

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

Identification of active ingredients of pesticides in fruits, vegetables and basic grains in Costa Rica:

A proposal for the implementation of new analysis methodologies

Ivania Morera Rodríguez¹

Recibido: 17/08/2015 / Aprobado: 20/10/2015

Resumen

Las personas se ven expuestas a riesgos como las enfermedades de origen alimentario, los cuales pueden deberse a un uso abusivo y no sujeto a control de sustancias químicas agrícolas. El Laboratorio de Residuos de Agroquímicos del Servicio Fitosanitario del Estado es el laboratorio oficial para el monitoreo de residuos de plaguicidas en Costa Rica y una de sus funciones es verificar el cumplimiento de los límites máximos de residuos de plaguicidas permitidos por ley en cultivos vegetales. El objetivo de la presente revisión fue identificar los principios activos de plaguicidas más utilizados en frutas, vegetales y granos básicos de mayor producción y consumo en Costa Rica. Se empleó como metodología de desarrollo, cuatro etapas las cuales fueron: selección de cultivos de interés, diagnóstico de plaguicidas en Costa Rica, tabulación de resultados de encuestas de campo del programa de operaciones regionales del Servicio Fitosanitario del Estado y filtro de los principios activos más usados en los cultivos de interés. Se concluyó con la identificación de 37 principios activos principales en los cultivos seleccionados, de los cuales la cuarta parte no se encuentran en la oferta de análisis de servicios del Laboratorio. Estos son: mancoceb, abamectina, permetrina, cartap, propineb, spiromesifen, benzoato de emamectina, captan y piraclostrobina, situación preocupante, debido a su uso en las plantaciones y su peligrosidad. Con los resultados obtenidos se pretende orientar en la implementación de nuevas metodologías de análisis, en beneficio de la salud de los consumidores de cultivos frescos costarricenses.

Palabras clave: Plaguicidas - Tendencia de consumo - Cultivos - Seguridad alimentaria - Control de plagas.

Abstract

People are exposed to hazards such as foodborne illnesses, which can be caused by abusive use and not subject to control of agricultural chemicals. Laboratory agrochemical residues of SFE is the official laboratory for the monitoring of pesticide residues in Costa Rica and one of its functions is to verify compliance with maximum levels of pesticide residues allowed by law in vegetable crops. The objective of this review was to identify the active ingredients commonly used in fruits, vegetables and basic grains increased production and consumption in Costa Rica pesticides. He was employed as a development methodology, four stages which were: selection of crops of interest, diagnosis of pesticides in Costa Rica, tabulation of results of field surveys program regional operations SFE and filter active ingredients more used in crops of interest. It concluded with the identification of 37 major active ingredients in selected crops, of which a quarter are not in the supply of laboratory analysis services. These are: mancozeb, abamectin, permethrin, cartap, propineb, spiromesifen, emamectin benzoate, captan and pyraclostrobin, a worrying situation because of its use in plantations and dangerous. With the results it is intended to guide the implementation of new analysis methodologies for the benefit of the health of consumers of fresh Costa Rican crops.

Keywords: Pesticides - Consumer trend - Crops - Food security - Pest control.

Introducción

El uso de los plaguicidas en los cultivos a nivel mundial es una práctica necesaria para mantener el suministro constante de alimentos; se estima que del 30 al 45 % de las cosechas a nivel mundial se salvan por la acción de estos productos (Hidalgo, 2012).

No obstante, cada día las personas se ven expuestas a los riesgos provocados por los plaguicidas como las enfermedades de origen alimentario. Estos riesgos pueden obedecer a un uso abusivo y no sujeto a control de sustancias químicas agrícolas,

¹ Bachiller en Laboratorista Químico. Estudiante de Licenciatura en Laboratorista Químico, Sede de Occidente, Universidad de Costa Rica. Ministerio de Agricultura y Ganadería, Servicio Fitosanitario del Estado, Laboratorio de Análisis de Residuos de Agroquímicos. San José, Costa Rica. Correo electrónico: imorera@sfe.go.cr

contaminación ambiental, utilización de aditivos no autorizados, prácticas de control y manipulación de la calidad de los alimentos en forma no apropiada y otros usos indebidos de los alimentos (Pérez, *et al.*, 2013).

La utilización de los plaguicidas en las cosechas puede provocar la presencia de residuos, que son, restos de la utilización de un producto fitosanitario, incluidos sus metabolitos y los productos resultantes de su degradación o reacción (AECOSAN, 2010). Las enfermedades transmitidas por alimentos (ETA) constituyen un problema de salud pública que puede afectar a toda la población, y generar un impacto negativo en la salud y la economía de los países. Según la FAO (2007) cada año, millones de personas se ven expuestas a riesgos físicos, químicos o biológicos de origen alimentario; en los países en desarrollo, las enfermedades diarreicas transmitidas por los alimentos y el agua acaban cada año con la vida de unos 2,2 millones de personas, niños en su mayoría. La problemática reside en que los agricultores aplican cantidades de plaguicidas por encima o por debajo de las dosis indicadas, y usan productos no autorizados o fuera de los periodos recomendados, aumentando así los riesgos a la salud de ellos mismos y de los consumidores, además del impacto negativo medio ambiental.

Es así que el papel de los análisis de residuos de plaguicidas tiene una función determinante. En Costa Rica, los análisis de muestras de origen vegetal para residuos de plaguicidas es una de las funciones del Servicio Fitosanitario del Estado (SFE) por medio del Laboratorio de Residuos de Agroquímicos (LRE) del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) establecidas en la Ley de Protección Fitosanitaria, cuyo propósito es velar por el estado sanitario de los vegetales (MAG, 1998). El SFE verifica el cumplimiento de los límites máximos de residuos permitidos por ley, para ello se realiza un muestreo y seguimiento de la condición fitosanitaria en productos que se producen e importan al territorio nacional.

El objetivo del presente estudio es realizar una revisión bibliográfica y una recopilación de datos existentes en SFE para identificar los plaguicidas, denominados principios activos (P.A) para este estudio, más utilizados en frutas, vegetales y granos básicos cultivados y consumidos en Costa Rica, denominados productos de interés. Con los resultados obtenidos se pretende orientar en la implementación de nuevas metodologías de análisis en el LRE.

Materiales y Métodos:

La presente revisión bibliográfica cubre información en español e inglés en el periodo comprendido entre 2005 al 2015, sobre publicaciones, estudios e informes de temas conexos. Se hará una descripción de los parámetros en estudio, según el tipo de fuente consultada, no por orden cronológico de las etapas de la investigación:- Se consultó informes nacionales e internacionales como se cita a continuación: Informe del Programa Integral de Mercadeo Agropecuario (PIMA) 2013 sobre tendencias de consumo en Costa Rica y VI Censo Nacional Agropecuario 2014, e informes de la Organización para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Con esta información se determinó los cultivos de interés para el presente estudio. Otro informe importante consultado fue “Los plaguicidas de uso agropecuario en Costa Rica, impacto en la salud y el ambiente elaborado por el Instituto Regional de Estudios en Sustancias Tóxicas (IRET).

- Se utilizó las siguientes bases de datos para P.A: Plaguicidas en Centroamérica (IRET) y la base de datos la universidad de Hertforshire, para obtener información toxicológica y medioambiental.
- La búsqueda bibliográfica se complementó mediante la consulta a la web google académico, la estrategia de búsqueda empleaba los siguientes términos: “plaguicida”, “seguridad alimentaria”, “control de plagas”. Se seleccionó los artículos publicados en revistas

indexadas, y se descartó los artículos de años inferiores al 2005, y que fueran opiniones o resúmenes de conferencias.

- Se entrevistó al señor Greivin Pérez del Laboratorio de Análisis de Residuos de Plaguicidas del Centro de Investigación en Contaminación Ambiental (CICA) de la Universidad de Costa Rica, quien realizó un perfil de evaluación de riesgo en inocuidad alimenticia en el año 2014; quien proporcionó orientación para la presente investigación.
- Se solicitó la información de los P.A importados, exportados y formulados en Costa Rica al señor Alejandro Rojas Leitón funcionario de la Unidad de Registro de Agroquímicos y Equipos de Aplicación del SFE.
- Por último, se entrevistó al señor Pedro Sánchez Carballo de la Unidad de Control de Residuos de Agroquímicos del SFE quien brindó resultados sobre 31 encuestas realizadas por el Programa de Operaciones Regionales del SFE a principios del 2015, en las diferentes regiones del país; con los resultados de estas encuestas se determinaron los cultivos y los P.A que aplican actualmente en el campo para combatir las plagas (ver Figura 1).
- El análisis de los datos para obtener la lista de P.A final se realizó por medio de filtros condicionales en el programa de Microsoft Excel 2013.

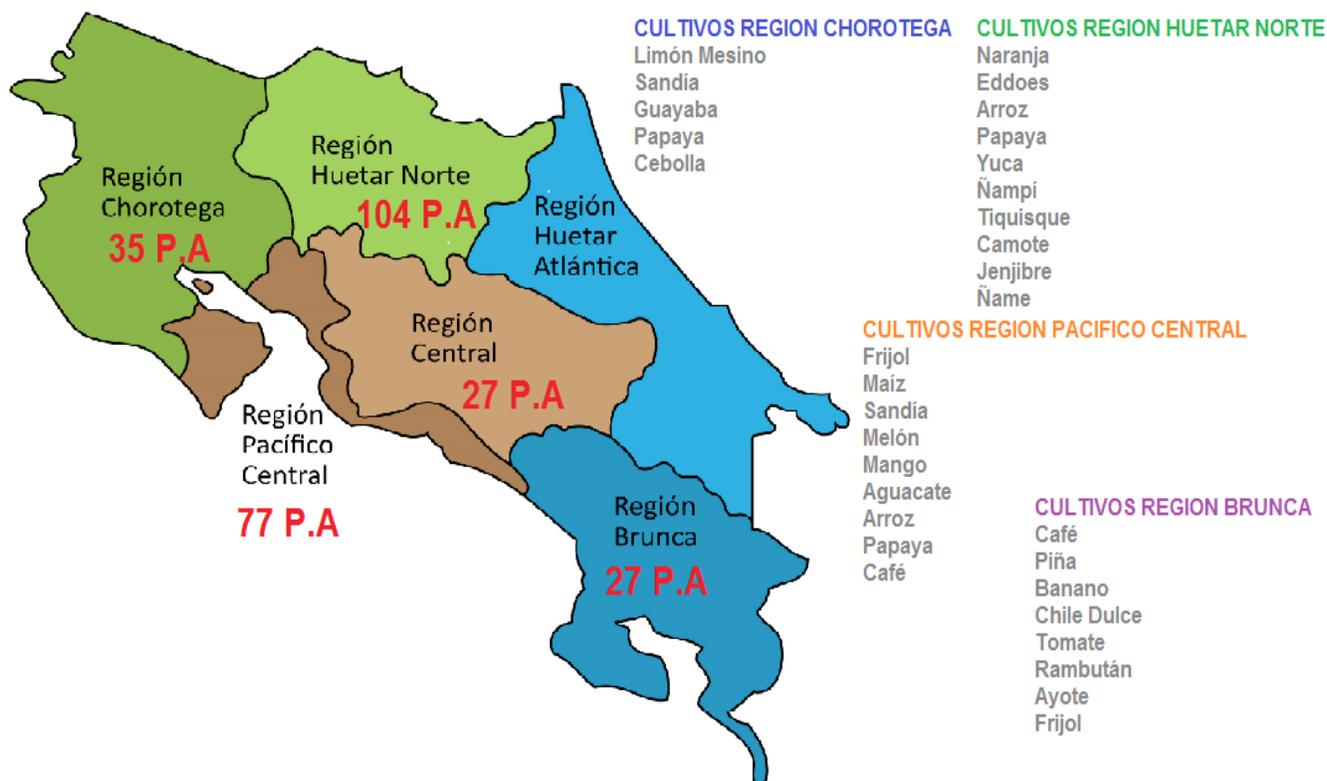


Figura 1. Información de encuestas Cultivo vrs P.A de plaguicidas por región de Costa Rica, Programa de Operaciones Regionales del SFE. 2015.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos proporcionados por la Unidad de Control de Residuos del SFE. 2015.

Mapa de regiones de Costa Rica extraído de: <http://www.lahistoriaconmapas.com>

Marco Teórico:

Plaguicidas: definición y peligros en la salud

El concepto de plaguicida se puede definir como compuestos químicos que generalmente, se llevan a cabo en laboratorios de alta complejidad y tiene como finalidad controlar, prevenir y eliminar plagas que ocasionan dificultades y enfermedades a numerosos organismos que tiene contacto directo con el ser humano, como lo son los animales y vegetales (Quesada, 2011).

Los plaguicidas se conforman por características que permiten ser asociados en dos grupos principales. El primer grupo se define por el uso que se le da a los mismos, estos son: Insecticidas, herbicidas, acaricidas, fungicidas, raticidas, entre otros. El otro grupo está determinado por la estructura química, estos se dividen en: Organoclorados, organofosforados, carbamatos, ácidos carboxílicos, los piretroides, amidas, anilinas, los derivados de alquil, fenoles, amidas, compuestos inorgánicos entre otros (Badii & Landeros, 2007).

La toxicidad es la capacidad inherente de una sustancia química de producir efectos adversos en los organismos vivos. Efectos de deterioro de tipo funcional, lesiones patológicas que afectan el funcionamiento del organismo y reducen su capacidad de respuesta a factores de riesgo o estrés; de acuerdo con el tiempo de exposición para que se llegue a manifestar el efecto tóxico o de la duración del mismo, éstos se dividen en dos grupos: agudos y crónicos (UNA, 2015).

El nivel de toxicidad de los plaguicidas ha sido clasificado por parte de la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Agencia de Protección al Ambiente de los Estados Unidos (EPA) (OMS, 2005).

Cuando se realizan estudios para establecer la toxicidad de una sustancia se determina la dosis letal media (DL50), esta se define como aquella dosis en la que se causa la muerte del 50% de los animales de prueba. Esta dosis letal se expresa siempre en miligramos o gramos por kilogramos de peso corporal, es por esto que la OMS y EPA determinó cuales son estas dosis para los niveles de toxicidad de los plaguicidas mencionados anteriormente, se observan en el Tabla 1 y 2.

Tabla 1. Dosis Letal media para cada nivel de toxicidad según la OMS. 2005.

OMS		DL50 para la Rata (mg/Kg de peso)	
		Oral	Dermal
Ia	Extremadamente Peligroso	< 5	< 50
Ib	Altamente Peligroso	5-50	50-200
II	Moderadamente Peligroso	50-2000	200-2000
III	Ligeramente Peligroso	<2000	<2000
U	Normalmente no causa ningún peligro	≥5000	

Fuente: Elaboración propia basado en OMS, (2005).

EPA también reconoce cuatro categorías de toxicidad aguda (Tabla 2). Esta clasificación según EPA es:

Tabla 2. Dosis Letal media para cada nivel de toxicidad según la EPA. 2015.

EPA		DL ₅₀ para la Rata (mg/Kg de peso)	
		Oral	Dermal
I	Altamente tóxico	<50	<200
II	Moderadamente tóxico	50-500	200-2000
III	Ligeramente tóxico	500-5000	2000-5000
IV	Prácticamente no tóxico	>5000	

Fuente: Elaboración propia basado en UNA-IRET, (2015).

Cabe destacar que la dosis letal para una persona adulta de los principios activos de clase I es de 5 gramos (menos de 1 cucharada de té), de clase II es 5 a 30 gramos y de clase III más de 30 gramos (UNA-IRET, 2015).

También es importante enfatizar los principales efectos en salud de la exposición a plaguicidas, según UNA, 2015:

1. La actividad alérgica se define como la capacidad de desencadenar reacciones alérgicas con la exposición repetida a la sustancia.
2. Neurotoxicidad se refiere a efectos sobre el sistema nervioso central, el sistema nervioso periférico y los órganos de los sentidos.
3. Genotoxicidad se refiere a alteraciones en el material genético o en sus componentes asociados, producida por un agente químico en los niveles subtóxicos de exposición, entre ellos:
4. Mutagenicidad se refiere a los cambios producidos en el material genético del núcleo celular, que pueden ser transmitidos en la división celular. Mutaciones en células somáticas han sido relacionadas con leucemias, linfomas y otros tumores sólidos.
5. Aberraciones cromosómicas son alteraciones de tipo numérico y estructural causados por un agente genotóxico. Una prueba positiva indica daño genético inducido y no reparado durante años de exposición. Las aberraciones cromosómicas se han asociado con el cáncer, el envejecimiento, retraso mental, anomalías morfológicas y otras enfermedades.
6. **Carcinogenicidad** se refiere a la capacidad de un agente de producir una neoplasia (cáncer).
7. **Efectos reproductivos** es el conjunto de efectos relacionados con la capacidad reproductiva. Pueden producirse por exposición durante el período periconcepcional y la gestación.
8. Teratogenesis son efectos por exposición durante el período embrionario, que usualmente se relacionan con malformaciones morfológicas mayores. Usualmente, se llevan a cabo estos estudios con ratas y conejos.
9. **Disrupción endocrina** es una sustancia química capaz de alterar el equilibrio hormonal y de provocar diferentes efectos adversos sobre la salud. Los efectos dependen del sistema hormonal al que afecten, de la etapa de la vida en que se dé la exposición y del sexo.

Consecuencias Ecológicas

El uso de los plaguicidas genera problemas ambientales de diversa índole, por lo que el uso de estos siempre genera recelo por parte de los ambientalistas. Unos de los problemas directos es el envenenamiento de especies a la cual no están dirigidos, lo cual puede generar reducción en la poblaciones afectadas, reducción en sus tiempos de vida, cambios en la fertilidad y fecundidad, proporción de sexos y comportamientos (Devine, Eza, Ogusuku, & Furlong, 2008).

Los plaguicidas contaminan ambientes terrestres y acuáticos; los ambientes terrestres son contaminados cuando se emplean de forma directa y deliberadamente o cuando se precipitan de la

atmósfera cuando se aplican por aspersiones aéreas, o bien cuando se da uso de agua contaminada para riego, en el caso del agua se ve contaminada cuando se aplica directamente, cuando se precipitan de la atmósfera o en deslaves de tierra y cultivos, las retención en los suelos de los plaguicidas tiene que ver con la capacidad para retener sus características físicas, químicas y funcionales en el medio del cual es transportado, mientras que en el agua los plaguicidas hidrosolubles persisten en el medio por las mismas características que en los de la tierra y los insolubles se absorben en partículas no solubles, a los sedimentos y se concentran en la biota acuática (Badii & Landeros, 2007).

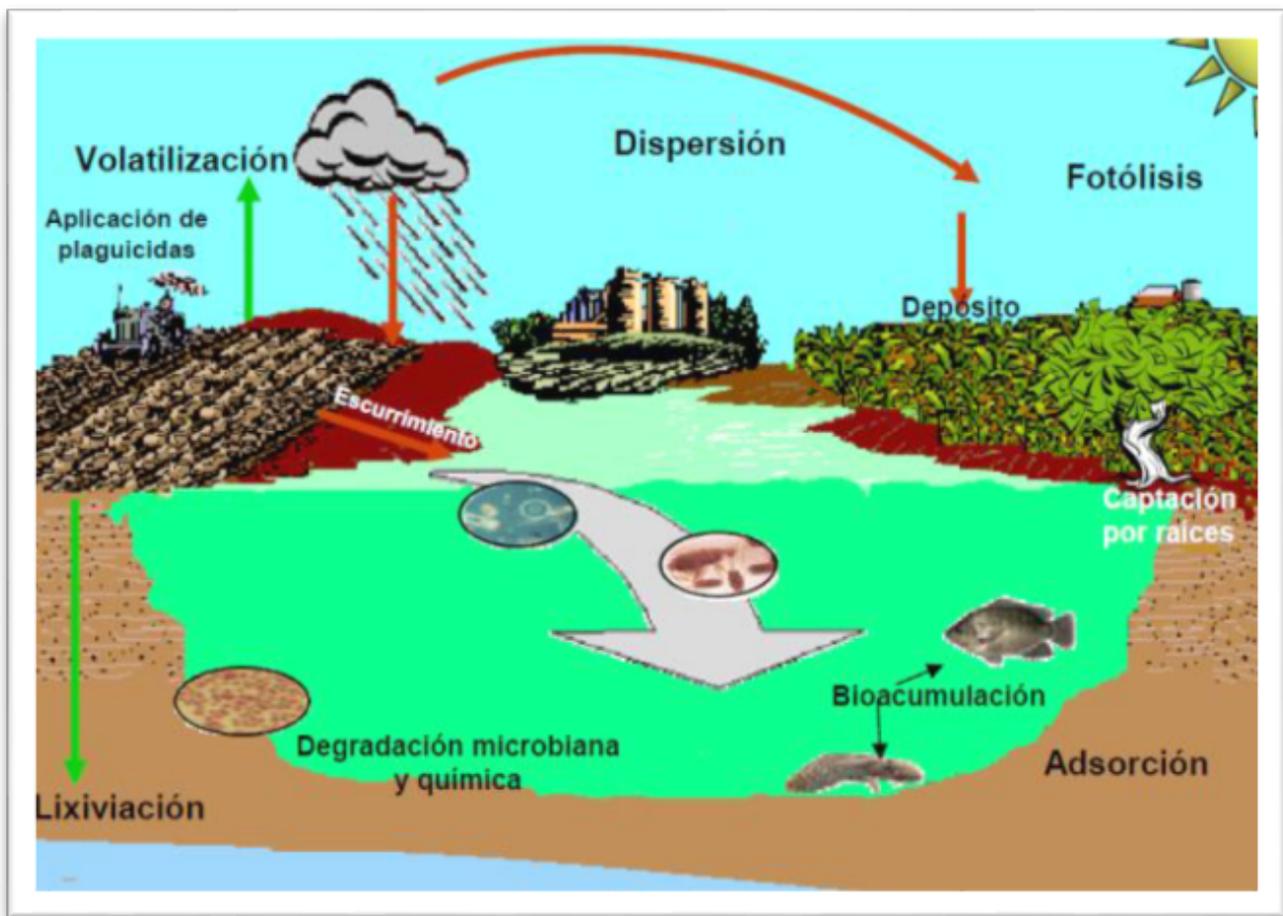


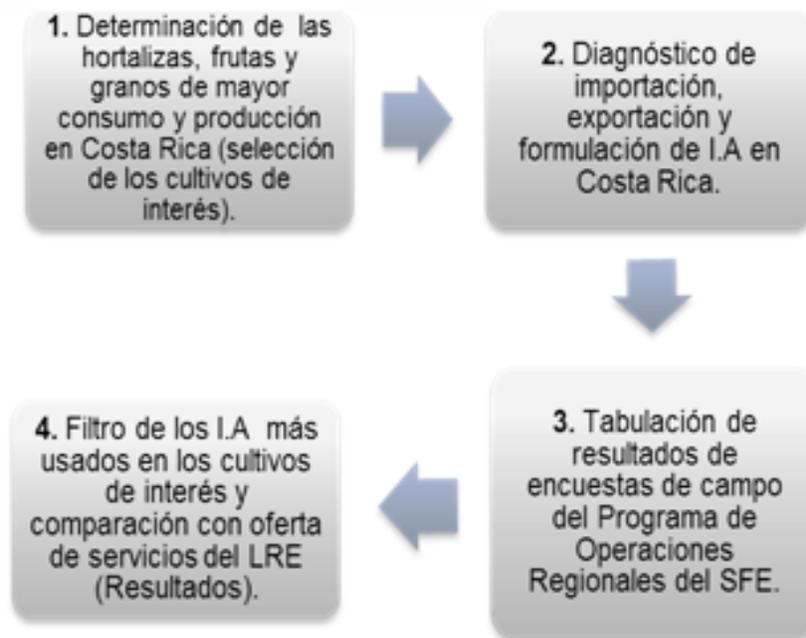
Figura 2. Representación gráfica de la contaminación de un ambiente acuático por el uso de plaguicidas.

Fuente: Jáquez, González, Irigoyen, & Ortega, (2013).

Desarrollo de las etapas de la investigación

La revisión se desarrollará en cuatro etapas como se resume en la Figura 3.

Figura 3. Etapas del desarrollo de la investigación.



Fuente: Elaboración propia.

A continuación se describen los parámetros estimados en cada una de las etapas:

Primera Etapa: Cultivos de mayor consumo y producción en Costa Rica (Identificación de los cultivos de interés)

La consulta por tendencia de consumo alimenticio de la población es una práctica realizada mundialmente a la hora de tomar decisiones en materia de contaminación por residuos de P.A en alimentos frescos (FAO, 2013). En el último informe del Programa de Integral de Mercadeo Agropecuario (PIMA), que mide la tendencia en la preferencia de consumo en las familias costarricenses, se señalan

las siguientes frutas como las de mayor consumo: banano, papaya, piña, manzana y naranja y la preferencia por las siguientes hortalizas: tomate, papa, repollo, zanahoria y lechuga (PIMA, 2013). Cabe destacar, según este informe, estos cultivos han sido preferidos por la población durante el periodo de 2000-2012.

Otros datos importantes a tomar en cuenta son los resultados del VI Censo Nacional Agropecuario (CONAGRO), mediante el cual se identificó las principales actividades a las que se dedican las fincas agropecuarias en Costa Rica. Según la importancia comercial que representaron al país en el 2014. La elección de estos cultivos de interés, se presenta en la Figura 4.

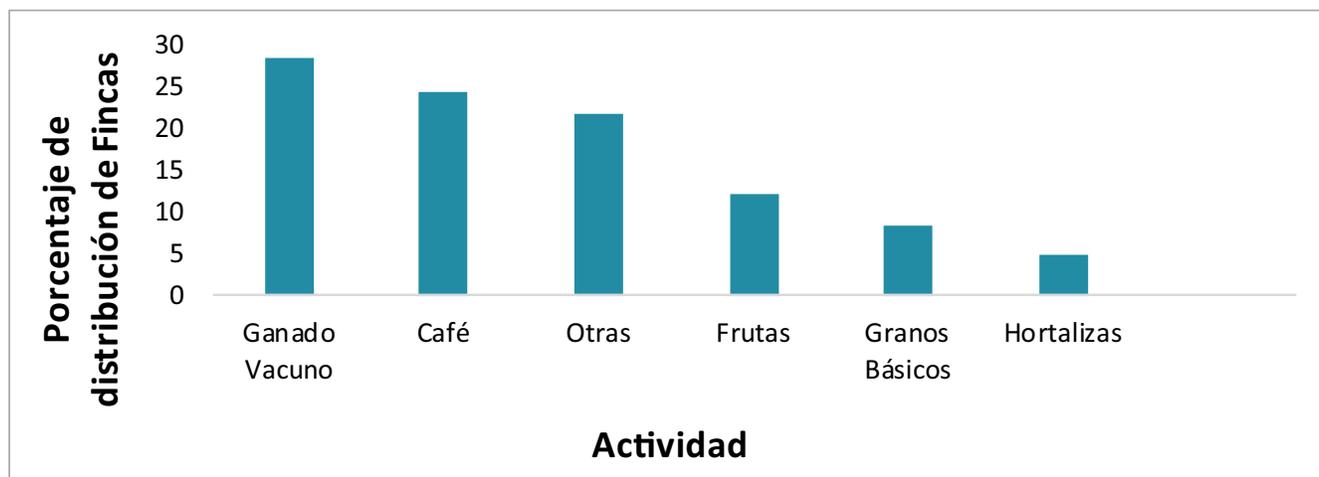


Figura 4. Distribución porcentual de las fincas en Costa Rica por actividad principal. 2014.

Nota: La actividad principal denominada como "Otras" contempla cultivos como: ornamentales, palma aceitera, pastos, entre otros.

Fuente: Elaboración propia a partir del IV Censo Nacional Agropecuario 2014 (INEC, 2014, p. 27).

En Costa Rica las tierras dedicadas a la labranza en el 2014 fueron de 16 7133.4 hectáreas de las cuales el 66.5% responden a cultivos anuales (INEC, 2014). De acuerdo con los datos de INEC, (2014) las principales fincas cultivadas de frutas son: banano, naranja, piña y otras; y las principales de hortalizas son: papa, tomate, zanahoria, cebolla y otras, estos cultivos son consistentes con los datos que ofrece el Informe de Consumo del PIMA. Estas son las actividades con las que se generan más ingresos, y las que tienen mayor extensión de terreno, mano de obra y maquinaria (INEC, 2014).

Otros datos importantes son las encuestas de campo para determinar los plaguicidas que aplican los agricultores a los cultivos, las fincas encuestadas cosechaban los siguientes cultivos: papaya, melón, sandía, frijol, ayote, café, arroz, limón mesino, tomate, yuca, cebolla, chile dulce, guayaba, ñampi, cacao, maíz, eddoes, pepino, vainica, fresa, mango, lechuga, aguacate, apio, culantro, zanahoria, remolacha, brócoli, papa, rambután, chayote.

Los plaguicidas que se aplican a estos cultivos para combatir las plagas y enfermedades, pueden permanecer por largos periodos de tiempo en forma residual aún después de su cosecha de ahí la importancia de la determinación de los residuos de P.A porque pueden estar presentes en ellos. De esta forma los datos de P.A presentes en los cultivos encuestados son representativos de la dieta de los costarricenses y de las actividades con mayor extensión de terreno en Costa Rica (INEC, 2014).

Segunda Etapa: Importación, exportación y producción de P.A en Costa Rica

La Unidad de Registro de Agroquímicos y Equipos de Aplicación del SFE establece los datos oficiales de importación, exportación y formulación de P.A de plaguicidas, esta Unidad elaboró una lista actualizada de la estimación en kilogramos (kg) de P.A en Costa Rica. Los valores para los diez plaguicidas más consumidos en el año 2014 se presentan en la Tabla 3.

Tabla 3. Datos de los diez primeros P.A para consumo nacional. 2014.

Posición	P.A	Importación P.A (kg)	P.A formulado en el país (kg)	Importación + P.A formulado en el país (kg)	Exportación P.A (kg)	P.A que se queda en el país (kg)	Clase
1	Mancoceb	1 811 697	1 469 522	3 281 219	871 849	2 409 370	Funguicida
2	Glifosato	1 507 421	188 886	1 696 307	367 719	1 328 587	Herbicida
3	Clorotalonil	922 368	57 627	979 994	51 221	928 773	Funguicida
4	Diazinon	485 121	203 512	688 634	3 930	684 704	Insecticida
5	2,4-D	850 749	183 609	1 034 357	486 894	5 474 63	Herbicida
6	Paraquat	507 084	86 383	593 466	82 294	511 172	Herbicida
7	Diuron	457 935	37 941	495 876	72 924	42 2952	Herbicida
8	Ametrina	31 1684	22 481	334 165	24 975	309 190	Herbicida
9	Metam Sodio	268 653	0	268 653	0	268 653	Fumigante
10	Fenpropimorf	284 539	0	284 539	18 469	266 070	Funguicida

Fuente: Unidad de Registro de Agroquímicos del SFE, 2014.

Los P.A citados en la Tabla 3 se refieren a productos químicos sintéticos de uso agrícola utilizados para controlar plagas, no se incluyen los datos de coadyuvantes y vehículos utilizados en las formulaciones comerciales los cuales también presentan características toxicológicas. Se indica la cantidad por kg disponible en el país y la clase a la que pertenece el P.A. Los registros y estadísticas actuales de importación, exportación y formulación de plaguicidas se basan en cantidades de P.A, por eso resulta fácil hacer comparaciones válidas que permitan determinar si son consistentes con los resultados del presente estudio.

Tercera Etapa: Tabulación de los datos

En la Tabla 4 se enlista los P.A más usados en el país y por lo tanto los más representativos del estudio. Los datos incluyen la clase, el grupo químico al cual pertenece y la peligrosidad asociada según la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA), y son importantes para identificar las consecuencias de su uso en la salud.

Tabla 4. Tendencia en uso de P.A en los cultivos de interés en orden ascendente.

Ingrediente Activo	Clase	Grupo Químico	Efectos en salud según OMS	Efectos en salud según EPA
Deltametrina*	Insecticida	Piretroide	II	II
Acefato*	Insecticida	Organofosforado	II	III
Imidacloprid*	Insecticida	Clorado	II	II
Cipermetrin*	Insecticida-acaricida	Piretroide	II	II
Tiametoxam*	Funguicida-insecticida	Clorado	No inscrito en la lista	No inscrito en la lista

Boscalid*	Fungicida	Clorado	IV	No inscrito en la lista
Metalaxil*	Fungicida	Ditiocarbamato	II	No inscrito en la lista
Benomil*	Fungicida	Benzimidazol	IV	IV
Carbendazima*	Fungicida	Benzimidazol	IV	III
Clorotalonil*	Fungicida	Clorado	IV	II
Mancoceb	Fungicida	Ditiocarbamato	IV	IV
Permetrin	Insecticida	Piretroide	II	II, III
Abamectina	Insecticida, acaricida	Avermectina	No inscrito en la lista	No inscrito en la lista
Azoxiestrobina*	Fungicida	Estrobilurina	IV	No inscrito en la lista
Clorpirifos*	Insecticida	Organofosforado	II	II
Metalaxil*	Fungicida	Ditiocarbamato	II	No inscrito en la lista
Metil -tiofanato*	Fungicida	Benzimidazol	IV	III
Protiofos*	Insecticida	Organofosforado, clorado	II	III
Cartap	Insecticida	Análogo de la nereistóxina	II	II
Lambda- Cihalotrina*	Insecticida	Piretroide	II	No inscrito en la lista
Metiocarb*	Molusquicida, insecticida, acaricida	Carbamato	Ib	I
Procloraz*	Fungicida	Clorado	II	No inscrito en la lista
Dimetoato*	Insecticida-acaricida	Organofosforado	II	II
Metamidofos*	Insecticida, acaricida	Organofosforado	Ib	No inscrito en la lista
Propineb	Fungicida	Ditiocarbamato	IV	IV
Bifentrin*	Insecticida, acaricida	Piretroide, clorado, fluorado	II	II
Fipronil*	Insecticida	Fenilpirazol, clorado, fluorado	II	II
Spiromesifen	Insecticida	Ácido tetrónico, ceto-enol.	No inscrito en la lista	No inscrito en la lista
Benzoato de Emamectina	Insecticida	Avermectina	No inscrito en la lista	I
Diazinon*	Insecticida-acaricida	Organofosforado	II	II, III
Dimetomorf*	Fungicida	Morfolina, clorado	III	III
Endosulfan*	Insecticida-acaricida	Organoclorado	II	I
Malation*	Insecticida-acaricida	Organofosforado	III	III
Monocrotofos*	Insecticida, acaricida	Organofosforado	Ib	No inscrito en la lista
Piraclostrobina	Fungicida	Estrobilurina clorado.	No inscrito en la lista	No inscrito en la lista
Piriproxifen*	Insecticida	Fenil éter	IV	III

Notas:

*P.A de plaguicidas que están de la oferta de servicios actual del LRE. uente: Elaboración propia a partir del Manual de plaguicidas en Centroamérica (UNA, 2015), Programa de Operaciones Regionales del SFE 2015. PPDB (2014) Pesticide Properties Database, University of Hertfordshire.

El criterio de selección de los P.A más utilizados en el país, se basa en el análisis en los productos más consumidos y los de mayor producción, ambos a nivel nacional. Se determinaron enlistando todos los P.A obtenidos de las 31 encuestas realizadas en el campo a principios del año 2015 por personal del SFE, y determinando la tendencia en uso de P.A en los cultivos de interés.

Cuarta Etapa: Resultados y Discusión

En la Tabla 4 se establece las tendencias de P.A encontrados en el estudio. A continuación se presenta la comparación de los resultados mostrados en la tercera etapa con la lista de los 141 P.A que el LRE realiza actualmente, los cuales se presentan en la Tabla 5, enlistados con sus propiedades fisicoquímicas y su toxicidad.

Tabla 5. Características fisicoquímicas y toxicológicas de los resultados del estudio. 2015.

P.A	Movilidad en suelo	Solubilidad en agua	Volatilidad	Persistencia	Toxicidad	Efectos Agudos y Crónicos
Mancoceb	Ligera movilidad	Baja	No volátil	No persistente	Baja	Carcinogénico/ Teratogénico /Irritante al tracto respiratorio y ojos.
Abamectina	No móvil	Baja	No volátil	Mediana a no persistente	-	Teratogénico/ Irritante ocular y dérmico/ Genotóxico.
Permetrin	No móvil	Baja	No volátil	No persistente	Moderada	Disruptor endocrino/ Efectos en desarrollo del feto/ Neurotóxico/ Irritante ocular y dérmico.
Cartap	-	Alto	No volátil	No persistente	Moderada	Irritante piel
Propineb	-	Baja	No volátil	No persistente	Baja	Neurotóxico/ Genotóxico/ Irritante piel
Spiromesifen	No móvil	Baja	No volátil	No persistente	Moderada	Irritante piel

Benzoato de Emamectina	Extrema	Baja	-	Extrema a Ligera	-	Irritante ocular y dérmico/ Neurotóxico /Efectos en reproducción
Captan	Moderada	Baja	No volátil	No persistente	Moderada	Carcinogénico/ Irritante piel y ojos
Piraclostrobina	No móvil	Baja	No volátil	Moderado	Bajo	Irritante piel

Fuente: Elaboración propia según Pesticide Properties Database, University of Hertfordshire. PPDB (2014).

Tal y como se puede observar en la Tabla 5, se eliminaron de la lista final los P.A que actualmente son analizados en el LRE. Al comparar los resultados finales, las tres cuartas partes de los P.A detectados en este estudio se analizan en el LRE. Por ejemplo:

- El clorotalonil catalogado como un plaguicida cancerígeno según estudios realizados por el Ministerio de Agricultura y Ganadería en el año 2001 (Montoya, Restrepo, Moreno & Mejía (2011), y sumamente tóxico para el ecosistema acuático según EPA y además de que es una sustancia que se importa en grandes cantidades al país.
- El endosulfán catalogado II como moderadamente peligroso según OMS (2005) y altamente tóxico según EPA (2015), ampliamente prohibido a nivel internacional. En Costa Rica, este plaguicida está siendo objeto de múltiples discusiones, entre empresas fabricantes, grupos de productores y empresas productoras, grupos conservacionistas, academia, ministerios y el gobierno, en la búsqueda de una regulación en productos como el café principalmente. Al día de hoy se ha llegado a la conclusión por parte del gobierno, de prohibir el uso del endosulfán en una gran cantidad de cultivos, lo cual se suma al hecho de la decisión adoptada en la quinta reunión de la Conferencia de las Partes del Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes

Orgánicos Persistentes, realizada en mayo de 2011 (Pérez, 2014).

- El diazinón insecticida organofosforado ampliamente importado al país, el cual el restringido en el ámbito federal en los Estados Unidos. Detectado en canales y ríos de área de cultivo de piña; en el pelo de mamíferos (perezosos) que habitaban cerca de estos cultivos (2005-2007) y en agua luego de eventos de mortalidad de fauna acuática en el Caribe (UNA, 2015).
- El metiocarb clasificado Ib según OMS Se encuentra entre los 10 insecticidas que superan la norma ecotoxicológica para agua de Holanda. Esta sustancia es una causa común de envenenamientos accidentales de fauna (Marín, 2008).
- El metamidofos conocido por ser un insecticida altamente peligroso y tener efectos teratogénicos y reproductivos positivos, está clasificado Ib-Peligroso alto según OMS, también es conocido en Centroamérica por causar la mayoría de intoxicaciones y muertes; específicamente en Costa Rica, tiene antecedentes de exposición de los padres a este plaguicida en un estudio de leucemia infantil entre 1995 y el 2000 (Avalos, 2008), se determinó que el peligro es tres veces mayor en hijos de quienes laboran con esta sustancia.

1. En cada una de las etapas del desarrollo de la presente investigación, fue posible identificar los P.A de plaguicidas con mayor significancia en el consumo nacional; se observa en números porcentuales a los insecticidas y los fungicidas como las categorías más importantes en el uso en cada ciclo del cultivo, aparejado al aumento y la frecuencia en el empleo que de ellos hacen los agricultores. A continuación se evaluará por separado los principales hallazgos del estudio, sus implicaciones en salud y medio ambiente.
2. El criterio común en casi todos los cultivos de interés es la utilización del fungicida mancoceb, este tiene la mayor cantidad disponible para venta en el país; es importante señalar que está severamente restringido en Suecia, y en Estados Unidos por su oncogenicidad y teratogenicidad. El metabolito etilenotiourea (ETU) se puede generar en la síntesis del mancoceb, además puede formarse durante su almacenamiento. Por el alto uso de mancoceb y la toxicidad del ETU el control sobre el contenido de esta impureza es muy importante. El ETU es altamente móvil en suelo (soluble en agua) y podría llegar a contaminar las aguas subterráneas, es ligeramente tóxico para peces y moderadamente tóxico para crustáceos. Según De la Cruz, *et al.* (2005) otro de sus metabolitos, el DIDT es muy tóxico para organismos acuáticos.
3. Con respecto a la abamectina este se une fuertemente al suelo y es rápidamente degradado por los microorganismos, sus metabolitos la 8a-hidroxiavermectina (B1a) y la 8a-oxo-avermectina (B1a) son medianamente persistentes y ligeramente móviles en el suelo y se encuentra entre los 10 insecticidas problema que superan la norma ecotoxicológica para agua y en Holanda (UNA, 2015).
4. En el caso de la permetrina, siendo el insecticida de más uso, según este estudio, y que no se está monitoreando por el LRE, forma parte de una clase de compuestos conocidos como piretroides sintéticos, estos son químicamente diseñados para ser más tóxicos que los piretroides naturales (Beyond Pesticides, 2014). Tiene efectos como disruptor endocrino; efectos en el desarrollo del feto y neurotóxicos; la permetrina es muy tóxica para organismos acuáticos y puede causar efectos adversos a largo plazo en el agua, además de ser extrema a medianamente tóxica para anfibios e incluida en la lista del Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF) de plaguicidas reportados como disruptores endocrinos y/o con efectos reproductivos (UNA, 2015).
5. El cartap presenta un alto riesgo ambiental acuático (Iannacone & Alvarino, 2002), presenta una solubilidad alta en agua, esto significa que el cartap es fácil de lavar en el follaje, así se lixivia en el suelo y se mueve con las aguas superficiales, este parámetro es muy importante porque en algunas zonas se riegan los cultivos con aguas subterráneas (Pérez, 2014). Además en la salud el cartap presenta una clasificación de riesgo moderado.
6. Para el caso del fungicida ditiocarbamato propineb este presenta efectos en la salud neurotóxicos y genotóxicos, en Suecia y Dinamarca el uso del propineb ha sido suspendido por ser extremadamente tóxico para la salud humana e incluso cancerígenos y en general con el medio ambiente (Robledo, 2014).
7. El spiromesifen el cual tiene una toxicidad moderada, sus dos metabolitos son medianamente persistentes y móviles en el suelo y con un gran potencial de lixiviación, es muy tóxico para organismos acuáticos, puede causar efectos adversos a largo plazo

en el ambiente acuático (UNA, 2015).

8. En el caso del benzoato de emamectina presenta un peligro para la salud, se clasifica como tipo I según EPA (2005), esto es, altamente tóxico; además, presenta una movilidad en el suelo extrema y una alta persistencia que es un parámetro que hace referencia al periodo de tiempo en el que una sustancia permanece en el medio, así que es el tiempo en días requeridos para que un plaguicida se degrade a la mitad de su concentración original, en un compartimento definido, puede ser en suelo o agua (Pérez, 2014).
9. En el caso del captan conocido por ser carcinogénico y con una moderada solubilidad en el suelo; entre sus efectos crónicos está la pérdida de peso, anemia e hipertensión arterial. Sus metabolitos (THPI o 4-tetrahidroftalimida, y THPAM o 4-tetrahidroftalimida ácida) son más persistentes, se adsorben menos en el suelo; tiene mayor movilidad y un alto potencial de lixiviación y es muy tóxico para organismos acuáticos (UNA, 2015).
10. Por último, entre los metabolitos de la piraclostrobina se encuentran el ácido oxonílico y el aminopiridil, estos se encuentran entre los 10. fungicidas problema que superan la norma ecotoxicológica para agua en Holanda y la de agua potable, ya que su toxicidad aguda es extrema en peces (UNA, 2015).

Por medio de la información suministrada es posible identificar los P.A que por su toxicidad, representan un peligro por su elevado consumo en el país. Pérez *et al*, (2015) indican que la presencia de residuos de plaguicidas en los alimentos es una preocupación significativa para los consumidores, debido a los posibles efectos adversos para la salud a largo plazo. Estos efectos causados por plaguicidas dependerán del tipo del plaguicida implicado, el tiempo de la exposición, el tipo de la exposición,

la dosis absorbida, y las condiciones de salud del expuesto. De acuerdo a Burger (2015) estos son de dos grandes tipos: efectos agudos y efectos crónicos. Los primeros ocurren frente a una exposición aguda, es decir de corta duración, minutos, horas, un día, y los segundos se deben a exposiciones a largo plazo, en pequeñas cantidades durante un tiempo prolongado, como ejemplo de este último está el consumo diario de alimentos con residuos de plaguicidas. En la bibliografía internacional se vinculan enfermedades como cáncer, la disrupción endócrina, las enfermedades neurológicas tipo Parkinson, malformaciones fetales, abortos espontáneos y daño celular, entre otras, con la exposición prolongada a estas sustancias. Además, el uso de plaguicidas puede generar en el tema ambiental diversos y complejos impactos directos e indirectos en el agro ecosistema y la vida silvestre. El uso indiscriminado de plaguicidas provoca la contaminación del suelo, del aire y del agua, y altera el equilibrio ecológico.

La problemática radica en que los P.A citados en este apartado, no están siendo monitoreados por el LRE y dado el impacto de esto en las personas y el ambiente, se pretende colaborar con el desarrollo de metodologías de análisis en pro del bienestar público y en acatamiento del deber según la Ley de Protección Fitosanitaria (MAG, 1998).

Conclusiones

- Actualmente el LRE puede detectar 141 P.A, las tres cuartas partes de los P.A evaluados en este estudio si están siendo analizados; no obstante, el LRE no detecta: mancoceb, abamectina, permetrin, cartap, propineb, spiromesifen, benzoato de emamectina, captan y piraclostrobina, los cuales se utilizan en cultivos de mayor consumo y producción nacional, según esta investigación.
- El presente estudio tiene como fin detectar que plaguicidas no se están analizando en el LRE e implementar nuevas técnicas metodológicas de análisis, basados en los P.A más utilizados

y consumidos en el país; siendo éste, el primer análisis de este tipo, que tiene como centro la protección de la salud del consumidor y el ambiente.

- A pesar de que los niveles de residuos de plaguicidas en alimentos rara vez producen problemas de intoxicaciones agudas, el hecho que miles de personas ingieran diariamente niveles bajos o medios de agentes cancerígenos o tóxicos, puede significar un problema considerable de salud pública; de acuerdo con los resultados encontrados, es necesario que el LRE determine analíticamente, si estos P.A se están aplicando a los cultivos de manera adecuada y reglamentada para asegurar una incidencia mínima en la salud humana.
- En Costa Rica se importa y se utilizan gran variedad y cantidad de plaguicidas; entre ellos: fungicidas como el mancoceb, clorotalonil, fenpropimorf; herbicidas como glifosato, 2,4-D, paraquat, diurón, ametrina, muchos de ellos ya están prohibidos o restringidos en Holanda, España, Estados Unidos, Suecia, Dinamarca, etc.
- Los patrones de uso y manejo de plaguicidas, esto es, como los agricultores emplean las buenas prácticas agrícolas en el campo, son lo que realmente determina si se va a presentar o no riesgo de residuos en los productos que van al consumidor.
- La aplicación plaguicidas en dosis inadecuadas favorece a la resistencia de plagas; ocasionando que se requiera cada vez mayor dosificación de plaguicidas para eliminar las plagas. Sin embargo, nuestro ambiente es afectado cada vez más, destruyendo la diversidad natural, además de la alta probabilidad de ser consumidos por el hombre a través de los cultivos frescos no procesados.
- Para conocer más fondo las tendencias del uso de los plaguicidas es indispensable contar con más datos de uso por cultivo y zonas en Costa Rica y así ampliar el presente estudio.

Bibliografía citada

- AECOSAN (2010). Informe: *Productos Fitosanitarios*. Agencia española de consumo y seguridad alimentaria y nutrición. Gobierno de España. Recuperado de: http://www.aesan.mspsi.gob.es/AESAN/web/cadena_alimentaria/subseccion/fitosanitarios.shtml
- Avalos, A. (2008). El peligro es tres veces mayor en hijos de quienes laboran con estas sustancias. Hasta 200 niños desarrollan cáncer cada año y el 35% de ellos corresponde a leucemia. Obtenido de http://www.rap-al.org/index.php?seccion=4&f=news_view.php&id=253
- Badii, M., & Landeros, J. (2007). Plaguicidas que afectan a la salud humana y la sustentabilidad. *Cultura Científica y Tecnológica*, 4(19). Obtenido de <http://openjournal.uacj.mx/ojs/index.php/culcyt/article/view/454>
- Beyond Pesticides. (2014). Chemical Fact Sheet: Permethrin. Recuperado de: <http://www.beyondpesticides.org/mosquito/documents/permethrin.php>
- Burger, M. (2015). Los plaguicidas y sus impactos a la salud. Recuperado de: http://rapaluruaguay.org/agrotoxicos/Uruguay/Los_plaguicidas_y_sus_impactos_a_la_salud.htm
- INEC (2014). Informe Nacional: *VI Censo Nacional Agropecuario (CONAGRO)*. Instituto Nacional de Estadística y Censos. San José, Costa Rica.
- De la Cruz, E., Clemens, R., Wesseling, C., Monge, P., Chaverri, F., Castillo, L., Bravo, V. (2005). Informe: *Plaguicidas en Costa Rica*. p. 142. IRET-UNA, Heredia, Costa Rica.
- Devine, G., Eza, D., Ogasuku, E., & Furlong, M. (2008). Uso de insecticidas: contexto y

- consecuencias ecológicas. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 25(1), 74-100. Obtenido de: <http://www.scielo.org.pe/pdf/rins/v25n1/a11v25n1>
- FAO (2007). *Estudio 87: Análisis de riesgos relativos a la inocuidad, guía para las autoridades nacionales de inocuidad de los alimentos*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Roma, Italia. Recuperado de: <http://www.fao.org/3/a-a0822s.pdf>
- FAO (2013). Informe: *Residues in food*. FAO/WHO Meeting on Pesticide Residues. Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la agricultura. Italia, Roma. Recuperado de: <http://www.fao.org/docrep/019/i3518e/i3518e.pdf>
- Hidalgo (2012). Registro fitosanitario de plaguicidas. San José, Costa Rica. Editorial: CropLife Latin America. Recuperado de: http://www.croplifela.org/pdfs/Registro_Fitosanitario_Plaguicidas_2013.pdf
- Iannacone, J; Alvarino, L (2002). Evaluación del riesgo ambiental del insecticida Cartap en bioensayos con tres invertebrados. *Agricultura Técnica*. 62 (3). p 366-374. Recuperado de: http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0365-28072002000300003&script=sci_arttext&tlng=en
- Jáquez, S., González, L., Irigoyen, R., & Ortega, V. (2013). Comportamiento de plaguicidas persistentes en el medio ambiente. *Repositorio Digital Institucional*, 10-11. Obtenido de: <http://repositoriodigital.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/16959/COMPORTAMIENTO%20DE%20PLAGUICIDAS%20PERSISTENTES%20EN%20EL%20MEDIO%20AMBIENTE.pdf?sequence=1>
- MAG (1998). *Reglamento a la Ley de Protección Fitosanitaria*. Decreto N° 26921-MAG. Recuperado de: http://www.sfe.go.cr/quienes_somos/normativa/leyes%20y%20decretos/Decreto_26921.pdf
- Marín, N (2008). *Informe: Revisión de los sucesos de envenenamiento e intoxicación en la Región de Murcia: periodo 2005-2008*. Recuperado de: <http://www.conama.vsf.es/conama10/download/files/conama/CT%202010/41065.pdf>
- Montoya ML, Restrepo FM, Moreno N, Mejía PA (2011). Impacto del manejo de agroquímicos, parte alta de la microcuenca Chorro Hondo, Marinilla. *Rev. Fac. Nac. Salud Pública* 2013; 32(2): 26-35. Recuperado de: <http://www.scielo.org.co/pdf/rfnsp/v32n2/v32n2a04.pdf>
- OMS. (2005). World Health Organization. Obtenido de World Health Organization: http://www.who.int/ipcs/publications/pesticides_hazard_rev_3.pdf
- Perez, A., Navarro, E., Miranda, E. (2015). Residuos de plaguicidas en hortalizas: Problemática y riesgo en México. *Internacional de contaminación ambiental*, 29(2). Recuperado el 30 de Mayo de 2015, de <http://www.revistas.unam.mx/index.php/rica/article/view/41423>
- Pérez, G. (2014). Perfil de evaluación de riesgo: Estudio en muestras de consumo nacional analizadas en el Laboratorio de Análisis de Residuos de Plaguicidas del Centro de Investigación en Contaminación Ambiental (CICA) de la Universidad de Costa Rica. (Tesis inédita de Maestría). Fundación Universitaria Iberoamericana.
- Pérez, T.; Vega, D. (2014). Guía para la elaboración de directrices para evaluación de riesgo en inocuidad alimentaria: Regional training

course on the evaluation of risks and the production of guidelines for improving monitoring strategies to ensure food safety. FAO, IAEA, MIDA. Ciudad de Panamá, Panamá.

PPDB (2014). The University of Hertfordshire Agricultural Substances Database Background and Support Information. Recuperado de: <http://sitem.herts.ac.uk/aeru/footprint/es/>

PIMA (2013). Informe Nacional: *Tendencias de consumo de frutas, hortalizas, pescado y mariscos* en las familias de Costa Rica. Heredia, Costa Rica.

Quesada, M. (2011). Aspectos Bioéticos en el control y aplicación de plaguicidas en Chile. *Acta Bioethica*, 1(17), 95-104. Recuperado de: <http://www.scielo.cl/pdf/abioeth/v17n1/a11.pdf>

Robledo, M (2014). Susceptibilidad/ Resistencia de *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary a Fungicidas (Tesis inédita de Maestría). Colegio de Postgraduados. Institución de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas. México. Recuperado de: <http://colposdigital.colpos.mx:8080/jspui/handle/10521/2510>

UNA (2015). *Manual de plaguicidas de centroamérica*. Recuperado de: <http://www.plaguicidasdecentroamerica.una.ac.cr/>

ENTREVISTAS

Sánchez, P. (19 de Mayo del 2015). Comunicación personal con el señor Pedro Sánchez Carballo.

Pérez, G. (21 de Junio del 2015). Comunicación personal con el señor Greivin Pérez Rojas.