

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ciencias de la Vida

Propuesta para generar una Marca Verde en un producto agrícola mediante criterios aplicados a plaguicidas en el Ecuador.

PROYECTO INTEGRADOR

Previo la obtención del Título de:

Biólogo

Presentado por:

José Luis Zabala Brito

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2021

DEDICATORIA

El presente proyecto lo dedico en primer lugar a Dios ya que sin su bendición no hubiera podido llegar hasta esta etapa de mi vida tan importante y en segundo lugar a mis padres María Brito y Ángel Zabala, por haber sido el pilar fundamental a lo largo de toda mi carrera universitaria, brindándome toda su comprensión y apoyo incondicional.

AGRADECIMIENTOS

Mi más sincero agradecimiento a mi tutora Paola Calle por confiar en mi para la realización de este proyecto y a todos los profesores que aportaron brindándome su conocimiento a lo largo de mi carrera universitaria.

DECLARACIÓN EXPRESA

"Los derechos de titularidad y explotación, me corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; José Luis Zabala Brito doy mi consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual"

José Zabala B

José Luis Zabala Brito

EVALUADORES

.....
Msc. Diego Gallardo.

PROFESOR DE LA MATERIA

Paola Calle D.

.....
Ph.D. Paola Calle.

PROFESOR TUTOR

RESUMEN

La papa es el cuarto cultivo alimenticio más importante del mundo después del trigo, el arroz y el maíz, proporcionan la mayor cantidad de carbohidratos para la dieta de millones de personas. En el Ecuador, la papa, es un producto agrícola de mucha demanda ya que es utilizada en la dieta diaria. Debido a que este tipo de cultivo no se encuentra muy tecnificado se comenten graves errores al momento de manipular y utilizar plaguicidas para la fumigación de los cultivos, generando una frecuencia de uso desmedido que puede ocasionar graves daños en la salud de los agricultores a largo plazo. Con el fin de establecer una guía que permita certificar un producto agrícola como una Marca Verde mediante criterios aplicados a plaguicidas se recopiló información bibliográfica en diferentes bases de datos, en las cuales se obtuvo información de los límites máximos permitidos en la papa, el uso de plaguicidas en los cultivos del Ecuador y los diferentes parámetros toxicológicos que se pueden medir para generar una Marca Verde. La información fue sintetizada y clasificada para generar una guía práctica que permita a los productores que se dedican al cultivo de papa del país tener información necesaria para certificarse mediante criterios específicos aplicados a plaguicidas utilizados en sus cultivos. Mediante la búsqueda literaria se logró evidenciar el problema de los plaguicidas en los cultivos de papas.

Palabras Clave: Plaguicidas, Marca Verde, Papas, Criterios toxicológicos.

ABSTRACT

Potato is the fourth most important food crop in the world after wheat, rice and corn, providing the highest amount of carbohydrates for the diet of millions of people. In Ecuador it is an agricultural product in high demand since it is used in the daily diet. Because this type of culture is not highly technical, serious mistakes are made when handling and using pesticides to fumigate crops, generating a frequency of excessive use that can cause serious damage to the health of farmers in the long term. In order to establish a guide that allows certifying an agricultural product as a Green Mark through criteria applied to pesticides, bibliographic information was compiled in different databases, in which information was obtained on the maximum limits allowed in potatoes, the use of pesticides in the crops of Ecuador and the different toxicological parameters that can be measured to generate a Green Mark. The information was synthesized and classified to generate a practical guide that allows producers who grow potatoes in the country to have the necessary information to be certified using specific criteria applied to pesticides used in their crops. Through the literary search, the problem of pesticides in potato crops was evidenced.

Keywords: *Pesticides, Green Mark, Potatoes, Toxicological criteria.*

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	I
ABSTRACT.....	II
ÍNDICE GENERAL.....	III
ABREVIATURAS	V
SIMBOLOGÍA	VI
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VII
ÍNDICE DE TABLAS	VIII
CAPÍTULO 1	9
1. Introducción	9
1.1 Descripción del problema	10
1.2 Justificación del problema.....	10
1.3 Objetivos.....	11
1.3.1 Objetivo General	11
1.3.2 Objetivos Específicos	11
1.4 Marco teórico	11
1.4.1 Cultivo de la papa en el Ecuador.....	11
1.4.2 Importancia	12
1.4.3 Clasificación de los plaguicidas.....	12
1.4.4 Plaguicidas utilizados en los cultivos de papa.....	14
1.4.5 Interacción de los plaguicidas con los ecosistemas	15
1.4.6 Afectación en la salud de los agricultores por la toxicidad de los plaguicidas utilizados en el cultivo de la papa	16
1.4.7 Agricultura orgánica	17
1.4.8 Marca Verde.....	18
CAPÍTULO 2.....	19

2.	Metodología	19
2.1	Área de estudio.....	19
2.2	Criterios toxicológicos para generar una marca verde en cultivos de papas en el Ecuador.....	20
2.2.1	Periodo de transición.....	20
2.2.2	Niveles máximos de plaguicidas permitidos en papas.	20
2.2.3	Límites máximos permitidos de contaminantes en suelos de los cultivos agrícolas.....	21
2.2.4	Problemas de salud relacionados a plaguicidas utilizados en cultivos. ...	24
2.2.5	Pruebas en los agricultores para medir residuos de plaguicidas.....	25
CAPITULO 3.....		26
3.	Resultados y análisis	26
CAPITULO 4.....		29
4.	Conclusiones y recomendaciones.....	29
4.1	Conclusiones	29
4.2	Recomendaciones	30
BIBLIOGRAFÍA.....		31

ABREVIATURAS

MAGAP	Ministerio de Agricultura Ganadería Acuacultura y Pesca.
SIPA	Sistema de Información Pública Agropecuaria del Ecuador.
TULSMA	Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente.
SPME	Microextracción en fase sólida.

SIMBOLOGÍA

m.s.n.m	Metros sobre el nivel del mar
°c	Grados centígrados.
mm	Milímetros.
m	Metros.
kg	Kilogramos
t	Toneladas
ml	Mililitros
rpm	Revoluciones por Minuto
UI / L	Unidades Internacionales por Litro

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Área cultivada de papas por provincia (fuente: encuesta de superficie y producción agropecuaria continua – ESPAC 2019).....	19
---	----

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1. Categorías taxonómicas de la papa.....	11
Tabla 1.2. Producción por año de papas en el Ecuador.	12
Tabla 1.3. Clasificación de plaguicidas por toxicidad expresada en DL50.....	12
Tabla 1.4. Clasificación de los Plaguicidas según la Familia Química	13
Tabla 1.5. Clasificación de plaguicidas por tipo y sus principales funciones.....	14
Tabla 1.6. Plaguicidas utilizados frecuentemente en los cultivos de papa.....	15
Tabla 1.7. Distribución de la mortalidad por tipo de plaguicida, casos por tipo, muerte antes de las 48 h y después de las 48 h de hospitalización en el Ecuador.....	16
Tabla 1.8. Efectos tóxicos generados por organofosforados en el ser humano.....	17
Tabla 1.9. Ventajas y desventajas de la agricultura orgánica	18
Tabla 2.1. Límites máximos de residuos (LMR) permitidos en papas.....	21
Tabla 2.2. Criterios de remediación o restauración (valor máximo permitido).....	22
Tabla 2.3. Factores que regulan el movimiento de los plaguicidas en el suelo.....	22
Tabla 2.4. Tiempo de vida media de plaguicidas utilizados en cultivos de papas y su índice de Koc.	23
Tabla 2.5. Efectos adversos para la salud (crónicos) informados por la OMS, COFEPRIS, IARC	24
Tabla 2.6 Límites máximos de residuos (LMR) permitidos en papas, según el Codex Alimentarius (FAO)(OMS).....	26

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

Durante décadas, la humanidad ha desarrollado la agricultura como una de las principales fuentes de alimentos, por lo que busca mejorar las condiciones de productividad y calidad de los cultivos, siendo necesario implementar modelos de producción agrícola de alto rendimiento para atender las necesidades que cada día surgen en el mercado. La agricultura tiene un impacto importante en varios aspectos socioeconómicos de un país. Además de garantizar el suministro de alimentos a la población y crear fuentes de empleo, la agricultura también puede aumentar los ingresos nacionales mediante la producción de productos de exportación, promoviendo así el desarrollo económico de un país (Mollocana Lara & Gonzales-Zubiate, 2020).

Con el fin de buscar una mayor eficiencia productiva, se suelen utilizar grandes cantidades de plaguicidas para reducir las pérdidas causadas por microorganismos, malezas y otros enemigos naturales de los cultivos. Actualmente, la mayoría de los científicos están de acuerdo de que existe un uso excesivo de plaguicidas en el sector agrícola, lo que ha provocado el deterioro de las tierras agrícolas y el desarrollo de resistencia en determinadas plagas (Oerke, 2006). Por otro lado, la política de desarrollo rural del Ecuador enfatiza el aumento de la productividad y rentabilidad de los cultivos, lo que en cierta medida ayuda a incrementar el uso de estos plaguicidas (MAGAP, 2019).

Por esta razón la idea de generar una marca verde en productos agrícolas va ganando terreno en los mercados del mundo. El marketing verde comprende todas las actividades destinadas a generar y promover intercambios dirigidos a satisfacer las necesidades humanas, con el menor impacto negativo al medio natural (Castellano & Urdaneta G., 2015). El presente proyecto busca generar conocimiento a los agricultores que se dedican a la siembra de papas en el Ecuador, en cuanto al uso correcto de plaguicidas en sus cultivos para que a futuro puedan certificarse como una marca verde. Debido a que los pequeños y medianos productores de este tubérculo no cuentan con la suficiente información sobre la frecuencia de utilización y dosis adecuadas de plaguicidas en sus plantaciones.

El cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) a nivel mundial es una de las actividades agrícolas que más pesticidas consume por unidad de superficie. El uso extensivo de pesticidas se debe a que los cultivos de papa son atacados por una variedad de organismos nocivos, patógenos y malezas (Ramírez-Muñoz et al., 2014). A través del tiempo este

tubérculo ha sido uno de los principales cultivos prioritarios en Ecuador. Los agricultores del país siembran alrededor de 66.000 hectáreas de este cultivo cada año. Las condiciones modernas de producción hacen que los cultivos enfrenten muchos problemas que ponen en peligro las condiciones económicas de los productores y la seguridad alimentaria nacional. Por ejemplo, debido en parte al uso extensivo de pesticidas, han surgido plagas secundarias como la mosca blanca y la mosca minadora, que se ha convertido en un serio problema y amenaza (Pumisacho & Sherwood, 2017). Los plaguicidas utilizados en los cultivos de papa del Ecuador tienen efectos perjudiciales para la salud y el medio ambiente. Por lo general estos defectos derivan en un agudo y permanente daño al sistema nervioso, afectación a los pulmones y órganos reproductivos, deficiencia en los sistemas endócrino e inmunológico, defectos de nacimiento y cáncer (Benítez, 2012).

1.1 Descripción del problema

Los pequeños y medianos productores agrícolas rurales del Ecuador que se dedican al cultivo de papa, no cuentan con el suficiente conocimiento en el área de dosis y frecuencia de utilización de plaguicidas en sus cultivos (Aldáz, 2012). Esto hace que sus productos se vuelvan menos competitivos comercialmente, generando grandes pérdidas económicas y problemas de salud en los agricultores. Además, la colocación constante de plaguicidas a cultivos no solo afecta la salud de las personas, que trabajan en los cultivos y viven alrededor de ellos, sino que también contamina el suelo y el agua generando daños al medio ambiente.

1.2 Justificación del problema

El Ecuador se encuentra dentro de los países que poseen una alta tasa de exportación a nivel mundial de productos agrícolas. Estos productos entran a los mercados internacionales con un riguroso control de calidad, como por ejemplo certificaciones. La certificación de productos orgánicos es una garantía escrita proporcionada por un organismo de certificación independiente para garantizar que el proceso de producción o el producto cumpla con ciertos requisitos establecidos por diferentes organizaciones, países o regiones. Estos requisitos de certificación pueden poner más énfasis en cuestiones ambientales (como la conservación del suelo y el agua, la protección del agua, el uso de plaguicidas, la gestión de residuos, etc.) (Coulibaly et al., 2017). Dejando de lado la seguridad de los agricultores. Por aquello esta Marca Verde adiciona la salud del agricultor como requisito.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Desarrollar una propuesta de Marca Verde mediante parámetros y criterios toxicológicos aplicados a un producto agrícola en el Ecuador, para asegurar la salud ambiental y humana.

1.3.2 Objetivos Específicos

1. Identificar los diferentes criterios y parámetros toxicológicos que se necesitan para obtener una certificación como Marca Verde.
2. Analizar el estado del arte del uso histórico de plaguicidas en los cultivos agrícolas del Ecuador y sus consecuencias y efectos en la salud ambiental y humana.
3. Establecer una guía que permita certificar un producto agrícola como una Marca Verde mediante criterios aplicados a plaguicidas.

1.4 Marco teórico

1.4.1 Cultivo de la papa en el Ecuador

En el Ecuador, la papa siempre ha sido un cultivo que se da en la altura a una altitud de 2.000 a 3.600 metros. En la región interandina, los cultivos se encuentran distribuidos en zonas templadas a frías. La temperatura de cultivo varía de 6° a 18 °C, con 600 a 1200 mm de lluvia. La papa se desarrolla mejor en suelos fértiles, bien drenados y húmedos, además debe estar adecuadamente provisto de materia orgánica y nutrientes. Son plantas herbáceas dicotiledóneas con hábito de crecimiento rastroso o erguido, generalmente presentan tallos gruesos y leñosos con entrenudos cortos. El tallo es hueco o medular. La frondosidad de la planta suele alcanzar una altura de 0,60 a 1,50 m. Las hojas en plantas primarias suelen ser simples, pero plantas maduras pueden contener hojas compuestas alternas y en pares (Pumisacho & Sherwood, 2017).

Tabla 1.1. Categorías taxonómicas de la papa (Pumisacho & Sherwood, 2017).

Familia	Solanaceae
Género	<i>Solanum</i>
Subgénero	Potatoe
Sección	Petota
Especie	<i>tuberosum</i>

1.4.2 Importancia:

Según datos del MAGAP, la papa se produce en 10 provincias y 80 cantones de la Sierra del Ecuador. El 76% de la tierra se cultiva en menos de 5 hectáreas. Se estima que 82,759 productores cultivan papa, y otros 250,000 productores están directa e indirectamente relacionados con esta cadena agroalimentaria, que es fuente de empleo aproximadamente de 3,5 millones agricultores anuales (El Universo, 2020). En la tabla 1.2 se aprecia la producción de papas en el Ecuador durante los últimos 6 años.

Tabla 1.2. Producción por año de papas en el Ecuador (Sipa, 2020).

Año	producción (t)
2014	421000
2015	396939
2016	881508
2017	619260
2018	523906
2019	517655

1.4.3 Clasificación de los plaguicidas.

Existe una gran variedad de plaguicidas con diferentes usos y funciones, de acuerdo con las regulaciones de la OMS, los plaguicidas pueden dividirse en tres categorías de acuerdo con estándares de toxicidad, ingredientes activos y su uso.

Tabla 1.3. Clasificación de plaguicidas por toxicidad en DL₅₀ (Curillo, 2015).

Clase	Toxicidad	DL ₅₀
Clase IA	Peligro extremo	0-5 mg kg ⁻¹
Clase IB	Peligro alto	5-50 mg kg ⁻¹
Clase II	Peligro moderado	50-500 mg kg ⁻¹
Clase III	Peligro ligero	> de 500 mg kg ⁻¹

Se denomina toxicidad a la capacidad inherente de los agentes químicos para afectar negativamente a los órganos, sin embargo, existen diversos grados de toxicidad, en los que se evalúa el impacto de los plaguicidas cuando se exponen o interactúan con el medio ambiente. En la literatura, se denomina LD₅₀ (dosis letal) a la dosis que produce un 50% de mortalidad en poblaciones animales. Se considera que la DL₅₀ es una medida

de la toxicidad aguda de los productos químicos. Cuanto mayor es la LD₅₀, menor es la toxicidad aguda, es decir, los químicos altamente tóxicos (LD₅₀ baja) muestran una mayor tasa de letalidad, y viceversa (Curillo, 2015).

Por otro lado, existen clasificaciones de principios activos o familias químicas, cuya finalidad es agruparlos con un estándar unificado y establecer la relevancia de la actividad, la toxicidad y los mecanismos de degradación (Bejarano, 2017).

Tabla 1.4. Clasificación de los Plaguicidas según la Familia Química (Maldonado et al., 2016).

Familia Química	Ejemplos
Organoclorados	DDT, aldrin, endosulfan, endrin
Organofosforados	Bromophos, clorpiriphos, malation
Carbamatos	Carbaryl, methomyl, Carbendazin
Tiocarbamatos	Ditiocarbamato, mancozeb, maneb
Piretroides	Cypermethrin, fenvalerato, cipermetrina.
Derivados Bipiridilos	Cloromequat, diquat, paraquat
Derivados del ácido fenoxiacético	Dicloroprop, picram, silvex
Derivados cloronitrofenólicos	DNOC, dinoterb, dinocap, clorotalonil
Derivados de triazinas	Atrazine, ametryn, desmetryn, simazine
Compuestos orgánicos del estaño	Cyhexatin, dowco, plictrán
Compuestos de origen vegetal	Rotenona, nicotina, aceite de canola

Teniendo en cuenta las funciones de control de los plaguicidas, también se clasifican según las plagas y enfermedades que controlan (tabla 1.5).

Tabla 1.5. Clasificación de plaguicidas por tipo y sus principales funciones (Curillo, 2015).

Tipo	Acción principal
Insecticidas	Control de insectos
fungicidas	Control de hongos causantes de enfermedades
herbicidas	Luchan contra las malas hierbas ya sea de forma general o selectivo
Acaricidas	Combaten la araña roja y los ácaros
Nematicidas	Control de nemátodos
Molusquicidas	Control de babosas y caracoles
Rodenticidas	Control de roedores (ratas, ratones, topillos, etc.)
Desinfectantes del suelo	Control de insectos, hongos, nemátodos y malas hierbas que se encuentran en los suelos destinados a cultivos
Antibióticos de uso agrícola	Luchan contra la bacteriosis propia de los cultivos.
Reguladores fisiológicos	Aceleran o retardan el crecimiento, estimulan la floración o la fructificación o cambian en alguna forma el comportamiento normal de la planta
Repelentes	Usados para ahuyentar a las plagas
Atrayentes	Utilizados para atraer las plagas
Defoliantes	Hacen caer las hojas sin matar las plantas.

1.4.4 Plaguicidas utilizados en los cultivos de papa

En el país según datos que presenta el MAGAP se utilizan en los cultivos de papa siete clases de plaguicidas que pertenecen a la familia química de los carbamatos, piretroides, derivados cloronitrofenólicos, derivados bipiridilos, organofosforados y tiocarbamatos. Los carbamatos entran al organismo por inhalación, ingestión y en algunos casos por la epidermis. Pueden inactivar la acetilcolinesterasa, que es una enzima esencial que juega un papel importante en el sistema nervioso (Morais et al., 2012). Los piretroides son sustancias químicas sintéticas que permanecen en el medio ambiente más tiempo que las piretrinas y generalmente son más tóxicos para los insectos y mamíferos. Si existe una exposición prolongada, los piretroides se pueden acumular en los tejidos grasos y su permanencia en el cuerpo será por más tiempo. Ciertos tipos de piretroides también pueden permanecer en la piel y el cabello durante mucho tiempo (Agencia para sustancias Tóxicas y Registro de Enfermedades, 2003). Los piretroides interfieren con los canales de sodio en las membranas nerviosas al interrumpir la transferencia de iones y la transmisión de pulsos entre las células nerviosas (Irac, 2008). Por otro lado los

cloronitrilos pueden ser tóxicos al contacto y causar irritación respiratoria, irritación de la piel, enrojecimiento, reacciones alérgicas a la piel sensible; irritación leve de los ojos, lagrimeo y malestar (AGROSPEC, 2012). En el siguiente grupo químico tenemos a los derivados bupiridilos en donde el paraquat es el herbicida más representativo, es corrosivo no selectivo. Su ingesta es altamente letal, por lo que está restringido en muchas partes del mundo. Debido a su rápida acción y bajo costo, actualmente es el herbicida más vendido a nivel mundial (Cartagena et al., 2018). A continuación, los organofosforados son sustancias naturalmente biodegradables y no se acumulan en la grasa corporal, pero tienen una fuerte actividad neurotóxica y pueden causar una intoxicación aguda grave. Son los pesticidas más utilizados en la actualidad, así como los carbamatos y los piretroides (Martinez, 2014). Finalmente, los tiocarbamatos suelen absorberse a través de la piel, mucosas, vías respiratorias y tracto gastrointestinal; debido a su baja solubilidad, la absorción a través de la piel es muy baja. En ciertos órganos y tejidos, como el hígado y los riñones, se pueden encontrar pequeñas cantidades de tiocarbamato y sus metabolitos. Debido al rápido metabolismo de estos compuestos, no existe bioacumulación (Vélez, 2015).

Tabla 1.6. Plaguicidas utilizados frecuentemente en los cultivos de papa (Naranjo, 2017).

Cultivo	Tipo de insumo	Familia química	Ingrediente activo
	fungicida	Carbamatos	CARBENDAZIN
P	insecticida	Piretroides	CIPERMETRINA
A	fungicida	Cloronitrilos	CLOROTALONIL
P	herbicida	Derivados Bupiridilos	PARAQUAT
A	insecticida	Organofosforados	CLORPIRIFOS
	fungicida	Tiocarbamatos	MANCOZEB

1.4.5 Interacción de los plaguicidas con los ecosistemas

Además del uso de plaguicidas en los cultivos, la liberación o exposición involuntaria de plaguicidas también es parte de las externalidades del modelo agrícola alimentario. Los pesticidas no solo permanecen en el área rociada. Una vez descargados al medio ambiente, se desplazan a través del aire y de las escorrentías. Ciertos compuestos activos que se encuentran en los plaguicidas, dependiendo del grado de toxicidad y cantidad de uso más las condiciones que presenta el clima y el suelo, pueden

descomponerse por la luz solar o integrarse de manera nociva a la cadena alimenticia (Naranjo, 2017).

1.4.6 Afectación en la salud de los agricultores por la toxicidad de los plaguicidas utilizados en el cultivo de la papa.

El uso de pesticidas en la sierra de Ecuador se concentra principalmente en la producción comercial de papas. Los agricultores sufren una alta exposición y afectaciones negativas para la salud, los miembros de la familia están expuestos a los pesticidas a través de varios canales de contaminación en el hogar y en el trabajo. Esta contaminación puede causar considerables efectos en la salud, desde neurotoxicidad subclínica, hasta intoxicaciones con o sin tratamiento, hospitalización y muerte (Cole et al., 2002).

Tabla 1.7. Distribución de la mortalidad por tipo de plaguicida, casos por tipo, muerte antes de las 48 h y después de las 48 h de hospitalización en el Ecuador (González-Andrade et al., 2010).

Tipo de plaguicida	N1	N2	%	<48h	%	>48h	%
Insecticidas organofosforados y carbamatos	10,100	408	4.04	233	57.1	175	42.9
Herbicidas y fungicidas	1,062	66	6.21	32	48.5	34	51.5
Rodenticidas, talio	1,186	7	0.59	4	57.1	3	42.9
Otros plaguicidas	108	1	0.93	0	0.0	1	100.0
Plaguicidas	1,553	38	2.45	27	71.1	11	28.9
Otras causas	136	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Total	14,145	520		296		224	

N1 = casos por tipo; N2 = número de casos fatales; n / a: datos no disponibles

Los plaguicidas organofosforados a través de la fosforilación de acetilcolinesterasa en terminales nerviosas desarrollan su toxicidad, reaccionan con la región esterásica de la colinesterasa creando un enlace estable que, si no se rompe con tratamiento médico, se volverá irreversible y la enzima no podrá funcionar normalmente. La pérdida de la función enzimática hace que la acetilcolina se acumule en la unión colinérgica neuroefectoras (efecto muscarínico), en las uniones nerviosas de los huesos y los ganglios autónomos (efecto nicotínico) y en el sistema nervioso central (Fernandez et al., 2010).

Tabla 1.8. Efectos tóxicos generados por organofosforados en el ser humano (Fernandez et al., 2010).

Efectos muscarínicos	Efectos nicotínicos	Efectos en el sistema nervioso central
visión borrosa, hiperemia conjuntival, bronquitis, salivación excesiva, sudoración, náuseas, vómitos, diarrea, calambres abdominales, incontinencia de esfínteres.	calambres, mialgias, fasciculaciones, debilidad, parálisis flácida, hiperglicemia.	dolor de cabeza, ansiedad, confusión, inquietud, cambios de conciencia, depresión respiratoria, convulsiones.

Los carbamatos actúan de una manera similar a los organofosforados al inhibir la acetilcolinesterasa. Sin embargo, la unión de los carbamatos a la enzima colinesterasa es reversible, su efecto es relativamente corto y su toxicidad es baja. Además, tienen muy poca penetración al sistema nervioso central al atravesar débilmente la barrera hematoencefálica. Sin embargo, la intoxicación por ditiocarbamato pueden ser más graves, afectando al sistema nervioso central y periférico e insuficiencia renal aguda por acción directa. Cuando se reduce la dosis, son irritantes de la piel y las mucosidades. Dependiendo de la gravedad del envenenamiento, las formas agudas incluyen anorexia, dolor de cabeza, debilidad, ansiedad, malestar retroesternal, temblor de lengua y párpados, disminución de la visión, edema pulmonar, convulsiones, coma y bloqueo cardíaco. La forma crónica se caracteriza por daño nervioso y debilidad muscular (Suárez Solá et al., 2004).

1.4.7 Agricultura orgánica

La agricultura orgánica es parte de una variedad de formas de apoyar la protección ambiental. Los sistemas de producción orgánica se basan en estándares de producción específicos y precisos destinados a lograr ecosistemas agrícolas óptimos, que sean sostenibles desde el punto de vista social, ecológico y económico. Los requisitos para los alimentos orgánicos son diferentes a los de otros productos agrícolas porque el proceso de producción es una parte inherente de la identificación y el etiquetado de dichos productos y los requisitos atribuidos a los mismos (FAO & OMS, 2005). La agricultura orgánica es una estrategia de desarrollo que intenta cambiar ciertas

limitaciones en la producción tradicional, no es solo una tecnología de producción, es una estrategia de desarrollo (Soto, 2018).

1.4.8 Marca Verde

Se refiere a la situación en donde los fabricantes buscan organizaciones o agencias para garantizar que los productos que se ofrecen a los consumidores cumplan con los estándares de producción orgánica (Soto & Descamps, 2011). La principal fuente de exposición de la población en general es la alimentación, hecho que obliga a establecer una regulación sobre la ingesta diaria permitida, que se define como la cantidad que se consume diariamente durante toda la vida del consumidor sin un riesgo evidente para los consumidores. Por lo tanto, en los países europeos, los residuos de plaguicidas en los alimentos comerciales deben cumplir con los estándares internacionales y ser monitoreados estrictamente (Ferrer, 2003). Cuando se rompe el contacto entre productores y consumidores y no se puede garantizar fácilmente la integridad orgánica de los cultivos, la certificación se convierte en una necesidad del mercado que no solamente cuida a los consumidores sino también a los agricultores (Soto, 2018).

Tabla 1.9. Ventajas y desventajas de la certificación verde (Soto, 2018).

Ventajas	Desventajas
La certificación verde permite hacer uso de algunos conocimientos tradicionales	La tecnología para certificación orgánica es limitada
Permite alcanzar precios más justos para los productos	La asistencia técnica especializada para la certificación verde es escasa
Puede conducir a menores costos de producción.	Hay poca disponibilidad de materiales e insumos orgánicos
Mejora la salud ambiental y la salud de las familias de productores.	Existen dificultades en garantizarse el cumplimiento de métodos orgánicos
Amplio mercado a nivel internacional de los productos certificados	El mercadeo requiere un alto grado de organización

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA

En este trabajo se propuso un marco metodológico de referencia para determinar la cantidad potencial de residuos toxicológicos permitidos en la papa. Se analizó la información de fuentes secundarias sobre cultivos de papa en el Ecuador, superficies sembradas y plaguicidas utilizados con frecuencia y problemas en la salud humana a partir de la información bibliográfica científica relevante obtenida de papers, journals, tesis, libros digitales, manuales y páginas web.

2.1 Área de estudio

El área de estudio comprendió las provincias que más producción de papas poseen en el Ecuador, el clima en estas provincias agrícolas comprende temperaturas entre 15 y 20 °C, con precipitaciones entre 400 y 800 mm.

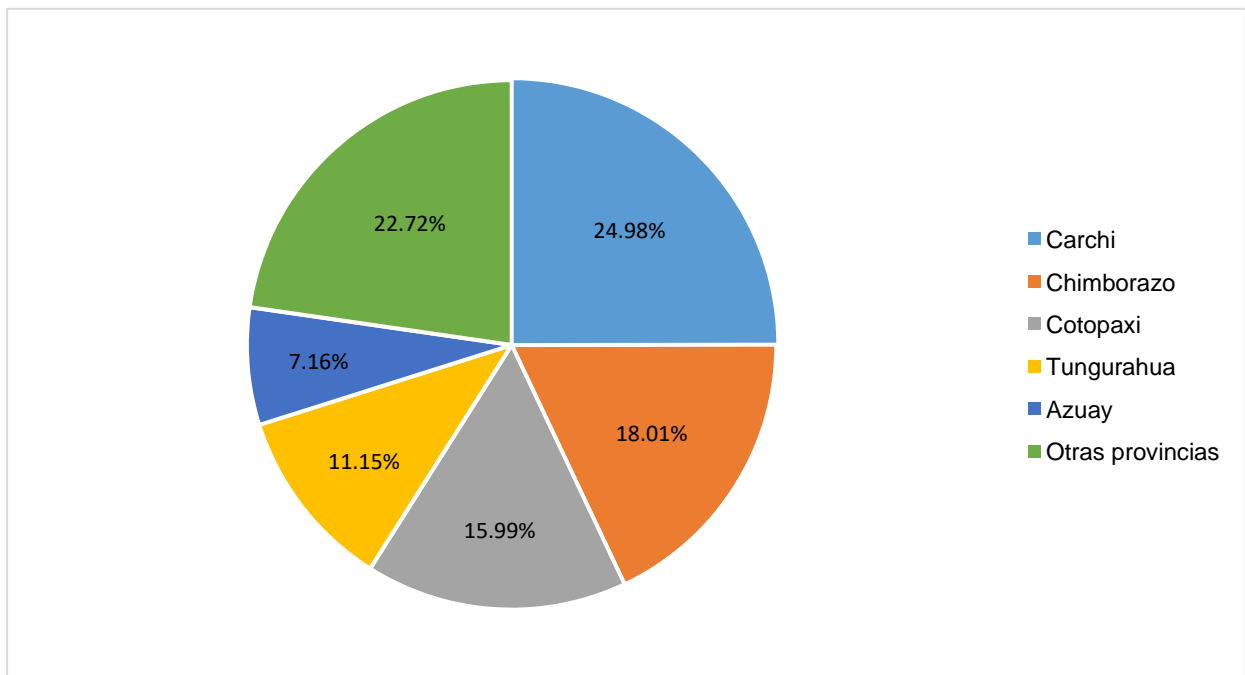


Figura 2.1. Área cultivada de papas por provincia (fuente: Encuesta de superficie y producción agropecuaria continua – ESPAC 2019).

2.2 Criterios toxicológicos para generar una marca verde en cultivos de papas en el Ecuador.

2.2.1 Periodo de transición.

Los cultivos que se producen de manera convencional y desean obtener la certificación de Marca Verde deben pasar por un período de transición. La transición o conversión es el tiempo necesario para que la parcelas se "desintoxiquen". En otras palabras, este es el tiempo necesario para que los cultivos y el suelo se acostumbren a producir y generar ganancias sin utilizar productos químicos. Esto significa que, si se han utilizado varios productos químicos durante muchos años, la transición (desintoxicación) será muy larga. Por otro lado, si nunca se han utilizado productos químicos en los cultivos, esta transición no será necesaria. En la agricultura convencional, se da un modelo de producción intensiva con la ayuda de insumos químicos; los cultivos exigen fertilizantes para nutrir el suelo y pesticidas como control de plagas. Durante el período de transición, se mejora la salud de los cultivos y el suelo mediante el intercambio de fertilizantes y plaguicidas químicos por insumos no químicos. Durante el período de transición, los problemas fitosanitarios y las deficiencias nutricionales de los cultivos sufren grandes modificaciones y requieren mayor atención. Para los agricultores, es importante comprender que, durante el período de transición, el manejo de los cultivos será orgánico, pero el comportamiento de los cultivos y el desarrollo de plagas y enfermedades pueden no alcanzar un equilibrio hasta unos años después (Soto & Descamps, 2011). La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) establece requisitos específicos para la certificación orgánica de la mayoría de los cultivos. Uno de los principales requisitos de los agricultores que desean certificar un producto como Marca verde está relacionado con el llamado "período de transición agrícola", lo que significa que deben utilizar métodos de producción orgánica durante al menos 2 o 3 años antes de poder etiquetar sus productos como "orgánicos o verdes".

2.2.2 Niveles máximos de plaguicidas permitidos en papas.

Mediante búsqueda bibliográfica se logró reconocer los plaguicidas frecuentemente utilizados para combatir los diferentes tipos de plagas que azotan los cultivos de papa.

Las trazas que generan los plaguicidas en los productos se denominan residuos. El nivel máximo de residuos (LMR) es el residuo de plaguicida más alto que puede tolerarse legalmente en alimentos o piensos después del uso correcto de plaguicidas.

Tabla 2.1. Límites máximos de residuos (LMR) permitidos en papas, según el Codex Alimentarius (FAO)(OMS) y la base de datos de plaguicidas de la Unión europea.

Plaguicida	Eu pesticides data base (LMR – mg/kg)	Codex Alimentarius (LMR – mg/kg)
CARBENDAZIN	0.1 mg/kg	0.1 mg/kg
CIPERMETRINA	0.05 mg/kg	No aplica
CLOROTALONIL	0.01 mg/kg	0.3 mg/kg
PARAQUAT	0.02 mg/kg	0.05 mg/kg
CLORPIRIPHOS	0.01 mg/kg	0.01 mg/kg
MANCOZEB	0.3 mg/kg	0.2 mg/kg

Según el manual de la Organización Mundial de la Salud (OMS) Codex Alimentarius, la base de datos de plaguicidas de la Unión Europea y la bibliografía científica de referencia, se examinaron las propiedades nocivas de los pesticidas utilizados frecuentemente en los cultivos de papas en el Ecuador, centrándose en los riesgos de la exposición a largo plazo presentados en la tabla 2.1.

2.2.3 Límites máximos permitidos de contaminantes en suelos de los cultivos agrícolas.

La composición del suelo varía de una región a otra y cambia con el tiempo. Los tres componentes principales son: partículas minerales, desechos y organismos que se alimentan del suelo. Los estándares de calidad ambiental para los recursos del suelo se pueden encontrar en el Anexo 2 del Libro VI de TULSMA, que determina el valor de fondo aproximado o el límite de detección analítica de contaminantes en el suelo. La siguiente tabla enumera los parámetros de calidad del suelo:

Tabla 2.2. Criterios de remediación o restauración (valor máximo permitido) (TULSMA, 2012).

Sustancia	Unidades (Concentración en Peso Seco)	USO DEL SUELO
		Agrícola
Pesticidas organoclorados y sus Metabolitos totales	mg/kg	0.1
Endrin (total)	mg/kg	0.01
Heptacloro	mg/kg	0.01
Hexaclorociclohexano (todos los isómeros)	mg/kg	0.01
Atrazina	mg/kg	0.005
Carbofuran	mg/kg	0.01
Alifáticos no Clorinados	mg/kg	0.3

Debido a la diversidad de familias y compuestos de plaguicidas, su persistencia en el medio ambiente también es diferente. La persistencia es una característica de los plaguicidas, que puede entenderse como el tiempo más prolongado que un compuesto puede permanecer activo en el ambiente, es decir, el tiempo en el que un plaguicida mantiene sus propiedades físicas, químicas y funcionales después de su aplicación. Debido a la gran cantidad de procesos y la interacción entre el suelo y el plaguicida, la persistencia del plaguicida en el suelo es relativamente corta. Sin embargo, existe la excepción de que la sustancia químicamente activa puede retenerse durante varias semanas, meses o incluso años. Cabe señalar que la persistencia de plaguicidas se ve afectada por muchos factores. Los principales factores que regulan el movimiento y transformación de los plaguicidas en el suelo se muestran a continuación en la tabla 2.3.

Tabla 2.3. Factores que regulan el transporte de los plaguicidas en el suelo (García, 2015)

Propiedades de los plaguicidas	Características del suelo	Influencia del medio
Estructura química y física	Presencia de coloides	Temperatura
Volatilidad	Conductividad eléctrica	Pluviometría
Coefficiente de reparto	pH, humedad	Cubierta vegetal
Solubilidad	Estructura y textura	Velocidad del viento
Adsorción	Contenido de materia orgánica	Tipo de suelo
Vida media	Microorganismos	Radiación solar

Los plaguicidas se mueven en el ambiente en forma de partículas gaseosas, líquidas y sólidas en un medio determinado, y se transportan a través de la interacción entre aire, agua, sedimentos, suelo, plantas y animales.

La vida media de un plaguicida interpreta un periodo de tiempo necesario para reducir la concentración de un plaguicida a la mitad y se utiliza para cuantificar su degradación. Generalmente, los plaguicidas tienen una vida media de más de 20 días, por lo que deben ser evaluados y someterse a algunos procesos antes de que puedan ingresar al mercado. La persistencia de los plaguicidas depende de cómo se adhieran por adsorción a las partículas del suelo, lo que determina su persistencia, que dependerá de la interacción de ciertos factores, como el contenido de materia orgánica, humedad, temperatura, pH, intercambio catiónico y propiedades tanto físicas y químicas. (García, 2015).

Tabla 2.4. Tiempo de vida media de plaguicidas utilizados en cultivos de papas y su índice de Koc (García, 2015).

Plaguicida	t (días)	Koc (ml/g)
CARBENDAZIN	100	1086
CIPERMETRINA	199	20800
PARAQUAT	1000	8400
CLORPIRIPHOS	94	6070
CLOROTALONIL	20	1380
MANCOZEB	70	2000

Nota: El coeficiente de partición octanol-agua, Kow es una medida de cómo se distribuye una sustancia química entre dos solventes inmiscibles, agua, que es un solvente polar y un solvente relativamente no polar, que representa a las grasas como el octanol. Kow proporciona un valor para la polaridad de los plaguicidas, que a menudo se usa en modelos para determinar cómo se distribuyen los plaguicidas en el tejido graso animal. Los plaguicidas con una vida media alta y un Kow elevado pueden acumularse en el tejido adiposo y bioacumularse a lo largo de la cadena alimentaria.

2.2.4 Problemas de salud relacionados a plaguicidas utilizados en cultivos.

Tabla 2.5. Efectos adversos para la salud (crónicos) informados por la OMS, COFEPRIS, IARC.

Ingrediente activo	Grupo químico	Persistencia en el ambiente	Carcinógenos mutagénicos teratogénicos	Tóxico reproductivo y del desarrollo	Inhibidor colinesteras a Neurotóxico	Otros daños
Carbendazin	benzimidazol	De 2 a 3 semanas	Posible carcinógeno humano		Neurotóxico	Provoca lesiones en órganos hematopoyéticos.
Cipermetrina	piretroide, clorado.	Alta a mediana			Altamente neurotóxico	cambios patológicos a nivel hepático, suprarrenal, pulmonar y dermatológico.
Clorotalonil	aromático policlorado	Hasta 1 año	Carcinógeno			
Paraquat	Bipiridilo	3 años	Probable mutagénico Posible carcinógeno	Reproductivo		Hepático, pulmonar, cardiaco, renal, ocular, dermatológico y sistema
Clorpirifos	Órgano-fosforados	1 año	Efectos reproductivos en animales		Neurotóxico	Nocivo para el sistema respiratorio y cardiovascular
Mancozeb	Ditio-carbamato	Vida media de 1 a 7 días	Posible teratogénico y carcinógeno			Daño a la tiroides

Características de persistencias y peligrosidad para la salud de plaguicidas agrícolas aplicados al cultivo de papas en el Ecuador. Fuente: IARC (International Agency for Research on Cancer), COFEPRIS (Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios), OMS (Organización Mundial de la Salud)

En este análisis se resumieron los riesgos de los plaguicidas y sus efectos nocivos para la salud, en términos de frecuencia de uso y tasa de aplicación, su durabilidad y características. Según la Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS), el manual de la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la literatura científica de referencia, se han estudiado los peligros de los plaguicidas y el riesgo de exposición a largo plazo a los ingredientes activos.

El impacto de los plaguicidas en los seres humanos depende no solo del tipo, dosis y de la forma de exposición, sino también de la naturaleza de los coadyuvantes, como por ejemplo los disolventes. La sensibilidad especial del individuo es muy importante. Las mujeres suelen ser más sensibles que los hombres. Por otro lado, los niños, las mujeres embarazadas, los ancianos y los pacientes con vías metabólicas alteradas son particularmente sensibles a la toxicidad de los plaguicidas (Arquimbau, 2001).

2.2.5 Pruebas en los agricultores para medir residuos de plaguicidas.

De acuerdo con la bibliografía consultada es posible medir metabolitos en suero sanguíneo mediante la técnica de microextracción en fase sólida la cual se basa en las diferentes afinidades del analito (o matriz) con la propia muestra sólida o líquida. Por lo tanto, cuando la muestra pasa por la fase sólida, ciertos compuestos permanecerán en ella mientras que otros permanecerán sin cambios. Las características de este método lo hacen muy adecuado para eliminación de interferencias, preconcentración de analitos, cambios de fase (cuando el analito está en emulsión o suspensión) almacenamiento y transporte de muestras. La microextracción en fase sólida o SPME (Solid Phase Microextraction) se desarrolló para facilitar la preparación más rápida de la muestra en el laboratorio o donde se haga la toma de la muestra. La SPME es una técnica utilizada en química analítica para extraer compuestos para su posterior identificación. Fue desarrollado por el equipo del Dr. Pawliszyn en la Universidad de Waterloo a principios de la década de 1990. Esta tecnología novedosa y relativamente económica se puede implementar en el laboratorio y en el campo. El método SPME es muy atractivo porque la extracción es rápida y se puede realizar sin disolventes. Además, el umbral de detección puede ser de partes por trillón (ppt). La SPME tiene un gran potencial en aplicaciones de campo: el muestreo se puede realizar en áreas remotas sin requerir personal con un alto nivel de experiencia. Si la muestra se almacena correctamente, se puede analizar varios días después del muestreo sin perder una gran cantidad de compuestos relacionados.

CAPITULO 3

3. Resultados y análisis

Según el Codex Alimentarius creado por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) y la Organización Mundial de la Salud (OMS), el cual establece normas alimentarias y textos afines para proteger la salud del consumidor y garantizar prácticas leales en el comercio de alimentos. Se pudo identificar los límites permisibles de plaguicidas para la exportación y consumo de la papa. Los cuales se detalla a continuación:

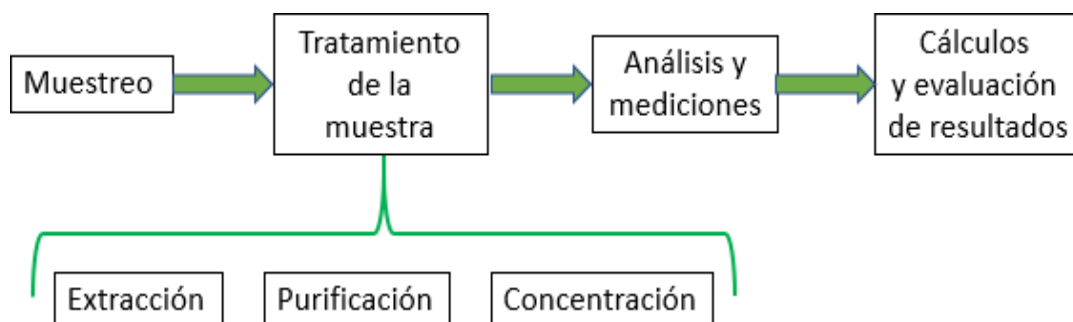
Tabla 2.6. Límites máximos de residuos (LMR) permitidos en papas, según el Codex Alimentarius (FAO)(OMS).

Plaguicida	Codex Alimentarius (LMR – mg/kg)
CARBENDAZIN	0.1 mg/kg
CIPERMETRINA	No aplica
CLOROTALONIL	0.3 mg/kg
PARAQUAT	0.05 mg/kg
CLORPIRIPHOS	0.01 mg/kg
MANCOZEB	0.2 mg/kg
GLIFOSATO - AMONIO	0.1 mg/kg
DIQUAT	0.1 mg/kg
ENDOSULFAN	0.05 mg/kg

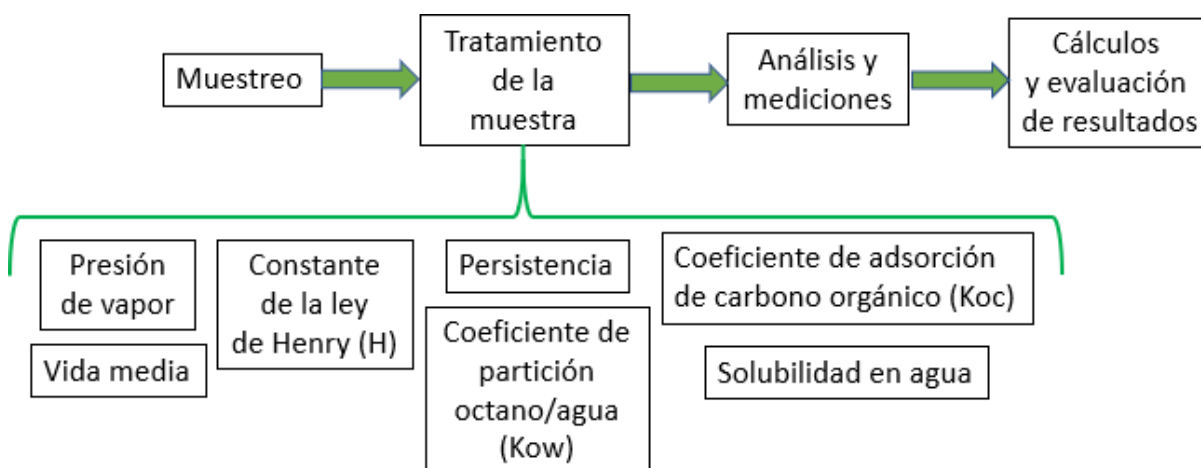
LMR: Concentración máxima de residuos de plaguicidas permitida por ley para usarse en o dentro de los alimentos consumidos por humanos.

En el Ecuador, el uso de plaguicidas en los cultivos de papas está aumentando a medida que los agricultores aumentan los rendimientos y comienzan a producir la cosecha en áreas y temporadas no tradicionales. Los productos químicos suelen ser muy tóxicos, con un equipo de protección insuficiente o nulo cuando se utilizan. Es por aquello se propone medir los siguientes parámetros referentes a los plaguicidas utilizados en los cultivos de papas del Ecuador para llegar a alcanzar la certificación como Marca Verde.

- Medir trazas de plaguicidas en cáscara y en parte interna del producto (papa).



- Medir trazas de plaguicidas en los suelos agrícolas donde se cultive del producto.



Con el fin de presentar pruebas alternativas para la generación de una Marca Verde se buscó información literaria acerca de la medición de metabolitos de plaguicidas presentes en los agricultores como método que permita la certificación. La información encontrada estableció que es posible realizar pruebas en suero sanguíneo para detectar residuos de plaguicidas presentes en los agricultores, dicha información se encuentra en la sección de ANEXOS.

Para comprender el nivel de contaminación en el suero sanguíneo de los agricultores por parte de los plaguicidas utilizados en los cultivos, es necesario compararlo con el límite internacional para alimentos de origen animal y vegetal. Para proteger la salud humana, todos los alimentos para consumo humano o animal en la Unión Europea (UE) debe tener su límite máximo de residuos de plaguicidas (LMR). Estas restricciones incluyen límites máximos de residuos específicos para ciertos alimentos destinados para el consumo de personas o los animales; cuando no se establecen límites máximos de residuos, se aplican restricciones generales. El contenido máximo de residuos de plaguicidas en los alimentos es de 0,01 ppm o mg / kg. Esta restricción general se aplica "por defecto", es decir, en todos los casos en los que no se establece un LMR específicamente para el producto o tipo de producto (Gutiérrez et al., 2014).

Por otro lado, un indicador importante de exposición a plaguicidas organofosforados y carbamatos es la determinación de la actividad de las colinesterasas en el suero sanguíneo de los trabajadores agrícolas. La actividad de los agentes químicos usados en los cultivos para erradicar las plagas debe medirse antes y después de su uso. Los resultados señalan el grado de exposición y, por lo tanto, proporcionan fundamentos para tomar acciones correctivas. Para este tipo de verificación, de plaguicidas en suero sanguíneo se recomienda utilizar métodos de detección de acetilcolinesterasa eritrocitaria y colinesterasa plasmática (Jiménez & Schosinsky, 2000)

Según (Jiménez & Schosinsky, 2000), "los intervalos de referencia de la actividad de la colinesterasa plasmática en 139 mujeres y 134 hombres de 17 a 75 años es de 3700 a 9700 Unidades Internacionales por Litro (UI / L) y de 4.500 a 9.900 UI / L, respectivamente. En 50 niñas (de 6 a 13 años) es de 3820 a 9100 UI / L y en 50 niños (6 a 13 años) es de 4660 a 9160 UI / L. Los intervalos referenciales para la actividad de la colinesterasa eritrocitaria corregida por hemoglobina para mujeres, hombres, niñas y niños son 26,1 a 40,9 UI / g Hb; 26,2 a 41,8 UI / g Hb; 24,6 a 37,7 UI / g Hb y 25,9 a 39,3 UI / g Hb, respectivamente". Estos niveles de referencia se hicieron en personas que nunca tuvieron contacto con plaguicidas por aquello se propone tomarlo como marco de referencia para la comparación de resultados.

Los resultados solo representan información obtenida por búsqueda bibliográfica, por lo tanto, se sugiere continuar con la investigación experimental para medir los parámetros toxicológicos en agricultores y los cultivos de papas del país.

CAPITULO 4

4. Conclusiones y recomendaciones

4.1 Conclusiones

En el desarrollo de la investigación para generar una propuesta de Marca Verde mediante parámetros y criterios toxicológicos aplicados a un producto agrícola en el Ecuador, se obtuvo información relevante acerca de los plaguicidas que se utilizan frecuentemente en los cultivos de papas del país, como por ejemplo familia química a la que pertenecen, principio activo, límites máximos de residuos (LMR), efectos adversos que causan en la salud humana, dosis letal (LD_{50}), límites máximos permitidos en el suelo, además se logró identificar una prueba alternativa que consiste en medir residuos de plaguicidas en el suero sanguíneo de los agricultores con el fin de asegurar la salud ambiental y humana.

Los principales plaguicidas utilizados en los cultivos de papas en el Ecuador son: Carbendazin, Clorotalonil y Mancozeb que son fungicidas posiblemente asociados a carcinogénesis en humanos. Cipermetrina y Clorpirifos insecticidas neurotóxicos, nocivos para el sistema respiratorio y cardiovascular y el Paraquat que es herbicida probablemente causante de cuadros clínicos mutagénicos y carcinogénicos.

Se estableció una guía que permita certificar un producto agrícola, en este caso la papa como una Marca Verde mediante criterios aplicados a plaguicidas en el Ecuador, para lo cual se tomó en cuenta el periodo de transición de un cultivo convencional a un cultivo libre de plaguicidas, los niveles máximos permitidos de plaguicidas en el producto, parámetros físico - químicos medidos en los suelos agrícolas. Además, como método alternativo para la generación de la Marca verde se propone analizar residuos de plaguicidas en suero sanguíneo de los agricultores.

En los cultivos de papa en Ecuador, el uso de plaguicidas organofosforados, herbicidas insecticidas y ciertos fungicidas van en aumento con la frecuencia de uso. La mayoría de ellos tienen una durabilidad de moderada a alta y, si se usan incorrectamente, pueden ser nocivos para la salud. La información obtenida acerca del uso de plaguicidas y las

consecuencias perjudiciales en la salud de los agricultores se puede aplicar a otros cultivos del país.

Este estudio no midió la cantidad de exposición a plaguicidas, pero mediante la información recopilada se pudo observar las diferentes problemáticas que implica los plaguicidas en los cultivos agrícolas del país, como son la falta de información que se tiene de parte de los agricultores acerca de la persistencia en el ambiente y la afectación en la salud que tienen a largo plazo el uso desmedido de plaguicidas en sus cultivos.

Se requiere información experimental adicional sobre el metabolismo, transporte y rutas de exposición que tienen los plaguicidas en el ambiente. Sin embargo, los métodos y resultados pueden ayudar a planificar estudios de riesgo, como el monitoreo biológico de plaguicidas en poblaciones rurales y el ambiente, y diseñar planes de atención médica preventiva. Las políticas nacionales deben centrarse en fortalecer los canales de información y orientar a los pequeños y medianos productores agrícolas para que comprendan la importancia de proteger el ambiente.

4.2 Recomendaciones

Se recomienda hacer investigación experimental acerca de los efectos que ocasionan los plaguicidas usados en el Ecuador sobre la salud humana para lograr generar un mayor conocimiento acerca de los daños que causan en los agricultores al estar expuestos a niveles altos de plaguicidas por mucho tiempo.

Se deben utilizar otros medios alternativos para el control de plagas que no usen químicos nocivos para el ambiente como por ejemplo especies naturales que combatan las plagas o plaguicidas hechos a base de productos naturales.

Para ampliar el espectro de la información se recomienda realizar pruebas de toxicología en laboratorio, enfocadas a verificar trazas de plaguicidas en papas de distintas partes del país con el fin de corroborar si se cumplen con los parámetros máximos permitidos por los organismos internacionales para el consumo humano.

La información obtenida en este trabajo es el inicio de futuras investigaciones en este campo, ya que los cultivos de papas en el Ecuador no se encuentran muy tecnificados, y su producción puede llegar a ser muy rudimentaria, es de gran importancia enfocarse

en los cultivos de papas del país, debido a que esta entre los diez productos más cultivados en el país, y es consumido en nuestra dieta diaria.

BIBLIOGRAFÍA

- Agencia para sustancias Tóxicas y Registro de Enfermedades. (2003). Resumen de Salud Pública: Piretrinas y piretroides. *Toxicológicas*, 8. www.atsdr.cdc.gov/es
- AGROSPEC. (2012). *Fungicida Suspensión concentrada (SC) CLOROTALONIL 50 % SC AGROSPEC*. [https://www.sag.gob.cl/sites/default/files/Clorotalonil 50%25 SC 23-08-2011.pdf](https://www.sag.gob.cl/sites/default/files/Clorotalonil%2050%25%20SC%2023-08-2011.pdf)
- Aldáz, M. (2012). *USO DE INSECTICIDAS EN EL CULTIVO DE PAPA (Solanum ASOCIACIONES AGROPECUARIAS DEL CANTON QUERO “ COAGRO - Q ”. MAYDA BERTILA ALDÁS ALDÁS.*
- Arquimbau, E. P. (2001). *Desarrollo de metodología analítica para la determinación de plaguicidas organofosforados y organoclorados en muestras biológicas humanas*. 1–421.
- Bejarano, F. (2017). Los Plaguicidas Altamente Peligrosos en México. *Red de Acción Sobre Plaguicidas y Alternativas En México, A.C. (RAPAM)*, 351. <http://ciudadanosenred.com.mx/en-mexico-se-usan-186-plaguicidas-altamente-peligrosos/>
- Benítez, S. (2012). Plaguicidas y efectos sobre la salud humana: un estado del arte. *Trabajo Ambiental*, 1(España), 1–97. <http://www.serpajpy.org.py/wp-content/uploads/2014/03/Plaguicidas-y-efectos-sobre-la-salud-humana1.pdf>
- Cartagena, S., Díaz, I., Gutiérrez, C., Dreyse, J., Florenzano, M., Palavecino, M., & Ragueira, T. (2018). Fibrosis pulmonar aguda asociada a intoxicación por Paraquat: caso clínico. *Revista Médica de Chile*, 146(7), 938–941. <https://doi.org/10.4067/s0034-98872018000700938>
- Castellano, S., & Urdaneta G., J. (2015). Estrategias de mercadeo verde utilizadas por empresas a nivel mundial. *Telos: Revista de Estudios Interdisciplinarios En Ciencias Sociales*, 17(3), 476–494.
- Cole, D., Sherwood, S., Crissman, C., Barrera, V., & Espinoza, P. (2002). *Pesticides and Health in Highland Ecuadorian Potato Production*: 182–190. <file:///C:/Users/josep/Downloads/IJOEHCole.pdf>
- Coulibaly, A., Liu, P., Tartanac, F., & Arias, P. (2017). ¿Es la certificación algo para mí?

- Una guía práctica sobre por qué, cómo y con quién certificar productos agrícolas para la exportación. Ruta/FAO. In *Journal of Chemical Information and Modeling* (Vol. 53, Issue 9). <http://www.elsevier.com/locate/scp>
- Curillo, S. (2015). Sofía Gabriela Curillo Dávila Ingeniería en Agroempresas. In *Quito: USFQ, 2015*. <http://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/4847/1/121482.pdf>
- El Universo. (2020, July 9). *Plagas y factores climáticos continúan afectando la producción de papa*. <https://www.eluniverso.com/noticias/2020/07/08/nota/7899012/ecuador-tiene-550-variedades-papa-se-estudian-mas-posibilidades>
- FAO, & OMS. (2005). Alimentos producidos orgánicamente. In *Codex alimentarius* (Vol. 2). <http://www.fao.org/3/a1385s/a1385s00.pdf>
- Fernandez, D., Mancipe, L. C., & Diana, G. (2010). INTOXICACIÓN POR ORGANOFOSFORADOS Introducción Plaguicidas. *Revista, 18*(49), 84–92. <http://www.scielo.org.co/pdf/med/v18n1/v18n1a09.pdf>
- Ferrer, A. (2003). Intoxicación por plaguicidas. *Anales Del Sistema Sanitario de Navarra, 26*(SUPPL. 1), 155–171. <https://doi.org/10.4321/s1137-66272003000200009>
- García, S. R. (2015). Análisis De La Contaminación Por El Uso De Plaguicidas En Los Suelos Agrícolas De La Provincia Del Carchi, Bioacumulación Y Propuesta De Un Modelo Productivo Sostenible. *Revista de La Universidad Internacional Sek, no. 32*, 1–49. <http://repositorio.uisek.edu.ec/handle/123456789/1474>
- González-Andrade, F., López-Pulles, R., & Estévez, E. (2010). Acute pesticide poisoning in Ecuador: A short epidemiological report. *Journal of Public Health, 18*(5), 437–442. <https://doi.org/10.1007/s10389-010-0333-y>
- Gutiérrez, J., Parra, C., Blach, D., Zuluaga, D., Zárate, M., Rojas, A., Nieto, M., & Londoño, A. (2014). Determinación de residuos de plaguicidas en trabajadores agrícolas del municipio de Barcelona, Quindío, Colombia. *Revista Chilena de Salud Pública, 18*(3), p. 263-273. <https://doi.org/10.5354/0719-5281.2014.33972>
- Irac, P. (2008). Grupos de Insecticidas, modo de acción y fecha de introducción. *Rev. Peru Med. Exp. Salud Pública, 25*(1)(1), 74–100. <http://www.scielo.org.pe/img/revistas/rins/v25n1/a11tab01a.pdf>
- Jiménez, M., & Schosinsky, K. (2000). Valores de referencia de colinesterasa plasmática y eritrocítica en población costarricense. *Revista Costarricense de Ciencias Médicas, 21*(3–4), 117–126.

- MAGAP. (2019). *MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PLAN DE TRABAJO INSTITUCIONAL RENDICIÓN DE CUENTAS 2019*.
- Maldonado, O., Maldonado, M., Rivera, M., & Cballero, P. (2016). *STATE OF THE ART METHODS FOR DETECTION OF ORGANOCHLORINE PESTICIDES IN FRUITS*. 2, 103–128.
http://revistas.unipamplona.edu.co/ojs_viceinves/index.php/ALIMEN/article/view/2700/1596
- Martinez, G. (2014). *Efecto De La Exposición Laboral a Plaguicidas Sobre La Calidad Espermática, Daño Al Adn Y Su Asociación Con Los Polimorfismos De Gst*.
www.atsdr.cdc.gov/es
- Mollocana Lara, E. C., & Gonzales-Zubiate, F. A. (2020). Control of pesticides in Ecuador: An underrated problem? *Bionatura*, 5(3), 1257–1263.
<https://doi.org/10.21931/rb/2020.05.03.17>
- Morais, S., Dias, E., & Pereira, M. D. L. (2012). Carbamates: Human Exposure and Health Effects. *The Impact of Pesticides*, 21–38.
- Naranjo, A. (2017). *La otra guerra: La situación de los plaguicidas en el Ecuador*. (Vol. 66). http://www.swissaid.org.ec/sites/default/files/images/plaguicidas_web.pdf
- Oerke, E. C. (2006). Crop losses to pests. *Journal of Agricultural Science*, 144(1), 31–43. <https://doi.org/10.1017/S0021859605005708>
- Pumisacho, M., & Sherwood, S. (2017). El cultivo de la papa en el Ecuador. In *BMC Public Health* (Vol. 5, Issue 1).
- Ramírez-Muñoz, F., Fournier-Leiva, M. L., Ruedert, C., & Hidalgo-Ardón, C. (2014). Uso de agroquímicos en el cultivo de papa en Pacayas, Cartago, Costa Rica. *Agronomía Mesoamericana*, 25(2), 337–345.
<https://doi.org/10.15517/am.v25i2.15441>
- Sipa. (2020). *Cifras agroproductivas*. <http://sipa.agricultura.gob.ec/index.php/cifras-agroproductivas>
- Soto, G. (2018). Agricultura Orgánica: una herramienta para el desarrollo rural sostenible y la reducción de la pobreza. *Trinidad de Bubuey*, 14–16.
<https://doi.org/10.2307/j.ctv8j5kr.6>
- Soto, G., & Descamps, P. (2011). Certificación orgánica: Paso a paso: Manual para familias productoras. In *Control* (Issue 506).

- Suárez Solá, M. L., González-Delgado, F., Rubio, C., & Hardisson, A. (2004). Estudio de seis suicidios consumados por ingestión de carbamatos en el partido judicial de La Laguna (Tenerife) durante el período 1998-2002. *Revista de Toxicología*, 21(2–3), 108–112.
- TULSMA. (2012). Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente Norma De Calidad Ambiental Del Recurso Suelo Y Criterios De Remediación Para Suelos Contaminados. *Tulsma*, 341–370.
- Vélez, V. (2015). *Determinación De La Frecuencia De Aparición Y Las Características De Las Intoxicaciones Agudas Por Plaguicidas En El Hospital De Especialidades —Dr. Abel Gilbert Pontón II Enero 2014 a Enero 2015, Guayaquil, Ecuador.*
[UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL]. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/9075>

Anexos

Guía para generar una propuesta de Marca verde en cultivos de papas del Ecuador.



2021

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	3
2. El cultivo de papas en el Ecuador.....	4
3. Plaguicidas usados en los cultivos de papas en el ecuador	4
3.1. Carbendazim	4
3.2. Cipermetrina	5
3.3. Clorotalonil.....	5
3.4. Paraquat	5
3.5. Clorpirifos.....	6
3.6. Mancozeb	6
4. Criterios aplicados a plaguicidas para certificar un producto agrícola como Marca Verde.	7
4.1. Periodo de transición	7
4.2. Métodos de transición.....	7
4.3. Etapas del proceso de transición	7
4.3.1 Etapa de sustitución de insumos	7
4.3.2 Etapa de mejora de la eficiencia.....	8
4.3.3 Etapa de rediseño del agroecosistema	8
5. Límites máximos permitidos para lograr obtener la certificación como Marca Verde	8
6. Parámetros físico - químicos medidos en los suelos agrícolas para la obtención de la certificación como Marca Verde.....	9
6.1. Presión de vapor.....	9
6.2. Constante de la ley de Henry (H).....	10
6.3. Persistencia	11
6.4. Vida media.....	11
6.4.1 Vida media en suelo	11
6.4.2. Vida media por fotólisis	12
6.4.3 Vida media por hidrólisis.....	12
6.5. Solubilidad en agua	12
6.6 Coeficiente de Adsorción de carbono orgánico (Koc).....	13
6.7 Coeficiente de partición octanol/agua (Kow).....	14

7. Análisis de plaguicidas en suero sanguíneo como método alternativo para generar una marca verde en los cultivos de papa en el Ecuador.	15
7.1. Generalidades:	15
7.2 Muestreo y manipulación de la muestra	15
7.2.1. Extracción de la muestra	16
7.2.2. Materiales y métodos.....	16
7.2.3. Reactivos	16
7.4. Procedimiento.....	17
7.5. Determinación cromatográfica	17

1. INTRODUCCIÓN

La presente guía muestra información detallada para generar una posible Marca Verde enfocada a los cultivos de papas del Ecuador mediante criterios aplicados a plaguicidas frecuentemente utilizados para la producción.

En el país es común tener certificaciones en productos agrícolas que se exportan como emblema nacional al extranjero como por ejemplo el banano, el café y el cacao dejando de lado a otros cultivos que son importantes para el consumo local y cuentan con gran potencial para ser considerados productos exportables.

La papa cuenta con un área sembrada de cerca de 50 mil hectáreas, donde se producen unas 300 mil toneladas para la alimentación y cada persona consume un promedio de 30 Kg de papa al año en el país según fuentes del Ministerio de Agricultura y Ganadería del Ecuador, pero al ser un producto que no cuenta con una alta tecnificación y se cultiva por pequeños y medianos productores es susceptible a riesgos en su cadena producción. Los plaguicidas utilizados en las fumigaciones periódicas muchas veces son aplicados sin criterios técnicos, generando problemas en la salud a largo plazo en los agricultores y sus familias ya que muchas veces habitan cerca de los cultivos. Es por eso que surge la iniciativa de crear esta guía que consta de parámetros que permitan cuantificar los máximos permitidos de plaguicidas utilizados comúnmente en los cultivos de papas e identificar una prueba que sea aplicada a los agricultores para medir trazas de plaguicidas en su suero sanguíneo con la finalidad de certificar los cultivos.

2. El cultivo de papas en el Ecuador.

La papa ha sido uno de los principales alimentos utilizados en nuestra dieta diaria durante cientos de años, es un producto autóctono del continente americano, se cultivaba antes de la conquista española. En el Ecuador, este tipo de tubérculo se cultiva principalmente en zonas montañosas con una altitud de 2000 a 3.600 m.s.n.m. Es uno de los cultivos más importantes del sistema productivo en sierra del Ecuador. Constituye una importante fuente de alimentación e ingresos para las familias campesinas. La tendencia nacional del cultivo de papa muestra que el proyecto es un buen negocio. Por lo tanto, debido a los beneficios de esta planta nativa, una proporción considerable de agricultores han obtenido bienes materiales e incluso han logrado brindar educación superior a sus hijos. Sin embargo, desde el punto de vista económico, su plantación ha provocado pérdidas inconmensurables a estas mismas familias y al ecosistema. Si bien la papa se ha convertido en el principal cultivo de los Andes, es solo en los últimos milenios que la presión poblacional ha llevado a la intensificación de los cultivos de papas en el Ecuador, para lograr abastecer el mercado local, aumentando el uso de agroquímicos, especialmente plaguicidas, los cuales producen daños al ambiente y afectan la salud de los agricultores a largo plazo.

3. Plaguicidas usados en los cultivos de papas en el Ecuador.

Los plaguicidas frecuentemente utilizados en los cultivos de papas en el Ecuador son seis los cuales se detalla a continuación.

3.1. Carbendazim

Principio activo: carbendazim. **Nombre común (ISO-I):** carbendazim. **Grupo químico:** benzimidazol. **Nombres comerciales:** afin, bavistin, biocarben, carben, carbendazim, cozaid, crizeb, crotonox, curacarb, delsene, derosal, eminol, fedecoop carbendazine, ficarbem, karbenzim plus, luxazim, pandazim, serinale, zundazim. **Fórmula molecular:** $C_9H_9N_3O_2$. **Esterilización:** fungicida. **Modo de acción:** protección y tratamiento. es absorbido por hojas, raíces y tejidos verdes. **Estabilidad:** se descompone lentamente en medio alcalino. **Usos:** controla las enfermedades fúngicas de muchos cultivos. **formulación:** suspensión concentrada, polvo humectable.

3.2. Cipermetrina

Principio activo: cipermetrina. **Nombre común (ISO-I):** cipermetrina. **Grupo químico:** piretroides clorados. **Nombre comercial:** agrociper, ambusu c, arimac, basathrin, busher, ciperkay, cypermethrin, cyperplus, cipertox, cymbush, cyperaton, cypermec, cypermethrin, cypermex, cypertox, cyperm, flectron, phonom mapex hormestiguicida, polytrin, pyrimetha, rambler, ripcord, rocyper, sherpa, stockade, supertrina. **Fórmula molecular:** $C_{22}H_{19}Cl_2NO_3$. **Efecto bactericida:** insecticida, acaricida. **Modo de acción:** actúa sobre el sistema nervioso. **Estabilidad:** hidrolizado en medio alcalino, resistente a altas temperaturas, estable a la luz en condiciones de campo. **Usos:** en el ambiente doméstico, salud pública y en varios animales para el control de una variedad de insectos, tales como lepidoptera, coleoptera, diptera, hemiptera, para el control de parásitos en animales.

3.3. Clorotalonil

Principio activo: clorotalonil. **nombre común (ISO-1):** clorotalonil. **Grupo químico:** benzonitrilo clorado. **Nombres comerciales:** afungil, agrichem, bandeco, biomil, cadonil, calsil, carguil, clorto-b, clotosip, daconil, direx, cavalier, pcb clorsulfuron, pillarich, ridonate, stanfruco, talonil, thalonex, triteno, viclor. **Fórmula molecular:** $C_8Cl_4N_2$. **Esterilización:** fungicida. **Modo de acción:** efectos foliares, de contacto y protectores no sistemáticos. **Estabilidad:** estable a temperatura ambiente, luz ultravioleta, ácido débil o medio acuoso alcalino, hidrólisis lenta cuando $pH > 9$. **Usos:** controlar muchas enfermedades fúngicas en una variedad de cultivos (plátanos, árboles frutales, hortalizas, café, etc.). **Formulación:** polvo humectable, suspensión concentrada.

3.4. Paraquat

Principio activo: paraquat. **Nombre común (ISO-I):** paraquat. **Grupo químico:** bipyridina. **Nombres comerciales:** agroquat, angloxone, astroquat, bioquat, brusquat, cuproquat, fedexone, ferquat, gramecoop, gramaminex, gramoxone, heraxon, herbiquat, herboxone, herquat, k-quat, pillarxone, quatzone, rimax. **Fórmula molecular:** $C_{12}H_{14}N_2$. **Efecto bactericida:** herbicida. **Modo de acción:** contacto, absorbido por las hojas, desplazamiento limitado del xilema. produce superóxido durante la fotosíntesis, destruye las membranas celulares y actúa como un quemador. **Estabilidad:** es estable en medio neutro o ácido y se degrada rápidamente en medio alcalino. descompuesto por radiación ultravioleta en solución acuosa. **Usos:** control no selectivo de malezas en muchos cultivos, especialmente

latifoliados y gramíneas anuales; como defoliante en áreas de pre-siembra y no agrícolas, como algodón y papa; como piña, caña de azúcar, soja y girasol. desecante. **Formulación:** concentrado soluble, suspensión concentrada.

3.5. Clorpirifos

Ingrediente activo: clorpirifos. **Nombre común (ISO-I):** clorpirifos. **Categoría química:** organofosforado clorado. **Nombres comerciales:** agromil, attamix, clorban, clorfos, clorpigran, clorsint, dursban aromida, farbex, folafos, forafos, folikil, herphos, kaysban, lorcoop, lordsban, lordsnext, piasserinex, pirinox, rimpirifos, solathrifostermicos, sfrida. **Fórmula molecular:** $C_9H_{11}Cl_3NO_3PS$. **Efecto bactericida:** insecticida. **Modo de acción:** no sistémico, de contacto, estómago y vías respiratorias. inhibe la colinesterasa. **Estabilidad:** estable en medio neutro o ácido, inestable en alcalino. su hidrólisis aumenta con el aumento del pH, junto con el cobre y otros metales que pueden formar quelatos. **Usos:** control de insectos como por ejemplo cortadores de hojas. **Fórmula:** concentrado emulsionable, granulado, polvo soluble en agua.

3.6. Mancozeb

Principio activo: mancob. **Nombre común (ISO-I):** mancozeb. **Grupo químico:** ditiocarbamato. **Nombres comerciales:** agromanco, agromart m-45, argenol, bioman, cadozeb, curtine, dithane, flonex, galben, mancofungil, mancoxil, mancozin, mangazin, manteno, manzicarb, manzin, novazeb, penomzeb, policar. **Fórmula molecular:** $C_8H_{12}MNN_4S_8ZN$. **Esterilización:** fungicida. **Modo de acción:** protector de contacto, preventivo. inhibe la germinación de esporas al afectar el metabolismo de los lípidos, la respiración y la producción de ATP. **Estabilidad:** estable en condiciones normales de almacenamiento en seco. **Usos:** foliar o utilizado para tratar semillas en banano, frijol, maíz, tabaco, papa, frutales, hortalizas, plantas ornamentales, etc. **Fórmula:** polvo humectable, suspensión concentrada, suspensión de aplicación de dosis ultrajaba, gránulos dispersables en agua, suspensión concentrada diluida en aceite.

4. Criterios aplicados a plaguicidas para certificar un producto agrícola como Marca Verde.

4.1. Periodo de transición:

La transición es un proceso organizado y armonioso de reforma, transformación y desarrollo del sistema de producción agrícola, cuyo propósito es lograr su sostenibilidad a partir del sistema de producción agrícola tradicional. La transición se lleva a cabo dentro de un cierto período de tiempo (de 2 a 3 años) y ha pasado por una serie de etapas, durante las cuales se busca gradualmente mejorar la eficiencia del sistema, reducir los insumos nocivos y rediseñar los cultivos. Durante la transición (y después), es necesario observar, registrar lo que sucedió y continuar experimentando. Esto le permitirá tomar decisiones informadas sobre equipos, tareas, etc.

4.2. Métodos de transición:

Para transformar el sistema agrícola tradicional en un sistema agrícola orgánico, es necesario pasar por un proceso de transición, y existen dos métodos para esta transición. Estos métodos son útiles para el proceso de conversión de agricultura convencional a agricultura orgánica: La conversión horizontal, trata de incorporar sucesivamente áreas, lotes, parcelas o partes de la finca gradualmente y al paso de algunos años toda el área estará convertida en un nuevo sistema y la conversión vertical, es decir, reducir paulatinamente el uso de insumos químicos, e introducir métodos ecológicos.

4.3. Etapas del proceso de transición:

4.3.1 Etapa de sustitución de insumos: En esta etapa se elimina el uso de sustancias nocivas y tóxicas a los productores, cultivos, su entorno y consumidores. Se debe comenzar a utilizar insumos que produzcan resultados similares, pero que eran inofensivos o no contaminantes. Se suele utilizar insumos producidos por la finca o proporcionados por recursos locales. Sin embargo, en esta etapa, los productores aún mantienen la estructura del sistema tradicional, especialmente para el control de plagas (tales como control biológico y vegetal, fertilizantes fermentados, caldos minerales, etc.) y no pueden producir sin ellas.

4.3.2. Etapa de mejora de la eficiencia: en esta etapa, se introducen y priorizan prácticas para restaurar la vida del suelo, mejorar la fertilidad del suelo y optimizar las relaciones entre cultivos. El método más importante es el fertilizante orgánico, que incluye el uso de abono verde y abono verde de alta calidad. También es importante construir una estructura de protección del suelo que permita superar los problemas más críticos de la finca o área de producción, como la erosión y la baja fertilidad del suelo, mientras se intenta aumentar la rentabilidad, aunque no aumente la producción. Este no es un cambio repentino, sino un cambio gradual.

4.3.3. Etapa de rediseño del agroecosistema: En esta etapa se debe considerar el uso más eficiente de la energía, los ciclos biológicos y los nutrientes de las plantas para integrarlos en un sistema más estable y productivo. Los elementos más importantes que se deben considerar en el proceso de rediseño son: la diversificación de cultivos, incluida la asociación y rotación de cultivos; y finalmente, optimizar el uso del espacio diseñando adecuadamente las superficies disponibles.

5. Límites máximos permitidos para lograr obtener la certificación como Marca Verde. Para lograr alcanzar la certificación como Marca Verde se debe hacer análisis a las papas que ya se encuentran sembradas mientras dure el proceso de transición, aquellos tubérculos no deben sobrepasar los límites máximos de residuos permitidos publicados por organismos internacionales como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Límites máximos de residuos (LMR) permitidos en papas, según el Codex Alimentarius (FAO)(OMS) y la base de datos de plaguicidas de la Unión europea.		
Plaguicida	Eu pesticides data base (LMR – mg/kg)	Codex Alimentarius (LMR – mg/kg)
CARBENDAZIN	0.1 mg/kg	0.1 mg/kg
CIPERMETRINA	0.05 mg/kg	No aplica
CLOROTALONIL	0.01 mg/kg	0.3 mg/kg
PARAQUAT	0.02 mg/kg	0.05 mg/kg
CLORPIRIPHOS	0.01 mg/kg	0.01 mg/kg
MANCOZEB	0.3 mg/kg	0.2 mg/kg

6. Parámetros físico - químicos medidos en los suelos agrícolas para la obtención de la certificación como Marca Verde.

6.1. Presión de vapor:

Es una medida de la volatilidad de una sustancia química (plaguicida) en su estado puro, y es un factor importante de la tasa de volatilización al aire libre, del suelo o agua superficial contaminada. Cuando la temperatura es alta, la presión de vapor aumenta, y cuando la temperatura es baja, la presión de vapor disminuye. La presión de vapor se puede expresar en pascales (Pa), milímetros de mercurio (mm hg equivalente a Torr), libras por pulgada cuadrada (lb / in²) y atmósferas (atm).

$$1 \text{ Pa} = 1 \text{ kg} / \text{m} \cdot \text{s}^2$$

$$1 \text{ Pa} = 7.5 \times 10^{-3} \text{ mm hg (torr)}$$

$$1 \text{ kPa (kilopascal)} = 1000 \text{ Pa} = 7.5 \text{ mm hg (Torr)}$$

$$1 \text{ mPa (milipascal)} = 0.001 \text{ Pa} = 7.5 \times 10^{-6} \text{ mm hg (Torr)}$$

$$1 \text{ atm} = 101.325 \text{ kPa (kilopascal)}$$

$$1 \text{ atm} = 14.70 \text{ lb} / \text{pulg}^2$$

En el Sistema Internacional la unidad de presión de vapor es Pascal (Newton / m²). Los plaguicidas con una presión de vapor superior a 10,6 mm Hg son fáciles de volatilizar y desplazarse del lugar donde fueron aplicados. Mientras que los plaguicidas con presión de vapor menor a 1.0×10^{-8} tienen baja volatilidad (Cuadro 1). Los plaguicidas con una presión de vapor superior a 1.0×10^{-3} se volatilizan.

Cuadro 1. Presión de vapor de un plaguicida.

Presión de vapor de los plaguicidas	Afinidad de los plaguicidas al suelo o agua	Plaguicida
$< 1.0 \times 10^{-8}$	Menor	Menor potencial para volatilizarse. Se puede disolver en el agua o fijarse en el suelo.
$> 1.0 \times 10^{-3}$	Mayor	Mayor potencial para volatilizarse.

6.2. Constante de la ley de Henry (H):

Describe la tendencia a la volatilización de plaguicidas en agua o suelo húmedo. Este valor se calcula utilizando la presión de vapor, la solubilidad en agua y el peso molecular del plaguicida.

Coeficiente de partición aire-agua (H_c)

$H_c = p/c$, donde:

p = presión de vapor del plaguicida (Pa)

c = solubilidad en agua (mol. m^{-3})

$H_c = Pa/\text{moles. } m^{-3} = Pa \text{ } m^3/\text{moles}$

$H_c = p' \times PM \times 10^{-3}/c'$

$H_c = mPa \times PM \times 10^{-3}/\text{ppm}$ donde:

p' = presión de vapor del plaguicida (mPa)

PM = peso molecular del plaguicida

c' = solubilidad en agua (ppm)

Cuando un plaguicida presenta mayor solubilidad en agua en comparación con su presión de vapor, se disolverá especialmente en agua (Cuadro 2).

Un valor mayor en la ley de Henry indica que el plaguicida tiene un alto potencial de volatilización en suelos húmedos. Un valor menor indica que tiene un alto potencial para lixiviarse.

Cuadro 2. Volatilidad de plaguicidas según la ley de Henry

Volatilidad de un plaguicida.		Rango de valores de volatilidad de plaguicidas (atm m^3/mol).	
Volatilidad nula	El plaguicida puede disolverse en agua	$< a 3 \times 10^{-7}$	Constante (H) MENOR <ul style="list-style-type: none"> Menor presión de vapor. Alta Solubilidad. Existe la posibilidad de lixiviación.
Volatilidad Baja		3×10^{-7} a 1×10^{-5}	
Volatilidad media	El plaguicida puede evaporarse	1×10^{-5} a 1×10^{-3}	Constante (H) MAYOR <ul style="list-style-type: none"> Mayor presión de vapor. Baja solubilidad. La posibilidad de volatilización en el suelo húmedo es alta
Volatilidad alta		$> a 1 \times 10^{-3}$	

6.3. Persistencia:

Se define como la capacidad que posee cualquier plaguicida para mantener sus propiedades físicas y químicas en el ambiente donde se traslada o distribuye dentro de un tiempo definido después de su descarga. Los plaguicidas que se mantienen más tiempo en el ambiente tienen más probabilidades de interactuar con los diversos elementos que componen el ecosistema (ver cuadro 3). Si la vida media y la persistencia de un plaguicida son mayores a la frecuencia de uso, son propensos a acumularse en el suelo, en la flora y fauna, la mayoría de los plaguicidas se degradarán debido a reacciones químicas y microorganismos en el suelo o el agua con el transcurrir del tiempo.

Cuadro 3. Clasificación según la persistencia de los plaguicidas

Persistencia	Tiempo
Ligeramente persistente	< de 4 semanas
Poco persistente	Entre 4 y 26 semanas
Moderadamente persistente	Entre 27 y 52 semanas
Altamente persistente	Entre 1 y 20 años
Permanentes	> de 20 años

6.4. Vida media:

Se define como el período tiempo (días, semanas o años) necesario para que la mitad del plaguicida se descomponga en productos de degradación después de su aplicación. La descomposición depende de varios factores, que incluyen la temperatura, el clima, el pH del suelo, los microorganismos presentes en el suelo y la exposición de los plaguicidas a la luz, el agua y el oxígeno. Cabe recalcar que muchas sustancias producidas por la descomposición de plaguicidas también pueden ser tóxicas y tener una vida media significativa. Se puede clasificar la vida media de plaguicidas, de las siguientes formas:

6.4.1. Vida media en suelo: Es el tiempo que se necesita para que un plaguicida se descomponga en el suelo. La vida media depende del tipo de organismos que se encuentran en el suelo, el tipo de suelo (arena, limo o arcilla), temperatura y pH, etc. El departamento de manejo de plaguicidas de California determinó que los plaguicidas que presentan una vida media de más de 9 días en suelos aeróbicos pueden contaminar afluentes de agua subterránea.

6.4.2. Vida media por fotólisis: Se refiere al tiempo que se necesita para que la mitad de los plaguicidas colocados en los cultivos, expuestos a la luz solar se degraden.

6.4.3. Vida media por hidrólisis: Se refiere al tiempo durante el cual la mitad de los plaguicidas aplicados en los cultivos se degradan debido a la acción del agua.

6.5. Solubilidad en agua:

La solubilidad en agua de los plaguicidas es una medida de la concentración máxima de plaguicidas disueltos en un litro de agua, generalmente de 1 a 100.000 mg. La unidad de concentración es el miligramo por litro (mg / l).

Los plaguicidas que suelen ser altamente solubles en agua se adsorben con baja afinidad por el suelo, por lo que se transfieren fácilmente desde los lugares donde se aplican por las lluvias, el riego y las escorrentías a depósitos naturales de aguas superficiales y subterráneas (Cuadro 4). La Administración de Plaguicidas de California, Estados Unidos ha determinado que los plaguicidas con una solubilidad superior a 3 mg / l pueden contaminar el agua subterránea. Pero, en los Estados Unidos, se han encontrado plaguicidas con solubilidad en agua por debajo de 3 mg / l en aguas subterráneas, lo que implica que el parámetro antes descrito no se puede ser una garantía. El Departamento de Manejo de Plaguicidas de California, Estados Unidos, determinó que los plaguicidas con un hidrolisis mayor de 14 días pueden contaminar las aguas subterráneas.

Cuadro 4. solubilidad de un plaguicida en agua

Plaguicida	Agua y suelo
Menor solubilidad	<ul style="list-style-type: none">• Los plaguicidas pueden acumularse en el suelo.• Los plaguicidas pueden sedimentarse en el suelo o en la base de los acuíferos.
Mayor solubilidad	<ul style="list-style-type: none">• Los plaguicidas pueden solubilizarse.• Los plaguicidas pueden trasladarse a acuíferos.• Permite la biodegradación del plaguicida.

6.6. Coeficiente de Adsorción de carbono orgánico (K_{oc}):

Mide la preferencia de los compuestos orgánicos a ser adsorbidos (retenidos) por el suelo o los sedimentos.

$$K_{oc} = K_D \times 100 / \%oc, \text{ donde:}$$

%oc es el porcentaje de carbono orgánico en el suelo = % materia orgánica/ 1.72.

Para cada plaguicida existe un K_{oc} específico y no depende para nada de las características del suelo. El valor de K_{oc} varía de 1 a 10,000,000.

Un valor de K_{oc} más alto indica que los plaguicidas orgánicos están firmemente adheridos a la materia orgánica en el suelo, por lo que pocos compuestos se mueven a las aguas superficiales o acuíferos (Cuadro 5).

Cuadro 5. Rangos del K_{oc} (ml/g carbono orgánico).

Adsorción del plaguicida al suelo		Valores del coeficiente	
Muy débil	El plaguicida puede ser volátil	< a 10	K_{oc} MENOR <ul style="list-style-type: none"> Los plaguicidas se pueden distribuir en cuerpos de agua o aire Los plaguicidas pueden no ser fijados a la materia orgánica del suelo La ruta de exposición al plaguicida puede ser a través de inhalación
Débil		10 a 100	
Moderada		100 a 1000	
De moderada a fuerte	El plaguicida puede ser soluble en grasa	1000 a 10,000	K_{oc} MAYOR <ul style="list-style-type: none"> Los plaguicidas se pueden fijar en suelo, sedimento, organismos y materia orgánica Los plaguicidas pueden moverse en las aguas superficiales La ruta de exposición a los plaguicidas puede ser a través de la cadena alimenticia.
Fuerte		10,000 a 100,000	
Muy fuerte		> a 100,000	

6.7. Coeficiente de partición octanol / agua (Kow):

Es una medida de la hidrofobicidad o afinidad de una sustancia disuelta en agua hacia los lípidos. Los compuestos con valores altos de Kow tienden a acumularse en la parte lipídica de los organismos y se concentran en el suelo y los sedimentos. A diferencia de, los compuestos con valores de Kow bajos a menudo se distribuyen en agua o aire (Cuadro 6).

Cuadro 6. Rangos de Kow de un plaguicida.

Acumulación de plaguicidas (Kow)	Plaguicida
Mayor	<ul style="list-style-type: none">• Los plaguicidas se pueden adherir firmemente a la materia orgánica, los sedimentos y los organismos.• Los plaguicidas pueden bioacumularse en la grasa corporal.• La ruta de exposición a los plaguicidas puede ser a través de la cadena alimenticia.
Menor	<ul style="list-style-type: none">• Los plaguicidas pueden no fijarse en la materia orgánica.• Los plaguicidas pueden moverse en aguas superficiales, acuíferos y aire.• La ruta de exposición a los plaguicidas puede ser inhalatoria.

La obtención de la certificación como Marca Verde es una garantía para el manejo de los cultivos de acuerdo con las normas de producción ecológica. Porque cuando los consumidores vean el sello del organismo de certificación, reconocerán el sello y les darán la confianza de que el producto es un producto orgánico. La certificación es muy útil para los consumidores. Pero esto también es muy útil para el productor, porque puede ayudarlo a vender mejor sus productos.

A continuación, se enuncia información adicional necesaria para obtener la certificación como Marca verde en un cultivo agrícola:

- 1) Información general del productor: nombre y apellidos, dirección, teléfono.
- 2) Información general sobre cultivos agrícolas, ya sean orgánicos, de transición o convencionales. Debe indicar el tipo de cultivo, superficie sembrada y rendimiento medio. Aquí puede especificar los cultivos a certificar. Es muy importante conocer que, los cultivos pueden obtener la certificación, no las granjas.
- 3) Indicar si ha sido certificado antes o es la primera vez.

- 4) Dibujar un mapa o plano de la finca: parcelas (si es orgánica o convencional), tamaño de las parcelas, cultivos de los vecinos (si es orgánico o convencional), ubicación del norte, pendiente y dirección del viento.
- 5) Explicar por cada parcela sembrada el aporte de insumos (plaguicidas utilizados) en los últimos 5 años.
- 6) Información sobre la maquinaria utilizada para fumigar los cultivos: Indique qué tipos de máquinas o herramientas utiliza, si las utiliza usted mismo o las presta y si todavía las utiliza en tareas rutinarias.
- 7) Información sobre el agua: Indique la finalidad y la fuente del agua de la finca, y si existe riesgo de contaminación por sustancias químicas. (Si usa riego o lava vegetales).
- 8) Información sobre el riesgo de contaminación química de vecinos o en actividades rutinarias en la misma finca.
- 9) Explicación sobre el manejo de plagas: Debe explicar cuáles son las principales plagas que atacan los cultivos ecológicos, cómo controlarlas y qué productos utiliza.
- 10) Indique si en los últimos cinco años se ha utilizado algún producto prohibido o regulado por el Ministerio de Agricultura.
- 11) Haga una lista de posibles riesgos de contaminación. (Por ejemplo, uso productos químicos, o alguna fuente de agua contaminada afecto la parcela, etc.

7. Análisis de plaguicidas en suero sanguíneo como método alternativo para generar una marca verde en los cultivos de papa en el Ecuador.

7.1. Generalidades:

En los programas de investigación y monitoreo de la población, las muestras de sangre se consideran muy convenientes porque pueden ayudar a diagnosticar la exposición crónica y aguda a los pesticidas en cualquier momento. las principales ventajas del método aquí presentado son: tiempo de análisis, proceso fácil, y alta sensibilidad.

7.2. Muestreo y manipulación de la muestra:

Recoger de 8 a 10 ml de muestra de sangre y transferirla a un tubo de vidrio de borosilicato La tapa del tubo debe tener una tapa anterior de teflón o aluminio para evitar el contacto con

el material plástico de la tapa y contaminar la muestra. Cuando se toman muestras directamente en el laboratorio, se recomienda utilizar un tubo de centrifuga de vidrio con una capacidad de 10 ml y una tapa de vidrio esmerilado. El tubo de vidrio de borosilicato debe estar completamente limpio.

No se debe incluir preservantes ni anticoagulantes en el tubo de ensayo, ni se debe agregarlos, deje reposar la muestra para que coagule a temperatura ambiente o en la nevera (4°C) durante al menos media hora antes de continuar con el análisis, pasado ese tiempo, centrifugue la muestra para obtener aproximadamente 3 ml de solución de de suero transparente (normalmente centrifugue a 2500 rpm durante 10 minutos). Si el análisis no puede continuarse inmediatamente, se deben transferir 2 ml de suero a un tubo de vidrio de 16 x 125 mm (que se utilizará para la extracción) y se colocará en refrigeración (2-5 °c) durante un máximo de 24 horas, si es necesario almacenar por más de 24 horas, debe ser congelado (-15 a -25°C), para que el análisis pueda esperar hasta un mes sin efectos notorios.

7.3. Extracción de la muestra:

7.3.1 Materiales y métodos:

- 1.- Tubos de ensayo de 16 x 125 mm de longitud, con tapa rosca y tapa anterior de teflón o lamina de aluminio.
- 2.- Mezclador rotatorio diseñado para los tubos de ensayo con capacidad de mantener una velocidad de rotación de 50 a 55 rpm.
- 3.- Columnas micro-Snyder, con unión esmerilada 19/22
- 4.- Tubos concentradores graduados de 10 ml
- 5.- Pipetas volumétricas de 2, 5 y 6 ml
- 6.- Perlitas lisas de vidrio de 3 mm
- 7.- Baño de calentamiento de agua con capacidad de mantener una temperatura de 80-90°C
- 8.- Centrifuga con capacidad de mantener una velocidad de 2500 rpm
- 9.- Pipetas Pasteur y bulbos de caucho
- 10.- Mezclador tipo vortex

7.3.2 Reactivos:

Hexano, grado pesticida

7.4 Procedimiento:

- 1.- Pipetear 2 ml de suero dentro de un tubo de ensayo de 16 x 125 mm.
- 2.- Agregar 6 ml de hexano; enroscar la tapa fuertemente y colocar el tubo de ensayo en el mezclador rotatorio.
- 3.- Hacer la extracción dejándolo girar durante 2 horas a 50-55 rpm
- 4.- Al cabo de las 2 horas centrifugar la muestra a 2000 rpm durante 5 minutos.
- 5.- Pipetear 5 ml del extracto de hexano (capa superior) del tubo de ensayo y transferirlo a un tubo concentrador de 10 ml.

NOTA: Si Se trata de una exposición alta se recomienda, en este punto, hacer una inyección de prueba antes de continuar con el próximo paso, ya que puede ser necesario diluir el extracto en lugar de concentrarlo.

- 6.- Agregar una perлита de vidrio al tubo concentrador, conectarle una columna micro-Synder y colocar el conjunto en el baño de calentamiento.

Evaporar para concentrar la muestra hasta un punto compatible con las condiciones de determinación cromatográfica. Por debajo de 1 ml concentrar por medio de una corriente de nitrógeno.

Los organosfosforados polares pueden requerir la sustitución del hexano por cloruro de metileno como solvente para la extracción. En este caso, deberá agregarse cloruro de sodio (lavado con cloruro de metileno) para evitar la formación de emulsiones.

Se recomienda agitar los tubos concentradores en un mezclador tipo vortex, antes de tomar la muestra para inyectar al cromatógrafo, para asegurar la homogeneidad del extracto.

7.5. Determinación cromatográfica:

Si se usan exactamente las cantidades dadas en este procedimiento, una guía para el cálculo de los resultados es el siguiente:

$$ppb = \frac{abx}{cy} \times 0,6$$

Donde:

ppb: concentración del plaguicida en la muestra (suero), en partes por billón (microgramos por litro).

a: nanogramos de plaguicida en el pico del estándar.

b: altura del pico de la muestra (área).

c: altura del pico del estándar (área).

x: volumen final total del extracto, en microlitros.

y: microlitros del extracto inyectado

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA
BIOLOGÍA**

