE LOS PLAGUICIDAS REGISTRADOS MÁS UTILIZADOS EN LOS CAMPOS DE COSTA RICA, POR MEDIO DEL ESTUDIO DE LA DEFINICIÓN DE RESIDUO DEL PLAGUICIDA	71
5.5. HISTÓRICO DE LAS BASES DE DATOS DE LOS ANÁLISIS DE PLAGUICIDAS DEL LRE.....	74
6. CONCLUSIONES.....	76
7. RECOMENDACIONES.....	79
REFERENCIAS.....	80

Anexos 89

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Parámetros por evaluar para establecer los plaguicidas recomendados que el LRE debe analizar en su metodología de análisis.....	36
Figura 2. Diagrama de Pareto de los kilogramos de plaguicida de uso aparente en el año 2019.....	55
Figura 3. Diagrama de Pareto de los kilogramos de plaguicida de uso aparente en el año 2020.....	56

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Valor de los principales productos importados por Costa Rica en el año 2020 en miles de dólares y su porcentaje de participación.....	42
Cuadro 2. Valor de las importaciones agropecuarias según el país de origen y su porcentaje de participación.....	43
Cuadro 3. Resultados de alertas sanitarias por presencia de plaguicidas en vegetales mediante el portal de bases de datos RASFF.....	44
Cuadro 4. Estimación de ingrediente activo importado y exportado por Costa Rica en los años 2019 y 2020 en kilogramos.....	46
Cuadro 5. Uso aparente en kilogramos de los 10 ingredientes activos con mayor cantidad para formulación de plaguicidas en los años 2019 y 2020.....	46
Cuadro 6. Uso aparente en kilogramos de los 10 principales ingredientes activos importados a Costa Rica que no están siendo analizados por el LRE....	47
Cuadro 7. Plaguicidas registrados que no analiza el LRE y que no están en la lista de importados.....	48
Cuadro 8. Principales frutas y hortalizas consumidas en los hogares costarricenses del año 2000 al 2015 en porcentaje	49
Cuadro 9. Cantidad de plaguicidas registrados para su uso en las principales frutas y hortalizas consumidas en los hogares costarricenses	50
Cuadro 10. Plaguicidas registrados en las principales frutas y hortalizas consumidas en los hogares costarricenses que el LRE no analiza	51
Cuadro 11. Área de los productos agrícolas con la mayor cantidad de hectáreas de siembra utilizadas en Costa Rica.....	52
Cuadro 12. Plaguicidas registrados para su uso en los productos agrícolas con mayor cantidad de hectáreas de siembra en Costa Rica que el LRE no	

analiza.....	53
Cuadro 13. Valores de kilogramos de uso aparente de plaguicidas en el año 2019 de importancia según la regla 80-20 a partir del Diagrama de Pareto...	55
Cuadro 14. Valores de kilogramos de uso aparente de plaguicidas en el año 2020 de importancia según la regla 80-20 a partir del Diagrama de Pareto...	57
Cuadro 15. Lista de plaguicidas prioritarios por analizar en el LRE.....	58
Cuadro 16. Definición de residuo y metabolización de los 25 plaguicidas prioritarios.....	59
Cuadro 17. Ejemplo de las bases de datos de los resultados de análisis del LRE.....	63
Cuadro 18. Moléculas no detectadas en los análisis del LRE en el periodo del 2017 al 2021.....	64
Cuadro 19. Lista de plaguicidas recomendados a incluir en la metodología del LRE	73

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

LRE	Laboratorio de Análisis de Residuos de Agroquímicos
SFE	Servicio Fitosanitario del Estado
MAG	Ministerio de Agricultura y Ganadería
UE	Unión Europea
RASFF	Sistema de alerta rápida para alimentos y piensos
SEPSA	Secretaría Ejecutiva de Planificación Sectorial Agropecuaria
kg.i.a	Kilogramo de ingrediente activo
mg/kg	Miligramo por cada kilogramo
LMR	Límite máximo de residuo de plaguicida
QUECHERS	<i>Quick, Easy, Cheap, Effective, Rugged & Safe</i> (rápido, fácil, barato, efectivo, resistente y seguro)
PIMA	Programa Integral de Mercadeo Agropecuario
COMEX	Ministerio de Comercio Exterior
MORI	Sistema de Monitoreo de Importaciones
EPA	Agencia de Protección Ambiental
EFSA	Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria
EURL	Laboratorio de Referencia Europea para el Análisis de Residuos de Plaguicidas
DG SANTE	Dirección General de Salud y Seguridad Alimentaria

INVIMA	Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos
SICOIN	Sistemas de Consulta en Línea
NA	No aplica

RESUMEN

El uso de plaguicidas dentro de la agricultura se ha considerado una actividad indispensable para el manejo de plagas y enfermedades (Curillo Dávila, 2015). Aunque la utilización de estos ofrece importantes ventajas, se trata de sustancias que han de ser utilizadas de manera adecuada con el fin de evitar que su toxicidad represente riesgos para la salud de los consumidores (Golik, 2017). Por lo que su aplicación debe hacerse utilizando la dosis más baja posible, así como el intervalo entre aplicación y consumo del producto suficientemente amplio. Además, se entiende por residuos de plaguicidas los restos de ellos y de los productos de su metabolización que se presenten en los alimentos o el ambiente (Cantín *et al.*, 2016).

El LRE es el Laboratorio Oficial del Estado costarricense encargado de realizar los análisis que permiten al SFE velar por el cumplimiento de los LMR en los productos vegetales que se consumen en el país, los importados y exportados también; por lo que es de suma importancia que los plaguicidas que se analicen sean aquellos que correspondan con los utilizados en estos productos vegetales (SFE, 2020).

Por ello se elaboró e implementó un protocolo que permite al LRE determinar los plaguicidas que debe analizar. Para la elaboración de este, se tomaron en cuenta cinco parámetros por seguir; el primero es determinar los plaguicidas utilizados por los socios comerciales de Costa Rica mediante el uso de las bases de datos RASFF. El resultado obtenido fue que los agroquímicos encontrados en las alertas sanitarias de productos vegetales importados por el país son analizados por el LRE actualmente.

El segundo parámetro fue comparar los plaguicidas importados y registrados para uso en los vegetales con los analizados por el LRE, con el fin de incluir los más

destacados; en este caso, se encontró 112 moléculas de uso aparente que no son analizadas por el laboratorio.

En el tercer punto, se determinan los productos vegetales más importantes en cuanto a consumo y área de cultivo para incluir los agroquímicos registrados de mayor relevancia. Se encuentran 101 moléculas que el laboratorio no analiza; a las cuales se les realizó un filtro mediante un Diagrama de Pareto para incluir las más destacadas; se establecen 25 plaguicidas prioritarios a analizar por el LRE.

Un cuarto parámetro fue determinar si los 25 plaguicidas seleccionados incluyen dentro de su definición de residuo metabolitos; además, se encuentra que, para cumplir con esta definición, el laboratorio debe incluir dentro de sus análisis cinco compuestos.

Finalmente, con el fin de optimizar la oferta de análisis que realiza el LRE, se depuró la lista de los plaguicidas analizados mediante la eliminación de las moléculas no detectadas en el periodo 2017–2021. Por medio de las bases de datos de los análisis realizados, se determinó que 32 agroquímicos no han sido detectados en el periodo mencionado, sin embargo, cinco de ellos se encuentran prohibidos por decreto ejecutivo en el país; por lo que se recomienda la eliminación de las 27 moléculas restantes del alcance del LRE.

Director de tesis: Lic. Oscar Vázquez Quirós

Palabras clave: plaguicida; uso aparente; análisis; residuo; consumo.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN

Los plaguicidas son sustancias químicas destinadas a matar, repeler, atraer, regular o interrumpir el crecimiento de seres vivos (de origen animal o vegetal) consideradas plagas (López, 2019). Según su acción biocida, se clasifican en fungicidas, insecticidas, herbicidas, larvicidas, nematocidas y acaricidas, entre otros (Navas, 2020).

Las producciones agrícolas pueden verse seriamente afectadas como consecuencia de la acción negativa de plagas y enfermedades. Por lo que, para proteger los cultivos tanto antes como después de la cosecha, se suelen utilizar los plaguicidas (Mazzarella, 2016).

Aunque la utilización de plaguicidas ofrece importantes ventajas, se trata de sustancias que han de ser utilizadas de manera adecuada para evitar su toxicidad y que no representen riesgos para la salud de los consumidores. Por esta razón, la cantidad de aplicación del plaguicida debe ser lo más baja posible y el intervalo entre la aplicación y el consumo del producto debe ser amplio según las indicaciones de uso de este (Golik, 2017). Además, se entiende por residuos de plaguicidas los restos de ellos y de los productos de su metabolización o degradación que se presenten en o sobre los alimentos o el ambiente (Cantín *et al.*, 2016).

Es así como la presencia de residuos de plaguicidas en los productos vegetales no procesados (aquellos que no han sufrido modificaciones de origen físico, químico o biológico, salvo un procesamiento por razones de higiene o por la separación de partes no comestibles) es una preocupación significativa para los consumidores, debido a los posibles efectos adversos para la salud a largo plazo y los efectos ambientales que consigo trae (Arriagada, 2012).

El Servicio Fitosanitario del Estado (SFE) es un órgano adscrito al Ministerio de Agricultura y Ganadería, creado en 1997 por medio de la Ley 7664, Ley de Protección Fitosanitaria (Poder Ejecutivo, 1997). El SFE es la autoridad nacional encargada de controlar y regular el intercambio comercial de productos agrícolas tanto en la importación como para la exportación. Entre los objetivos del SFE destacados en la Ley de Protección Fitosanitaria se encuentra proteger los vegetales de los perjuicios causados por las plagas evitando y previniendo la introducción y difusión de plagas (SFE, 2018a).

La Ley 7664 que regula al SFE indica que la institución debe regular el uso y manejo de sustancias químicas, biológicas o afines y equipos para aplicarlas en la agricultura; asimismo, su registro, importación, calidad y residuos, procurando al mismo tiempo proteger la salud humana y el ambiente (Poder Ejecutivo, 1997). Para determinar la presencia de residuos en los vegetales frescos no procesados de origen nacional (consumo nacional y exportación) e internacional (importados), el SFE cuenta con el Laboratorio de Análisis de Residuos de Agroquímicos (LRE).

El LRE es el Laboratorio Oficial del Estado costarricense, encargado de realizar los análisis que permiten al SFE velar por el cumplimiento de los Límites Máximos de Residuos (LMR) de plaguicidas en los vegetales frescos no procesados que se consumen en el país, los que se importan y los que se exportan; por lo que es de suma importancia que los agroquímicos que se analicen correspondan con los utilizados en los productos vegetales para el bienestar de la población y del medioambiente.

Además de cumplir con la reglamentación mencionada, el LRE debe cumplir lo indicado en el Decreto 27683 MAG-MEIC-S, en su Norma RTCR 357:1997, el cual indica en su apartado número tres las funciones que este debe cumplir; como lo son: monitorear los niveles de residuos de las sustancias químicas y biológicas en los vegetales que se consuman y se comercialicen e importen en el país; e investigar y desarrollar nuevas metodologías de análisis de residuos de plaguicidas (Poder Ejecutivo, 1998b).

El monitoreo de los niveles de residuos de plaguicidas en vegetales frescos no procesados producidos en el país o importados lo realiza el LRE, con un promedio anual de 4.500 muestras al año. Este monitoreo procura el bienestar de la población y el medioambiente.

En el caso de la investigación y el desarrollo de nuevas metodologías; el LRE busca contar con los equipos y los métodos de detección más novedosos en análisis de plaguicidas que existan en el mercado internacional. Sin embargo, el laboratorio carece de un protocolo para determinar los plaguicidas por analizar, ya que, actualmente, no cuenta con un documento o método para establecer cuáles plaguicidas se deberían estar regulando; lo cual es prioritario, debido a que se pueden estar consumiendo vegetales con presencia de plaguicidas que no están siendo monitoreados, por no tener incluida la molécula en la metodología de análisis del laboratorio.

El LRE analiza alrededor de 231 plaguicidas, esto implica que puede detectar en una misma muestra de vegetal fresco hasta 231 moléculas por medio de un método multirresidual de análisis. Estos agroquímicos se han establecido a lo largo del tiempo de trabajo y mediante la compra de estándares; además de las recomendaciones de las Unidades de Fiscalización y Control de Residuos de Agroquímicos (SFE, 2020).

Una de las razones por las que el laboratorio no ha desarrollado una metodología para la inclusión de nuevos plaguicidas es que, desde el 2017, se viene realizando la gestión de compra de equipos cromatográficos nuevos con mayor sensibilidad; en los que se puedan incluir nuevas moléculas que no se han podido analizar en los equipos actuales. Esta compra de equipos se realizó en el 2019, con una inversión de alrededor de 927 millones de colones; donde se adquirieron tres equipos de cromatografía líquida con el fin de estar a la vanguardia en la detección de residuos de plaguicidas en vegetales, a fin de garantizar a los consumidores la inocuidad alimentaria (Jiménez, 2019), y la inclusión de moléculas que hasta el momento no se han analizado.

Morera (2016) realizó un artículo refiriéndose a este tema; donde se incluyeron algunos plaguicidas en los análisis del LRE como resultado de su estudio, pero no se desarrolló una metodología que permitiera implementar en lo sucesivo la inclusión o exclusión de los plaguicidas que debe analizar el laboratorio. Por lo que, con este estudio, se busca desarrollar e implementar un protocolo de trabajo para el LRE, que se sustenta en el uso de los plaguicidas utilizados actualmente a nivel nacional e internacional y los que se aplican a los productos vegetales de mayor consumo en el país; los cuales, sin duda, deberían ser analizados en el laboratorio. Esta herramienta le permitirá al LRE estar actualizando cada año su oferta de servicios; tal como lo realizan en Europa, según indica el Dr. Fernando Lafont en su entrevista.

El objetivo del presente proyecto es implementar un protocolo para la determinación de los plaguicidas por analizar en el Laboratorio de Análisis de Residuos de Agroquímicos. Este estudio desarrolla cinco parámetros que se consideran necesarios para establecer los plaguicidas que el laboratorio debe analizar.

Los parámetros fueron determinados bajo criterio experto de parte de personal del laboratorio; así como por las recomendaciones establecidas en las entrevistas realizadas. Son los siguientes:

- Utilización de la base de datos RASFF de la Unión Europea (UE).
- Determinar los plaguicidas utilizados en el país.
- Tendencias de consumo, así como área sembrada de productos vegetales en Costa Rica.
- Metabolización de los plaguicidas registrados más utilizados en los campos de Costa Rica.
- Histórico de las bases de datos de los análisis de plaguicidas del LRE.

La información recopilada mediante la ejecución de los parámetros indicados busca incluir nuevas moléculas que no se analizan actualmente en el laboratorio y que podrían estar presentes en los productos de consumo. Además de eliminar otras que no han sido detectadas según los datos históricos, lo que representa un ahorro económico para el laboratorio en la compra de estándares.

1.2. ANTECEDENTES

La implementación de un protocolo para la determinación de los plaguicidas por analizar es una actividad importante, debido a que permite la actualización de los análisis que debe efectuar un laboratorio rutinariamente. Tal como lo indican Tapia et al. (2015), un laboratorio moderno debe tener mayor capacidad de procesamiento y mayor diversidad de análisis, lo que permite optimizar la organización de este mejorando los tiempos de respuesta.

Es importante que los laboratorios actualicen regularmente su metodología de análisis innovando y mejorando sus tecnologías de cualificación; dado que la mayoría de estos están dirigidos a generar propuestas de solución, en aras de atender las necesidades de actores que generan valor público y aportan nuevos canales de participación y colaboración (Cerdas et al., 2017). Sin embargo, no es común que los laboratorios realicen publicaciones o artículos con la información sobre la manera en la cual han llevado a cabo estos estudios. Es normal que tengan un procedimiento o forma estandarizada para realizarlos, pero se acostumbra que se lleven de manera interna.

La búsqueda de información y antecedentes se llevó a cabo de forma exhaustiva, sin embargo, es poco lo investigado en torno a cómo se definen los marcos de acción para priorizar la cualificación de plaguicidas en matrices vegetales. Por lo que se optó por realizar entrevistas a expertos de otros países que

laboran para laboratorios o instituciones similares al LRE; se les consultó a cerca de cómo realizan la inclusión y exclusión de plaguicidas en su proceso de análisis.

Se entrevistó a Fernando Lafont Déniz, quien es director técnico del Laboratorio de Espectrometría de Masas y Cromatografía de la Universidad de Córdoba. En la entrevista, el señor Lafont indicó que la metodología seguida por los laboratorios de España, para la inclusión y exclusión de plaguicidas en su proceso de análisis, se fundamenta en los plaguicidas usados por zonas geográficas y cultivos. Para ello disponen de información procedente de cooperativas, agentes comerciales y distribuidores de productos fitosanitarios, que brindan una idea sobre qué es lo que se está aplicando de manera más usual.

Además, indicó que también se basan en los listados de plaguicidas que se publican cada año por DG SANTE (Dirección General de Salud y Seguridad Alimentaria); quienes anuncian un amplio listado de plaguicidas, donde aparecen indicados los que deben ser monitorizados en los diferentes planes de control plurianuales e inspecciones oficiales.

Adicional a esto, el experto señaló que, para la eliminación de moléculas, utilizan los históricos de plaguicidas detectados por los laboratorios. Donde cada año realizan una recopilación de los plaguicidas detectados y el porcentaje de positivos de estos. Con la información anterior, normalmente se suele cubrir un porcentaje elevado de los plaguicidas presentes en los productos objeto de análisis. Además, para la eliminación mantienen los agroquímicos prohibidos en los análisis multirresiduos, pues, aunque ya es muy raro detectarlos, su posible presencia implica siempre una alerta a nivel nacional o europeo que no se desea.

Por último, el señor Lafont menciona que los plaguicidas incluidos en los métodos de análisis deben contener todos los metabolitos con base en la definición de residuo establecida por la legislación (F. Lafont, comunicación personal, 31 de mayo de 2020).

Se realizó otra entrevista, al señor Mostafa Soliman; quien labora en el Laboratorio Central de Análisis de Residuos de Pesticidas y Metales Pesados en

alimentos en Guiza, Egipto. El experto indicó que, para ampliar el alcance con nuevos plaguicidas, se verifica el conjunto de datos del Laboratorio de Referencia Europea (EURL); ya que esta tiene información útil sobre si los compuestos se pueden extraer por el método multiresiduos o un método de residuo único (M. Soliman, comunicación personal, 4 de junio 2020).

También se entrevistó al señor Alejandro Rojas Leitón, quien se encontraba realizando una pasantía en Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA), Italia. En la entrevista, el señor Rojas indicó que en EFSA lo que realizan es una recopilación de los datos de cada país para hacer la estadística anual. De esta forma, existe un plan anual de monitoreo que es obligatorio para cada país y luego cada uno es quien toma la decisión de cuáles ingredientes activos adicionales analizar, según sus propios criterios (A. Rojas, comunicación personal, 2 de junio 2020).

En Colombia, el Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos (INVIMA) (2017) realizó un monitoreo dentro del Plan Nacional Subsectorial de Vigilancia y Control de Residuos de Plaguicidas y Metales en Alimentos de origen vegetal; en este, se analizó por metodología multiresiduos una serie de productos vegetales de producción nacional e importados entre el periodo 2014 y 2015, con el fin de hacer un seguimiento y evaluar el método mencionado. En este monitoreo, se aplicó una serie de criterios para la selección de los plaguicidas, dentro de los cuales se mencionan:

- Capacidad analítica del laboratorio
- Importancia en salud pública de los residuos de plaguicidas por monitorear
- Plaguicidas que no se comercializan en el país, pero que en países vecinos cuentan con registro de venta.
- Plaguicidas de diferente clasificación química, tales como organofosforados, piretroides, organoclorados, entre otros.

Finalmente, en Costa Rica, Morera (2016) realizó una propuesta de implementación de nuevas metodologías de análisis. El artículo comprende una revisión bibliográfica de los productos de mayor consumo a nivel nacional, así como su área de siembra, datos de importación y exportación de agroquímicos en Costa Rica; efectos en la salud humana y el medioambiente por el uso y consumo de plaguicidas.

En este estudio, se definieron algunos plaguicidas que el LRE debería analizar y que no estaban incluidos en sus análisis rutinarios en el tiempo del estudio. Entre ellos se encontraron: mancozeb, abamectina, permetrin, cartap, propineb, spiromesifen, benzoato de emamectina, captan y piraclostrobina (Morera, 2016).

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo general

Implementar un protocolo para la determinación de los plaguicidas a analizar por el Laboratorio de Análisis de Residuos de Agroquímicos del Servicio Fitosanitario del Estado.

1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar los plaguicidas utilizados en productos vegetales frescos no procesados por socios comerciales de Costa Rica, mediante la verificación de alertas que estos presenten en las bases de datos RASFF de la Unión Europea.

- Comparar los plaguicidas importados y los registrados por la Unidad de Registro del SFE, con los analizados por parte del LRE, para incluir las moléculas más destacadas en cuanto importación y uso en Costa Rica.
- Determinar los productos vegetales más importantes en Costa Rica en cuanto a consumo y área de cultivo mediante el estudio de informes nacionales, para incluir los plaguicidas registrados más relevantes en estos productos.
- Incluir, en la metodología de análisis del LRE, los metabolitos de los plaguicidas registrados más utilizados en los campos de Costa Rica, por medio del estudio de la definición de residuo del plaguicida.
- Depurar la lista de plaguicidas del LRE mediante la eliminación de moléculas no detectadas en los productos vegetales desde el año 2017.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. GENERALIDADES DE LOS PLAGUICIDAS

Los plaguicidas son un conjunto de productos utilizados para destruir, controlar o prevenir la acción de animales, vegetales o microorganismos perjudiciales para el hombre o las cosechas (Hernández, 2017). Están conformados por características que permiten asociarlos en dos grupos principales. El primer grupo se define por el uso que se les da, estos son: herbicidas, insecticidas, nematocidas, molusquicidas, fungicidas, entre otros. El otro grupo está determinado por la estructura química, estos se dividen en organoclorados, organofosforados, carbamatos, ácidos carboxílicos, piretroides, benzimidazoles, amidas, anilinas, los derivados de alquil, fenoles, amidas, compuestos inorgánicos, entre otros (Badii y Landeros, 2007).

Estos productos contienen dentro de su fórmula ingredientes activos e inertes. Los ingredientes activos son los químicos en un producto pesticida que actúan para controlar las plagas. Por su parte, los ingredientes inertes son productos químicos, compuestos y otras sustancias que ayudan al ingrediente activo a ser eficaz y extender su vida útil en muchos casos (EPA, 2020).

2.2. IMPORTANCIA DEL USO DE PLAGUICIDAS

El uso de plaguicidas químicos dentro de la agricultura se ha considerado una actividad indispensable para el manejo de plagas y enfermedades que se presenten en todo el cultivo y procesamiento (Curillo Dávila, 2015). En respuesta a la creciente demanda de alimentos, al incremento constante de la población y a la limitada área de terreno cultivable disponible, el uso de este tipo de agroquímicos ha permitido incrementar la producción de frutas, hortalizas, cereales, etc. y del mismo modo, mejorar la calidad de los productos que son comercializados a nivel mundial (Popp, 2013).

Sin embargo, los evidentes beneficios del uso de plaguicidas químicos no están exentos de amenazas. En la actualidad, se debate cuáles son los riesgos reales y dónde está el límite de lo que se puede considerar aceptable (Wolansky, 2011).

2.3. RIESGOS A LA SALUD HUMANA Y AL AMBIENTE POR EL USO DE PLAGUICIDAS

A pesar de las mejoras percibidas por el uso de los plaguicidas, si el empleo de estos no está estrictamente regulado, pueden producir graves efectos a la salud humana y al medioambiente (Mangas, 2016).

2.3.1. Riesgos a la salud humana

La toxicidad de un plaguicida viene dada por la capacidad para producir daño a un organismo vivo en relación con la cantidad o dosis de sustancia administrada o absorbida, la vía de administración y su distribución en el tiempo (dosis única o repetidas) (AE-TOX, 2020).

La presencia de plaguicidas y otras sustancias tóxicas de origen sintético utilizadas en labores agrícolas se ha asociado a múltiples problemas de salud como cáncer, esterilidad, deformaciones en fetos, alergias, intoxicaciones agudas y hasta la muerte (Araya, 2015). Por lo cual, tomando en cuenta este nivel de toxicidad, se han establecido los principales efectos en la salud debido a la exposición a plaguicidas. Dentro de estos efectos, se encuentran:

- a) La actividad alergénica: capacidad de desencadenar reacciones alérgicas con la exposición repetida a la sustancia (Morera, 2016).
- b) Toxicidad aguda o inmediata: el riesgo de una o múltiples exposiciones a un plaguicida durante un período relativamente corto de tiempo (Sotelo, 2018).
- c) Toxicidad crónica o a largo plazo: se refiere a los efectos tóxicos observados en los animales de experimentación luego de administrarles el plaguicida por períodos entre 6 meses y 2 años (UNA-IRET, 2018).
- d) Genotoxicidad: es la capacidad de causar daño al material genético (Camacho, 2018).
- e) Carcinogenicidad: se refiere a la capacidad de un agente de producir una neoplasia (cáncer) (Jiménez, 2016).

- f) Efectos reproductivos: es el conjunto de efectos relacionados con la capacidad reproductiva. Pueden producirse por exposición durante el período periconcepcional y la gestación (UNA-IRET, 2018).
- g) Disrupción endocrina: son compuestos que alteran el funcionamiento normal del sistema nervioso, inmunológico y cardiovascular (Marí, 2019).

2.3.2. Riesgos al ambiente

Un porcentaje de los plaguicidas que se utilizan se moviliza de acuerdo con sus características fisicoquímicas y factores ambientales por procesos de volatilización, escorrentía e infiltración, por lo que contaminan aire, suelos y aguas superficiales o subterráneas. Otro porcentaje de los plaguicidas puede depositarse en membranas vegetales (Bravo et al., 2013).

En el primer caso, el pesticida aplicado en un sitio puede pasar a la atmósfera por evaporación o permanecer en el suelo. En el segundo caso, varios procesos determinan su destino final, entre otros, su retención por sedimentos o por partículas suspendidas en el agua, fenómeno denominado adsorción; su ingreso en el metabolismo de las plantas; su degradación por microorganismos o biodegradación; y su arrastre por agua o lixiviación, que puede causar la contaminación de aguas superficiales o profundas (Martínez, 2011).

La contaminación de alimentos se puede presentar por la aplicación directa a estos, por acumulación de plaguicidas en las cadenas tróficas, así como a través del manejo, transporte y almacenamiento de los productos comestibles (Badii y Landeros 2015). Para comprender más a fondo el destino ambiental de un plaguicida, entendiéndose este destino como el lugar donde va a parar una sustancia química después de ser liberada al ambiente; se presentan los distintos parámetros ambientales:

- a) Solubilidad en agua: la solubilidad indica la máxima cantidad de plaguicida disuelto en un litro de agua a 25 °C. Plaguicidas muy solubles en agua pueden presentar potencial de lixiviación y contaminar el agua subterránea (Torri, 2016).
- b) Persistencia en el suelo y en agua/sedimento: medida en términos de vida-mitad (tiempo necesario para que la concentración ambiental disminuya un 50 %). Los plaguicidas modernos suelen tener vidas-mitades breves, que reflejan el período durante el cual la plaga debe ser controlada (Ongley, 2018).
- c) Transporte o movilidad en el suelo: el transporte de los plaguicidas en el suelo se da desde las capas superiores a través del proceso de lixiviación y percolación del agua (UNA-IRET, 2018).
- d) Volatilidad: la volatilidad representa la tendencia del plaguicida de pasar a la fase gaseosa a una presión y temperatura determinadas (Torri, 2016).

2.4. ANÁLISIS DE RESIDUOS DE PLAGUICIDAS

Un residuo de plaguicida es cualquier sustancia especificada presente en alimentos, productos agrícolas o alimentos para animales como consecuencia del uso de un plaguicida. El término incluye cualquier derivado de un plaguicida, tales como productos de conversión, metabolitos y productos de reacción, así como las impurezas consideradas de importancia toxicológica (FAO, 2009).

Es entendible que los consumidores prefieran alimentos libres de residuos de plaguicidas; no obstante, estos se han convertido en componentes integrales del manejo de plagas. Parte de la solución es el compromiso por parte de quienes aplican estos químicos a los alimentos en no utilizar más plaguicida que el necesario

para ser eficaz y que los residuos que permanezcan en los alimentos no sean perjudiciales para la salud humana.

El uso de las Buenas Prácticas Agrícolas (BPA), para la aplicación correcta de los plaguicidas, su nivel y la concentración más elevada de uso autorizado, es fundamental para que estos cumplan con las regulaciones establecidas hoy en día. Así mismo, con el fin de garantizar la seguridad en el consumo de alimentos y facilitar la comercialización, organismos internacionales han establecido Límites Máximos de Residuos (LMR) de plaguicidas en alimentos (Huérfano, 2018); los cuales son la concentración máxima de residuos de plaguicidas expresada en miligramo kilogramo (mg/kg), cuyo uso se permite legalmente, en la superficie o la parte interna de los productos de alimentación para consumo humano y de animales (CODEX, 2018).

En Costa Rica, el laboratorio oficial para el análisis de residuos de plaguicidas es el LRE; el cual cuenta con ensayos acreditados bajo la Norma INTE-ISO/IEC 17025:2017 requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y de calibración. Además, realiza análisis de residuos de plaguicidas en vegetales frescos, frutas y granos que se consumen y comercializan en el país, sean de producción nacional o extranjera. Así mismo, se analizan residuos de plaguicidas en muestras de suelo y agua de uso agrícola (SFE, 2018c).

En el LRE se determinan más de 230 analitos (plaguicidas y metabolitos) en muestras de frutas, vegetales y granos, según los lineamientos establecidos en el CODEX Alimentarius. En muestras de agua se determinan más de 90 analitos y en muestras de suelo más de 160 (SFE, 2020).

Para el análisis de las muestras de vegetales, frutas, granos y suelo, se utiliza el método de referencia AOAC Official Method 2007.01 *Pesticide Residues in Foods by Acetonitrile Extraction and Partitioning with Magnesium Sulfate*. En el caso de las muestras de agua, se utiliza el método de referencia de EPA (por sus siglas en inglés, Environmental Protection Agency) *Method 525.3 determination of semivolatile*

organic chemicals in drinking water by solid phase extraction and capillary column Gas Chromatography/ Mass Spectrometry (GC/MS) (SFE, 2020).

La extracción de los analitos en muestras vegetales se lleva a cabo utilizando la metodología de QuEChERS, y para la determinación de los plaguicidas, se utilizan cromatógrafos líquidos y de gases con detector de espectrometría de masas-masas. El método QuEChERS es un método de análisis multirresidual para la extracción de plaguicidas, cuyas iniciales en inglés significan; *Quick* (Rápido), *Easy* (Fácil), *Cheap* (Barato), *Effective* (Efectivo), *Rugged* (Robusto) y *Safe* (Seguro) (Perestrelo, 2019).

El LRE trabaja bajo las Buenas Prácticas de Laboratorio (BPL) y cumpliendo con la norma ISO-INTE/IEC 17025:2017 y la Guía SANTE/11813/2017 *Analytical quality control and validation procedures for pesticide residues analysis in food and feed* (SFE, 2020).

2.5. PARÁMETROS DEL INSTRUMENTO PARA DEFINIR LOS PLAGUICIDAS QUE DEBERÍA ANALIZAR EL LRE

2.5.1. Base de datos RASFF (Alertas Sanitarias en Alimentos, por sus siglas en inglés) de la Comunidad Europea

RASFF (Rapid Alert System for Food and Feed, por sus siglas en inglés; Sistema de Alertas Rápidas de los Alimentos y Piensos), creado en 1979, es el sistema que utiliza la Unión Europea (UE) para compartir información de manera eficiente entre sus miembros. Gracias a RASFF, muchos riesgos de seguridad alimentaria se han evitado antes de que pudieran haber sido perjudiciales para los consumidores europeos (European Commission 2020; EFSA 2020).

Las bases de datos de RASFF proporcionan información en forma de notificaciones, donde se indican los envíos de productos específicos desde países exportadores que no cumplen con los requerimientos de seguridad (Taghouti, 2016). La Comisión transmite inmediatamente esta información a los miembros de la red (European Commission, 2019).

Según la gravedad de los riesgos identificados y la distribución del producto en el mercado, la notificación RASFF se clasifica después de la verificación por el punto de contacto de la comisión como alerta, información o notificación de rechazo de fronteras; donde el punto de contacto lo transmite a todos los miembros de la red (Fürst, 2019).

En el caso de una notificación de alerta, esta implica que un alimento presenta un riesgo crucial para la salud humana y que, por tanto, se requiere tomar acciones y medidas rápidas en el mercado de la UE. El miembro de RASFF que detectó el problema es el que debe tomar las acciones relevantes que activen la alerta. Por su parte, el propósito de esta notificación es darle a conocer a todos los miembros de RASFF la información para que ese confirme si el producto está en su mercado y así se tomen las medidas necesarias. Se emite una notificación de alerta y la acción por tomar es retirar el producto del mercado (Barahona, 2019).

Las notificaciones de información son enviadas cuando la presencia de alimentos o piensos en el mercado no significa un grave riesgo para la salud de las personas, animales o ecosistema en general. Por ello, no se requiere de una acción rápida, debido a que el riesgo no se considera grave o el producto no está en el mercado en el momento de la notificación (Rozas, 2016).

En el caso de las notificaciones por rechazo de fronteras, se refiere a un alimento que ha sido rechazado en las fronteras exteriores de la UE, debido a que se encontró un riesgo para la salud humana en los bordes externos de la UE. Las notificaciones se envían a todas las fronteras del Área Económica Europea para reforzar el control y asegurarse de que el producto no entre al mercado a través de otra frontera (Barahona, 2019).

La Base de Datos RASFF puede ser utilizada por otros países para conocer las alertas que presentan o han presentado sus socios comerciales respecto a los plaguicidas que están utilizando.

2.5.2. Importación, exportación y registro de plaguicidas en Costa Rica

Costa Rica es considerado uno de los países centroamericanos que más plaguicidas importa y utiliza. Según la FAO, en el 2016 en el territorio nacional se utilizaron 12,8 millones de toneladas de estas sustancias (FAO 2014); si se compara con el uso de los países centroamericanos, se tiene que este valor únicamente fue superado por Guatemala que, en ese mismo año, consumió 20,5 millones de toneladas (Chacón 2019).

Según se estima, en el período 2008-2016, la importación de estas sustancias fue, en promedio, de 8.863.636 kilogramos de ingrediente activo (kg.i.a). Mientras que su uso se mantuvo en una media de 9.706.005 kg.i.a (SFE, 2017). Cabe mencionar que Costa Rica no utiliza la totalidad de plaguicidas que importa o formula; el país también exporta agroquímicos, por lo que considerar que lo importado y formulado es lo aplicado en los campos es incorrecto (Alpízar, 2017).

En los últimos 5 años, Costa Rica ha exportado un promedio anual de 88 millones de dólares estadounidense en plaguicidas, dentro de los cuales la categoría de funguicidas lidera (44%); seguido de herbicidas (38%) e insecticidas (12%). Los principales países destino para las exportaciones de plaguicidas en 2016 son: Nicaragua, Guatemala y Panamá con una participación del 19% cada uno; Honduras (15%), El Salvador (7%) y República Dominicana con un 5% (Alpízar, 2017).

Según el Servicio Fitosanitario del Estado, se estima que el uso de plaguicidas en el país ha disminuido desde el 2010, pasó de 13,9 Kg/Hectárea a 9,6 en el 2016 (SFE, 2017).

La Unidad de Registro del SFE cuenta con un sistema de estadísticos de importaciones y exportaciones de plaguicidas llamado SICOIN, donde se puede realizar la consulta por cada molécula; incluso la marca comercial y la presentación del plaguicida consultado.

En el caso del registro de plaguicidas, la Unidad de Registro del SFE se encarga de liderar la Ventanilla Única de Registro de Agroquímicos. En esta unidad se reciben las solicitudes de registro que deben ser analizadas por el SFE, Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), Ministerio de Salud y el de Ambiente. Una vez que las empresas presentan toda la documentación solicitada según la normativa nacional vigente, los tres ministerios proceden a realizar el análisis de la información. Y si la solicitud cumple con lo establecido, en la normativa vigente, se procede al registro (SFE, 2018b).

De acuerdo con la Unidad de Registro del SFE, el uso de insumos químicos en Costa Rica debe contar con el trámite que esta unidad otorga, esto se establece en el marco regulatorio por medio del nuevo Reglamento Técnico: *RTCR 484:2016. Insumos Agrícolas. Plaguicidas Sintéticos Formulados, Ingrediente Activo Grado Técnico Coadyuvantes y Sustancias Afines de Uso Agrícola. Registro, Uso y Control* (Poder Ejecutivo, 2016). Este reglamento tiene dentro de sus objetivos mejorar el registro de este tipo de sustancias, en aras de la competitividad del sector agropecuario, velando, a la vez, por el resguardo de la salud humana, el ambiente y la sanidad vegetal (Presidencia, 2017).

La Unidad de Registro del SFE posee los datos de los plaguicidas registrados en el país, para esto utiliza el sistema Insumosys; el cual es un sistema de consulta en línea de los productos agroquímicos registrados, autorizados según cultivo, ingrediente activo y otras variables (Insumosys, 2020).

2.5.3. Tendencia de consumo y área sembrada de productos vegetales frescos no procesados en Costa Rica

La consulta por tendencia de consumo alimenticio es una práctica realizada mundialmente a la hora de tomar decisiones en materia de contaminación por residuos de plaguicidas en alimentos frescos (FAO/OMS, 2013). Las tendencias de consumo brindan información muy importante, ya que de ellas se puede conocer lo que realmente está llegando a las mesas de los consumidores. En el caso de Costa Rica, estas se pueden verificar en el informe de estudio de tendencias de consumo del Programa Integral de Mercadeo Agropecuario (PIMA); donde por medio de encuestas, se sabe que, para el 2016, por ejemplo, se consultaron un total de 2400 hogares, donde se obtuvo la información de 1386 hogares con un margen de error estimado de 2.63%. A su vez, se realizó la consulta a niños, y se obtiene un total de 2748 con el propósito de correlacionar sus gustos y preferencias (PIMA, 2016).

Por otro lado, el boletín N.º 30 de la Secretaría Ejecutiva de Planificación Sectorial Agropecuaria (SEPSA) ofrece información sobre el área sembrada de productos vegetales frescos no procesados. Incluye únicamente datos estadísticos del área y producción oficializada por las diferentes fuentes especializadas según la actividad productiva, como son: Corporación Arrocera Nacional (arroz), Corporación Bananera Nacional (banano), Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar (caña de azúcar), Instituto del Café (café), Consejo Nacional de Producción (CNP) para los cultivos maíz y frijol, la Cámara Nacional de Productores y Exportadores de Piña (piña), Servicio Fitosanitario del Estado (melón y sandía), Oficina Nacional de Semillas (semillas), Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) y CNP papa y cebolla, así como de los Coordinadores Nacionales de las actividades caprina, palma aceitera, naranja y apícola (SEPSA, 2021).

Esta información es muy valiosa para el conocimiento de los plaguicidas que puedan estar presentes en los alimentos de mayor consumo; así como en los productos de mayor área de siembra en el país.

2.5.4. Degradación de plaguicidas (metabolitos) y plaguicidas prohibidos

El LRE analiza residuos de plaguicidas en vegetales frescos no procesados con el objetivo de que se cumpla el Decreto Ejecutivo 35301-MAG-MEIC-S RTCR 424-2008: Reglamento técnico de Límites Máximos de Residuos (LMR) de plaguicidas en vegetales (Poder Ejecutivo, 2009). Los LMR se basan en datos de Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) y tienen por objetivo lograr que los alimentos derivados de productos básicos ajustados a los respectivos LMR sean toxicológicamente aceptables (CODEX, 2018).

Por su parte, un residuo de plaguicida es el resto de estos y de los productos tóxicos de su metabolización o degradación que se presenten en o sobre los alimentos o el ambiente (Cantín et al., 2016). Cuando un plaguicida es liberado en el medioambiente, interacciona con los componentes bióticos y abióticos de este, sufriendo transformaciones en su estructura, capaces de modificar profundamente sus características fisicoquímicas (Segura, A. 2017).

Una vez que un plaguicida ha sido liberado en el medioambiente, este puede ser descompuesto por exposición a la luz solar, exposición al agua, exposición a otras sustancias químicas, actividad microbiana o plantas o animales (NPIC, 2019). Estas transformaciones dan lugar a una degradación del plaguicida, lo cual, a su vez, podría generar nuevos plaguicidas que no necesariamente han de ser menos tóxicos que el plaguicida original. A estos plaguicidas se les conoce como metabolitos.

En algunos casos, inclusive, un plaguicida puede metabolizar en plaguicidas prohibidos. Los plaguicidas prohibidos no deben ser utilizados o tienen alguna restricción de uso debido a la formulación o restricciones bajo recetas específicas dadas por algún profesional (Rojas, 2016).

El mecanismo establecido en Costa Rica para fijar una prohibición o restricción es la publicación por parte de los Ministerios competentes en decretos ejecutivos, que pueden ser reglamentos amplios o normas específicas que implementen o eliminen la restricción a la que se refieren. Estos decretos normalmente, antes de publicarse, se someten a un análisis amplio de las partes involucradas, pero también hay casos en los que la prohibición o restricción se decreta por la autoridad competente, sin mayor proceso de discusión, debido a la existencia de problemas comprobados que afectan la salud humana o el ambiente (Rojas, 2016).

Dentro de los motivos por los cuales se han prohibido plaguicidas en el país, está su toxicidad; la cual es la capacidad inherente de una sustancia química de producir efectos adversos en los organismos vivos (Morera, 2016). A modo de ejemplo, se menciona el plaguicida carbofurán; el cual fue prohibido en Costa Rica debido a estudios ecotoxicológicos que demostraron que este plaguicida es altamente tóxico para insectos que no son objetivo de su aplicación, altamente tóxico para mamíferos, aves, peces e invertebrados de agua dulce, estuarinos y marinos. Además, el carbofurán es persistente en suelo y agua, presentando alta movilidad en el suelo, por lo que se puede filtrar a aguas subterráneas o llegar a aguas superficiales por escorrentía y genera productos de degradación que se consideran toxicológicamente relevantes, por lo que su utilización constituye un riesgo potencial para el ambiente (Poder Ejecutivo, 2014).

Otro ejemplo es el insecticida 1,1,1-tricloro-2,2'bis(p-clorofenil) etano o mejor conocido como DDT, el cual se encuentra prohibido o restringido en 176 países signatarios del Convenio de Estocolmo; está prohibido en Costa Rica desde el año 1999 (Poder Ejecutivo, 1998). Al ser un compuesto orgánico persistente, el DDT puede permanecer en el suelo hasta 30 años y ser detectado en los cultivos después de la cosecha (Velasco, 2017).

Es importante que los plaguicidas prohibidos sean analizados por el LRE, al igual que los plaguicidas que se degradan o provienen de la degradación de otra molécula.

2.5.5. Bases de datos históricas de resultados de análisis del LRE

La toma de decisiones acertadas en las organizaciones se fundamenta en informaciones almacenadas que cumplan las características de estar estandarizadas, actualizadas y con disponibilidad inmediata para los usuarios (Capacho, 2017). Para poder administrar los datos, se requieren sistemas de administración de Bases de Datos (Cid, 2020); por ello, el LRE mantiene bases de datos con los resultados históricos de análisis de residuos de plaguicidas en vegetales frescos nacionales y de importación. El histórico de datos recopilados en el LRE va desde el año 2017 hasta el 2020.

El LRE analizaba alrededor de 194 plaguicidas en su metodología de análisis hasta los años 2019 y 2020, cantidad que poco había variado desde el año 2017. Sin embargo, en el 2021, se incrementó esta cantidad hasta los 231 plaguicidas.

La implementación del protocolo contempla un estudio del histórico de datos con los que se trabaja en el LRE, recopilando información año a año sobre los residuos de plaguicidas detectados en los vegetales frescos, con el fin de compararlos con los que actualmente el LRE analiza, para tomar decisiones acerca de cuáles moléculas eliminar, debido a que no han sido detectadas en el histórico de resultados del laboratorio.

La eliminación de moléculas que no están siendo detectadas es una forma de optimizar el proceso de análisis que realiza el LRE; ya que, al suprimir un plaguicida, los tiempos de análisis se ven disminuidos y la carga laboral también. Esto sin mencionar otro factor importante como es la reducción del costo de los estándares analíticos que no vayan a ser utilizados.

Para llevar a cabo la eliminación de moléculas, se debe considerar, además de lo mencionado, el hecho de que estas no sean plaguicidas prohibidos por decreto ejecutivo para su venta, uso o distribución. Otro factor por considerar es si la molécula que se desee eliminar puede metabolizar en otras que sí registren datos o que sean prohibidas.

3. MARCO METODOLÓGICO

A continuación, se presenta la metodología utilizada para la determinación de los plaguicidas por analizar en el LRE. Esta se dividió en cinco parámetros, los cuales se detallan en la figura 1.

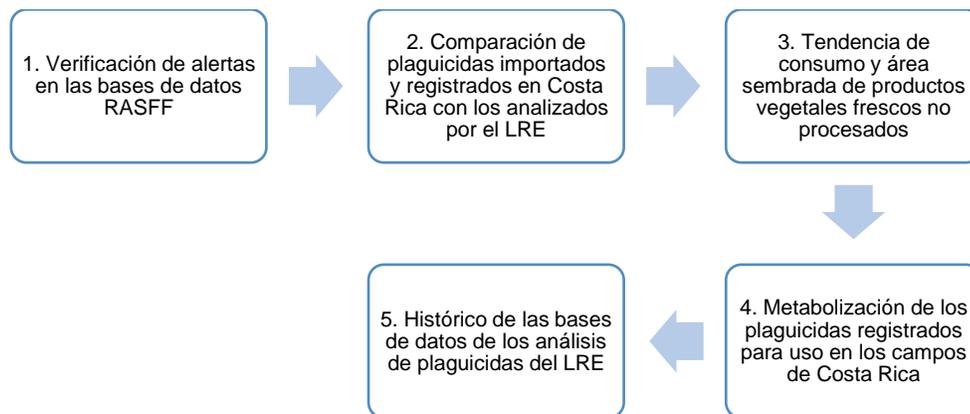


Figura 1. Parámetros por evaluar para establecer los plaguicidas recomendados que el LRE debe analizar en su metodología de análisis. Fuente: elaboración propia.

3.1. VERIFICACIÓN DE ALERTAS EN LAS BASES DE DATOS RASFF

Las bases de datos RASFF brindan información en forma de notificaciones, las cuales detallan los vegetales frescos no procesados que infringieron la reglamentación de uso de plaguicida del país destino de la importación, la fecha del caso reportado, la clasificación de la notificación, el país notificador y el plaguicida detectado con su concentración. Esta información se utilizó para determinar los rechazos o notificaciones de socios comerciales del país y este mismo, así como los plaguicidas que están manipulando.

Para ello, se hizo una revisión de las bases de datos RASFF del año 2020 al 2021, ya que la Comisión Europea eliminó los datos anteriores al 2020 durante el año 2021. Se revisó si estos plaguicidas reportados son analizados por el LRE, donde, en caso de no estar incluidos en su metodología de análisis del laboratorio, será información valiosa para incorporarlos; dado que lo más probable es que los vegetales frescos no procesados que estos países exporten a Costa Rica también tengan la presencia de los plaguicidas notificados por las bases de datos de RASFF, o bien, que los productos vegetales rechazados por el mercado europeo puedan ser reexportado a países como Costa Rica.

Para conocer los productos vegetales que distribuyen los socios comerciales del país, se consultaron los informes de entes oficiales en la materia como los siguientes:

- La Secretaría Ejecutiva de Planificación Sectorial Agropecuaria (SEPSA) publica los Boletines Estadísticos Agropecuarios. El boletín más actualizado es el del año 2021, este posee información relevante de la actividad agropecuaria costarricense y estadísticas del sector agropecuario, como los productos vegetales mayormente importados a Costa Rica y su país de procedencia (SEPSA, 2021).
- El SFE cuenta con una base de datos llamada MORI (Sistema de Monitoreo de Importaciones), en la cual se indican los productos vegetales importados y analizados por el LRE con el objetivo de dar

cumplimiento o no a la reglamentación en LMR nacional y su país de procedencia.

Con esta información y la obtenida por la base de datos RASFF, se adquirieron las alertas que tienen los socios comerciales en los productos vegetales no procesados que exportan. Información para determinar si los plaguicidas reportados son analizados por el LRE; en caso de no hacerlo, proponer su inclusión en los análisis de este.

3.2. COMPARACIÓN DE PLAGUICIDAS IMPORTADOS Y REGISTRADOS EN COSTA RICA CON LOS ANALIZADOS POR EL LRE

La importación de plaguicidas en el país es un tema por considerar para la actualización de los analitos que deben ser analizados por el LRE. Los datos de estas importaciones son llevadas por la Unidad de Registro del SFE, la cual cuenta con un sistema de estadísticos de importaciones y exportaciones de plaguicidas llamado SICOIN.

Se revisó la información que brinda este sistema para los años 2019 y 2020; los datos obtenidos fueron utilizados para determinar los plaguicidas más importados por el país, así como los más exportados. Teniendo la información indicada, se determinaron los plaguicidas que mayormente están siendo utilizados por los productores costarricenses.

De igual manera, se hizo una revisión de los plaguicidas registrados en el país. La información de estos datos es llevada por la misma Unidad de Registro del SFE, que utiliza un sistema llamado Insumosys; el cual es un sistema de consulta en línea de los productos agroquímicos registrados, autorizados según cultivo o ingrediente activo.

Información utilizada para comparar los plaguicidas importados y los registrados en Costa Rica con los que analiza el LRE y así incluir en su metodología

los de mayor relevancia; ya que, si son importados y registrados, significa que están siendo utilizados en los campos de cultivo, con la problemática de que el laboratorio no los estaría monitoreando.

3.3. TENDENCIAS DE CONSUMO DE VEGETALES FRESCOS POR PARTE DE LA POBLACIÓN NACIONAL, ASÍ COMO DEL ÁREA SEMBRADA DE ESTOS PRODUCTOS EN EL TERRITORIO NACIONAL

Las tendencias de consumo se utilizaron para establecer los vegetales frescos no procesados más consumidos en el país. Estas se verificaron en el informe de estudio de tendencias de consumo del Programa Integral de Mercadeo Agropecuario (PIMA) del año 2016 y del informe de SEPSA del 2018.

Recopilar esta información permite identificar los hábitos alimenticios de los núcleos familiares de Costa Rica. Con la utilización del sistema Insumosys, se obtienen los plaguicidas registrados para uso en estos productos vegetales; investigación importante para incluir las moléculas que no estén siendo analizadas por el LRE.

En el caso del área sembrada de los cultivos vegetales, se utilizó el boletín N.º 30 de SEPSA (SEPSA, 2021), el cual brinda la información del área sembrada de productos vegetales frescos no procesados. Datos que indican los productos de mayor siembra en el país; con esta información y con ayuda del sistema Insumosys, se determinaron los plaguicidas registrados para aplicar en estos cultivos. En caso de no estar siendo analizados por el laboratorio, proponer la inclusión de estos en su metodología de análisis.

Con la información obtenida hasta este punto, se diseñó un Diagrama de Pareto para obtener los plaguicidas prioritarios por recomendar que se incluyan en el alcance del LRE.

3.4. METABOLIZACIÓN DE LOS PLAGUICIDAS REGISTRADOS MÁS UTILIZADOS EN LOS CAMPOS DE COSTA RICA, POR MEDIO DEL ESTUDIO DE LA DEFINICIÓN DE RESIDUO DEL PLAGUICIDA

La metabolización de los plaguicidas implica la descomposición de estos en nuevas moléculas. Por lo que es importante conocer cuáles plaguicidas generan metabolitos al entrar en contacto con el vegetal al cual ha sido aplicado y cuáles son los metabolitos generados por la descomposición de la molécula de origen.

Se realiza una investigación de los agroquímicos registrados más utilizados en el país para determinar si estos se descomponen en nuevas moléculas, o bien si estos provienen de la metabolización de una molécula de origen. Para la investigación se utilizó la definición de residuo del plaguicida brindado en las bases de datos de la UE, CODEX y EPA, las cuales indican el plaguicida y sus metabolitos.

Con la información obtenida, se revisó si los plaguicidas investigados y sus metabolitos son analizados por el LRE; en caso contrario, se propondrá la inclusión de estos en su metodología de análisis.

3.5. HISTÓRICO DE LAS BASES DE DATOS DE LOS ANÁLISIS DE PLAGUICIDAS DEL LRE

El laboratorio mantiene una base de datos de los análisis realizados a los productos vegetales frescos no procesados de importación y de origen nacional. Estas bases de datos serán utilizadas para analizar desde el año 2017 (que es el año donde se implementó la mayor cantidad de plaguicidas en el laboratorio) al 2021, los plaguicidas detectados y los no detectados en las matrices vegetales analizadas. Con esta información se realiza la propuesta de eliminación de

plaguicidas que no son detectados y así optimizar la metodología de análisis del LRE.

Para llevar a cabo la propuesta de eliminación de moléculas, se considera que no sean plaguicidas prohibidos por decreto ejecutivo para su venta, uso o distribución en el país. Otro factor por considerar es si la molécula que se desee eliminar puede metabolizar en otras que sí registren datos o que sean prohibidas. Por lo que se debe realizar un estudio minucioso desde el momento en que se manifieste un plaguicida que no está siendo detectado en los análisis, para proponer su eliminación.

4. RESULTADOS

4.1. VERIFICACIÓN DE ALERTAS EN LAS BASES DE DATOS RASFF

Para hacer uso de las bases de datos RASFF, primero se determinaron los principales productos que importa el país y su procedencia. Se utilizó el boletín número 30 de SEPSA (SEPSA 2021) para así conocer los productos de mayor importación en el 2020 en Costa Rica. Los datos obtenidos vienen expresados en miles de dólares como se muestra en el cuadro 1.

Cuadro 1. Valor de los principales productos importados por Costa Rica en el año 2020 en miles de dólares y su porcentaje de participación

Producto vegetal	Valor (miles de dólares)	Porcentaje de participación
Maíz amarillo	181.094	23,7
Soya	120.311	15,8

Arroz	87.709	11,5
Trigo	72.223	9,5
Frijol	52.511	6,9
Manzanas	19.507	2,6
Café oro	17.809	2,3
Naranjas	14.821	1,9
Uvas	14.243	1,9
Aguacate	12.073	1,6

Fuente: SEPSA 2021.

En el caso de los países que más importan productos a Costa Rica, en el boletín de SEPSA (SEPSA, 2021), se presenta una lista del valor (en miles de dólares) de las importaciones agrícolas del año 2020 según el país de origen; de esta se tomaron los diez países principales para realizar el estudio de las bases de datos de RASFF. Estos países se presentan en el cuadro 2.

Cuadro 2. Valor de las importaciones agropecuarias según el país de origen y su porcentaje de participación

País	Valor (miles de dólares)	Porcentaje de participación
Estado Unidos	947.734	36,6
México	164.252	6,3
Nicaragua	119.139	4,6

Guatemala	114.037	4,4
Canadá	101.048	3,9
China	97.841	3,8
Chile	84.408	3,3
Brasil	80.161	3,1
España	57.152	2,2
Colombia	54.999	2,1

Fuente: SEPSA 2021.

En el cuadro 2, se encuentran los diez países de mayor valor económico en cuanto a las importaciones de vegetales que realizó Costa Rica en el 2020, los cuales se utilizaron para realizar el estudio en las bases de datos de RASFF, y se obtiene la información mostrada en el cuadro 3.

Cuadro 3. Resultados de alertas sanitarias por presencia de plaguicidas en vegetales mediante el portal de bases de datos RASFF

País de origen	Fecha	Producto o vegetal	Plaguicida utilizado	País que alerta	Concentración medida (mg/kg)	Concentración permitida (mg/kg)
Estados Unidos	jul-21	Extracto de jengibre	Óxido de etileno	Dinamarca	99,2	NA
China	oct-21	Peras	Clorpirifós	Bélgica	0,012	0,01
	sep-21	Peras	Clorpirifós	Finlandia	0,09	0,01
	sep-21	Hongos	Tetrametrina	Alemania	0,35	NA
	sep-21	Fresas	Iprodiona y Procimidona	Polonia	0,031 / 0,16	0,01

	jun-21	Peras	Clorpirifos etilo	Países Bajos	0,022	0,01
	abr-21	Peras	Clorpirifós	Dinamarca	0,023	0,01
	mar-21	Peras	Clorpirifos	Países Bajos	0,023	0,01
	feb-21	Pomelo	Clorpirifos / Procloraz	Alemania	0,029 / 0,11	0,01 / 0,03
	ene-21	Pomelo	Clorpirifos-etilo	Países Bajos	0,029	0,01
	ene-21	Ají	Clorpirifos	Bélgica	0,031	0,01
	ene-21	Pomelo	Clorpirifos	Dinamarca	0,064	0,01
	jun-20	Papas	Carbendazina / Clorpirifos / Procloraz / Tiofanato - metilo	Países Bajos	1,6 / 0,13 / 0,97 / 0,42	0,1 / 0,01 / 0,05 / 0,1
	may-20	Peras	Clorpirifos-etilo	Países Bajos	0,087	0,01
	mar-20	Baya de goji	Hexaconazol / Carbofuran	Italia	NA	NA
	feb-20	Pomelo	Clorpirifos	Dinamarca	0,021	0,01
	feb-20	Peras	Clorpirifos	Alemania	0,075	0,01
Chile	oct-20	Pasas negras	Iprodiona	Alemania	0,64	0,01
Brasil	nov-21	Mangos	Formetanato	Bélgica	0,074	0,01
	jul-21	Limas	Clorpirifos-etilo	Países Bajos	0,029	0,01
	jun-21	Carambola	Metomilo	Países Bajos	0,15	0,01
	abr-21	Limas	Clorpirifós	Países Bajos	0,17	0,01
España	oct-21	Garbanzos	Clorpirifos-metilo	Bélgica	0,046	0,01
	feb-21	Brócoli	Fluazifop-P	Alemania	0,061	0,01
	feb-21	Naranjas	Clorpirifos-metilo	Alemania	0,35	0,01
	ago-21	Fresas	Fonicamid	Polonia	1,7	0,03
	ene-20	Col rizada	Acetamiprid / Deltametrina	Países Bajos	1,5 / 0,88	0,01 / 0,15
Colombia	may-20	Pitahaya	Procloraz / Deltametrina	Países Bajos	2,6 / 0,011	0,05 / 0,01

Fuente: RASFF 2021.

Para los países México, Nicaragua, Guatemala y Canadá, no se encontraron alertas sanitarias en el periodo de estudio; tampoco para Costa Rica.

4.2. COMPARACIÓN DE PLAGUICIDAS IMPORTADOS Y REGISTRADOS EN COSTA RICA CON LOS ANALIZADOS POR EL LRE

Para determinar la cantidad de plaguicidas importados y exportados por el país, se realizó una recolección de datos mediante el uso del sistema de estadísticas de importación de agroquímicos SICOIN (SICOIN, 2021). En el cuadro 4, se observa la cantidad de ingrediente activo importado y exportado por el país durante los años 2019 y 2020. En el 2020, se presentó un pequeño aumento en la importación y exportación de los plaguicidas.

Cuadro 4. Estimación de ingrediente activo importado y exportado por Costa Rica en los años 2019 y 2020 en kilogramos.

	Año 2019 (kg)	Año 2020 (kg)
Importación de ingrediente activo	18.091.453	20.982.251
Exportación de ingrediente activo	6.225.436	9.051.080

Fuente: SICOIN 2021.

En el cuadro 5, se muestran los diez ingredientes activos con mayor uso aparente en kilogramos en Costa Rica durante los años 2019 y 2020. La lista completa se puede observar en el Anexo II.

Cuadro 5. Uso aparente en kilogramos de los diez ingredientes activos con mayor cantidad para formulación de plaguicidas en los años 2019 y 2020.

Ingrediente activo	Uso aparente 2019 (kg)	Ingrediente activo	Uso aparente 2020 (kg)
Mancozeb	7 221 637,62	Mancozeb	5 235 179,13
Clorotalonil	1 039 656,52	Glifosato	1 028 184,14
2,4-D	564 912,80	Diazinón	838 065,27
Diazinón	540 544,60	Clorotalonil	599154,31
Etoprofós	368 782,74	Diurón	350 993,95
Glifosato	296 556,13	Paraquat	337 296,40
Terbufós	248 523,47	Ametrina	281 116,09
Cadusafós	174 936,00	Etoprofós	237 053,59
Fenpropimorf	174 767,12	Propineb	199 568,50
Oxamil	171 181,24	2,4-D	197 761,38

Fuente: SICOIN 2021.

En el cuadro 5, se muestra que el mancozeb es el de mayor uso en ambos años, y en el Anexo III se muestra la lista de los plaguicidas que analizó el LRE en el 2021, la cual está compuesta por 231 moléculas. Con la información anterior, se compara la lista de uso aparente de los años 2019 y 2020 con las moléculas que analiza el laboratorio; donde se encontró 112 plaguicidas que no son analizados por el laboratorio actualmente y están dentro de lo importado y de uso aparente en el país.

En el cuadro 6, se presentan los diez ingredientes activos ordenados de mayor a menor cantidad de kilogramos de uso aparente en el país en los años 2019

y 2020, y que el LRE no analiza. En el Anexo IV, se muestra la lista completa de los 112 plaguicidas.

Cuadro 6. Uso aparente en kilogramos de los diez principales ingredientes activos importados a Costa Rica que no están siendo analizados por el LRE

Año 2019		Año 2020	
Ingrediente activo	Kilogramos	Ingrediente activo	Kilogramos
Mancozeb	7 221 637,62	Mancozeb	5 235 179,13
2,4-D	564 912,80	Glifosato	1 028 184,14
Glifosato	296 556,13	Paraquat	337 296,40
Fosetil-Al	152 571,43	Propineb	199 568,50
Metam Sodio	129 450,24	2,4-D	197 761,38
Dicloropropeno	74 644,75	Metam Sodio	92 040,22
Propineb	69 755,50	Etefón	86 921,82
Estreptomicina	60 104,60	Glufosinato de Amonio	85 201,76
Bentazon	49 318,40	Fosetil-Al	63 077,55
Glufosinato de Amonio	44 922,36	Bentazon	57 632,96

Fuente: SICOIN 2021 y elaboración propia 2022.

En el cuadro 6, se observa que el mancozeb, a pesar de ser el ingrediente activo que más se importa y utiliza en el país, no es analizado por el LRE; esto además de otros plaguicidas que se encuentran entre los de mayor uso aparente; los cuales el laboratorio no analiza.

Mediante el programa de Insumosys se realizó la búsqueda de los plaguicidas registrados para uso en el país. La lista completa se encuentra en el Anexo V, en esta se determinó que hay 25 plaguicidas que no son analizados por

el LRE y tampoco se encuentran en el uso aparente de los años 2019 y 2020. Estos se muestran en el cuadro 7.

Cuadro 7. Plaguicidas registrados que no analiza el LRE y que no están en la lista de importados.

Plaguicida	
3,4-Dicloroanilida.	Fosamina.
Acifluorfen	Gamma Cyhalotrina.
Bensulfuron.	Halauxifen-methyl.
Beta-Cipermetrina.	Imazetapir.
Clodinafop	Imibenconazolo.
Cloroneb.	Maneb.
Dicamba.	Mefentrifluconazole.
Difetialona.	Oxido Cuproso.
Fenobucarb (BPMC).	Polibutileno.
Fenpyroximate.	Prodiamina.
Flazasulfuron.	Triclorfón.
Flupiradifurona.	Zineb.
Fluvalinato.	

Fuente: Insumosys 2021 y elaboración propia 2022.

4.3. TENDENCIAS DE CONSUMO DE VEGETALES FRESCOS POR PARTE DE LA POBLACIÓN NACIONAL, ASÍ COMO DEL ÁREA SEMBRADA DE ESTOS PRODUCTOS EN EL TERRITORIO NACIONAL

La tendencia de consumo de vegetales frescos por parte de la población nacional se obtuvo mediante el informe de estudio de tendencias de consumo del Programa Integral de Mercadeo Agropecuario (PIMA) del 2016 y el informe de

SEPSA del 2021. Del boletín del PIMA, se obtienen las seis frutas y las seis hortalizas de mayor consumo en el país desde el año 2000 al 2015 (Cuadro 8), se encuentra que el banano y el tomate son los productos de mayor consumo.

Cuadro 8. Principales frutas y hortalizas consumidas en los hogares costarricenses del año 2000 al 2015 en porcentaje

Fruta	Porcentaje de consumo	Hortalizas	Porcentaje de consumo
Banano	14,2	Tomate	12,9
Papaya	11,9	Papa	12,4
Naranja	11,1	Repollo	8,1
Manzana	10,5	Zanahoria	8
Piña	9,1	Lechuga	7,8
Sandía	7,8	Chayote	5,9

Fuente: PIMA 2016 y elaboración propia 2022.

En el Anexo VI y Anexo VII, se muestra la lista de los plaguicidas registrados para uso en las frutas y hortalizas de mayor consumo en los hogares costarricenses. Por consiguiente, en el cuadro 9 se muestra la cantidad total de plaguicidas registrados para uso en cada una de las seis frutas y hortalizas de mayor consumo en los hogares costarricenses.

Cuadro 9. Cantidad de plaguicidas registrados para su uso en las principales frutas y hortalizas consumidas en los hogares costarricenses

Fruta	Total de plaguicidas registrados	Hortalizas	Total de plaguicidas registrados
Banano	70	Tomate	103
Papaya	30	Papa	88

Naranja	20	Repollo	47
Manzana	22	Zanahoria	29
Piña	73	Lechuga	32
Sandía	62	Chayote	9

Fuente: Insumosys 2021 y elaboración propia 2022.

Los plaguicidas registrados para uso en estos vegetales se comparan con la lista de los plaguicidas que el laboratorio analiza, donde se encuentran 80 moléculas registradas actualmente que no son analizadas por el laboratorio; dichas moléculas se muestran en el cuadro 10.

Cuadro 10. Plaguicidas registrados para uso en las principales frutas y hortalizas consumidas en los hogares costarricenses que el LRE no analiza

2,4-D.	Cloropicrina.	Flupiradifurona.	Naled.
Abamectina.	Cromafenozida.	Fluroxipir.	Octaborato De Sodio.
Alfa Cipermetrina.	Cyazofamid.	Fluvalinato.	Oleato Cuprico.
Amitraz.	Dazomet.	Fluxapiroxad.	Oxido Cuproso.
Azadirachtina.	Diafentiuron.	Folpet.	Oxitetraciclina
Benomil.	Dicloropropeno	Fosetil-Al.	Paraquat.
Bensulfuron.	Diclorvós.	Glifosato.	Propineb.
Bentazon.	Difacinona.	Glufosinato de Amonio.	Saflufenacil.
Benzoato de Emamectina.	Difetialona.	Haloxifop-Metil.	S-Metolachlor.
Beta-Cipermetrina.	Diquat	Hidrametilnon.	Spirotetramato.

Bispiribac de Sodio.	Estreptomicina	Imibenconazolo.	Sulfoxaflor.
Brodifacouma.	Etefón.	Indaziflam.	TCMTB.
Bromadiolona.	Ethaboxam.	Kasugamicina.	Teflubenzuron.
Captan.	Famoxadona.	Mancozeb.	Tiociclam Hidrogenoxalato
Carfentrazone - Etil.	Fenamidona	Maneb.	Tiram.
Cartap.	Fenoxaprop-P- Etil.	Metalaxil M.	Triclopir.
Chlorflurenol.	Fenpropidin.	Metaldehido.	Tridemorf.
Ciromazina.	Ferbam.	Metam Sodio.	Zetacipermetrina
Clomazona.	Flocoumafen.	Metiram.	Zineb.
Clorhidrato de Oxitetraciclina	Fluopicolide.	Metribuzin.	Ziram.

Fuente: Insumosys 2021 y elaboración propia 2022.

En el caso del área de siembra de los productos vegetales, se utilizaron los datos del Boletín Estadístico Agropecuario, Edición 31 de SEPSA (SEPSA, 2021), para determinar los vegetales de mayor área cultivada como se muestra en el cuadro 11, donde también se indica la cantidad total de plaguicidas registrados para cada uno de los 13 cultivos.

Cuadro 11. Productos agrícolas con la mayor cantidad de hectáreas de siembra utilizadas en Costa Rica

Cultivo	Año 2020 (hectáreas)	Total de plaguicidas registrados
Café	93 697	61

Palma aceitera	76 610	29
Caña de azúcar	62 665	55
Banano	48 335	70
Piña	40 000	73
Arroz	30 468	114
Naranja	22 500	20
Frijol	16 244	54
Melón	3 394	83
Maíz	3 273	59
Papa	2 880	88
Sandía	1 869	62
Cebolla	1 287	60

Fuente: SEPSA 2021 y elaboración propia 2022

En el cuadro 11, se observa que el café es el producto agrícola con la mayor área de siembra en el país, y que el arroz es el cultivo con mayor número de plaguicidas registrados para su uso en Costa Rica.

Se comparan los agroquímicos registrados en los cultivos de mayor área de siembra con la lista de los plaguicidas que el laboratorio analiza; donde se encuentra que 111 moléculas registradas no son analizadas por el laboratorio actualmente; dichas moléculas se muestran en el cuadro 12.

Cuadro 12. Plaguicidas registrados para su uso en los productos agrícolas con mayor cantidad de hectáreas de siembra en Costa Rica que el LRE no analiza

2,4-D.	Dicamba.	Glufosinato de Amonio	Pirazosulfuron Etil.
Abamectina.	Dicloropropeno	Halosulfurón Metil.	Pretilaclor.

Alfa Cipermetrina.	Diclorvós.	Haloxifop-Metil.	Profoxidim.
Amitraz.	Difacinona.	Hidrametilnon.	Propaquizafop.
Anilofos.	Difetialona.	Imazamox.	Propineb.
Asulam.	Diquat.	Imibenconazolo.	Pyribenzoxim.
Azadirachtina.	Etefón.	Indaziflam.	Quinclorac.
Benomil.	Ethaboxam.	Isoxaflutole.	Saflufenacil.
Bensulfuron.	Etoxisulfurón.	Kasugamicina.	Setoxidin.
Bentazon.	Etridiazol	Mancozeb.	S-Metolachlor.
Benzoato de Emamectina.	Famoxadona	Maneb.	Spirotetramato.
Beta-Cipermetrina.	Fenamidona	Mcpa.	Sulfoxaflor.
Bispiribac de Sodio.	Fenobucarb (BPMC)	Metalaxil M.	TCMTB.
Brodifacouma.	Fenoxaprop-P-Etil.	Metaldehido.	Teflubenzuron.
Bromadiolona.	Fenpropidin.	Metam Sodio.	Thifluzamide.
Captan.	Ferbam.	Metiram.	Tiobencarb.
Carboxín	Flocoumafen.	Metribuzin.	Tiociclam Hidrogenoxalato
Carfentrazone - Etil.	Fluopicolide.	Metsulfuron Metil.	Tiram.
Cartap.	Fluosilicato de Sodio	Msma (metano- arsonato monosódico).	Triazofós.
Chlorflurenol.	Flupiradifurona.	Naled.	Triciclazol.
Cihalofop - butil.	Fluroxipir	Nicosulfuron.	Triclopir.
Ciromazina.	Fluvalinato.	Octaborato De Sodio.	Tridemorf.
Clomazona.	Fluxapiroxad.	Oleato Cuprico.	Trifloxisulfuron
Clorhidrato de Oxitetraciclina	Folpet.	Ortofenilfenol de Sodio.	Validamicina A.
Cloropicrina.	Fomesafen.	Oxadiargil.	Zetacipermetrina

Cromafenozida.	Fosetil-Al.	Oxido Cuproso.	Zineb.
Cyazofamid.	Gamma Cyhalotrina.	Oxitetraciclina.	Ziram.
Dazomet.	Glifosato.	Paraquat.	

Fuente: Insumosys 2021 y elaboración propia 2022.

Se comparan los datos obtenidos en el cuadro 10 y el cuadro 12, para tener una lista conjunta de plaguicidas no analizados en el laboratorio. Esta lista se compone de 113 diferentes agroquímicos; la cual se reduce a 101 moléculas eliminando las que no han sido importadas en Costa Rica en los años 2019 y 2020.

Con el fin de excluir valores extremos que afecten el resultado final, se realizó un diagrama de Pareto para esas moléculas seleccionadas que tiene como fin proveer una lista más reducida, donde se destaquen aquellos plaguicidas que son de relevancia debido a la cantidad. Se destacan del total solo los pocos vitales del volumen total, es decir, un 20% de los plaguicidas, y con ello se cubriría un 80% del peso total de los plaguicidas que no son analizados actualmente por el laboratorio; los cuadros completos se muestran en el Anexo VIII y Anexo IX.

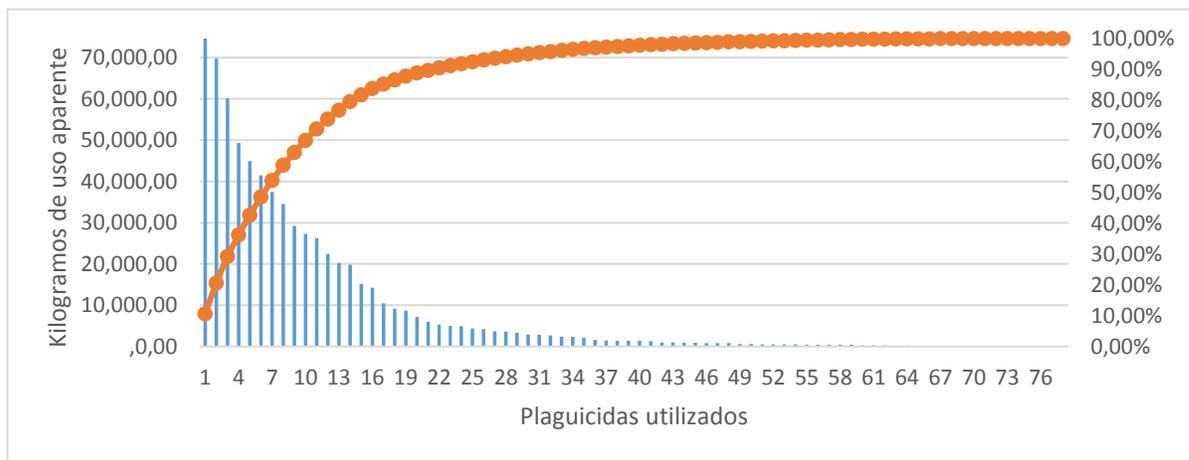


Figura 2. Diagrama de Pareto de los kilogramos de plaguicida de uso aparente en el año 2019

La figura 2 muestra el Diagrama de Pareto para los valores del 2019; seleccionando 15 plaguicidas como los más relevantes.

Cuadro 13. Valores de kilogramos de uso aparente de plaguicidas en el año 2019 de importancia según la regla 80-20 a partir del diagrama de Pareto

Ingrediente activo	Uso aparente (kg)	Porcentaje	Acumulado (kg)	Porcentaje acumulado
Dicloropropeno	74 644,75	10,65%	74 644,75	10,65%
Propineb	69 755,50	9,95%	144 400,25	20,60%
Estreptomicina	60 104,60	8,58%	204 504,85	29,18%
Bentazon	49 318,40	7,04%	253 823,25	36,21%
Glufosinato de Amonio	44 922,36	6,41%	298 745,61	42,62%
Msma	41 472,00	5,92%	340 217,61	48,54%
Triclopir	37 443,33	5,34%	377 660,94	53,88%
Diclorvós	34 500,00	4,92%	412 160,94	58,80%
Metiram	29 232,18	4,17%	441 393,12	62,98%
Fenpropidin	27 300,00	3,90%	468 693,12	66,87%
Clomazona	26 258,26	3,75%	494 951,38	70,62%
Ferbam	22 412,40	3,20%	517 363,78	73,81%
Captan	20 240,00	2,89%	537 603,78	76,70%
Dazomet	19 788,00	2,82%	557 391,78	79,53%
Ziram	15 200,00	2,17%	572 591,78	81,69%

Fuente: elaboración propia 2022.

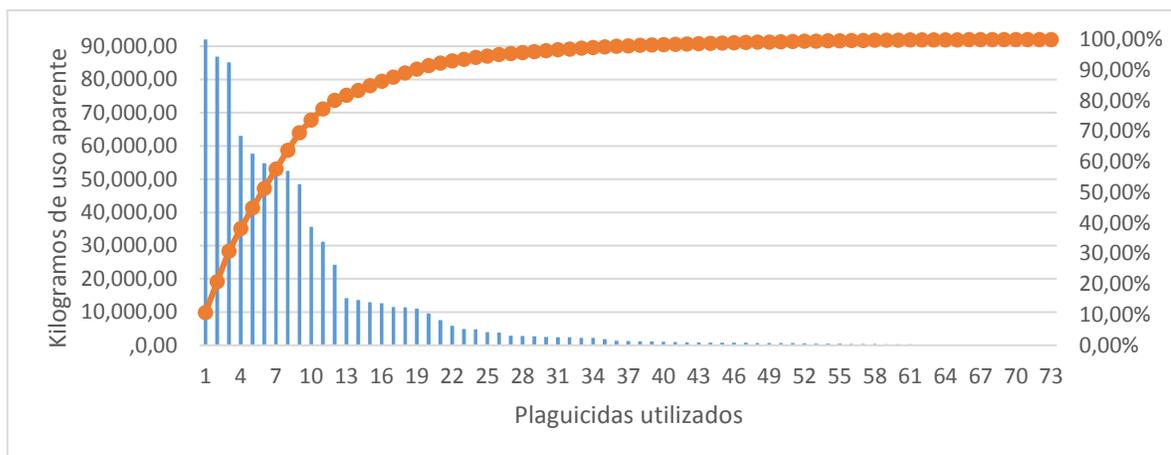


Figura 3. Diagrama de Pareto de los kilogramos de plaguicida de uso aparente en el año 2020
Fuente: elaboración propia 2022.

La figura 3 muestra el Diagrama de Pareto para los valores del 2020; seleccionando 13 plaguicidas como los más relevantes.

Cuadro 14. Valores de kilogramos de uso aparente de plaguicidas en el año 2020 de importancia según la regla 80-20 a partir del Diagrama de Pareto

Ingrediente activo	Uso aparente (kg)	Porcentaje	Acumulado (kg)	Porcentaje acumulado
Metam Sodio	92 040,22	10,74%	92 040,22	10,74%
Etefón	86 921,82	10,15%	178 962,04	20,89%
Glufosinato de Amonio	85 201,76	9,95%	264 163,80	30,84%
Fosetil-Al	63 077,55	7,36%	327 241,35	38,20%
Bentazon	57 632,96	6,73%	384 874,31	44,93%
Dicloropropeno	54 773,89	6,39%	439 648,20	51,32%
Triclopir	54 585,83	6,37%	494 234,03	57,69%
Fenpropidin	52 500,00	6,13%	546 734,03	63,82%

Msma	48 528,00	5,66%	595 262,03	69,48%
Ferbam	35 682,00	4,17%	630 944,03	73,65%
Naled	31 148,55	3,64%	662 092,58	77,28%
Diquat	24 252,40	2,83%	686 344,98	79,12%
Tiobencarb	14 246,00	1,66%	700 590,98	81,78%

Fuente: elaboración propia 2022.

Finalmente, se combinan los resultados de ambos Diagramas de Pareto para obtener una sola lista de plaguicidas; la cual se compone de 25 distintas moléculas como se muestra en el cuadro 15, proponiendo aquellos agroquímicos que presentan un mayor uso aparente en el país.

Cuadro 15. Lista de plaguicidas prioritarios por analizar en el LRE

2,4-D	Glifosato
Bentazon	Glufosinato de Amonio
Captan	Mancozeb
Clomazona	Metam Sodio
Dazomet	Metiram
Dicloropropeno	Msma
Diclorvós	Naled
Diquat	Paraquat
Estreptomina	Propineb
Etefón	Tiobencarb
Fenpropidin	Triclopir
Ferbam	Ziram
Fosetil-Al	

Fuente: elaboración propia 2022.

4.4. METABOLIZACIÓN DE LOS PLAGUICIDAS REGISTRADOS MÁS UTILIZADOS EN LOS CAMPOS DE COSTA RICA, POR MEDIO DEL ESTUDIO DE LA DEFINICIÓN DE RESIDUO DEL PLAGUICIDA

A continuación, se muestra el cuadro 16 con los datos de los 25 plaguicidas prioritarios, en el cual se indica la definición de residuo y los metabolitos de cada molécula en estudio.

Cuadro 16. Definición de residuo y metabolización de los 25 plaguicidas prioritarios

Plaguicida	Definición de residuo	Metabolitos	Fuente consultada	Metodología de análisis
2,4-D	Para el cumplimiento del LMR: 2,4-D.	NA	Codex <i>Alimentarius</i>	Método único
Bentazon	Para el cumplimiento del LMR: Bentazone.	NA	Codex <i>Alimentarius</i>	Multirresidual
Captan	Para el cumplimiento del LMR: Captan	NA	Codex <i>Alimentarius</i>	Método único
Clomazona	Para el cumplimiento del LMR: Clomazona	NA	Codex <i>Alimentarius</i>	Multirresidual
Dazomet	Para el cumplimiento del LMR: Dazomet	NA	Unión Europea	Multirresidual
Dicloropropeno	Para el cumplimiento del	NA	Codex <i>Alimentarius</i>	Método único

	LMR: Dicloropropeno			
Diclorvós	Para el cumplimiento del LMR: Diclorvos.	NA	Codex <i>Alimentarius</i>	Multirresidual
Diquat	Para el cumplimiento del LMR: Diquat.	NA	Codex <i>Alimentarius</i>	Método único
Estreptomina	Para el cumplimiento del LMR: Estreptomicina	NA	Unión Europea	Método único
Etefón	Para el cumplimiento del LMR: Ethephon.	NA	Codex <i>Alimentarius</i>	Método único
Fenpropidin	Suma de fenpropidin y sus sales, expresada como Fenpropidin	NA	Unión Europea	Multirresidual
Ferbam	Fungicida ferbam (dimetilditiocarbamato férrico), calculado como disulfuro de carbono	NA	Agencia de Protección Ambiental (EPA)	Método único
Fosetil-Al	Suma de fosetil, ácido fosfónico y sus sales,	Ácido fosfónico	Codex <i>Alimentarius</i>	Método único

	expresada como Fosetil-Al.			
Glifosato	Suma de glifosato y N-acetilglifosato, expresada como glifosato.	N-acetilglifosato	Codex <i>Alimentarius</i>	Método único
Glufosinato de Amonio	Suma de glufosinato, 3-[hidroxi (metil) fosfinoil] ácido propionico y N-acetil-glufosinato, calculado como glufosinato.	Ácido 3-[hidroxi (metil) fosfinoil] propionico / N-acetil-glufosinato	Codex <i>Alimentarius</i>	Método único
Mancozeb	Para el cumplimiento del LMR: Mancozeb	NA	Agencia de Protección Ambiental (EPA)	Método único
Metam Sodio	Para el cumplimiento del LMR: Metam Sodio	NA	Agencia de Protección Ambiental (EPA)	Método único
Metiram	Para el cumplimiento del LMR: Metiram	NA	Unión Europea	Método único
Msma (metano- arsonato monosódico)	Para el cumplimiento del LMR: Msma	NA	Agencia de Protección	Método único

			Ambiental (EPA)	
Naled	Para el cumplimiento del LMR: Naled	NA	Agencia de Protección Ambiental (EPA)	Multirresidual
Paraquat	Para el cumplimiento del LMR: Paraquat.	NA	Codex <i>Alimentarius</i>	Método único
Propineb	Para el cumplimiento del LMR: Propineb	NA	Unión Europea	Método único
Tiobencarb	Para el cumplimiento del LMR: Tiobencarb expresado como 4-clorobencil metilsulfona	4-clorobencil metilsulfona	Unión Europea	Multirresidual
Triclopir	Para el cumplimiento del LMR: Triclopir	NA	Unión Europea	Multirresidual
Ziram	Para el cumplimiento del LMR: Ziram	NA	Unión Europea	Método único

Fuente: Codex Alimentarius, Unión Europea, EPA, elaboración propia 2022.

Mediante el estudio de la definición de residuo para el cumplimiento del LMR en cada molécula, se encuentran cinco metabolitos de relevancia para los 25

plaguicidas revisados. Estos cinco metabolitos deben ser incluidos en la lista final de agroquímicos por incluir en el LRE. Los metabolitos encontrados son los siguientes: ácido fosfónico; N-acetil glifosato; ácido 3-[hidroxi (metil) fosfinoil] propionico; N-acetil-glufosinato y 4-clorobencil metil sulfona.

4.5. HISTÓRICO DE LAS BASES DE DATOS DE LOS ANÁLISIS DE PLAGUICIDAS DEL LRE

Para realizar este paso, se tomaron las bases de datos de los análisis realizados por el laboratorio desde el 2017 al 2021, se llevó a cabo una revisión de las moléculas que no presentan detecciones positivas en el periodo mencionado. Al ser listas muy extensas, se incluye solamente un ejemplo de un lote de uvas con su resultado; estas ingresaron al laboratorio en el 2021.

Cuadro 17. Ejemplo de las bases de datos de los resultados de análisis del LRE

Código de la muestra	Punto de ingreso	Matriz	Plaguicida detectado	Concentración (mg/kg)
211331-01	Caldera	Uva	Boscalida	0,21
211331-02	Caldera	Uva	Fluopiram	0,06
211331-03	Caldera	Uva	Fluopiram	0,04

Fuente: bases de datos LRE y elaboración propia 2022.

En el ejemplo anterior, se muestra un lote de uvas, donde el código indica el año en sus primeros dos dígitos y el consecutivo registrado. El punto de ingreso al país fue Puerto Caldera; la matriz uva, y, seguidamente, los plaguicidas que fueron detectados con su respectiva concentración en mg/kg. En el cuadro 18, se detalla la lista de moléculas que no registraron datos en las muestras analizadas por el LRE, en el periodo del 2017 al 2021.

Cuadro 18. Moléculas no detectadas en los análisis del LRE en el periodo del 2017 al 2021

1	Benalaxil	17	Isofenfós
2	Bendiocarbo	18	Metoxicloro
3	Bitertanol	19	Oxadiazón
4	Bupirinato	20	Oxadixilo
5	Butilato	21	Oxidemetón metil
6	Cletodim	22	Prometón
7	Clorfenvinfós	23	Propizamida
8	Dicofol	24	Simazina
9	Disulfotón	25	Teflutrina
10	Edifenfós	26	Triticonazol
11	Fentión	27	Vinclozolina
12	Folpet	28	Aldicarb
13	Fosalón	29	DDD
14	Foxim	30	DDE
15	Imazapic	31	Endrín
16	Iprobenfós	32	Mevinfós

Fuente: elaboración propia 2022.

En el cuadro 18, se muestran los 32 ingredientes activos que no han sido detectados en los análisis que realiza el laboratorio en el periodo del 2017 al 2021; de estos, los últimos cinco resaltados en color son plaguicidas que están prohibidos por decreto, por lo que no deben ser eliminados de la lista preliminar.

Se realiza la revisión de las 27 moléculas anteriores según su definición de residuo, con el fin de determinar si presentan metabolitos cuantificados en los análisis del LRE. Al hacer la revisión, se encuentra que ninguno de estos plaguicidas tiene metabolitos con detecciones reportadas por el laboratorio; por lo que se determina su posible eliminación del alcance del LRE.

5. DISCUSIÓN

5.1 VERIFICACIÓN DE ALERTAS EN LAS BASES DE DATOS RASFF

Mediante el boletín número 30 de SEPSA (SEPSA 2021), se realizó la búsqueda de los principales productos que importa Costa Rica y de qué países provienen; esto con el fin de tener los vegetales que más se importan, así como conocer de dónde provienen. El valor de los productos importados por Costa Rica en el 2020 está relacionado a los de mayor importación igualmente; ya que, según el boletín de SEPSA, estos son los principales productos importados de origen agrícola (SEPSA 2021).

La mayor parte de las importaciones del maíz amarillo (99.9 %) provienen de los Estados Unidos (O'Neal, 2019), el cual es el mayor proveedor agropecuario de Costa Rica (Xirinachs, 2017). Además, para realizar el estudio de las bases de datos de RASFF; se tomaron los diez países de mayor importación de productos vegetales hacia Costa Rica, de acuerdo con lo indicado en el boletín de SEPSA (SEPSA 2021).

Se buscaron las alertas sanitarias con presencia de plaguicidas en productos de exportación para cada uno de los diez países indicados. La búsqueda se inició a partir del 2020; debido a que RASFF cambió el formato de la página y eliminó los datos del año 2019 para atrás.

De acuerdo con los resultados obtenidos en el cuadro 3, se puede apreciar que el país con mayor número de alertas sanitarias por presencia de residuos de plaguicidas en sus productos vegetales es China, con 16 alertas desde enero 2020 a noviembre 2021. En el caso de Estados Unidos, con el que el país importa más productos vegetales, solamente se le registró una alerta en la matriz extracto de jengibre con la detección del plaguicida óxido de etileno, agroquímico utilizado para el control de insectos (Navas, 2020). Sin embargo, este hallazgo carece de importancia, según los parámetros estudiados en la presente investigación, ya que

este producto vegetal no es uno de los de mayor importación o consumo en Costa Rica.

De los vegetales que presentan alertas sanitarias por uso de plaguicidas, solamente las naranjas están en la lista del cuadro 1 de los productos agropecuarios de mayor importación por el país; esta es importada desde Chile, México, Nicaragua y España, según los datos obtenidos por el sistema MORI del SFE para los años del 2019 al 2021 (MORI, 2021). De los cuatro países mencionados según las bases de datos RASFF, solamente España presenta alerta sanitaria para la naranja en el plaguicida clorpirifós metilo, el cual es analizado por el LRE actualmente.

Se analizaron todos los productos importados por Costa Rica para cada uno de los diez países mencionados, con el fin de verificar vegetales que estos importen y que, además, presenten alertas sanitarias de acuerdo con el cuadro 3 de las bases de datos RASFF. De estos, solamente la pitahaya importada desde Colombia presenta alerta sanitaria con los plaguicidas procloraz y deltametrina; plaguicidas que el laboratorio también analiza en la actualidad. En el Anexo I, se presentan los productos que Costa Rica importa de los diez países de mayor valor de importaciones agrícolas.

De acuerdo con los resultados obtenidos, seis de los diez países con mayor importación de productos hacia Costa Rica presentaron alertas sanitarias por uso de plaguicidas en sus productos vegetales, según las bases de datos RASFF. Sin embargo, pocos de estos resultados fueron agroquímicos utilizados en los productos de mayor importación por el país; donde las moléculas detectadas están siendo analizadas por el LRE.

Es de suma importancia continuar monitoreando regularmente las bases de datos RASFF, debido a que casi el 50 % de las alertas que estos emiten provienen de países fuera de las fronteras de la Unión Europea (European Commission, 2019).

5.2. COMPARACIÓN DE PLAGUICIDAS IMPORTADOS Y REGISTRADOS EN COSTA RICA CON LOS ANALIZADOS POR EL LRE

El sistema SICOIN contiene la información de los ingredientes activos importados y exportados por Costa Rica (SICOIN, 2021). En este se encuentra el uso aparente en kilogramos de los ingredientes activos utilizados para la formulación de agroquímicos en el país.

Los datos obtenidos muestran la gran cantidad de agroquímicos importados y de uso aparente en el país, donde en el 2020 hubo un incremento de 65.154 kilogramos de uso aparente de plaguicida con respecto al 2019. Y es que, según estudios recientes, es concordante, ya que Costa Rica utiliza entre cuatro a ocho veces más plaguicidas por hectárea que otros países de América que integran la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) (Pomareda, 2022).

Los datos del cuadro 5 de uso aparente de los diez ingredientes activos con mayor cantidad de kilogramos para formulación de plaguicidas, en los años 2019 y 2020, muestran al plaguicida mancozeb como el de mayor utilización en los suelos nacionales, tal como lo indica el estudio realizado por Morera en el año 2016, donde el uso aparente de este agroquímico en el país fue 2.409.370 kilogramos (pág. 9).

Igual a los resultados obtenidos en este protocolo, otros plaguicidas como el glifosato, clorotalonil, diazinon, 2,4d, paraquat y diuron se encuentran en la lista publicada por Morera en el año 2016 como agroquímicos de mayor uso aparente (pág. 9).

Los plaguicidas de uso aparente en los años 2019 y 2020 (Anexo II) se comparan con los agroquímicos que analiza el LRE (Anexo III), para verificar si se encuentran dentro del alcance del laboratorio o si deben ser incluidos para su análisis. Al respecto, los resultados obtenidos fueron que, de los 231 plaguicidas que analiza el laboratorio, solamente 107 coinciden con los de uso aparente; 124 plaguicidas son analizados por el LRE, pero no se encuentran en los importados y,

finalmente, 112 ingredientes activos se presentan en la lista de uso aparente de los agroquímicos importados, pero no son analizados por el laboratorio. Estos 112 plaguicidas son los que se valora si es necesario incluirlos en los análisis que realiza el laboratorio.

En el caso de los plaguicidas registrados para uso en el país, se realiza la búsqueda de estos en el programa de Insumosys de consulta en línea. La lista actualizada al mes de diciembre del año 2021 está compuesta por 252 plaguicidas (Insumosys, 2021); esta lista se puede revisar en el Anexo V.

De estos 252 agroquímicos registrados para uso en el país, 137 no son analizados por el LRE. Además, de estos 137 plaguicidas, 112 coinciden con los de uso aparente que el laboratorio no analiza, por lo que hay 25 ingredientes activos registrados que no analiza el LRE y que tampoco se encuentran en la lista de uso aparente en el país; o que al menos no están entre los importados en los años 2019 y 2020.

Estos 25 plaguicidas no se van a considerar en el presente protocolo, debido a que, a pesar de estar registrados, no están siendo importados en los últimos años y tal como lo mencionó el señor Lafont en su entrevista, la inclusión de las nuevas moléculas se realiza con base en información procedente de agentes comerciales, distribuidores de productos fitosanitarios que dan una idea sobre qué es lo que se está aplicando de manera más usual en los campos de cultivo.

5.3. TENDENCIAS DE CONSUMO DE VEGETALES FRESCOS POR PARTE DE LA POBLACIÓN NACIONAL, ASÍ COMO DEL ÁREA SEMBRADA DE ESTOS PRODUCTOS EN EL TERRITORIO NACIONAL

De acuerdo con el boletín del PIMA del 2016 y el cuadro 8, el banano, papaya, naranja, manzana, piña y sandía son las frutas de mayor consumo en el país; así como las hortalizas tomate, papa, repollo, zanahoria, lechuga y chayote, durante los

años 2000 al 2015 (PIMA, 2016). Mismas frutas y hortalizas indicadas en el estudio realizado por Morera en el año 2016, como las de mayor consumo por parte de los costarricenses (pág. 7).

Con los datos anteriores y mediante el programa de Insumosys, se determinan los plaguicidas registrados para uso en estas seis frutas y seis hortalizas de mayor consumo en los hogares costarricenses. Los resultados se pueden observar en los Anexos VI y VII.

En dichos Anexos y el cuadro 9, se puede observar que las frutas con mayor número de plaguicidas registrados para uso en ellas son la piña y el banano con un total de 73 y 70 distintos ingredientes activos respectivamente. En el caso de las hortalizas, el tomate y la papa tienen el mayor número de agroquímicos registrados para su uso con un total de 103 y 88 distintas moléculas; lo que coincide con lo mencionado en el Decimotercero Informe Estado de la Nación en desarrollo humano sostenible, el cual indica que los cultivos con mayor uso de plaguicidas son la papa, el banano, la piña y el plátano; donde se estima que el 16 % del total de plaguicidas importados se usa en banano y el 10,2 % en piña (Castillo et al., 2012).

La lista de los plaguicidas registrados para uso en las frutas y hortalizas se compara con la lista de los plaguicidas que el laboratorio analiza, para determinar los que no están dentro del alcance del LRE. Se encuentra que 80 moléculas registradas no son analizadas por el laboratorio.

Al tener los plaguicidas registrados para uso en las frutas y hortalizas de mayor consumo en Costa Rica, se procede a determinar los productos vegetales de mayor área de siembra en el país; con el fin de tener igualmente los agroquímicos registrados para uso en estos cultivos.

Mediante el Boletín Estadístico Agropecuario, Edición 31 de SEPSA, se determinan las hectáreas de los productos con mayor área de producción a nivel nacional. Se toman los 13 cultivos con mayor área de siembra en el año 2020 (SEPSA, 2021). Entre ellos destacan el cultivo de café, la palma aceitera y la caña

de azúcar que, a pesar de no estar en la lista de los productos de mayor consumo a nivel nacional, se encuentran dentro de los de mayor área de siembra.

Con los datos del cuadro 11 del área de los productos agrícolas con la mayor cantidad de hectáreas de siembra utilizadas en Costa Rica y mediante el programa de Insumoys, se determinan los plaguicidas registrados para uso en estos cultivos. De los 13 alimentos, los de mayor número de moléculas registradas para uso en ellos son el arroz con 114, la papa con 88, el melón con 83, la piña con 73 y el banano con 70 distintos agroquímicos.

La lista de los agroquímicos registrados para uso en los productos con mayor hectárea de siembra se compara con la de los plaguicidas que el laboratorio analiza; para determinar los que no están dentro del alcance del LRE. Se encuentra que 111 moléculas registradas no son analizadas por el laboratorio; donde ingredientes activos como 2,4 D, fosetil aluminio, glifosato, mancozeb, paraquat y propineb se encuentran entre las más utilizadas en los cultivos de café, caña de azúcar, banano, piña, arroz y papa (Durán et al, 2013).

Se realiza una comparación de las 80 moléculas registradas para uso en las frutas y hortalizas más consumidas en el país con los 111 agroquímicos registrados para uso en los cultivos de mayor siembra; donde se obtiene una lista de 113 distintos plaguicidas que no son analizados por el LRE, pero que se encuentran dentro de los registrados para uso en los campos y en los vegetales de consumo nacional.

Se realiza un filtro para reducir estos 113 agroquímicos de manera que sea un número accesible de ingredientes activos los que el laboratorio pueda llegar a implementar en un futuro cercano. Así mismo, se utiliza una gráfica que permite asignar un orden prioritario, basado en la cantidad de uso aparente de cada plaguicida, para estadísticamente establecer cuáles contribuyen en mayor magnitud.

Se eliminan los plaguicidas que se encuentran en la lista del cuadro 7 de los agroquímicos registrados que no analiza el LRE y que no están entre los importados

en los últimos años. Con esta reducción, la lista queda compuesta por 101 ingredientes activos.

Se lleva a cabo un Diagrama de Pareto para las moléculas seleccionadas utilizando los valores de uso aparente en kilogramos de ingrediente activo en los años 2019 y 2020. Para el cálculo de este Diagrama de Pareto, no se incluyen los valores de las primeras cinco moléculas con mayor cantidad de kilogramos de uso aparente en ambos años ni las que están en valores de cero o valor negativo; esto con el fin de no incluir valores extremos o valores no significativos.

Es importante mencionar que las primeras cinco moléculas de uso aparente para los años 2019 y 2020, que no se incluyen en este cálculo, entran directo a la lista final que se va a recomendar que el LRE analice.

De acuerdo con los resultados obtenidos en el diagrama de Pareto para el uso aparente durante el 2019, se tiene que el 80 % está compuesto por 15 plaguicidas, los cuales van desde el dicloropropeno con un 10,65 % hasta el ziram con un 2,17 % del total.

De igual manera, se realiza el cálculo de los datos de la lista de uso aparente para el 2020 con el fin de realizar el Diagrama de Pareto. En este caso, el 80 % del porcentaje acumulado calculado está compuesto por 13 moléculas; las cuales van desde el metam sodio con un 10,74 % hasta el tiobencarb con un 1,66 % del total.

Como se mencionó, el Diagrama de Pareto se utiliza como herramienta estadística, ya que ayuda a separar los problemas más relevantes de aquellos que no lo son (Gallach, 2020). En este caso, ayudó a disminuir el total de plaguicidas que se busca incluir en la metodología de análisis del laboratorio, ya que incluir 101 moléculas de una vez es un trabajo muy difícil para el LRE; además del alto costo que significaría para la institución, por lo que se busca iniciar con un número de agroquímicos que sea manejable en términos reales y funcionales para el laboratorio.

Se toman los plaguicidas que integran el 80% de los Diagramas de Pareto de uso aparente en los años 2019 y 2020, junto con las cinco moléculas de mayor

kilogramo de uso aparente de cada año y se hace una sola lista, la cual queda compuesta por 25 distintos agroquímicos. Estos se consideran los prioritarios que el LRE debería incluir en su metodología de análisis. La lista se muestra en el cuadro 15 de plaguicidas prioritarios por analizar en el LRE.

5.4. METABOLIZACIÓN DE LOS PLAGUICIDAS REGISTRADOS MÁS UTILIZADOS EN LOS CAMPOS DE COSTA RICA, POR MEDIO DEL ESTUDIO DE LA DEFINICIÓN DE RESIDUO DEL PLAGUICIDA

Se busca la definición de residuo para cada uno de los 25 plaguicidas prioritarios seleccionados en el punto anterior, esto con el fin de determinar si estos agroquímicos se metabolizan en otras moléculas que el laboratorio no analiza y que deban ser incluidas en la lista final por recomendar incluir en el alcance del laboratorio; ya que los metabolitos pueden ser mucho más tóxicos que el propio compuesto progenitor (López, 2020), por lo que es importante su inclusión.

En el cuadro 16 de definición de residuo y metabolización de los 25 plaguicidas prioritarios, se determinan los metabolitos encontrados en la definición de residuo para las moléculas indicadas. En el mismo cuadro, también se indica la metodología de análisis empleada para la detección de estos agroquímicos, la cual puede ser multirresidual o por método único, donde la primera es utilizada para detectar una gran cantidad de plaguicidas en una misma corrida cromatográfica y la segunda es empleada para analizar pocos o un solo compuesto a la vez.

Con la búsqueda de los metabolitos, se encuentran cinco nuevas moléculas por incluir en la lista final por recomendar que se incluya en los análisis del LRE. La lista final queda compuesta por 30 plaguicidas que se muestran en el cuadro 19.

Cuadro 19. Lista de plaguicidas recomendados a incluir en la metodología del LRE

Plaguicida	Metodología
2,4-D	Método único
Ácido 3-[hidroxi (metil) fosfinoil] propionico	Método único
Ácido fosfónico	Método único
Captan	Método único
Dicloropropeno	Método único
Diquat	Método único
Estreptomicina	Método único
Etefón	Método único
Ferbam	Método único
Fosetil-Al	Método único
Glifosato	Método único
Glufosinato de Amonio	Método único
Mancozeb	Método único
Metam Sodio	Método único
Metiram	Método único
Msma	Método único
N-acetil glifosato	Método único
N-acetil-glufosinato	Método único
Paraquat	Método único
Propineb	Método único
Ziram	Método único
4-Clorobencil metil sulfona	Multirresidual

Bentazon	Multirresidual
Clomazona	Multirresidual
Dazomet	Multirresidual
Diclorvós	Multirresidual
Fenpropidin	Multirresidual
Naled	Multirresidual
Tiobencarb	Multirresidual
Triclopir	Multirresidual

Fuente: elaboración propia 2022.

En el cuadro 19, se muestra la lista final de los 30 plaguicidas recomendados a incluir en la metodología de análisis del LRE. Se incluye la metodología de detección; esto con el fin de que el laboratorio pueda implementar los multirresiduos de manera más sencilla que los de método único, por lo que podría iniciar con las nueve moléculas finales del cuadro 20. Sin embargo, es importante que se implementen los métodos únicos también; ya que, por ejemplo, el paraquat es uno de los agroquímicos cuya toxicidad ha sido advertida en el Convenio de Rotterdam y continúa siendo uno de los más utilizados en el país (PNUD, 2022).

El resultado del protocolo por implementar en cuanto a la inclusión de nuevos agroquímicos por parte del LRE muestra que es importante estar realizando la metodología establecida periódicamente; ya que los resultados indican que existe una gran cantidad de plaguicidas que pueden estar presentes en los alimentos de los costarricenses y que el laboratorio podría no estar analizando, lo cual afecta la salud de la población nacional.

5.5. HISTÓRICO DE LAS BASES DE DATOS DE LOS ANÁLISIS DE PLAGUICIDAS DEL LRE

Para depurar la lista de plaguicidas del LRE mediante la eliminación de moléculas no detectadas en los productos vegetales, se toman las bases de datos del laboratorio desde el 2017 al 2021; estas son listas de todos los vegetales que han ingresado cada año e incluyen los plaguicidas que han sido detectados en los análisis realizados. Son bases de datos muy extensas, ya que el laboratorio analiza más de 3000 muestras al año.

Para el 2017, analizó 4.439 muestras; en el año 2018 analizó 4.993 muestras; en el año 2019 analizó 5.471 muestras, en el 2020 analizó 3.243 muestras y en año 2021 analizó 2.912 muestras. Los datos de todas las muestras mencionadas fueron analizados para determinar los plaguicidas que no han sido detectados en el periodo indicado, y así proponer su eliminación del alcance del laboratorio, ya que, si no se están encontrando en los análisis realizados desde el 2017, es probable que no se estén aplicando en los vegetales que consumen los costarricenses y se considera un gasto innecesario de tiempo y dinero para el LRE mantener estos agroquímicos en su metodología.

En España, Lafont indicó, durante la entrevista, que cada año realizan una revisión del histórico de plaguicidas detectados por los laboratorios, donde se lleva a cabo una recopilación de los plaguicidas detectados y el porcentaje de positivos de cada uno de ellos.

En el caso del LRE, de las 21.058 muestras revisadas en el periodo del año 2017 al 2021, no se encontraron detecciones positivas en 32 plaguicidas, de los cuales cinco son moléculas prohibidas en Costa Rica, por tanto, esas cinco no se deben eliminar. Tal como lo menciona Lafont en la entrevista realizada, se deben mantener los prohibidos en los análisis, ya que, aunque es muy extraño detectarlos, la posible presencia de ellos conlleva siempre una alerta que nadie desea. Por lo que las otras 27 moléculas pueden ser valoradas para excluirlas de los análisis que

realiza el LRE. Estos 27 agroquímicos se presentan en el cuadro 18 de moléculas no detectadas en los análisis del LRE en el periodo del 2017 al 2021.

Para poder realizar la propuesta de eliminación de estos 27 plaguicidas al LRE, primero se debe buscar, mediante la definición de residuo, si estos presentan metabolitos que analice el laboratorio y presenten resultados positivos en los análisis realizados en el periodo establecido; ya que, tal como lo mencionó Lafont en su entrevista, este es un aspecto que cada vez se está teniendo más en cuenta dada la disponibilidad comercial que existe en la actualidad de la mayor parte de ellos.

Mediante la definición de residuo, se realiza la búsqueda de los 27 plaguicidas mencionados y ninguno de ellos presenta metabolitos con presencia positiva en las muestras analizadas por el LRE en el periodo indicado. También se revisaron las 27 moléculas indicadas en las listas de uso aparente de los años 2019 y 2020, para determinar si son aplicados en los campos de cultivo nacional; donde se encontró que solamente el cletodim y el folpet presentan datos de uso aparente; con un promedio de 4.248 y 3.559 kilogramos anuales respectivamente. Sin embargo, debido a que no presentan detecciones por parte de los análisis del LRE en el periodo del 2017 al 2021, se recomienda su eliminación; dejando a criterio del laboratorio continuar su análisis o excluirlas.

Por lo que el resultado de la revisión de las bases de datos indica que el laboratorio puede eliminar 27 moléculas de su alcance, lo cual supone un ahorro económico, al no tener que adquirir estos plaguicidas en el futuro, y un ahorro en tiempo, al no tener que realizar las preparaciones de estos ni su revisión en los análisis cromatográficos.

El resultado de las cinco etapas anteriores del protocolo por implementar determina que el LRE puede mantener 204 plaguicidas de los que analiza actualmente, si elimina las 27 moléculas indicadas, e incluir los 30 agroquímicos prioritarios para tener un alcance en su metodología de análisis de 234 ingredientes activos.

6. CONCLUSIONES

1. El LRE es el Laboratorio Oficial del Estado costarricense encargado de velar por el análisis de residuos de plaguicidas en los productos vegetales frescos no procesados que se consumen en el país y los que se exportan, por lo que es de suma importancia que los plaguicidas que se analicen sean aquellos que correspondan con los más utilizados y prohibidos por normativa en estos productos, para asegurar el bienestar de la población y del medioambiente.
2. El uso inadecuado de los plaguicidas en los productos vegetales puede provocar riesgos a salud humana, animal y el medioambiente. Por lo que se debe monitorear el uso de estos químicos mediante los análisis pertinentes que demuestren las buenas prácticas agrícolas por parte de los productores.
3. La metodología aplicada a este protocolo abarca cinco parámetros para determinar los plaguicidas que el LRE debe incluir, así como los que debe excluir de su alcance, con el fin de analizar aquellos agroquímicos que se están utilizando en los campos de cultivo nacional, así como los que vienen de importación, con el fin de evitar riesgos a la salud humana, animal y el medioambiente.
4. Mediante la verificación de las alertas en las bases de datos RASFF, se determina que los plaguicidas que están utilizando los socios comerciales de Costa Rica en los productos vegetales que importa el país son analizados actualmente por el LRE.
5. La comparación de los plaguicidas importados y registrados con los analizados por el laboratorio muestra que el LRE no analiza 112 agroquímicos que se encuentran dentro del uso aparente en los campos costarricenses. Moléculas que se deben analizar para determinar la inclusión en el alcance del laboratorio.

6. Mediante el estudio realizado a las tendencias de consumo de vegetales frescos por parte de los costarricenses, se demuestra que estos vegetales cuentan con gran cantidad de agroquímicos que se encuentran registrados para su uso; de los cuales 80 no son analizados por el LRE.
7. Las áreas de siembra en el país están compuestas mayoritariamente por cultivos que no están dentro de los de mayor consumo; sin embargo, el mayor uso de plaguicidas se encuentra en las plantaciones de banano, papa y piña, que están dentro de los vegetales más consumidos. Dentro de los plaguicidas registrados para uso en las mayores áreas de siembra en el presente protocolo, se encuentra 101 moléculas que no son analizadas por el LRE.
8. Aunque el uso del Pareto es una herramienta importante para discriminar una cantidad cuantiosa de plaguicidas que por su consumo aparente es menos importante su fiscalización, se debe corroborar que los prioritarios determinados por la regla 80-20 no generen metabolitos problemáticos; de lo contrario, deben ser sumados a la nueva lista. Mediante el uso de esta herramienta estadística y la definición de residuo, se obtiene una lista final de 30 plaguicidas por incluir en el alcance del LRE.
9. El protocolo se convierte en un instrumento eficaz para definir cuáles plaguicidas se deben analizar en el LRE del SFE y cuáles no es necesario analizar; gracias a que se enfoca en el uso real del agroquímico, sea dentro o fuera del país, permitiendo incluso eliminar plaguicidas que no se cuantifican regularmente como fue el caso de las 27 moléculas que no presentaron registros de detección durante más de 5 años.
10. Existe una cantidad importante de plaguicidas que se importan y utilizan en país para mejorar la producción de diversos cultivos y

alimentos; por lo que, con el presente protocolo, el Estado costarricense asegura, a través del LRE, la correcta fiscalización sobre el uso adecuado de los agroquímicos que verdaderamente son importantes, debido a la cantidad o a la toxicidad que presentan, reduciendo el riesgo tanto para la población durante su consumo como para el medio ambiente.

7. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda al LRE la implementación del protocolo desarrollado para la determinación de los plaguicidas por analizar, ya que es una herramienta que actualiza los agroquímicos utilizados que tienen relevancia debido a su toxicidad y que son usados en los productos vegetales.
2. Se recomienda al SFE, velar por el cumplimiento de la Ley de Protección Fitosanitaria, mediante la búsqueda de recursos que le permitan al LRE implementar los métodos y la inclusión de los plaguicidas prioritarios indicados en este protocolo.
3. Se recomienda al LRE incluir los 30 plaguicidas prioritarios seleccionados en el presente proyecto; iniciando con los que se pueden detectar por medio del método multirresidual e implementar poco a poco los de método único. Y que a mediano plazo se incluyan las 101 moléculas incluidas en el Diagrama de Pareto
4. Se recomienda que el SFE continúe realizando los muestreos de los vegetales por analizar en el LRE, donde se incluyan los vegetales de mayor consumo por parte de los costarricenses y los de mayor área de siembra, además, se utilicen mayor cantidad de plaguicidas según los estudios realizados.
5. Se recomienda al SFE habilitar más rápidamente las bases de datos de sus sistemas, ya que estas son de gran utilidad para mantener el presente protocolo actualizado con el uso de plaguicidas en el país.
6. Se recomienda que el LRE mantenga actualizado el presente protocolo, actualizando sus datos cada año con el uso de los cinco parámetros establecidos.

REFERENCIAS

- AE-TOX. (s.f). *Glosario toxicológico*. Recuperado el 27 de mayo de 2020, de Asociación Española de toxicología.
- Alpizar, M. (2017). Plaguicidas y Fertilizantes en República Dominicana. Oportunidades para su comercialización. Procomer, Costa Rica exporta, Costa Rica.
- Araya, J. (2015). Costa Rica es el consumidor más voraz de plaguicidas en el mundo. Semanario Universidad.
- Arriagada, V. (2012). Manual de Inspección Fitosanitaria. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Consultado el 14 de junio 2020.
- Badii, M., & Landeros, J. (2007). Plaguicidas que afectan a la salud humana y la sustentabilidad. Cultura Científica y Tecnológica. UANL, 21-34.
- Badii, M. H., & Landeros, J. (2015). Plaguicidas que afectan a la salud humana y la sustentabilidad. Cultura Científica y Tecnológica. CULCyT, (19).
- Barahona, V. (2019). Efecto de las notificaciones emitidas por desviaciones en el límite máximo de residuos de pesticidas sobre el valor monetario y volumen: El caso de las exportaciones de frutas y vegetales de Latinoamérica hacia la Unión Europea. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras. Noviembre, 2019.
- Bravo, V., De la Cruz, E., Herrera, G., & Ramírez, F. (2013). Uso de plaguicidas en cultivos agrícolas como herramienta para el monitoreo de peligros en salud. Revista Uniciencia, 27(1). Costa Rica.

- Camacho Quijano, Marco René (2018). Determinación de la genotoxicidad por exposición a plaguicidas en el personal agrícola mediante la técnica de ensayo cometa. [Tesis de licenciatura, Universidad Central de Ecuador]. Repositorio digital.
- Cantín Galindo, S., Roca Vela, M. Á., Herrer Mambrona, P., Frutos Pérez-Surio, A. J., Carcas de Benavides, M. C. (2016). Investigación de residuos de plaguicidas en frutas, verduras y hortalizas y cereales en la Comunidad Autónoma de Aragón durante el periodo 2010-2013. *Rev. Toxicol*, (33),44-49.
- Capacho, J. R., & Nieto Bernal, W. (2017). Diseño de bases de datos. Editorial Universidad del Norte.
- Castillo, L. E., Ruedert, C., Ramírez, F., Wendel, B. V., Bravo, V., De la Cruz, E. (2012). Plaguicidas y otros contaminantes. Repositorio Conare Estado de la Nación. Consultado el 26 de mayo 2022.
- Cerdas, R., Céspedes, C., & Cortés, M. (2017). Los laboratorios de innovación desde una perspectiva de Gobierno Abierto. *Proinnova UCR*. 1(27).
- Chacón Araya, K. (2019). Agricultura y sostenibilidad ambiental en Costa Rica (Informe n° 1). Estado de la Nación en Desarrollo Humano Sostenible, San José 2019.
- Cid Cruz, J. A. (2020). Diseño de información mediada informáticamente en laboratorios de medios digitales. [Tesis de Doctorado, Universidad Autónoma del Estado de México]. Repositorio Institucional.
- CODEX ALIMENTARIUS. (2018). Comisión del CODEX Alimentarius Manual de Procedimiento. Secretaría del Programa Conjunto FAO/OMS sobre Normas Alimentarias, FAO, Roma. Consultado el 25 de mayo 2021.

- Curillo Dávila, S. G. (2015). Análisis de residuos de plaguicidas químicos en alimentos de consumo humano con la metodología de laboratorio ELISA. [Tesis de licenciatura, Universidad San Francisco de Quito, Colegio de Ciencias e Ingenierías]. Repositorio Institucional.
- Durán, V. B., de la Cruz Malavassi, E., Ledezma, G. H., & Muñoz, F. R. (2013). Uso de plaguicidas en cultivos agrícolas como herramienta para el monitoreo de peligros en salud. Uniciencia. Consultado el 27 de mayo 2022.
- EFSA. (2020). The 2018 European Union report on pesticide residues in food. European Food Safety Authority (EFSA), Parma, Italy.
- EIPaís.cr. (15 de noviembre 2019). MAG invirtió €927 millones para optimizar detección de plaguicidas. EIPaís.cr.
- EPA (2020). Basic Information about Pesticide Ingredients. Environmental Protection Agency.
- European Commission. (2020). RASFF – Food and Feed Safety Alerts.
- European Commission. (2019). RASFF – The Rapid Alert System for Food and Feed – 2018 annual report. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2019.
- FAO. (2009). Glosario de Agricultura Orgánica. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma, 2009
- FAO/OMS. (2013). Pesticide residues in food. FAO/WHO Meeting on Pesticide Residues. Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la agricultura, Roma, Italia.
- FAO. (2014). Aspectos generales del Convenio de Rotterdam.
- Fürst, P., Milana, M. R., Pfaff, K., Tlustos, C., Vleminckx, C., Arcella, D., ... & Torres, R. R. (2019). Risk evaluation of chemical contaminants in food in the context

of RASFF notifications: Rapid Assessment of Contaminant Exposure tool (RACE). EFSA Supporting Publications, 16(5), 1625E.

Gallach, FS (2020). Diagrama de Pareto y Lean Manufacturing. Cuadernos de investigación aplicada. Consultado el 28 de mayo 2022.

Golik, S. I. (2017). Manual de buenas prácticas agrícolas. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Universidad Nacional de la Plata. Primera edición.

Hernández, Y. R. S. (2017). Efectos toxicológicos de diversos grupos químicos de plaguicidas. Instituto Mexicano del Seguro Social, junio 2017

Huérffano Barco, I. M., & Guerrero Dallos, J. A. (2018). Método cualitativo rápido (screening) para ladetección de residuos de plaguicidas en frutas y hortalizas. Revista Colombiana de Química, 47(1), 16-26; 2018.

Insumosys. (s.f). Sistema SFE Insumos Módulo de Consulta de Fertilizantes y Plaguicidas. Servicio Fitosanitario del Estado. Consultado el 16 de mayo de 2020.

Jiménez Sierra, D. H., & Quiroga Cepeda, J. E. (2016). Evaluación de seguridad de los límites máximos de residuos (LMR) de plaguicidas organofosforados carbamatos y piretroides por el consumo de alimentos en Colombia.

López Ruiz, R. (Diciembre 2020). Estrategias para el estudio de plaguicidas específicos y sus metabolitos mediante espectrometría de masas de alta resolución. Universidad de Almería. Consultado el 30 de mayo 2022.

López Sánchez, A. D. (2019). Validación del método de extracción QuEChERS modificado para la determinación de plaguicidas en suelo. (Tesis de Grado). Universidad de Almería. Facultad de Ciencias Experimentales. Almería España.

- Mangas Iris. (2016). El desafío del uso seguro de plaguicidas agrícolas. *Agronomía Forestal UC. Revista N° 53 – 26 - 31.*
- Marí, J. M. (2019). Biocidas y disrupción endocrina, más allá de la identificación y evaluación de las materias activas. *Revista de Salud Ambiental, 19, 20-21.*
- Martínez. M. A. (2011). Consecuencias ambientales del uso de pesticidas. Departamento de Química Biológica. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, UBA. Argentina. Vol. 21.
- Mazzarella, D. (2016). Informe: Residuos de Productos Fitosanitarios. Criterios Regulatorios Locales e Internacionales. Serie de Informes Especiales ILSI Argentina. Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina.
- Morera, I. (2016). Identificación de principios activos de plaguicidas en frutas, hortalizas y granos básicos en Costa Rica: Una propuesta para la implementación de nuevas metodologías de análisis. *Pensamiento Actual. Vol. 15 – No. 25. 1 - 17.*
- Navas, I., & García-Fernández, A. J. (2020). Plaguicidas y biocidas: Generalidades, clasificación toxicológica y de riesgos, legislación europea aplicable. Área de Toxicología, Departamento de Ciencias Sociosanitarias, Facultad de Veterinaria, Universidad de Murcia.
- NPIC. (2019, 15 de abril). ¿Qué pasa con los pesticidas liberados en el medio ambiente? NPIC.
- O'Neal K (2019, 02 de diciembre) El maíz criollo resiste gracias al esfuerzo de los campesinos. Universidad de Costa Rica. Consultado el 21 de mayo 2022.
- Ongley, E. D. (2018). Lucha contra la contaminación agrícola de los recursos hídricos. FAO 1997. (Estudio FAO Riego y Drenaje - 55).

- Perestrelo, R., Silva, P., Porto-Figueira, P., Pereira, J. A., Silva, C., Medina, S., & Câmara, J. S. (2019). QuEChERS-Fundamentals, relevant improvements, applications and future trends. *Analytica chimica acta*. Volume 1070, 1-28.
- PIMA. (2016). Análisis del consumo de frutas, hortalizas, pescado y mariscos en los hogares costarricenses. Programa Integral de Mercadeo Agropecuario (PIMA). Dirección de Estudios y Desarrollo de Mercados.
- PNUD (2022, 26 de mayo 2022) ONU alerta a Costa Rica sobre alto costo del uso plaguicidas en la salud. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. Consultado el 31 de mayo 2022.
- Poder Ejecutivo. (1997, 02 de mayo). Ley de Protección Fitosanitaria. Diario Oficial la Gaceta N° 83.
- Poder Ejecutivo. (1998a, 19 de mayo). DECRETO N° 27773-MAG-S-TSS. Diario Oficial La Gaceta N° 70.
- Poder Ejecutivo. (1998b, 19 de mayo). Decreto N° 27683 MAG MEIC S NORMA RTCR 357:1997. Laboratorio para el análisis de residuos de sustancias químicas y biológicas de uso en la agricultura para consumo humano y animal. Diario Oficial La Gaceta N° 48.
- Poder Ejecutivo. (2009, 28 de abril). RTCR 424-2008. Reglamento Técnico de Límites Máximos de Residuos de Plaguicidas en Vegetales.
- Poder Ejecutivo. (2014, 04 de diciembre). Decreto Ejecutivo N° 38713-MAG-S-MINAE-MTSS. Diario Oficial La Gaceta N° 234.
- Poder Ejecutivo. (2016, 29 de noviembre). Reglamento Técnico: "RTCR 484:2016. Insumos Agrícolas. Plaguicidas Sintéticos Formulados, Ingrediente Activo Grado Técnico Coadyuvantes y Sustancias Afines de Uso Agrícola. Registro, Uso y Control. Diario Oficial La Gaceta N° 9.

- Pomareda, F. (2022, 18 de mayo) PNUD: Costa Rica usa hasta 8 veces más plaguicidas que los demás países OCDE de América. Semanario Universidad. Consultado el 25 de mayo 2022.
- Popp, J; Peto, K; Nagy, J. (2013). Pesticide productivity and food security. A review. Agronomy for Sustainable Development.
- Presidencia de la República de Costa Rica. (2017, 12 de enero). NUEVO REGLAMENTO PARA EL REGISTRO DE PLAGUICIDAS. Agricultura, Comunicados Economía Legislativo, 12 enero 2017, 1 Minuto de lectura.
- Rojas-Cabezas, E. (2016). Prohibición y restricción en el uso y comercialización de plaguicidas agrícolas en Costa Rica. Agronomía Costarricense, 40(1), 89-105.
- Rozas González, J. (2016). Notificaciones por violación a requisitos sanitarios, fitosanitarios y técnicos en exportaciones hortofrutícolas latinoamericanas. Universidad de Chile Instituto de Estudios Internacionales
- Segura, A. (2017). Optimización y puesta a punto de métodos para la determinación de plaguicidas organoclorados mediante técnicas cromatográficas. Automatización de métodos. Universidad de Alicante. Escuela Politécnica Superior.
- SEPSA. (2021). Boletín Estadístico Agropecuario N° 30. Secretaría Ejecutiva de Planificación Sectorial Agropecuaria. Área de Estudios Económicos e Información (AEEI). San José, Costa Rica.
- SFE. (2017). Plaguicidas en Costa Rica. San José: Servicio Fitosanitario del Estado, Ministerio de Agricultura y Ganadería. San José, Costa Rica.
- SFE. (2018a). ¿Qué hace el Servicio Fitosanitario del Estado?
- SFE. (2018b). Registro de insumos agrícolas y equipos de aplicación.

- SFE. (2018c). Análisis de Laboratorio en el SFE.
- SFE. (2019). Productos prohibidos en Costa Rica. Servicio Fitosanitario del Estado (SFE). San José, Costa Rica. Consultado el 15 de mayo de 2020.
- SFE. (s.f). Análisis de Laboratorio en el SFE. Servicio Fitosanitario del Estado. Consultado el 14 de mayo de 2020.
- SFE. (s.f). Consulta General de Importación y Exportación de Agroquímicos, Equipos de Aplicación y Controladores Biológicos. Servicio Fitosanitario del Estado. Consultado el 17 de mayo de 2020.
- Sotelo Vásquez, D. L. (2018). Toxicidad aguda de tres plaguicidas (Butaclor, Oxicloruro de cobre y Clorpirifos) sobre el anfípodo bentónico marino *Apothyale grandicornis* (Kroyer, 1845) (Crustacea: Hyalidae).
- Taghouti, I., Gómez, V. D. M., & Selva, M. L. M. (2016). Medidas sanitarias y fitosanitarias en las importaciones agroalimentarias de la Unión Europea: los efectos reputación a lo largo del tiempo. *Economía agraria y recursos naturales*, 16(2), 69-88.
- Tapia, C; Vega, T. C; & Rojas, C. (2015). Implementación del laboratorio clínico moderno. *Revista Médica Clínica Las Condes*, 26(6), 794-801.
- Torri, S. I. (2016). Dinámica de los plaguicidas en los agroecosistemas. Universidad de Buenos Aires, Argentina. Agosto 2016.
- UNA-IRET. (2018). Base de datos: Manual de plaguicidas en Centroamérica. Universidad Nacional de Costa Rica (UNA). Instituto Regional de Estudios en Sustancias Tóxicas (IRET).
- Velasco Trejo, J. A. (2017). Estudio de los mecanismos de degradación de DDT y sus intermediarios en suelos contaminados mediante labio estimulación de poblaciones microbianas para proponer estrategias de remediación (tesis de

Doctorado, Universidad Autónoma Metropolitana de México). Casa abierta al tiempo.

Wolansky, M. J (2011). Plaguicidas y la salud humana. Departamento de Química Biológica. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, UBA. Argentina. Vol. 21.

Xirinachs Salazar, Y. (2017). Costa Rica a 10 años del CAFTA: efectos sobre las exportaciones, la inversión extranjera directa y el consumo privado.

Anexos

Anexo I. Productos que Costa Rica importa de los diez países de mayor valor de importaciones agropecuarias

Brasil	arroz, café, frijol, maíz, maní, manzana
Canadá	alpiste, arveja, avena, cebada, frijol, garbanzo, guisantes, lenteja, linaza, lino, mijo, mostaza, papa, soya, trigo
Chile	aguacate, arándano, avena, cereza, ciruela, durazno, kiwi, limón, mandarina, manzana, melocotón, naranja, nectarina, pera, pomelo, uva
China	ajo, frijol, maní
Colombia	aguacate, arándano, café, cebolla, frijol, granadilla, guayaba, hongo, pitahaya
España	albahaca, arroz, cereza, ciruela, durazno, hinojo, jamaica, kaki, kiwi, limón, mandarina, manzana, melocotón, mostaza, naranja, nectarina, pera, pomelo, uva
Estados Unidos	ajonjolí, albahaca, albaricoque, alfalfa, arándano, arroz, avena, brócoli, calabaza, cebolla, cereza, chía, ciruela, culantro, cúrcuma, durazno, echalote, frijol, garbanzo, granada, kiwi, lechuga, lenteja, lino, maíz, maní, manzana, melocotón, mostaza, nectarina, papa, pera, pimienta, rábano, remolacha, repollo, soya, tomate, trigo, uva
Guatemala	aguacate, ajonjolí, arroz, arveja, café, cardamomo, chile, elote, frijol, jamaica, maíz, mora, remolacha, repollo, tamarindo, zanahoria
México	achicoria, ajonjolí, arándano, arroz, azahar, brócoli, café, chía, chile, durazno, escarola, espárrago, frijol, garbanzo, lechuga, limón, maíz, mandarina, mango, naranja, pepino, quinoa, tomate, uva, zanahoria
Nicaragua	aguacate, ajonjolí, café, camote, cebolla, chayote, coco, frijol, guayaba, jengibre, jocote, malanga, mango, maní, naranja, pitahaya, plátano, sandía, tamarindo, tomate, yuca

Fuente: SEPSA 2021 y elaboración propia.

Anexo II. Uso aparente en kilogramos de los ingredientes activos para formulación de plaguicidas en los años 2019 y 2020.

Ingrediente activo	Uso aparente 2019	Ingrediente activo	Uso aparente 2020
2,4-D	564 912,80	2,4-D	197 761,38
Abamectina	839,4	Abamectina	-440,83
Acefato	5 472,30	Acefato	13 595,00
Acetamiprid	2,5	Acetamiprid	90
Acetoclor	-1 620,00	Acetoclor	1 980,00
Acibenzolar-S-Metil	40	Acibenzolar-S-Metil	180
Alfa Cipermetrina	480	Alfa Cipermetrina	720
Ametrina	41 947,52	Ametoctradin	-1 470,00
Aminopyralid	2 267,12	Ametrina	281 116,09
Amitraz	0	Aminopyralid	2485,04
Amonio Cuaternario	204	Anilofos	11549,12
Anilofos	3 706,48	Asulam	2 947,20
Asulam	2 800,00	Atrazina	-6 023,93
Atrazina	2 835,00	Azoxistrobina	15 946,18
Azadirachtina	14,69	Benfuracarb	68053
Azoxistrobina	5 016,00	Benomil	12 708,13
Benfuracarb	66 316,00	Bentazon	57 632,96
Benomil	10 500,00	Benzoato de Emamectina	109,98

Bentazon	49 318,40	Betaciflutrina	61,38
Benzoato de Emamectina	141,88	Bifentrina	2107,76
Betaciflutrina	55,25	Bispiribac de Sodio	4915,72
Bifentrina	3 902,35	Boscalid	-69,04
Bispiribac de Sodio	2 408,00	Brodifacouma	1,51
Boscalid	10 750,81	Bromadiolona	0,41
Brodifacouma	2,13	Buprofezin	622,51
Bromacil	0	Butaclor	42180
Bromadiolona	1,05	Cadusafós	36717
Buprofezin	24 226,52	Captan	11 420,00
Butaclor	23 152,39	Carbaril	164 642,60
Cadusafós	174 936,00	Carbendazina	112 540,63
Captan	20 240,00	Carbosulfán	2 531,50
Carbaril	78 564,00	Carboxín	1 810,00
Carbendazina	25 488,59	Carfentrazone - Etil	914,33
Carbosulfán	1 750,00	Cartap	1 250,00
Carboxín	0	Chlorflurenol	161,89
Carfentrazone - Etil	510,72	Ciflutrina	70,77
Cartap	1 025,00	Cihalofop - butil	810,00
Cihalofop - butil	1 368,00	Cimoxanil	3 336,05
Cimoxanil	2 607,28	Cipermetrina	39 020,05
Cipermetrina	58 692,56	Ciproconazol	6 207,20

Ciproconazol	3 876,40	Ciromazina	390,00
Ciromazina	261	Cletodim	2400
Cletodim	6 096,00	Clofentizina	-129,50
Clofentizina	315	Clomazona	-4845,66
Clomazona	26 258,26	Clorfenapir	-22 686,73
Clorfenapir	410,4	Cloropicrina	5829,12
Clorhidrato de Oxitetraciclina	139,04	Clorotalonil	599154,31
Cloropicrina	2 914,56	Clorpirifós	141 104,17
Clorotalonil	1 039 656,52	Cyazofamid	320,00
Clorpirifós	109 981,67	Dazomet	13 638,20
Cromafenozida	57	Deltametrina	2262,99
Cyazofamid	160	Diafentiuron	138
Dazomet	19 788,00	Diazinón	838 065,27
Deltametrina	2 047,57	Dicloropropeno	54 773,89
Diafentiuron	204	Difacinona	0,6
Diazinón	540 544,60	Difenoconazol	16 555,10
Dicloropropeno	74 644,75	Diflubenzurón	2 485,38
Diclorvós	34 500,00	Dimetoato	44 000,43
Difacinona	0	Dimetomorf	2235,02
Difenoconazol	40 877,30	Diquat	24 252,40
Diflubenzurón	2 372,74	Diurón	350 993,95
Dimetoato	72 078,49	Epoxiconazol	13 307,96

Dimetomorf	15 223,80	Estreptomicina	474,08
Diquat	60 104,60	Etefón	86 921,82
Diurón	121 278,58	Etoprofós	237 053,59
Epoxiconazol	15 542,50	Etoxisulfurón	2 270,40
Estreptomicina	967,5	Etridiazol	45,72
Ethaboxam	160	Famoxadona	766,8
Etoprofós	368 782,74	Fenamidona	808,77
Etoxisulfurón	477	Fenamifós	98551,16
Etridiazol	143,61	Fenpropidin	52500
Famoxadona	493,2	Fenpropimorf	51796,52
Fenamidona	915,74	Fenpyroximate	36
Fenamifós	49 374,43	Ferbam	35 682,00
Fenoxaprop-P-Etil	44,1	Fipronil	1625,6
Fenpropidin	27 300,00	Flocoumafen	2,50
Fenpropimorf	174 767,12	Fluazifop-P-Butil	2 170,96
Fenpyroximate	18	Fludioxonil	4689,6
Ferbam	22 412,40	Fluopicolide	727,08
Fipronil	857,2	Fluroxipir	771,57
Flocoumafen	1,56	Flutolanil	3315
Fluazifop-P-Butil	4 539,00	Fluxapiroxad	9 617,22
Fludioxonil	4 721,64	Folpet	2 227,20
Fluopicolide	293,75	Forato	2397,07

Fluopiram	8 498,00	Fosetil-Al	63 077,55
Fluosilicato de Sodio	4 350,00	Gentamicina	110,00
Fluroxipir	9 183,88	Glifosato	1 028 184,14
Flutolanil	1 545,00	Glufosinato de Amonio	85 201,76
Fluxapiroxad	5 319,00	Halosulfurón Metil	147,00
Folpet	4 891,20	Haloxifop-Metil	3 986,24
Fomesafen	900	Hexaconazol	6748,88
Forato	51 336,87	Hexazinona	42 820,50
Fosetil-Al	152 571,43	Hexitiazox	70,00
Gentamicina	250	Hidrametilnon	930,46
Glifosato	296 556,13	Imazalil	-1 387,50
Glufosinato de Amonio	44 922,36	Imazapic	215,76
Halosulfurón Metil	156	Imazapir	890,86
Haloxifop-Metil	3 584,40	Imidaclopid	38 448,43
Hexaconazol	-175	Indaziflam	600
Hexazinona	36 210,00	Indoxacarb	336,75
Hexitiazox	80	Iprodiona	1620
Hidrametilnon	550	Isoprotiolano	4800
Imazalil	3 372,00	Isoxaflutole	302,25
Imazamox	21	Kasugamicina	1386
Imazapic	160,85	Kresoxim-metil	487,5
Imazapir	1 428,59	Lambda- Cihalotrina	11 366,43

Imidacloprid	126 431,25	Linurón	1 800,75
Indoxacarb	1 166,25	Lufenurón	50,40
Iprodiona	900	Malatión	-9595,85
Isoprotilano	0	Mancozeb	5235179,13
Isoxaflutole	562,5	Mcpa	12918,69
Kasugamicina	802,75	Metalaxil	30732,74
Kresoxim-metil	0	Metalaxil M	3844,88
Lambda- Cihalotrina	983,16	Metaldehido	954,1
Linurón	11 299,25	Metam Sodio	92 040,22
Lufenurón	58,56	Metamidofós	5760
Malatión	-712 369,50	Metil Tiofanato	13 004,28
Mancozeb	7 221 637,62	Metiram	-38 869,87
Mcpa	8 696,88	Metomil	6 404,00
Metalaxil	25 200,86	Metoxifenoazida	1 624,32
Metalaxil M	2 110,40	Metribuzin	1 153,92
Metaldehido	1 371,80	Metsulfuron Metil	4 835,55
Metam Sodio	129 450,24	Miclobutanil	1 254,24
Metamidofós	16 600,00	Msma (metano- arsonato monosódico)	48 528,00
Metconazol	0	Naled	31148,55
Metil Tiofanato	26 655,55	Nicosulfuron	-73,88
Metiram	29 232,18	Novalurón	3 065,20
Metomil	3 193,00	Oleato Cúprico	525,84

Metoxifenoazida	983,04	Ortofenilfenol de Sodio	301,6
Metribuzin	1 319,04	Oxamil	176 423,39
Metsulfuron Metil	-190 469,25	Oxifluorfén	37 489,78
Miclobutanil	1 011,76	Oxitetraciclina	377,41
Milbemectina	5,7	Paclobutrazol	549
Msma (metano- arsonato monosódico)	41 472,00	Paraquat	337 296,40
Naled	1 410,89	Pendimetalina	42 820,90
Nicosulfuron	0	Permetrina	2500
Novalurón	1 448,00	Picloram	-38 240,53
Octaborato De Sodio	-591	Pimetrozina	1590
Oxadiargil	576	Piperofos	-200
Oxadiazón	-84 198,50	Piraclostrobin	8 925,68
Oxamil	171 181,24	Pirazosulfuron Etil	397,70
Oxifluorfén	16 969,90	Pirimetanil	34 201,30
Oxitetraciclina	846,75	Pirimifós metil	288
Paraquat	-391 985,38	Piriproxifén	5 873,59
Pencycuron	0	Pretilaclor	11010
Pendimetalina	57 050,89	Procloraz	43 091,30
Permetrina	2 653,60	Profenofós	7 234,00
Picloram	-63 136,92	Profoxidim	128,00
Pimetrozina	1 556,00	Propamocarb	16 919,88
Piperofos	0	Propanil	170246,18

Piraclostrobin	7 783,28	Propaquizafop	133,30
Pirazosulfuron Etil	592,5	Propiconazol	61387,37
Pirimetanil	84 624,00	Propineb	199 568,50
Pirimifós metil	138	Quinclorac	533,83
Piriproxifén	4 460,00	Quintoceno (PCNB)	3 102,57
Pretilaclor	6 000,00	Quizalofop -P-Etil	15 718,58
Procloraz	12 464,70	Saflufenacil	654,70
Profenofós	5 456,00	S-Metolachlor	2 496,00
Profoxidim	420	Spinosad	506,01
Propamocarb	12 550,72	Spiromesifén	597,60
Propanil	54 389,28	Spirotetramato	2 434,80
Propaquizafop	420	Spiroxamina	30115,2
Propargita	360	Sulfluramida	130,88
Propiconazol	-95 135,46	Sulfoxaflor	1 103,04
Propineb	69 755,50	TCMTB	-1 049,33
Pyribenzoxim	40	Tebuconazol	15979,97
Quinclorac	1 474,75	Teflubenzuron	155,97
Quintoceno (PCNB)	2 071,00	Terbufós	38 916,45
Quizalofop -P-Etil	761,2	Terbutilazina	8172,78
Saflufenacil	329,7	Terbutrina	83730
Setoxidin	0	Thifluzamide	725,76
S-Metolachlor	2 653,44	Tiabendazol	2 598,00

Spinetoram	0	Tiacloprid	491
Spinosad	564,52	Tiametoxán	5245,57
Spiromesifén	1 334,40	Tiobencarb	14 246,00
Spirotetramato	3 412,80	Tiodicarb	126,00
Spiroxamina	56 448,00	Tiram	2 400,00
Sulfato de Estreptomicina	1 386,45	Tolclofos Metil	1 000,00
Sulfuramida	97,5	Triadimefón	500
TCMTB	7 176,08	Triadimenol	1 616,66
Tebuconazol	25 209,17	Triazofós	-1 367,96
Teflubenzuron	-694,8	Triciclazol	1192,5
Terbufós	248 523,47	Triclopir	54 585,83
Terbutilazina	17 910,00	Trifloxiestrobina	4 857,92
Terbutrina	40 380,00	Trinexapac-Etil	700,00
Tetradifón	432	Validamicina A	2770
Thifluzamide	240	Zetacipermetrina	2756,4
Tiabendazol	8 123,00	Ziram	7 600,00
Tiacloprid	442	Total general (kg)	11 931 170,85
Tiametoxán	4 407,54		
Tiociclam Hidrogenoxalato	-12 700,00		
Tiobencarb	14 229,24		
Tiodicarb	173,7		
Tiram	4 233,60		

Tolclofos Metil	3 000,00
Triadimefón	1 525,00
Triadimenol	90 607,00
Triazofós	-692,4
Triciclazol	450
Triclopir	37 443,33
Tridemorf	0
Trifloxiestrobina	691,8
Trifloxisulfuron	0
Validamicina A	1 600,00
Zetacipermetrina	4 980,00
Ziram	15 200,00
Total general (kg)	11 866 016,74

Fuente: SICOIN 2021.

Nota. Los datos en negativo indican que en ese año se exportó una cantidad mayor a la que se había importado; tomando lo faltante de años anteriores. Datos en cero significan que no se utilizó.

Anexo III. Lista de plaguicidas analizados por el LRE en el año 2021

2-Fenilfenol	Dietofencarb	Heptacloro	Pendimetalina
3-Ceto carbofurano	Difenilamina	Heptacloro epoxido cis	Pentacloroanilina
3-Hidroxi carbofurano	Difenoconazol	Hexaclorobenceno	Permetrina
Acefato	Diflubenzuron	Hexaconazol	Picloram
Acetamiprid	Dimetoato	Hexazinona	Pimetrozina

Acetocloro	Dimetomorfo	Hexitiazox	Piraclostrobina
Acrinatrina	Diniconazol	Imazalil	Piridabén
Alacloro	Disulfotón	Imazapic	Pirimetanil
Aldicarb	Diurón	Imazapir	Pirimicarb
Aldicarb Sulfona	Edifenfós	Imidacloprid	Pirimicarb desmetil
Aldicarb Sulfóxido	Endosulfán alfa	Indoxacarbo	Pirimifós-metil
Aldrín	Endosulfán beta	Iprobenfós	Piriproxifén
Ametrina	Endosulfán sulfato	Iprodiona	Procimidona
Atrazina	Endrín	Iprovalicarb	Procloraz
Azinfós-metilo	Epoconazol	Isazofós	Profenofós
Azoxistrobina	Espinetoram	Isocarbofós	Profluralina
BAC 10	Espinosad	Isofenfós	Prometon
BAC 12	Espirodiclofeno	Isofenfós metil	Propamocarb
BAC 14	Espiromesifeno	Isoprotiolan	Propanil
BAC 16	Espiroxamina	Kresoxim-Metilo	Propargita
Benalaxil	Etión	Lambda Cihalotrina	Propetanfós
Bendiocarbo	Etirimol	Lindano	Propiconazol
Benfuracarb	Etofenprox	Linurón	Propizamida
Bifentrina	Etoprofós	Lufenurón	Propoxur
Bitertanol	Fenamifós	Malaoxón	Protiofós
Boscalida	Fenamifós sulfona	Malatión	Quinoxifeno
Bromacilo	Fenamifós Sulfóxido	Mandipropamid	Quintoceno (PCNB)

Bromopropilato	Fenarimol	Mepanipirina	Quizalofop-p-etil
Bromuconazol	Fenazaquina	Metalaxilo	Rotenona
Bupirimato	Fenbuconazol	Metamidofós	Simacina
Buprofecina	Fenitrotión	Metconazol	Tau-Fluvalinato
Butacloro	Fenoxicarb	Metidati3n	Tebuconazol
Butilato	Fenpiroximato	Metiocarb	Tebufenocida
Cadusaf3s	Fempropatrina	Metiocarb sulf3xido	Tebufenpirad
Carbaril	Fenpropimorf	Metomilo	Teflutrina
Carbendazina	Fenti3n	Metoxicloro	Terbuf3s
Carbofurano	Fenti3n-oxon	Metoxifenzida	Terbutilacina
Ciflutrin	Fenti3n-oxon sulfona	Mevinf3s	Terbutrina
Cimoxanilo	Fenti3n-oxon sulf3xido	Miclobutanil	Tetraconazol
Cipermetrina	Fenti3n sulfona	Molinato	Tetradif3n
Ciproconazol	Fenti3n sulf3xido	Monocrotof3s	Tetrametrina
Ciprodinil	Fentoato	Novalur3n	Tiabendazol
Cletodim	Fenvalerato - Esfenvalerato	o,p'-DDT	Tiacloprid
Clofentezina	Fipronil	Ometoato	Tiametoxam
Clorantraniliprole	Fluacifop-p-butil	Oxadiaz3n	Tiodicarb
Clorfenapir	Fludioxonilo	Oxadixilo	Tiofanato-metilo
Clorfenvinf3s	Flufenoxur3n	Oxamil	Tolclofos-metil
Clorobenzilato	Fluopiram	Oxidemet3n-metilo	Tolifluanida
Clorotalonil	Fluquinconazol	Oxifluorf3n	Triclorf3n

Clorpirifós	Flusilazol	p,p'-DDD	Triadimefón
Clorpirifós metil	Flutolanil	p,p'-DDE	Triadimenol
Clorprofam	Flutriafol	p,p'-DDT	Trifloxistrobina
Clotianidina	Forato	Paclobutrazol	Triflumurón
DDAC	Formetanato	Paraoxón-metilo	Trifluralina
Deltametrin	Fosalón	Paratión	Triticonazol
Diazinón	Fosmet	Paratión-metilo	Vinclozolina
Diclorán	Fostiazato	Pencicurón	Zoxamida
Dieldrín	Foxim	Penconazol	

Fuente: Laboratorio de Análisis de Residuos de Agroquímicos 2021.

Anexo IV. Uso aparente en kilogramos de ingrediente activo importado a Costa Rica que no están siendo analizados por el LRE

Año 2019		Año 2020	
Ingrediente activo	Kilogramos	Ingrediente activo	Kilogramos
Mancozeb	7 221 637,62	Mancozeb	5 235 179,13
2,4-D	564 912,80	Glifosato	1 028 184,14
Glifosato	296 556,13	Paraquat	337 296,40
Fosetil-Al	152 571,43	Propineb	199 568,50
Metam Sodio	129 450,24	2,4-D	197 761,38
Dicloropropeno	74 644,75	Metam Sodio	92 040,22
Propineb	69 755,50	Etefón	86 921,82
Estreptomycin	60 104,60	Glufosinato de Amonio	85 201,76
Bentazon	49 318,40	Fosetil-Al	63 077,55

Glufosinato de Amonio	44 922,36	Bentazon	57 632,96
Msma	41 472,00	Dicloropropeno	54 773,89
Triclopir	37 443,33	Triclopir	54 585,83
Diclorvós	34 500,00	Fenpropidin	52 500,00
Metiram	29 232,18	Msma	48 528,00
Fenpropidin	27 300,00	Ferbam	35 682,00
Clomazona	26 258,26	Naled	31 148,55
Ferbam	22 412,40	Diquat	24 252,40
Captan	20 240,00	Tiobencarb	14 246,00
Dazomet	19 788,00	Dazomet	13 638,20
Ziram	15 200,00	Mcpa	12 918,69
Tiobencarb	14 229,24	Benomil	12 708,13
Benomil	10 500,00	Anilofos	11 549,12
Fluroxipir	9 183,88	Captan	11 420,00
Mcpa	8 696,88	Pretilaclor	11 010,00
TCMTB	7 176,08	Fluxapiroxad	9 617,22
Pretilaclor	6 000,00	Ziram	7 600,00
Fluxapiroxad	5 319,00	Cloropicrina	5 829,12
Zetacipermetrina	4 980,00	Bispiribac de Sodio	4 915,72
Folpet	4 891,20	Metsulfuron Metil	4 835,55
Fluosilicato de Sodio	4 350,00	Haloxifop-Metil	3 986,24
Tiram	4 233,60	Metalaxil M	3 844,88
Anilofos	3 706,48	Asulam	2 947,20
Haloxifop-Metil	3 584,40	Validamicina A	2 770,00
Spirotetramato	3 412,80	Zetacipermetrina	2 756,40

Cloropicrina	2 914,56	Carbosulfán	2 531,50
Asulam	2 800,00	S-Metolachlor	2 496,00
S-Metolachlor	2 653,44	Aminopyralid	2 485,04
Bispiribac de Sodio	2 408,00	Spirotetramato	2 434,80
Diquat	2 372,74	Tiram	2 400,00
Aminopyralid	2 267,12	Etoxisulfurón	2 270,40
Metalaxil M	2 110,40	Folpet	2 227,20
Carbosulfán	1 750,00	Carboxín	1 810,00
Validamicina A	1 600,00	Kasugamicina	1 386,00
Quinclorac	1 474,75	Cartap	1 250,00
Naled	1 410,89	Triciclazol	1 192,50
Sulfato de Estreptomicina	1 386,45	Metribuzin	1 153,92
Metaldehido	1 371,80	Sulfoxaflor	1 103,04
Cihalofof - butil	1 368,00	Metaldehido	954,10
Metribuzin	1 319,04	Hidrametilnon	930,46
Cartap	1 025,00	Carfentrazone - Etil	914,33
Etefón	967,50	Cihalofof - butil	810,00
Fenamidona	915,74	Fenamidona	808,77
Fomesafen	900,00	Fluroxipir	771,57
Oxitetraciclina	846,75	Famoxadona	766,80
Abamectina	839,40	Fluopicolide	727,08
Kasugamicina	802,75	Thifluzamide	725,76
Pirazosulfuron Etil	592,50	Alfa Cipermetrina	720,00
Oxadiargil	576,00	Trinexapac - Etil	700,00
Isoxaflutole	562,50	Saflufenacil	654,70

Hidrametilnon	550,00	Indaziflam	600,00
Carfentrazone - Etil	510,72	Quinclorac	533,83
Famoxadona	493,20	Oleato Cúprico	525,84
Alfa Cipermetrina	480,00	Estreptomicina	474,08
Etoxisulfurón	477,00	Pirazosulfuron Etil	397,70
Triciclazol	450,00	Ciromazina	390,00
Profoxidim	420,00	Oxitetraciclina	377,41
Propaquizafop	420,00	Cyazofamid	320,00
Saflufenacil	329,70	Isoxaflutole	302,25
Fluopicolide	293,75	Ortofenilfenol de sodio	301,60
Ciromazina	261,00	Acibenzolar-S-Metil	180,00
Gentamicina	250,00	Chlorflurenol	161,89
Thifluzamide	240,00	Teflubenzuron	155,97
Diafentiuron	204,00	Halosulfurón Metil	147,00
Cyazofamid	160,00	Diafentiuron	138,00
Ethaboxam	160,00	Propaquizafop	133,30
Halosulfurón Metil	156,00	Sulfloramida	130,88
Etridiazol	143,61	Profoxidim	128,00
Benzoato de Emamectina	141,88	Gentamicina	110,00
Clorhidrato de Oxitetraciclina	139,04	Benzoato de Emamectina	109,98
Sulfloramida	97,50	Betaciflutrina	61,38
Cromafenozida	57,00	Etridiazol	45,72
Betaciflutrina	55,25	Flocoumafen	2,50
Fenoxaprop-P-Etil	44,10	Brodifacouma	1,51

Acibenzolar-S-Metil	40,00	Difacinona	0,60
Pyribenzoxim	40,00	Bromadiolona	0,41
Imazamox	21,00	Amitraz	0,00
Azadirachtina	14,69	Azadirachtina	0,00
Milbemectina	5,70	Clorhidrato de Oxitetraciclina	0,00
Brodifacouma	2,13	Cromafenozida	0,00
Flocoumafen	1,56	Diclorvós	0,00
Bromadiolona	1,05	Ethaboxam	0,00
Ametoctradin	0,00	Fenoxaprop-P-Etil	0,00
Amitraz	0,00	Fluosilicato de Sodio	0,00
Carboxín	0,00	Fomesafen	0,00
Chlorflurenol	0,00	Imazamox	0,00
Difacinona	0,00	Milbemectina	0,00
Indaziflam	0,00	Octaborato De Sodio	0,00
Nicosulfuron	0,00	Oxadiargil	0,00
Oleato Cúprico	0,00	Pyribenzoxim	0,00
Ortofenilfenol de sodio	0,00	Setoxidin	0,00
Piperofos	0,00	Sulfato de Estreptomicina	0,00
Setoxidin	0,00	Tiociclám Hidrogenoxalato	0,00
Sulfoxaflor	0,00	Tridemorf	0,00
Tridemorf	0,00	Trifloxisulfuron	0,00
Trifloxisulfuron	0,00	Nicosulfuron	-73,88
Trinexapac - Etil	0,00	Piperofos	-200,00

Octaborato De Sodio	-591,00	Abamectina	-440,83
Triazofós	-692,40	TCMTB	-1 049,33
Teflubenzuron	-694,80	Triazofós	-1 367,96
Tiociclam Hidrogenoxalato	-12 700,00	Ametoctradin	-1 470,00
Metsulfuron Metil	-190 469,25	Clomazona	-4 845,66
Paraquat	-391 985,38	Metiram	-38 869,87

Fuente: SICOIN 2021 y elaboración propia 2022.

Nota. Los datos en negativo indican que en ese año se exportó una cantidad mayor a la que se había importado; tomando lo faltante de años anteriores. Datos en cero significan que no se utilizó.

Anexo V. Plaguicidas registrados para uso en cultivos en Costa Rica a diciembre del año 2021

2,4-D.	Deltametrina.	Hidrametilnon.	Pirimifós metil.
3,4-Dicloroanilida.	Diafentiuron.	Imazalil.	Piriproxifén.
Abamectina.	Diazinón.	Imazamox.	Polibutileno.
Acefato.	Dicamba.	Imazapic.	Pretilaclor.
Acetamiprid.	Diclorán.	Imazapir.	Procloraz.
Acetoclor.	Dicloropropeno.	Imazetapir.	Prodiamina.
Acibenzolar-S-Metil	Diclorvós.	Imibenconazolo.	Profenofós.
Acifluorfen	Difacinona.	Imidacloprid.	Profoxidim.
Alfa Cipermetrina.	Difenoconazol.	Indaziflam.	Propamocarb.
Ametoctradin.	Difetialona.	Indoxacarb.	Propanil.
Ametrina.	Diflubenzurón.	Iprobenfos.	Propaquizafop.
Aminopyralid.	Dimetoato.	Iprodiona.	Propargita.
Amitraz.	Dimetomorf.	Isoprotilano.	Propiconazol.

Amonio Cuaternario.	Diquat.	Isoxaflutole.	Propineb.
Anilofos.	Diurón.	Kasugamicina.	Propoxur.
Asulam.	Epoxiconazol.	Kresoxim-metil.	Protiofos.
Atrazina.	Esfenvalerato.	Lambda-Cihalotrina.	Pyribenzoxim.
Azadirachtina.	Ethaboxam.	Linurón.	Quinclorac.
Azoxistrobina.	Etofenprox.	Lufenurón.	Quintoceno (PCNB).
Benfuracarb.	Etoprofós.	Malatión.	Quizalofop -P-Etil.
Benomil.	Etoxisulfurón.	Mancozeb.	Saflufenacil.
Bensulfuron.	Etridiazol.	Mandipropamid.	Setoxidin.
Bentazon.	Famoxadona	Maneb.	Simazina.
Benzoato de Emamectina.	Fenamidona	Mcpa.	S-Metolachlor.
Betaciflutrina	Fenamifós.	Mefentrifluconazole.	Spinetoram.
Beta-Cipermetrina.	Fenbuconazol.	Metalaxil M.	Spinosad.
Bifentrina.	Fenitrotión.	Metalaxil.	Spiromesifén.
Bispiribac de Sodio.	Fenobucarb (BPMC)	Metaldehido.	Spirotetramato.
Bitertanol.	Fenoxaprop-P-Etil.	Metam Sodio.	Spiroxamina.
Boscalid.	Fenpropidin.	Metamidofós.	Sulfato de Estreptomycin
Brodifacouma.	Fenpropimorf.	Metconazol.	Sulfluramida.
Bromadiolona.	Fenpyroximate.	Metil Paratión.	Sulfoxaflor.
Buprofezin.	Ferbam.	Metil Tiofanato.	TCMTB.
Butaclor.	Fipronil.	Metiram.	Tebuconazol.
Cadusafós.	Flazasulfuron.	Metomil.	Tebufenozide.

Captan.	Flocoumafen.	Metoxifenoazida.	Teflubenzuron.
Carbaril.	Fluazifop-P-Butil.	Metribuzin.	Terbufós.
Carbendazina.	Fludioxonil.	Metsulfuron Metil.	Terbutilazina.
Carbosulfán.	Flufenoxurón.	Miclobutanil.	Terbutrina.
Carboxín	Fluopicolide	Milbemectina.	Tetradifón.
Carfentrazone - Etil.	Fluopiram.	Msmá.	Thifluzamide.
Cartap.	Fluosilicato de Sodio	Naled.	Tiabendazol.
Chlorflurenol	Flupiradifurona.	Nicosulfuron.	Tiacloprid
Ciflutrina.	Fluroxipir.	Novalurón.	Tiametoxán.
Cihalofop - butil.	Flutolanil.	Octaborato De Sodio	Tiobencarb.
Cimoxanil.	Fluvalinato.	Oleato Cuprico.	Tiociclám Hidrogenoxalato.
Cipermetrina.	Fluxapiroxad.	Ortofenilfenol de Sodio	Tiodicarb.
Ciproconazol.	Folpet.	Oxadiargil.	Tiram.
Ciromazina.	Fomesafen.	Oxadiazón.	Tolclofos Metil.
Cletodim.	Forato.	Oxamil.	Triadimefón.
Clodinafop	Fosamina.	Oxido Cuproso.	Triadimenol.
Clofentizina.	Fosetil-Al.	Oxifluorfén.	Triazofós.
Clomazona.	Foxim.	Oxitetraciclina.	Triciclazol.
Clorantraniliprol.	Gamma Cyhalotrina.	Paraquat.	Triclopir.
Clorfenapir.	Gentamicina	Pencycuron.	Triclorfón.
Clorhidrato de Oxitetraciclina	Glifosato.	Pendimetalina.	Tridemorf.

Cloroneb.	Glufosinato de Amonio.	Permetrina.	Trifloxiestrobina.
Cloropicrina.	Halauxifen-methyl.	Picloram.	Trifloxisulfuron
Clorotalonil.	Halosulfurón Metil.	Pimetrozina.	Trinexapac-Etil
Clorpirifós.	Haloxifop-Metil.	Piperofos	Validamicina A.
Cromafenozida.	Hexaconazol.	Piraclostrobin.	Zetacipermetrina.
Cyazofamid.	Hexazinona.	Pirazosulfuron Etil.	Zineb.
Dazomet.	Hexitiazox.	Pyrimetanil.	Ziram.

Fuente: Insumosys 2021.

Anexo VI. Plaguicidas registrados para uso en las seis frutas de mayor consumo en hogares costarricenses durante el año 2021

Banano	Papaya	Naranja	Manzana	Piña	Sandía
Abamectina.	Abamectina.	Abamectina.	Benomil.	2,4-D.	Abamectina.
Ametrina.	Azoxistrobina.	Amitraz.	Caolín.	Abamectina.	Azadirachtina.
Azadirachtina.	Benomil.	Buprofezin.	Captan.	Acetamiprid.	Azoxistrobina.
Azoxistrobina.	Boscalid.	Carfentrazone - Etil.	Cianamida.	Ametrina.	Benomil.
Benomil.	Carbaril.	Clorpirifós.	Diquat	Atrazina.	Benzoato de Emamectina.
Bifentrina.	Cimoxanil.	Difenoconazol.	Diurón.	Azadirachtina.	Bifentrina.
Bitertanol.	Cipermetrina.	Fipronil.	Estreptomocina	Benfuracarb.	Buprofezin.
Boscalid.	Clorotalonil.	Flufenoxurón.	Glifosato.	Benomil.	Captan.
Cadusafós.	Deltametrina.	Imidacloprid.	Glufosinato de Amonio.	Bensulfuron.	Carbendazina.
Carbaril.	Diazinón.	Mancozeb.	Mancozeb.	Bentazon.	Ciflutrina
Carbendazina.	Difenoconazol.	Metil Tiofanato.	Metil Tiofanato.	Bispiribac de Sodio.	Cipermetrina.

Carfentrazone - Etil.	Dimetoato.	Pendimetalina.	Miclobutanil.	Brodifacouma.	Clomazona.
Clorhidrato de Oxitetraciclina	Fluazifop-P-Butil.	Piriproxifén.	Oleato Cuprico.	Bromadiolona.	Clorotalonil.
Cloropicrina.	Fosetil-Al.	Propargita.	Oxifluorfén.	Cadusafós.	Cyazofamid.
Clorotalonil.	Glifosato.	Saflufenacil.	Oxitetraciclina	Caolín.	Deltametrina.
Clorpirifós.	Imidacloprid.	Spinetoram.	Paraquat.	Carbaril.	Diazinón.
Dazomet.	Lambda-Cihalotrina.	Sulfoxaflor.	Propargita.	Carbendazina.	Difetialona.
Dicloropropeno	Malatión.	Tiametoxán.	Propineb.	Chlorflurenol.	Dimetomorf.
Difacinona.	Mancozeb.	Trifloxiestrobina	Tetradifón.	Cletodim.	Diquat.
Difenoconazol.	Maneb.	Zetacipermetrina	Tiabendazol.	Clorantraniliprol	Etoprofós.
Diquat.	Metalaxil M.		Triadimefón.	Cloropicrina.	Fenamidona
Diurón.	Octaborato De Sodio.		Triclorfón.	Clorpirifós.	Fenoxaprop-P-Etil.
Epoxiconazol.	Paraquat.			Diazinón.	Fludioxonil.
Etoprofós.	Piraclostrobin.			Dicloropropeno.	Fluopicolide.
Fenamifós.	Procloraz.			Difacinona.	Folpet.
Fenbuconazol.	Propineb.			Difetialona.	Fosetil-Al.
Fenpropidin.	Tebuconazol.			Diflubenzurón.	Glifosato.
Fenpropimorf.	Tetradifón.			Diurón.	Imazalil.
Fluazifop-P-Butil.	Tiabendazol.			Epoxiconazol.	Imidacloprid.
Fludioxonil	Trifloxiestrobina			Etefón.	Indoxacarb.
Fluopiram.				Etofenprox.	Mancozeb.
Fluxaproxad.				Etoprofós.	Maneb.
Fosetil-Al.				Fenamifós.	Metalaxil M.
Glifosato.				Fipronil.	Metaldehido.
Glufosinato de Amonio.				Flocoumafen.	Metamidofós.

Hexaconazol.
Hidrametilnon.
Imazalil.
Imibenconazolo.
Imidacloprid.
Indaziflam.
Lambda-Cihalotrina.
Malatión.
Mancozeb.
Maneb.
Metam Sodio.
Metil Tiofanato.
Miclobutanil.
Octaborato De Sodio.
Oxamil.
Oxido Cuproso
Oxifluorfén.
Oxitetraciclina
Paraquat.
Piraclostrobin.
Pirimetaniil.
Procloraz.
Propiconazol.
Propineb.

Fluazifop-P-Butil.	Metil Tiofanato.
Fludioxonil.	Metiram.
Fluroxipir.	Metomil.
Fosetil-Al.	Metoxifenoziata.
Glifosato.	Miclobutanil.
Haloxifop-Metil.	Naled.
Hexazinona.	Oleato Cuprico.
Hidrametilnon.	Oxamil.
Imidacloprid.	Paraquat.
Lambda-Cihalotrina.	Permetrina.
Mancozeb.	Pimetrozina.
Metalaxil M.	Piraclostrobin.
Metalaxil.	Piriproxifén.
Metam Sodio.	Propamocarb
Metil Ciclopropano.	Propineb.
Metil Paratión.	Spinetoram.
Metoxifenoziata.	Spinosad.
Naled.	Spiromesifén.
Novalurón.	Spirotetramato.
Octaborato De Sodio.	Sulfoxaflor.
Oxamil.	TCMTB.
Oxifluorfén.	Tebuconazol.
Paraquat.	Tiametoxán.
Piriproxifén.	Tiodicarb.

Spirotetramato.
Spiroxamina.
TCMTB.
Tebuconazol.
Terbufós.
Tiabendazol.
Tiram.
Triadimenol.
Triclorfón.
Tridemorf.
Trifloxiestrobina

Procloraz.	Triclorfón.
Propiconazol.	Trifloxiestrobina
Propineb.	Zineb.
Quizalofop -P-Etil.	
S-Metolachlor.	
Spinetoram.	
Spinosad.	
Spirotetramato.	
Sulfoxaflor.	
TCMTB.	
Tetradifón.	
Tiametoxán.	
Triadimefón.	
Triclopir.	

Fuente: Insumosys 2021.

Anexo VII. Plaguicidas registrados para uso en las seis hortalizas de mayor consumo en hogares costarricenses durante el año 2021

Tomate	Papa	Repollo	Zanahoria	Lechuga	Chayote
Abamectina.	Abamectina.	Acefato.	Azadirachtina.	Benomil.	Abamectina.
Acefato.	Acefato.	Alfa Cipermetrina.	Azoxistrobina.	Beta-Cipermetrina.	Benomil.
Acetamiprid.	Alfa Cipermetrina.	Azadirachtina.	Boscalida	Captan.	Bifentrina.
Alfa Cipermetrina.	Azadirachtina.	Benomil.	Brodifacouma.	Carbendazina.	Carbendazina.
Azadirachtina.	Azoxistrobina.	Benzoato de Emamectina.	Bromadiolona.	Ciflutrina.	Clortalonil.

Azoxistrobina.	Benomil.	Beta-Cipermetrina.	Captan.	Cipermetrina.	Glifosato.
Benomil.	Bentazon.	Bifentrina.	Carbendazina.	Ciromazina.	Imidacloprid.
Benzoato de Emamectina.	Beta-Cipermetrina.	Captan.	Clorotalonil.	Clorotalonil.	Lambda-Cihalotrina.
Beta-Cipermetrina.	Bifentrina.	Carbaril.	Dazomet.	Dazomet.	Tiametoxán.
Bifentrina.	Brodifacouma.	Carbendazina.	Difacinona.	Diazinón.	
Brodifacouma.	Bromadiolona.	Cartap.	Difenoconazol.	Diclorvós.	
Bromadiolona.	Captan.	Cipermetrina.	Diquat.	Dimetoato.	
Buprofezin.	Carbaril.	Clorantraniliprol.	Fenamifós.	Ferbam.	
Captan.	Carbendazina.	Clorfenapir.	Fluazifop-P-Butil.	Forato.	
Carbaril.	Cartap.	Clorotalonil.	Forato.	Fosetil-Al.	
Carbendazina.	Ciflutrina.	Deltametrina.	Iprodiona.	Foxim.	
Ciflutrina.	Cimoxanil.	Diazinón.	Linurón.	Iprodiona.	
Cimoxanil.	Cipermetrina.	Diclorvós.	Malatión.	Malatión.	
Cipermetrina.	Ciromazina.	Dimetoato.	Mancozeb.	Mancozeb.	
Ciromazina.	Clorotalonil.	Etoprofós.	Metaldehido.	Metalaxil.	
Clorantraniliprol.	Clorpirifós.	Fenamifós.	Metam Sodio.	Metaldehido.	
Clorfenapir.	Cyazofamid.	Flufenoxurón.	Metil Tiofanato.	Metam Sodio.	
Clorotalonil.	Dazomet.	Fluvalinato.	Metomil.	Metil Tiofanato.	
Clorpirifós.	Deltametrina.	Fosetil-Al.	Metribuzin.	Metomil.	
Cromafnozida.	Diazinón.	Foxim.	Paraquat.	Naled.	
Cyazofamid.	Difacinona.	Indoxacarb.	Piraclostrobin.	Oxamil.	
Dazomet.	Difenoconazol.	Kasugamicina.	Tiabendazol.	Paraquat.	
Deltametrina.	Dimetoato.	Lambda-Cihalotrina.	Triclorfón.	Permetrina.	
Diafentiuron.	Dimetomorf.	Malatión.	Zineb.	Pirimifós metil.	
Diazinón.	Diquat.	Mancozeb.		Protiofos.	

Diclorán.	Ethaboxam.	Metaldehido.
Diclorvós.	Etoprofós.	Metamidofós.
Difacinona.	Famoxadona	Metil Paratión.
Difenoconazol.	Fenamidona.	Metomil.
Dimetoato.	Fenamifós.	Naled.
Dimetomorf.	Fenitrotión.	Novalurón.
Etefón.	Ferbam.	Oxifluorfén.
Etofenprox.	Fluazifop-P- Butil.	Paraquat.
Etoprofós.	Fludioxonil.	Permetrina.
Famoxadona.	Flutolanil.	Pirimifós metil.
Fenamifós.	Fluvalinato.	Protiofos.
Fenitrotión.	Forato.	Spinetoram.
Fenoxaprop-P- Etil.	Fosetil-Al.	Spinosad.
Ferbam.	Foxim.	Tiociclam Hidrogenoxalato.
Fluazifop-P- Butil.	Glifosato.	Triclorfón.
Flufenoxurón.	Imidacloprid.	Zetacipermetrina
Flupiradifurona.	Iprodiona.	Ziram.
Fluvalinato.	Iprovalicarb.	
Folpet.	Lambda- Cihalotrina.	
Forato.	Linurón.	
Foxim.	Malatión.	
Imidacloprid.	Mancozeb.	
Indoxacarb.	Maneb.	
Iprodiona.	Metalaxil M.	
Lufenurón.	Metalaxil.	

Triclorfón.
Zineb.

Malatión.	Metaldehido.
Mancozeb.	Metam Sodio.
Maneb.	Metamidofós.
Metalaxil M.	Metil Paratión.
Metaldehido.	Metil Tiofanato.
Metam Sodio.	Metiram.
Metamidofós.	Metomil.
Metconazol.	Metribuzin.
Metil Paratión.	Octaborato De Sodio.
Metil Tiofanato.	Oxamil.
Metiram.	Oxido Cuproso.
Metomil.	Oxitetraciclina
Metribuzin.	Paraquat.
Novalurón.	Pencycuron.
Oleato Cuprico.	Pendimetalina.
Oxamil.	Permetrina.
Oxido Cuproso.	Piraclostrobin.
Paraquat.	Pirimifós metil.
Permetrina.	Procloraz.
Pimetrozina.	Propamocarb.
Piraclostrobina	Propineb.
Pirimetaniil.	Protiofos.
Pirimifós metil.	Quintoceno (PCNB).
Piriproxifén.	TCMTB.
Procloraz	Tebuconazol.
Propamocarb.	Tetradifón.

Propargita.	Tiabendazol.
Propiconazol	Tiametoxán
Propineb.	Tiociclam Hidrogenoxalato
Protiofos.	Tolclofos Metil.
Quintoceno (PCNB).	Trifloxiestrobina
Spinetoram.	Zineb.
Spinosad.	Ziram.
Spiromesifén.	
Spirotetramato.	
Sulfoxaflor.	
TCMTB.	
Teflubenzuron.	
Tetradifón.	
Tiaclopid	
Tiametoxán.	
Tiociclam Hidrogenoxalato	
Tiram.	
Triadimenol	
Triclorfón.	
Trifloxiestrobina.	
Zineb.	
Ziram.	

Fuente: Insumosys 2021.

**Anexo VIII. Valores de kilogramos de uso aparente de plaguicidas en el
año 2019 para realizar Diagrama de Pareto**

Ingrediente activo	Kilogramos de uso aparente	Porcentaje	Acumulado	Porcentaje acumulado
Dicloropropeno	74 644,75	10,65%	74 644,75	10,65%
Propineb	69 755,50	9,95%	144 400,25	20,60%
Estreptomicina	60 104,60	8,58%	204 504,85	29,18%
Bentazon	49 318,40	7,04%	253 823,25	36,21%
Glufosinato de Amonio	44 922,36	6,41%	298 745,61	42,62%
Msma	41 472,00	5,92%	340 217,61	48,54%
Triclopir	37 443,33	5,34%	377 660,94	53,88%
Diclorvós	34 500,00	4,92%	412 160,94	58,80%
Metiram	29 232,18	4,17%	441 393,12	62,98%
Fenpropidin	27 300,00	3,90%	468 693,12	66,87%
Clomazona	26 258,26	3,75%	494 951,38	70,62%
Ferbam	22 412,40	3,20%	517 363,78	73,81%
Captan	20 240,00	2,89%	537 603,78	76,70%
Dazomet	19 788,00	2,82%	557 391,78	79,53%
Ziram	15 200,00	2,17%	572 591,78	81,69%
Tiobencarb	14 229,24	2,03%	586 821,02	83,72%
Benomil	10 500,00	1,50%	597 321,02	85,22%
Fluroxipir	9 183,88	1,31%	606 504,90	86,53%
Mcpa	8 696,88	1,24%	615 201,78	87,77%
TCMTB	7 176,08	1,02%	622 377,86	88,80%
Pretilaclor	6 000,00	0,86%	628 377,86	89,65%
Fluxapiroxad	5 319,00	0,76%	633 696,86	90,41%
Zetacipermetrina	4 980,00	0,71%	638 676,86	91,12%
Folpet	4 891,20	0,70%	643 568,06	91,82%
Fluosilicato de Sodio	4 350,00	0,62%	647 918,06	92,44%
Tiram	4 233,60	0,60%	652 151,66	93,05%
Anilofos	3 706,48	0,53%	655 858,14	93,57%
Haloxifop-Metil	3 584,40	0,51%	659 442,54	94,09%
Spirotetramato	3 412,80	0,49%	662 855,34	94,57%
Cloropicrina	2 914,56	0,42%	665 769,90	94,99%
Asulam	2 800,00	0,40%	668 569,90	95,39%

S-Metolachlor	2 653,44	0,38%	671 223,34	95,77%
Bispiribac de Sodio	2 408,00	0,34%	673 631,34	96,11%
Diquat	2 372,74	0,34%	676 004,08	96,45%
Metalaxil M	2 110,40	0,30%	678 114,48	96,75%
Validamicina A	1 600,00	0,23%	679 714,48	96,98%
Quinclorac	1 474,75	0,21%	681 189,23	97,19%
Naled	1 410,89	0,20%	682 600,12	97,39%
Metaldehido	1 371,80	0,20%	683 971,92	97,59%
Cihalofop - butil	1 368,00	0,20%	685 339,92	97,78%
Metribuzin	1 319,04	0,19%	686 658,96	97,97%
Cartap	1 025,00	0,15%	687 683,96	98,11%
Etefón	967,50	0,14%	688 651,46	98,25%
Fenamidona	915,74	0,13%	689 567,20	98,38%
Fomesafen	900,00	0,13%	690 467,20	98,51%
Oxitetraciclina	846,75	0,12%	691 313,95	98,63%
Abamectina	839,40	0,12%	692 153,35	98,75%
Kasugamicina	802,75	0,11%	692 956,10	98,87%
Pirazosulfuron Etil	592,50	0,08%	693 548,60	98,95%
Oxadiargil	576,00	0,08%	694 124,60	99,03%
Isoxaflutole	562,50	0,08%	694 687,10	99,11%
Hidrametilnon	550,00	0,08%	695 237,10	99,19%
Carfentrazone - Etil	510,72	0,07%	695 747,82	99,27%
Famoxadona	493,20	0,07%	696 241,02	99,34%
Alfa Cipermetrina	480,00	0,07%	696 721,02	99,40%
Etoxisulfurón	477,00	0,07%	697 198,02	99,47%
Triciclazol	450,00	0,06%	697 648,02	99,54%
Profoxidim	420,00	0,06%	698 068,02	99,60%
Propaquizafop	420,00	0,06%	698 488,02	99,66%
Saflufenacil	329,70	0,05%	698 817,72	99,70%
Fluopicolide	293,75	0,04%	699 111,47	99,75%
Ciromazina	261,00	0,04%	699 372,47	99,78%
Thifluzamide	240,00	0,03%	699 612,47	99,82%
Diafentiuron	204,00	0,03%	699 816,47	99,85%
Cyazofamid	160,00	0,02%	699 976,47	99,87%
Ethaboxam	160,00	0,02%	700 136,47	99,89%
Halosulfurón Metil	156,00	0,02%	700 292,47	99,91%
Etridiazol	143,61	0,02%	700 436,08	99,93%

Benzoato de Emamectina	141,88	0,02%	700 577,96	99,95%
Clorhidrato de Oxitetraciclina	139,04	0,02%	700 717,00	99,97%
Cromafenozida	57,00	0,01%	700 774,00	99,98%
Fenoxaprop-P-Etil	44,10	0,01%	700 818,10	99,99%
Pyribenzoxim	40,00	0,01%	700 858,10	99,99%
Imazamox	21,00	0,00%	700 879,10	100,00%
Azadirachtina	14,69	0,00%	700 893,79	100,00%
Brodifacouma	2,13	0,00%	700 895,92	100,00%
Flocoumafen	1,56	0,00%	700 897,48	100,00%
Bromadiolona	1,05	0,00%	700 898,53	100,00%
TOTAL	700 898,53	100%		

Fuente: elaboración propia 2022.

Anexo IX. Valores de kilogramos de uso aparente de plaguicidas en el año 2020 para realizar Diagrama de Pareto

Ingrediente activo	Kilogramos de uso aparente	Porcentaje	Acumulado	Porcentaje acumulado
Metam Sodio	92 040,22	10,74%	92 040,22	10,74%
Etefón	86 921,82	10,15%	178 962,04	20,89%
Glufosinato de Amonio	85 201,76	9,95%	264 163,80	30,84%
Fosetil-Al	63 077,55	7,36%	327 241,35	38,20%
Bentazon	57 632,96	6,73%	384 874,31	44,93%
Dicloropropeno	54 773,89	6,39%	439 648,20	51,32%
Triclopir	54 585,83	6,37%	494 234,03	57,69%
Fenpropidin	52 500,00	6,13%	546 734,03	63,82%
Msma	48 528,00	5,66%	595 262,03	69,48%
Ferbam	35 682,00	4,17%	630 944,03	73,65%
Naled	31 148,55	3,64%	662 092,58	77,28%
Diquat	24 252,40	2,83%	686 344,98	79,12%
Tiobencarb	14 246,00	1,66%	700 590,98	81,78%
Dazomet	13 638,20	1,59%	714 229,18	83,37%
Mcpa	12 918,69	1,51%	727 147,87	84,88%
Benomil	12 708,13	1,48%	739 856,00	86,36%

Anilofos	11 549,12	1,35%	751 405,12	87,71%
Captan	11 420,00	1,33%	762 825,12	89,04%
Pretilaclor	11 010,00	1,29%	773 835,12	90,33%
Fluxaproxad	9 617,22	1,12%	783 452,34	91,45%
Ziram	7 600,00	0,89%	791 052,34	92,34%
Cloropicrina	5 829,12	0,68%	796 881,46	93,02%
Bispiribac de Sodio	4 915,72	0,57%	801 797,18	93,59%
Metsulfuron Metil	4 835,55	0,56%	806 632,73	94,16%
Haloxifop-Metil	3 986,24	0,47%	810 618,97	94,62%
Metalaxil M	3 844,88	0,45%	814 463,85	95,07%
Asulam	2 947,20	0,34%	817 411,05	95,41%
Validamicina A	2 770,00	0,32%	820 181,05	95,74%
Zetacipermetrina	2 756,40	0,32%	822 937,45	96,06%
S-Metolachlor	2 496,00	0,29%	825 433,45	96,35%
Spirotetramato	2 434,80	0,28%	827 868,25	96,64%
Tiram	2 400,00	0,28%	830 268,25	96,92%
Etoxisulfurón	2 270,40	0,27%	832 538,65	97,18%
Folpet	2 227,20	0,26%	834 765,85	97,44%
Carboxín	1 810,00	0,21%	836 575,85	97,65%
Kasugamicina	1 386,00	0,16%	837 961,85	97,81%
Cartap	1 250,00	0,15%	839 211,85	97,96%
Triciclazol	1 192,50	0,14%	840 404,35	98,10%
Metribuzin	1 153,92	0,13%	841 558,27	98,23%
Sulfoxaflor	1 103,04	0,13%	842 661,31	98,36%
Metaldehido	954,10	0,11%	843 615,41	98,47%
Hidrametilnon	930,46	0,11%	844 545,87	98,58%
Carfentrazone - Etil	914,33	0,11%	845 460,20	98,69%
Cihalofop - butil	810,00	0,09%	846 270,20	98,78%
Fenamidona	808,77	0,09%	847 078,97	98,88%
Fluroxipir	771,57	0,09%	847 850,54	98,97%
Famoxadona	766,80	0,09%	848 617,34	99,06%
Fluopicolide	727,08	0,08%	849 344,42	99,14%
Thifluzamide	725,76	0,08%	850 070,18	99,23%
Alfa Cipermetrina	720,00	0,08%	850 790,18	99,31%
Saflufenacil	654,70	0,08%	851 444,88	99,39%
Indaziflam	600,00	0,07%	852 044,88	99,46%
Quinclorac	533,83	0,06%	852 578,71	99,52%

Oleato Cúprico	525,84	0,06%	853 104,55	99,58%
Estreptomina	474,08	0,06%	853 578,63	99,64%
Pirazosulfuron Etil	397,70	0,05%	853 976,33	99,68%
Ciromazina	390,00	0,05%	854 366,33	99,73%
Oxitetraciclina	377,41	0,04%	854 743,74	99,77%
Cyazofamid	320,00	0,04%	855 063,74	99,81%
Isoxaflutole	302,25	0,04%	855 365,99	99,85%
Ortofenilfenol de sodio	301,60	0,04%	855 667,59	99,88%
Chlorflurenol	161,89	0,02%	855 829,48	99,90%
Teflubenzuron	155,97	0,02%	855 985,45	99,92%
Halosulfurón Metil	147,00	0,02%	856 132,45	99,93%
Diafentiuon	138,00	0,02%	856 270,45	99,95%
Propaquizafop	133,30	0,02%	856 403,75	99,97%
Profoxidim	128,00	0,01%	856 531,75	99,98%
Benzoato de Emamectina	109,98	0,01%	856 641,73	99,99%
Etridiazol	45,72	0,01%	856 687,45	100,00%
Flocoumafen	2,50	0,00%	856 689,95	100,00%
Brodifacouma	1,51	0,00%	856 691,46	100,00%
Difacinona	0,60	0,00%	856 692,06	100,00%
Bromadiolona	0,41	0,00%	856 692,47	100,00%
TOTAL	856 692,47	100%		

Fuente: elaboración propia 2022.

San José, 3 de agosto de 2022

Señores(as):

Universidad de Costa Rica

Estimados señores(as):

Yo, María Fernanda Sanabria Coto, cédula de identidad 114290780, bachiller en Filología española graduada en la Universidad de Costa Rica, perteneciente a la Asociación Costarricense de Filólogos (ACFIL), carné 225 y al Colegio de Licenciados y Profesores en Letras, Filosofía, Ciencias y Artes de Costa Rica (COLYPRO), código 75402, hago constar que he revisado el documento titulado:

Implementar un protocolo para la determinación de los plaguicidas a analizar por el Laboratorio de Análisis de Residuos de Agroquímicos del Servicio Fitosanitario del Estado

Dicho documento fue elaborado por Edgar Bolaños Arrieta, cédula de identidad 205570503, con el fin de optar al grado de Licenciatura en Laboratorista Químico. He revisado y corregido aspectos tales como construcción de párrafos, vicios del lenguaje trasladados a lo escrito, ortografía, puntuación y otros relacionados con el campo filológico.

Atentamente,

Fernanda S. Coto.



María Fernanda Sanabria Coto

Asociación Costarricense de Filólogos. Carné nro. 225

Colypro. Código 75402

fernanda.sanabria@filologos.cr

Teléfono: +506 6022 9569

MARIA

FERNANDA

SANABRIA

COTO

(FIRMA)

Firmado digitalmente
por MARIA
FERNANDA SANABRIA
COTO (FIRMA)
Motivo: Carta de
revisión filológica
Fecha: 2022.08.03
15:23:14 -06'00'

ARTICULO 3

Terminada la disertación, los miembros del Tribunal Examinador interrogan a el (la) Postulante durante el tiempo reglamentario y una vez concluido el interrogatorio, el Tribunal se retira a deliberar.

ARTICULO 4

El Tribunal considera el trabajo final de graduación satisfactorio y le confiere la calificación de:

APROBADO (AP) con DISTINCIÓN

ARTICULO 5

El Presidente del Tribunal comunica a el (la) Postulante el resultado de la deliberación y la declara acreedora al grado de. **Licenciado (a) en Laboratorista Químico.**

Se le indica la obligación de presentarse al acto público de juramentación, al que será oportunamente convocada. Se da lectura al acta que firman los Miembros del Tribunal Examinador y el (la) Postulante, a las 12,20 horas.

Máster John Diego Bolaños Alfaro **Presidente** Firmado digitalmente por JOHN DIEGO BOLAÑOS ALFARO (FIRMA) Fecha: 2022.07.22 12:35:48 -06'00'

Lic. Oscar Vásquez Quiros Firmado digitalmente por OSCAR EDUARDO VASQUEZ QUIROS (FIRMA) Fecha: 2022.07.26 17:51:24 -06'00'

Lic. Karla Arrieta Víquez Firmado digitalmente por KARLA MARCELA ARRIETA VIQUEZ (FIRMA) Fecha: 2022.07.26 07:12:58 -06'00'

Lic. Ailyn Ramírez Leiva Firmado digitalmente por AILYN MARGOTH RAMIREZ LEIVA (FIRMA) Fecha: 2022.07.23 12:19:46 -06'00'

Máster Laura Vindas Ángulo Firmado digitalmente por LAURA ADRIANA VINDAS ANGULO (FIRMA) Fecha: 2022.07.22 13:13:58 -06'00'

Edgar Enrique Bolaños Arrieta Firmado digitalmente por EDGAR ENRIQUE BOLAÑOS ARRIETA (FIRMA) Fecha: 2022.07.23 11:57:42 -06'00' Postulante _____

C: Decano
Oficina de Registro
Postulante



DIRECCIÓN
SEDE DE OCCIDENTE