

**ESTIMACIÓN DEL RIESGO ECOLÓGICO POR USO DE AGROQUÍMICOS EN
ZONA AGRÍCOLA DEL CORREGIMIENTO DE GABRIEL LÓPEZ
(TOTORÓ - CAUCA)**



**CARLOS IVÁN AYALA CHINGUAD
NATALY ALEXANDRA OROZCO CERTUCHE**

**CORPORACIÓN UNIVERSITARIA AUTÓNOMA DEL CAUCA
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y DESARROLLO SOSTENIBLE
PROGRAMA INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA
POPAYÁN-CAUCA
2021**

**ESTIMACIÓN DEL RIESGO ECOLÓGICO POR USO DE AGROQUÍMICOS EN
ZONA AGRÍCOLA DEL CORREGIMIENTO DE GABRIEL LÓPEZ
(TOTORÓ - CAUCA)**



**CARLOS IVÁN AYALA CHINGUAD
NATALY ALEXANDRA OROZCO CERTUCHE**

Trabajo de Grado para optar al título de Ingeniera Ambiental y Sanitaria.

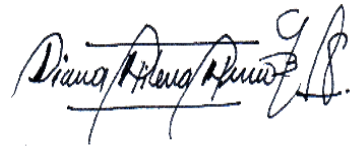
Directora:

Mg. Biol. Diana Milena Muñoz Solarte

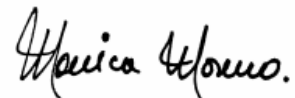
**CORPORACIÓN UNIVERSITARIA AUTÓNOMA DEL CAUCA
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y DESARROLLO SOSTENIBLE
PROGRAMA INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA
POPAYÁN-CAUCA
2021**

NOTA DE ACEPTACIÓN.

Hacemos constar que el presente trabajo de grado ESTIMACIÓN DEL RIESGO ECOLÓGICO POR USO DE AGROQUÍMICOS EN ZONA AGRÍCOLA DEL CORREGIMIENTO DE GABRIEL LÓPEZ (TOTORÓ - CAUCA) ha sido aceptado por el director y los jurados como requisito para optar al título de Ingeniero Ambiental y Sanitario.



Mg. Diana Milena Muñoz Solarte
Directora



Ph.D. Mónica Alejandra Moreno Ruano
Jurado



Mg. Natalia Eugenia Samboni Ruiz
Jurado

Popayán, 15 de noviembre 2021

DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación lo dedicamos a Dios, por darnos la motivación de seguir adelante para cumplir con nuestros sueños y por acompañarnos en este proceso ya culminado.

A nuestros padres, por estar siempre en cada momento, por ayudarnos a afrontar situaciones difíciles, por bríndanos su apoyo y consejos, los cuales nos ayudan a ser mejor persona cada día. A nuestros abuelos, tías y hermanos por acompañarnos y motivarnos en cada meta propuesta, en especial este trabajo de investigación ya terminado.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos, primeramente, a Dios por darnos sabiduría, discernimiento, por darnos una hermosa familia, porque por ellos logramos culminar esta meta, gracias por su amor, su paciencia y por acompañarnos en este camino. A nuestros amigos quienes nos apoyaron y agregaron un granito de conocimiento a nuestra formación.

A nuestra universidad Autónoma, por abrirnos sus puertas y brindarnos esta oportunidad, a nuestros educadores por explicarnos y enseñarnos con claridad y paciencia, en especial a nuestra directora de grado Diana Milena Muñoz Solarte, pues ella fue quien nos guió para realizar este presente trabajo, le agradecemos de todo corazón.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I: PROBLEMA	2
1.1 Planteamiento del problema	2
1.2 Justificación	3
1.3 Objetivos	5
1.3.1 Objetivo general	5
1.3.2 Objetivos específicos	5
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	6
2.1 Estado del arte	6
2.2 Bases conceptuales	13
2.2.1 Clasificación toxicológica de los agroquímicos	14
2.3 Marco normativo	17
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA	20
3.1 Diseño experimental	20
Diagnóstico de las sustancias químicas utilizadas en la zona de estudio	21
3.2 Descripción de las fichas químicas	21
3.2.1 Clasificación de las sustancias químicas presentes en los agroquímicos	22
Valoración del nivel de riesgo al que están expuestos los componentes ambientales	23
3.3 Estimación del riesgo ambiental	23
Formulación de medidas de control ecológico en la zona de estudio	26

CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y ANÁLISIS	28
4.1 Reconocimiento de la zona de estudio en el corregimiento de Gabriel López (Totoró – Cauca)	28
4.2 Caracterización socio-demográfica de la zona de estudio	28
4.2.1 Tamaño de la muestra	28
4.2.2 Actividad agrícola según género	29
4.2.3 Categorización de agricultores de papa según la edad	30
Diagnóstico de las sustancias químicas utilizadas en la zona de estudio	31
4.3 Identificación del grupo químico de los agroquímicos usados en el cultivo de papa en el corregimiento de Gabriel López	31
4.3.1 Análisis de resultados totales de agroquímicos usados en las 4 veredas del corregimiento de Gabriel López	34
4.3.2 Caracterización de las sustancias químicas por categoría toxicológica de los agroquímicos en la zona de estudio	35
4.3.3 Análisis de resultados totales de la categorización toxicológica de las 4 veredas en el corregimiento de Gabriel López	37
4.3.4 Categorización toxicológica ambiental de las 4 veredas del corregimiento de Gabriel López	39
4.3.5 Frases de riesgo específicas de las sustancias presentes en los agroquímicos usados en la zona de estudio	41
4.3.6 Frases de seguridad específicas de las sustancias presentes en los agroquímicos usados en la zona de estudio	43
Valoración del nivel de riesgo ecológico al que están expuestos los componentes ambientales	44
4.4.1 Estimación ecológica por medio del Cociente de Riesgo	45
4.4.2 Análisis general de riesgo ecológico por el método de Cociente de Riesgo en las 4 veredas analizadas	48

4.4.3 Estimación de Riesgo mediante el modelo Groundwater Ubiquity Score (GUS) en las 4 veredas analizadas	51
4.4.4 Estimación de riesgo de residuos de plaguicidas en el producto del cultivo mediante el modelo de Índice de Riesgo de Residuos (IRR)	54
4.4.5 Guía matricial de impactos ambientales	56
4.4.6 Matriz de valoración de riesgos ambientales	61
Formulación de medidas de control ecológico referente al manejo de plaguicidas aplicados en el cultivo de papa en el corregimiento de Gabriel López (Totoró – Cauca)	66
4.5 Cultivo de papa	66
4.5.1 Fertilización del cultivo de papa	69
4.5.2 Control de residuos de plaguicidas en la zona de estudio	74
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	78
5.1 Conclusiones	78
5.2 Recomendaciones	80
BIBLIOGRAFÍA	82
ANEXOS	90

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Estudios a nivel nacional e internacional realizados sobre estimación y evaluación de riesgo ecológico	6
Tabla 2. Clasificación toxicológica de los agroquímicos	15
Tabla 3. Marco legal colombiano	18
Tabla 4. Marco legal internacional	19
Tabla 5. Categorías toxicológicas	23
Tabla 6. Cálculo de las cae y de los rq's y valores de loc	25
Tabla 7. Matriz de estrategias, mecanismos y acciones para la protección de ecosistemas	26
Tabla 8. Agroquímicos más representativos según el EC50 y DT50	49
Tabla 9. Frecuencia probabilística	62
Tabla 10. Entorno natural	63
Tabla 11. Rangos de estimación de riesgos	63
Tabla 12. Especies que habitan en la zona de estudio	67

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Veredas del corregimiento Gabriel López (Totoró - Cauca), vista panorámica	20
Figura 2. Pictogramas de seguridad	22
Figura 3. Pictogramas de peligro	23
Figura 4. Diamante del fuego	23
Figura 5. Contaminación a fuente hídrica producto de los agroquímicos utilizados en la zona de estudio	60
Figura 6. Contaminación al suelo por el uso de los agroquímicos en la zona de estudio	61
Figura 7. Cultivo de papa	68
Figura 8. Preparación y mezcla de los agroquímicos	70
Figura 9. Abono orgánico	71
Figura 10. Triple lavado del envase	75
Figura 11. A. Contaminación al agua y B. Suelo por agroquímicos usados en la zona de estudio	76
Figura 12. Evidencia de cartilla realizada	77

LISTA DE GRÁFICAS

Gráfica 1. parcelas sembradas según la cantidad de hectáreas en las veredas Chuscales, Calvache, Tabaco y Agua Bonita	29
Gráfica 2. Porcentaje de género de cultivadores de papa en el corregimiento de Gabriel López	30
Gráfica 3. porcentaje de agricultores de papa según rangos de edad en el corregimiento de Gabriel López	31
Gráfica 4. Clasificación de agroquímicos según el grupo químico encontrados en las 4 veredas del corregimiento de Gabriel López	32
Gráfica 5. Teste do qui-quadrado, comparación de grupos químicos en los agroquímicos usados en la zona de estudio	35
Gráfica 6. Categoría toxicológica de agroquímicos usados en la zona de estudio	36
Gráfica 7. Teste do qui-quadrado, categorización toxicológica de agroquímicos usados en la zona de estudio	38
Gráfica 8. Caracterización toxicológica ambiental de agroquímicos usados en la zona de estudio	40
Gráfica 9. Frases de riesgo de agroquímicos usados en la zona de estudio	42
Gráfica 10. Frases de seguridad de agroquímicos usados en la zona de estudio	44
Gráfica 11. Cociente de riesgo de las veredas de Chuscales y Agua Bonita	46
Gráfica 12. Cociente de riesgo de las veredas de Tabaco y Calvache	47
Gráfica 13. Teste do qui-quadrado, cociente de riesgo de las 4 veredas analizadas en el corregimiento de Gabriel López	48
Gráfica 14. Modelo gus de las 4 veredas analizadas en el corregimiento de Gabriel López	52
Gráfica 15. Promedio general del modelo GUS	53
Gráfica 16. Estimación de riesgo mediante el modelo IRR de las 4 veredas analizadas en el corregimiento de Gabriel López	55
Gráfica 17. Resultado de la matriz de tipología de peligro de las veredas de Tabaco y Calvache	57

Gráfica 18. Resultado de la matriz de tipología de peligro de la vereda Agua Bonita	58
Gráfica 19. Resultado de la matriz de tipología de peligro de la vereda Chuscales	59
Gráfica 20. estimación de riesgo ambiental mediante resultados de la matriz de valoración en las veredas Calvache y Tabaco	64
Gráfica 21. Estimación de riesgo ambiental mediante resultados de la matriz de valoración en las veredas de Chuscales y Agua Bonita	65

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Matriz de tipología de peligro, vereda Tabaco	90
Anexo 2. Matriz de tipología de peligro, vereda Calvache	91
Anexo 3. Matriz de tipología de peligro, vereda Agua Bonita	92
Anexo 4. Matriz de tipología de peligro, vereda Chuscales	92
Anexo 5. Matriz de valoración de riesgos ambientales, frecuencia probabilística, vereda Calvache	94
Anexo 6. Matriz de valoración de riesgos ambientales, frecuencia probabilística vereda Tabaco	96
Anexo 7. Matriz de valoración de riesgos ambientales, frecuencia probabilística, vereda Agua Bonita	98
Anexo 8. Matriz de valoración de riesgos ambientales, frecuencia probabilística, vereda Chuscales	99
Anexo 9. Rangos de estimación de la gravedad de consecuencias del recurso aire, agua y suelo	101
Anexo 10. Matriz de valoración de riesgos ambientales, entorno natural, vereda Calvache	102
Anexo 11. Matriz de valoración de riesgos ambientales, entorno natural, vereda Tabaco	105
Anexo 12. Matriz de valoración de riesgos ambientales, entorno natural, vereda Agua Bonita	107
Anexo 13. Matriz de valoración de riesgos ambientales, entorno natural, vereda Chuscales	109
Anexo 14. Certificados de participación en redcolsi	111

RESUMEN

Actualmente, en las diferentes zonas agrícolas se ha venido implementando un elevado uso de plaguicidas, con el fin de prevenir, controlar y eliminar plagas que afectan la producción de un cultivo. Estas prácticas pueden llegar a generar un alto riesgo dentro de los ecosistemas y para la salud de las personas, ya que muchos de los componentes de los agroquímicos utilizados, poseen características tóxicas. Por tal motivo se hizo necesario realizar un estudio sobre la estimación del riesgo ecológico por uso de plaguicidas en zona agrícola del corregimiento de Gabriel López (Totoró – Cauca), con el fin de identificar el grado de afectación que pueden provocar algunos plaguicidas en los agricultores y en el ambiente.

Este estudio se realizó en 4 veredas las cuales fueron: Chuscales, Calvache, Tabaco y Agua Bonita. Se inició con un diseño experimental donde se tuvo en cuenta 40 fincas con relación a la población total del lugar, siguiendo con un diagnóstico de las sustancias utilizadas en los cultivos de papa donde se observó la categoría toxicológica y el grado de peligrosidad de estas sustancias. También se valoró el nivel de riesgo agudo en sistemas acuáticos y el nivel de riesgo agudo y crónico en el suelo, dando como resultado que el mayor peligro se presenta en los ecosistemas acuáticos con un 53 % a nivel general. El riesgo de lixiviación de plaguicidas en aguas subterráneas se analizó mediante el modelo Groundwater Ubiquity Score (GUS), lo cual generó un mayor porcentaje de plaguicidas que no lixivian; del mismo modo se evaluó el porcentaje de residuos de plaguicidas en las plantas mediante el índice de Riesgo de Residuos (IRR), dando como resultado que la mayor cantidad de sustancias utilizadas producen un bajo contenido de residuos tóxicos en el producto, lo que hace que exista un riesgo leve en la salud de las personas. Para la complementación se aplicó la guía matricial de riesgos ambientales, en la cual se estudió de forma cualitativa el impacto negativo en las áreas del cultivo, obteniendo que en la mayoría de las zonas existe un riesgo moderado y el ecosistema más afectado es el acuático. Por último, se formularon

medidas de control ecológico, donde se dieron a conocer alternativas amigables y sostenibles con el ambiente. Se concluyó que el uso excesivo de plaguicidas en los cultivos de papa, pueden traer un gran impacto negativo en los ecosistemas acuáticos, debido a que se caracterizan por ser bioacumulables y volátiles.

Palabras claves: Estimación, Riesgo, Ecosistema, Agroquímicos.

ABSTRACT

Currently, in the different agricultural areas, a high use of pesticides has been implemented in order to prevent, control and eliminate pests that affect the production of a crop. These practices can lead to a high risk within ecosystems and for human health, since many of the components of the agrochemicals used have toxic characteristics. For this reason it became necessary to carry out a study on the estimation of the ecological risk due to the use of pesticides in agricultural area of the district of Gabriel López (Totoró - Cauca), in order to identify the extent to which some pesticides may affect farmers and the environment.

This study was carried out in 4 sidewalks which were: Chuscales, Calvache, Tabaco and Agua Bonita. It began with an experimental design that took into account 40 farms in relation to the total population of the place, followed by a diagnosis of the substances used in potato crops where the toxicological category and degree of hazard of these substances were observed. The acute risk level in aquatic systems and the acute and chronic risk level in soil were also assessed, resulting in the highest hazard occurring in aquatic ecosystems with 53 % overall. The risk of pesticide leaching in groundwater was analysed using the Groundwater Ubiquity Score (GUS) model, which generated a higher percentage of pesticides than non-leachate; the percentage of pesticide residues in plants was similarly assessed using the Waste Risk Index (IRR), with the result that the greater amount of substances used produces a low toxic waste content in the product, which means there is a slight risk to people's health. For the supplementation, the matrix guide of environmental risks was applied, in which the negative impact on the areas of the crop was qualitatively studied, obtaining that in the majority of the areas there is a moderate risk and the ecosystem most affected is the aquatic one. Finally, ecological control measures were formulated, where friendly and sustainable alternatives to the environment were revealed. It was concluded that the excessive use of pesticides in potato crops can have a great negative impact on aquatic ecosystems, because they are characterized by being bioaccumulative and volatile.

Keywords: Estimation, Risk, Ecosystem, Agrochemicals

INTRODUCCIÓN

En la actualidad gran parte de los países han venido implementando el uso de plaguicidas en las actividades agrícolas con el fin de reducir daños y pérdidas ocasionada por plagas, malezas y enfermedades en los cultivos, para así obtener una producción más favorable. Las sustancias utilizadas son nocivas y destructivas tanto como para el ser humano y el ambiente, debido a que son de naturaleza tóxica, cancerígena, bioacumulables y persistentes en los sistemas ecológicos [1].

En Colombia se realiza una alta producción de papa, la cual representa el 32 % de las actividades agrícolas, de modo que el empleo de plaguicidas es alto y muy significativo en todas las zonas productoras de papa. Es por esto que estas zonas son focos de alta contaminación debido a la expansión de los cultivos de papa en ecosistemas vírgenes de páramo, llegando a generar cambios en la diversidad biológica, paisajística y cultural, así como también provocando la disminución de la capacidad de captación y regulación del agua [2].

Dentro de las zonas de estudio se encuentran las Veredas Chuscales, Calvache, Tabaco y Agua Bonita que hacen parte del corregimiento de Gabriel López en el municipio de Totoró – Cauca, ubicado en el Valle de Malvazá limitando con el Páramo de las Delicias. Esta zona posee ambientes propicios que favorecen el cultivo de este tubérculo, pero que así mismo los recursos naturales de estos ecosistemas son contaminados por el uso de los plaguicidas [3].

Por este motivo es de vital importancia realizar una estimación del riesgo ecológico por el uso de agroquímicos en el corregimiento de Gabriel López (Totoró - Cauca), debido a que es una zona donde su principal actividad económica es la producción de papa, en la cual se hace un uso excesivo de sustancias químicas sin tener en cuenta las posibles afectaciones que le puede ocasionar al ecosistema, de modo que es indispensable promover un desarrollo sostenible entre los mecanismos ambientales, sociales y económicos.

CAPÍTULO I: PROBLEMA

1.1 Planteamiento del problema

En Colombia la actividad agrícola y el uso irracional de agroquímicos para su producción es alta. De acuerdo con el Banco Mundial y el ICA (Instituto Colombiano Agropecuario), en 2015, incrementó en un 360 % el uso en toneladas de plaguicidas y 50,9 millones de litros en la producción de este. Cabe resaltar que este tipo de sustancias químicas son consideradas nocivas para los ecosistemas, siendo los plaguicidas organofosforados y carbamatos el grupo de insecticidas más frecuentemente utilizados en el control de plagas de los cultivos de papa [4]. Posiblemente, estas cifras se deben a que los agricultores carecen de conocimiento para su adecuada utilización, lo que conlleva a que se presenten perjuicios notables como la aparición de plagas más resistentes, contaminación del agua, incremento continuo de la salinidad en el suelo, erosión, agotamiento de la fertilidad y proliferación de enfermedades [5].

De acuerdo con el estudio “Papas y tierras en Boyacá: investigación etnobotánica y etnohistórica de uno de los principales productos de la alimentación colombiana” realizado en el 2015, en el país se generan alrededor 1'865.000 toneladas de alimentos y productos agrícolas al año, de los cuales la papa es el principal alimento producido, con 579.027 toneladas y 39.956 hectáreas sembradas [5], siendo el municipio de Totoró, departamento del Cauca, Colombia, una zona reconocida por la producción de este alimento. Dentro de los plaguicidas mayormente utilizados son aquellos pertenecientes a la categoría toxicológica III (medianamente tóxicos) seguidos por la categoría I (extremadamente tóxicos). Es así como estas zonas son consideradas focos de altos índices de contaminación afectando parte limítrofe de la zona del Páramo de las Delicias (cordillera central) invadidas por siembras de cultivo de papa, reduciendo y contaminando fuentes hídricas como la cuenca alta del Río Palacé (Cauca), las cuales aportan el caudal de agua para ser potabilizada y consumida en la capital Caucana (Popayán) [6].

En las 4 veredas (Chuscales, Tabaco, Calvache y Agua Bonita) de la reserva campesina, pertenecientes al corregimiento de Gabriel López (Totoró - Cauca), se evidenció una gran afectación ecológica, ya que ecosistemas naturales se han intervenido para cultivar papa, causando el desplazamiento de especies que antes habitaban en estas zonas. Además, las fuentes hídricas como la Quebrada Cazadores cercana a estos cultivos y que pasa por el centro poblado se ve afectada, ya que se ha convertido en un sitio de disposición de residuos provenientes de la actividad agrícola que contaminan especialmente por los lixiviados que se desprenden de empaques agroquímicos, provocando su distribución y dispersión aguas abajo, hasta la Ciénaga de Calvache donde desemboca, lo que representa a su vez un peligro de salud pública para las comunidades aledañas. En este sentido, fue pertinente y necesario realizar la estimación de riesgo ecológico por el uso de agroquímicos en esta zona, el cual se constituyó un aporte para que las entidades ambientales y demás, propongan soluciones como programas de prevención y mitigación del riesgo en zonas rurales, para mejorar la calidad de vida de sus habitantes y del medio ambiente.

1.2 Justificación

La actividad agrícola en el país es alta y gran parte se debe a los cultivos de papa, razón por la cual el uso de agroquímicos es muy elevado a lo largo del ciclo productivo, lo que constituye una problemática de gran magnitud, ya que estos afectan de forma significativa el medio ambiente. La falta de conocimiento en el manejo de los agroquímicos genera contaminación en los ecosistemas acuáticos, pues por escorrentía estas sustancias llegan a los cuerpos de agua lo que provoca una afectación severa, además genera infertilidad en suelos, muerte de flora y fauna, debido a que gran parte de los plaguicidas son compuestos muy tóxicos; del mismo modo los agricultores encargados de su manipulación resultan afectados a causa de que se encuentran expuestos a estos de primera mano [7].

Considerando lo mencionado anteriormente, fue **necesario** realizar una estimación del riesgo ecológico, incidencia y severidad de los efectos adversos en un ecosistema en la localidad de Gabriel López (Totoró - Cauca), con el propósito de estimar los posibles efectos negativos del uso de plaguicidas sobre el ambiente y los seres humanos. Este estudio permitió realizar un conjunto de acciones y procedimientos en un área geográfica determinada, con el fin de obtener información sobre los peligros que se pueden generar dentro de un ecosistema partiendo de las propiedades (físicas, químicas, toxicológicas y eco-toxicológicas) de las sustancias, las características del ambiente y de las aplicaciones en el cultivo; así como también la identificación del nivel de riesgo de residuos de plaguicidas en las respectivas poblaciones y de esta manera poder identificar aspectos sociales, físicos y ecológicos prioritarios a intervención para reducir el impacto causado por la utilización desmedida de estas sustancias, a través del seguimiento y control, que permitió generar alternativas de prevención y sustitución de insumos químicos [8].

La ejecución del proyecto fue **factible y viable** en términos económicos, ya que se tuvo la aceptación de los líderes de la zona, la alcaldía y la comunidad, los cuales brindaron la ayuda y el tiempo necesario para completar el trabajo de campo, dado que el estudio es de observación y análisis. Además, se encontró pertinente llevar a cabo el proyecto ya que en esta zona no se han realizado estudios previos de esta índole, por lo que esta investigación es considerada como pionera en esta zona agrícola del Cauca, convirtiéndose en una investigación innovadora.

Finalmente se espera que este estudio se constituya en la base para que los entes gubernamentales y demás instituciones ambientales que fomenten programas de prevención ambiental y salud, así mismo lograr sensibilizar a la comunidad para hacer posible un cambio que contribuya de manera positiva al ambiente y mejora de su calidad de vida.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Estimar el riesgo ecológico por uso de agroquímicos en cultivos de papa ubicados en Gabriel López (Totoró - Cauca).

1.3.2 Objetivos específicos

- Diagnosticar las sustancias químicas utilizadas en los cultivos de papa en la zona de estudio para establecer la categoría toxicológica y grupo químico de dichas sustancias.
- Valorar el nivel de riesgo ecológico al que están expuestos los componentes ambientales.
- Formular medidas de control ecológico referente al manejo de plaguicidas aplicados en el cultivo de papa en el corregimiento de Gabriel López (Totoró - Cauca).

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Estado del arte

Se realizó la consulta de varios estudios a nivel nacional e internacional relacionados con el tema de estimación y evaluación de riesgo ecológico por agroquímicos, de los cuales se tomó en cuenta los que se evidencian en la tabla 1, que fueron nuestra base para poder proponer la metodología en este estudio.

Tabla 1. Estudios a nivel nacional e internacional realizados sobre estimación y evaluación de riesgo ecológico

Tema o título	Objetivos	Métodos	Resultados	Conclusiones y recomendaciones	Referencias
Propuesta metodológica para la evaluación de riesgo ambiental causado por el uso de plaguicidas en la sabana de Bogotá (Colombia - 2011).	Diseñar una propuesta metodológica de evaluación del riesgo por el uso de plaguicidas.	Se revisan metodologías para la estimación de riesgo ecológico en los componentes agua, suelo y aire para generar una nueva metodología.	Se adoptó el índice (IRR), el modelo GUS, el modelo RECAP y el cociente de riesgo, para estimar el riesgo ecológico.	Es una buena herramienta para la determinación del riesgo ecológico a pesar de que puede fallar en algunos estudios debido a que los datos que se toman son utilizados de diferentes literaturas y no en campo.	[9]

Tema o título	Objetivos	Métodos	Resultados	Conclusiones y recomendaciones	Referencias
Fundamentos de la evaluación del riesgo ecológico (Colombia - 2010).	Desarrollar un modelo conceptual de las rutas de exposición al estrés ambiental.	Se utilizó el programa GENEEC, desarrollado por la oficina de programas sobre plaguicidas de la USEPA.	Para todos los escenarios de uso sobrepasaron el valor de 1, que es indicativo de un riesgo potencial.	Bajas concentraciones de atrazina, los riesgos de efectos tóxicos en los organismos acuáticos son reducidos.	[10]
Guía de evaluación de riesgos ambientales (Perú -2010).	Instrumento ambiental, que ayude a determinar el nivel de riesgos ambientales.	Estimación de consecuencias, intensidad y extensión del probable daño, y caracterización del riesgo ambiental.	Instrumento de orientación para la estimación del riesgo durante una evaluación ambiental.	Esta Guía de Evaluación de Riesgos Ambientales es aplicable a áreas afectadas o propensas a daños de origen antrópico o natural.	[11]
Propuesta metodológica para el análisis de riesgo ambiental en el subsector productivo de leche (Colombia - 2008).	Elaborar una propuesta metodológica para el análisis de riesgo ambiental.	Recopilación de información primaria, secundaria, metodologías para el análisis de riesgos ambientales.	El mayor riesgo tanto ambiental como sanitario lo genera el uso del Malathion producto empleado como garrapaticida.	Esta metodología permite evaluar de forma organizada y lógica el riesgo ambiental.	[12]

Tema o título	Objetivos	Métodos	Resultados	Conclusiones y recomendaciones	Referencias
Metodología para la estimación del nivel de riesgo de pasivos ambientales en el subsector hidrocarburos (Perú – 2008).	Determinación del riesgo pasivo ambiental teniendo en cuenta diferentes variables.	Se determina en función de la valoración del riesgo, considerando la probabilidad de ocurrencia y sus consecuencias negativas.	Determinación del nivel de riesgo (Alto, Medio, Bajo) con relación a la probabilidad y consecuencias.	Metodología de estimación de riesgo ambiental teniendo en cuenta a los lineamientos establecidos en la Guía de Evaluación de Riesgo Ambiental, publicada por el Ministerio del Ambiente en el año 2010.	[13]
Problemática y riesgo ambiental por el uso de plaguicidas en Sinaloa (México – 2012).	Revisión sobre las principales causas y efectos de la aplicación de plaguicidas en los cultivos.	Implementación de la agricultura orgánica y el uso de bioplaguicidas para el control de plagas y enfermedades.	En la superficie reflejaron una alta cantidad de sustancias tóxicas.	La reglamentación es importante en cuanto a la aplicación de productos, llevando a la práctica la agricultura orgánica y el uso de biofertilizantes.	[14]
Riesgo ambiental por el uso de agroquímicos (Colombia - 2010).	Identificar los efectos sobre él o los ecosistemas expuestos, de acuerdo con la FAO.	Caracterización fisicoquímica del ingrediente activo del plaguicida, y el establecimiento de las condiciones ambientales de la zona.	Se encontró un verdadero efecto sobre él o los ecosistemas expuestos.	La evaluación del riesgo es una metodología basada en rigurosos principios científicos, está aún en su etapa de desarrollo, no sólo en Colombia sino a escala mundial.	[15]

Tema o título	Objetivos	Métodos	Resultados	Conclusiones y recomendaciones	Referencias
Guía para la gestión ambiental responsable de los plaguicidas químicos de uso agrícola (Colombia - 2003).	Estrategia para la reducción de riesgos ocasionados por agroquímicos.	Se toman en cuenta factores como la dosis, frecuencia, aplicación y las propiedades fisicoquímicas que influyen en esa evaluación del riesgo.	Se muestra de manera teórica si el agroquímico es susceptible de degradación y metabolismo en los ecosistemas.	Se estudia el destino y el comportamiento de las sustancias activas y los otros componentes de los plaguicidas químicos de uso agrícola.	[16]
Impacto del manejo de agroquímicos, en la parte alta de la microcuenca Chorro Hondo Marinilla (Colombia - 2013).	Determinar el impacto generado por el manejo de agroquímicos.	Estudio descriptivo, observaciones directas de muestras de agua, suelo y aire y entrevistas.	El 31 % manifestaron que el agua sí estaba contaminada de agroquímicos por escorrentía de lluvia.	El 27 % de los predios tenía más de 50 metros de distancia de la fuente hídrica, el 53 % cumple lo dispuesto en el Decreto 1843 de 1991 del Ministerio de Protección Social.	[17]
Niveles de colinesterasa en cultivadores de papa expuestos ocupacionalmente a plaguicidas,	Identificar efectos adversos en la salud y en el medio ambiente	Se realizó un estudio descriptivo transversal en el municipio de Totoró - Cauca, con una muestra	El 74,4 % (n=93) de los trabajadores empleaban plaguicidas en su trabajo y el 49,6	El plaguicida más frecuentemente utilizado en el trabajo fue el Manzate de categoría toxicológica III, mientras	[18]

Totoró, Cauca (Colombia – 2017).	asociado con el manejo de plaguicidas.	de 125 trabajadores.	% (n=62) los usaban en el hogar.	que en casa fue el Furadan (categoría toxicológica I).	
Evaluación del impacto ambiental generado por los residuos peligrosos, municipio de Nobsa, Boyacá (Colombia – 2017).	Realizar la evaluación del impacto ambiental que generan los residuos peligrosos.	Se realizó un diagnóstico (encuestas), visitas de campo, listas de chequeo, y evaluación de impactos por medio de la matriz CONESA.	Buenas prácticas agrícolas y prácticas de seguridad y salud en el trabajo aplicables al manejo de los residuos peligrosos.	Se aplicó la metodología de evaluación de impactos mediante la matriz de CONESA, donde de forma cuantitativa se permitió evaluar el cultivo de la cebolla cabezona.	[19]
Análisis económico de impacto ambiental en el Valle de Malvazá (Colombia – 2008).	Análisis de economía, política y producción del tubérculo, y su efecto sobre el ecosistema del páramo.	Método directo sirve para estimar el valor económico de bienes.	Programa de conservación y recuperación del páramo.	Se concluye haciendo algunas observaciones sobre los impactos visibles y la estructura de incentivos económicos.	[3]

Tema o título	Objetivos	Métodos	Resultados	Conclusiones y recomendaciones	Referencias
Diagnóstico del manejo de agroquímicos y el papel de la mujer (Guatemala – 2011).	Establecer la situación actual del uso, manejo de los agroquímicos.	Grupo de localización, fase de muestreo y observación directa.	Productos químicos más utilizados organofosforados , carbamatos y piretroides	El 91 % de las mujeres encuestadas en las 4 aldeas de Patzicía, almacenan los agroquímicos fuera de la casa sin seguridad.	[20]
Problemática ambiental y la utilización de agroquímicos en la producción de coca (Perú – 2010).	Informe analítico sobre la utilización de agroquímicos en cultivos de coca y el impacto ambiental	Análisis del uso de agroquímicos en la cosecha de coca. Implicaciones humanas y ambientales al hacer un uso permanente.	La aplicación de plaguicidas provoca efectos tanto en los organismos considerados plaga.	Los agroquímicos causan efectos irremediables por su uso indiscriminado, de modo que se debe realizar campañas de educación y vigilancia para evitar el deterioro del entorno.	[21]
Perspectivas para el medio ambiente (2016).	Examinar los problemas medio ambientales que afectan a varios sectores de la agricultura.	Redacción de efectos en diferentes etapas de la agricultura.	Análisis sobre los diferentes problemas ambientales a causa de las sustancias químicas utilizadas en la agricultura.	Los problemas ambientales relacionados con la agricultura seguirán teniendo gravedad. Sin embargo, algunos pueden aumentar más lentamente.	[22]

Tema o título	Objetivos	Métodos	Resultados	Conclusiones y recomendaciones	Referencias
Evaluación de riesgos ambientales de agroquímicos: una evaluación crítica de los enfoques actuales (Reino Unido – 2015).	Reducir o minimizar los impactos de los agroquímicos en escenarios agrícolas normales.	Técnicas empleadas para determinar la exposición y la biodisponibilidad de agroquímicos a los diversos organismos en los ecosistemas.	Los métodos de evaluación se basan en modelos y mediciones reales de residuos químicos en el medio ambiente.	Se deben considerar todos los problemas mencionados para mejorar las evaluaciones de riesgos de los agroquímicos.	[23]

2.2 Bases conceptuales

La Food and Agriculture Organization (FAO) define los plaguicidas como “una sustancia o mezcla de sustancias destinadas a prevenir, destruir o controlar cualquier plaga, incluidos los vectores de enfermedades humanas o de animales”, por tal razón la actividad agrícola es uno de los pilares de la seguridad alimentaria en Colombia y para garantizar su sostenibilidad, se ha optado por el empleo masivo de múltiples plaguicidas químicos; sin embargo, es importante mencionar que la producción agrícola con el manejo de sustancias químicas tiene unos profundos efectos en el medio ambiente y han generado cambios en diferentes ecosistemas los cuales ayudan al ciclo de vida, debido a que se utilizan en gran cantidad, más de la que pueden absorber los cultivos [4]. El uso cotidiano de esos químicos contribuye a la crisis de la agricultura que dificulta la preservación de los ecosistemas, los recursos naturales, y afecta la salud de las comunidades rurales y de los consumidores urbanos, pues la búsqueda de la productividad a corto plazo por encima de la sustentabilidad ecológica, practicada en las últimas décadas, ha dejado un saldo a nivel mundial de contaminación y envenenamiento donde el pretendido remedio universal ha resultado ser peor que la enfermedad [5].

La contaminación generada por plaguicidas está dada fundamentalmente por aplicaciones directas en los cultivos agrícolas, lavado inadecuado de tanques contenedores, filtraciones en los depósitos de almacenamiento y residuos descargados y dispuestos en el suelo, derrames accidentales, el uso inadecuado de los mismos por parte de la población, que frecuentemente son empleados para contener agua y alimentos en los hogares ante el desconocimiento de los efectos adversos que provocan en la salud, la unión de estos factores provoca su distribución en la naturaleza y los restos de estos plaguicidas se dispersan en el ambiente convirtiéndose en contaminantes para los sistemas biótico (animales y plantas principalmente) y abióticas (suelo, aire y agua) amenazando su estabilidad y representando un peligro de salud pública [6].

El riesgo ecológico es la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno que afecta al medio ambiente, por tal razón, realizar una estimación de riesgo por el uso de plaguicidas ayuda a identificar los valores ambientales de interés y los riesgos más importantes causados por las actividades antropogénicas. Es trascendental diferenciar los cambios ocurridos por fenómenos naturales con las actividades humanas. El riesgo ecológico/ambiental es estimado a partir de la relación entre la exposición y los efectos, teniendo en cuenta la complejidad del gran número de especies y la diversidad de las rutas de exposición. Una evaluación de riesgo ecológico se puede desarrollar siguiendo los lineamientos sugeridos por la USEPA (1998), que divide estas evaluaciones en tres etapas: definición del problema, análisis y caracterización del riesgo [24].

2.2.1 Clasificación toxicológica de los agroquímicos

Los agroquímicos están formados por diferentes componentes tóxicos que comúnmente son denominados compuestos activos y que poseen un alto grado de peligrosidad para el medio ambiente y la salud de las personas, por este motivo es necesario clasificar cada producto químico mediante el cálculo de su toxicidad. Esta medición se realiza teniendo en cuenta la DL50 (Dosis Letal 50) y CL50 (Concentración Letal 50). La clasificación de toxicidad de los productos que sigue corresponde a la establecida por la Organización Mundial de la Salud (OMS) como se muestra en la tabla 2. Se divide en cinco grupos. Los valores DL50 indicados corresponden a vía oral [25].

Tabla 2. Clasificación toxicológica de los agroquímicos

Clasificación de la OMS, según los riesgos:	Formulación líquida DL50 Aguda (mg/kg)		Formulación sólida DL50 Aguda (mg/kg)	
	Oral	Dermal	Oral	Dermal
Clase 1a productos sumamente peligrosos	>20	>40	>5	>10
Clase 1b productos muy peligrosos	20 a 200	40 a 400	5 a 50	10 a 100
Clase II productos moderadamente peligrosos	200 a 2000	400 a 4000	50 a 500	10 a 1000
Clase III productos poco peligrosos	2000 a 3000	>4000	500 a 2000	>1000
Clase IV productos que normalmente no ofrecen peligro	>3000		>2000	

Fuente: [25]

- **Clasificación de peligrosidad de productos químicos**

Todos los agroquímicos que se utilizan en las actividades agrícolas poseen características de riesgo para el medio ambiente y la salud humana, estos productos se pueden clasificar como: tóxicos, corrosivos, irritantes, inflamables, explosivos u oxidantes. Algunos productos agroquímicos también pueden ocasionar más de uno de esos peligros, como por ejemplo la generación de cáncer y la mutación de la genética de un organismo, así mismo el contacto de esas sustancias con el medio ambiente puede provocar daños al ecosistema a corto o largo plazo [26].

- **Gradiente de toxicidad**

Dependiendo de la exposición de una sustancia altamente tóxica se puede establecer un gradiente de toxicidad, en el cual se observa que si no hay exposición (cero dosis) no hay efecto, a medida que se incrementa la dosis pueden empezar a aparecer efectos bioquímicos, hasta llegar a los efectos fisiológicos. Sin embargo, ambos efectos pueden pasar desapercibidos si no se cuenta con técnicas y equipos que permitan ponerlos de manifiesto. Cuando la dosis alcanza niveles significativos, que varían de una sustancia a otra, pueden aparecer signos y síntomas clínicos que

dan lugar a estados patológicos o enfermedades diversas, así como también puede ocurrir la muerte [27].

- **Propiedades físicas y químicas que hacen riesgosas a las sustancias**

Entre las propiedades que inciden en el riesgo de las sustancias químicas, resaltan aquellas que favorecen su movilización a través del aire, como lo es su presión de vapor que determina su volatilidad; su solubilidad en agua, que influye en su infiltración en el suelo hacia los mantos acuíferos; su coeficiente de reparto octanol/agua, que permite conocer su capacidad de penetrar a través de las membranas biológicas y de acumularse en el tejido adiposo así como su persistencia, que indica cual es la vida media de las sustancias en el ambiente conservando sus propiedades tóxicas [27].

- **Procesos del cultivo de papa**

Para realizar el cultivo de papa dentro una parcela se tiene en cuenta diferentes procesos ordenados, para que así el producto sea favorable en la cosecha. Dentro de estos procesos se tiene como primero, la preparación del suelo, la cual implica tener en cuenta las condiciones físicas del suelo, así como también la textura ideal que es de suelos limosos, franco-arenosos profundos, con buen drenaje y alta cantidad de materia orgánica que permite buena aireación y desarrollo de los tubérculos, de modo que para preparar del suelo se debe utilizar el subsolador a 40 cm o más para mejorar la infiltración del agua, así como también utilizar cal para mejorar el pH del suelo, surquear a nivel, de forma manual, con bueyes o con caballo. Seguido a esto se debe sembrar la papa en surcos a una distancia entre 0,70 m a 1 m entre surcos, de 0,15 a 0,25 m entre plantas (depende del tamaño de la semilla utilizada) y a una profundidad alrededor de 0,20 m; es recomendable utilizar semilla que haya alcanzado su grado de madurez, alcance la brotación en varios ojos del tubérculo, libre de malezas, plagas y enfermedades. Después de colocar los tubérculos (semilla) dentro de los surcos, estos se tienen que tapar con una capa de suelo de aproximadamente entre 7-10 cm [28].

La fertilización es importante aplicar en el primer mes teniendo en cuenta la zona, las condiciones edafoclimáticas y requerimientos de cada variedad, para esta actividad se realizan dos aplicaciones, una en el fondo del surco con agroquímicos de alto contenido de fósforo, y otra en la capa del suelo que tapa la semilla con fórmulas altas en potasio. Con relación a lo anterior por ciclo de cultivo requiere aproximadamente 270 kg/ha de nitrógeno, 130 kg/ha de fósforo y 385 kg/ha de potasio y elementos menores como calcio, magnesio, azufre, boro, cobre, hierro, manganeso y zinc [28].

También es muy necesario cubrir con suelo desde los surcos hasta la base de la planta, formando un lomillo más alto, esto con el fin de que los talluelos no caigan al suelo y se puedan formar nuevos tallos, así como también evitar la entrada de plagas principalmente de polilla, mejorar el drenaje y la aireación que ayudan al desarrollo de la planta. La práctica se puede realizar de forma manual con el uso de herramientas como palas o azadas. El rendimiento de un cultivo puede ser afectado por las diferentes malezas indeseables, por lo que es indispensable realizar un control en los primeros 40 días después de la siembra, mediante la aplicación de herbicidas y la aporca profunda. Del mismo modo existen plagas que retrasan o dañan por completo un cultivo lo que implica grandes pérdidas económicas, para esto se debe aplicar diferentes plaguicidas en el transcurso del ciclo del cultivo [28].

2.3 Marco normativo

En las tablas 3 y 4 se muestra un listado de las diferentes normas relacionadas con el riesgo químico en el ambiente y la salud humana en sectores rurales. Estas normas se tomarán a modo de referencia con el propósito de valorar el riesgo ecológico en los diferentes compartimentos ambientales (agua superficial, suelo y aire) de tal manera que se pueda generar pautas y control en dichas actividades agrícolas, para así evitar los impactos generados por la utilización de insumos químicos.

Tabla 3. Marco legal colombiano

Norma	Descripción de la norma	Expedición	Referencias
Resolución 03759.	Por la cual se dictan disposiciones sobre el Registro y Control de los Plaguicidas Químicos de uso Agrícola	Instituto Colombiano Agropecuario (ICA)	[29]
Resolución 2075.	Manual Técnico Andino para el Registro y Control de Plaguicidas Químicos de Uso Agrícola	Secretaría General de la Comunidad Andina	[30]
Decreto 1843 de 1991.	Por el cual se reglamentan parcialmente los Títulos III, V, VI, VII y XI de la Ley 09 de 1979, sobre uso y manejo de plaguicidas	Ministerio de Salud	[31]
Directrices para la legislación sobre el Control de Plaguicidas de 1989.	Lista Registrada de Directrices para la implementación del Código Internacional de Conducta para la Distribución y Utilización de Plaguicidas	Organización de las Naciones Unidas (FAO)	[32]
Decreto 4368 de 2006.	Áreas de operación de aplicación de plaguicidas	Ministerio de Salud	[33]
Ley 822 de 2003.	Registro técnico para minimizar los riesgos de la salud humana y su impacto en el medio ambiente	Instituto Colombiano Agropecuario (ICA)	[34]
Resolución 00099 de 2000.	Normas para el uso, manejo y aplicación de los insumos agrícolas por vía aérea y terrestre, en el departamento del Valle del Cauca y Cauca	Instituto Colombiano Agropecuario (ICA)	[35]
Resolución 00150 de 2003.	Reglamento Técnico de Fertilizantes y Acondicionadores de Suelos para Colombia	Instituto Colombiano Agropecuario (ICA)	[36]

Fuente: Propia

Tabla 4. Marco legal internacional

Norma	Descripción de la norma	Expedición	Referencias
NFPA 704 (National Fire Protection Association)	Código que explica el diamante del fuego, utilizado para comunicar los peligros de los materiales peligrosos	Asociación Nacional de Protección contra el Fuego	[37]

Fuente: Propia

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

La zona de estudio para la presente investigación está ubicada en las veredas Calvache, Tabaco, Chuscales y Agua Bonita los cuales pertenecen al corregimiento de Gabriel López (Totoró - Cauca - Colombia). Se encuentra sobre la cordillera central de los Andes entre las coordenadas geográficas (50 28' 22,07" N, 790 5' 50,84" W y 50 17' 30,88" N y 790 16' 52,84" W) a una altura de 2800 a 3600 msnm, cómo se muestra en la figura 1 [38].

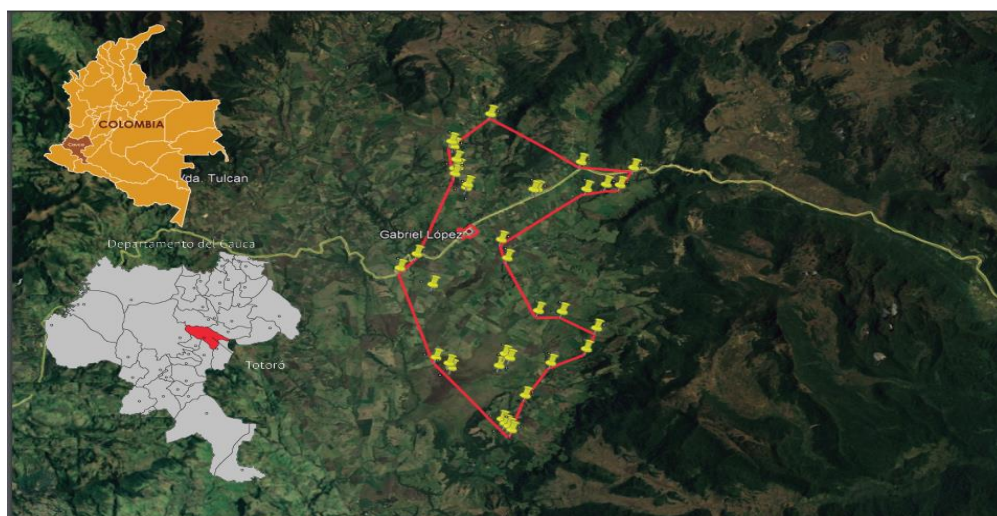


Figura 1. Veredas del corregimiento Gabriel López (Totoró - Cauca), vista panorámica
Fuente: [39]

3.1 Diseño experimental

Para la identificación de los peligros y posterior estimación de los riesgos ecológicos ambientales producidos por el cultivo de papa, se tomó una muestra significativa experimental de 40 fincas calculadas con probabilidad de error del 5 % que fue dada por la siguiente fórmula:

$$h = N/[p^2(N - 1) + 1] \text{ entonces } 70/[0.05^2(70 - 1) + 1] = 27$$

27 = número mínimo de parcelas que se deben analizar.

h = muestra representativa

N = población total

p = probabilidad de error

Estas parcelas fueron sugeridas de forma aleatoria por el líder social de cada una de las 4 veredas a experimentar (Chuscales, Tabaco, Calvache y Agua Bonita), seleccionada bajo criterios de inclusión como:

1. Tamaño del terreno/producción (kg/hectárea).
2. Presencia y participación de hombres y mujeres en la producción del cultivo de papa.
3. Disponibilidad de atención y factibilidad a la información solicitada [40].

Diagnóstico de las sustancias químicas utilizadas en la zona de estudio

3.2 Descripción de las fichas químicas

Se aclara que por la situación de contingencia SARS CoV-2 (Covid-19), se vino trabajando con una base de datos que fue realizada por el equipo de semillero de investigación de Sistema Integrado de Gestión ambiental (SIGAM), en el marco del proyecto “Evaluación del manejo de los residuos peligrosos provenientes de la actividad del cultivo de papa en el corregimiento de Gabriel López (Totoró - Cauca)” [41]; por lo tanto, no fue necesaria la visita de campo para organizar el inventario de sustancias químicas.

Se aplicó una encuesta complementaria, la cual se creó con la ayuda de la herramienta de Google Drive [42] y se envió a los correos electrónicos de los líderes de cada vereda. Se basó en una lista de preguntas donde se recopilaban datos tales como, factores de uso y manejo de los plaguicidas, dosis, frecuencia de aplicación, etc.

Se tuvieron en cuenta bases de datos nacionales e internacionales como Pesticide Properties DataBase (PPDB) [43], EU Pesticide [44], entre otras, las cuales permitieron recoger información pertinente para conocer las propiedades de los agroquímicos en general.

3.2.1 Clasificación de las sustancias químicas presentes en los agroquímicos

Se tuvo en cuenta el inventario y diagnóstico de las sustancias químicas utilizadas en la producción de papa con lo cual se contó en el momento como información primaria. Lo anterior fue un resultado preliminar que se vino adelantando en el semillero de investigación SIGAM.

Para la identificación de riesgos de cada sustancia se tuvo en cuenta sus respectivos pictogramas por clasificación, color, nomenclatura R (riesgo) y S (seguridad), como se muestra en el documento de “Nuevos pictogramas de peligro para la clasificación, etiquetado y envasado de sustancias químicas” figuras 2 y 3 [45]. También se utilizó la norma NFPA 704 [37] y el Decreto 1843 de 1991, Artículo 14 [31] que explican el diamante de materiales peligrosos como se muestra en la figura 4 y la categoría toxicológica de las sustancias químicas en relación con la salud y el medio ambiente como se indica en la tabla 5.



Figura 2. Pictogramas de seguridad

Fuente: [45]



Figura 3. Pictogramas de peligro
Fuente: [45]



Figura 4. Diamante del fuego
Fuente: [45]

Tabla 5. Categorías Toxicológicas

Categoría	Denominación toxicológica	Color
"Ligeramente tóxicos"	IV	Verde
"Medianamente tóxicos"	III	Azul
"Altamente tóxicos"	II	Amarillo
"Extremadamente tóxicos"	I	Rojo

Fuente: [31]

Valoración del nivel de riesgo al que están expuestos los componentes ambientales

3.3 Estimación del riesgo ambiental

Se realizó un procedimiento que implica dos niveles de estimación I y II. Para dicha estimación se tuvieron en cuenta los componentes (suelo, agua superficial, agua subterránea, aire y producto vegetal). Del mismo modo se realizó la consulta

de bases de datos que esté relacionado con las propiedades físicas y químicas, las características residuales, toxicológicas y eco-toxicológicas del plaguicida químico [9].

- **Nivel I**

Dentro de este nivel se constituye una relación entre la exposición y el grado de toxicidad de los plaguicidas sobre los sistemas ecológicos; para esto se aplicaron modelos matemáticos tales como: el cociente de riesgo, el modelo GUS y el modelo IRR. dentro del **Modelo Gus** se permite estimar el riesgo de lixiviación de un plaguicida químico a través del suelo. Para intentar predecir la lixiviación hacia aguas subterráneas, se combinan dos parámetros, uno de movilidad, el Koc (Coeficiente de Adsorción de Carbono Orgánico) y otro de persistencia, la vida media en el suelo (DT50), estos valores ayudan a calcular un puntaje de ubicuidad en las aguas subterráneas, mientras que el **Modelo IRR** es un indicador que estima el nivel de riesgo de residuos de plaguicidas sobre el producto vegetal a punto de consumo. El cálculo del índice toma en cuenta variables de uso, manejo de los plaguicidas y factores relacionados con las características físicas, químicas y biológicas de cada plaguicida. Está dado por dos factores principales que se denominan Carga del Plaguicida (C) y Potencial de Concentración del Plaguicida en la Planta (PC), también se tuvieron en cuenta el coeficiente de partición octanol-agua (K_{ow}) de cada plaguicida ya que está relacionado con el potencial de concentración en tejido proteico (PBCP) y el potencial de concentración en lípidos (PBCL), seguido a esto se realizó el cálculo del **cociente de riesgo** (RQ), donde se tuvo en cuenta la concentración aplicada con relación a la concentración ambiental estimada (CAE) del plaguicida. Para determinar el nivel de riesgo se hizo una comparación del valor del cociente de riesgo (RQ) obtenido con un nivel de preocupación (Level of Concern, LOC) dado por la literatura teniendo en cuenta la ficha química y bases de datos [9]. En la tabla 6 se presentan las ecuaciones para el cálculo de las CAE y de los RQ's y valores de LOC.

Tabla 6. Cálculo de las CAE y de los RQ's y valores de LOC

Supuesto de riesgo	CAE	Cociente de Riesgo (RQ)	Nivel de preocupación (LOC)
Organismos animales terrestres (Lombriz de tierra)			
Riesgo agudo alto	$CAE = \frac{Dosis \left(\frac{g \text{ de i.a.}}{ha}\right)}{500 \times Densidad \text{ aparente suelo} \left(\frac{g}{cc}\right)}$	$RQ = \frac{CAE}{LC50 ()}$	0,5
Riesgo crónico	$CAEC = \frac{CAE \times (1 - e^{-k \times t})}{k \times t}$ $k = \frac{\ln 2}{DT50_{suelo}(\text{días})}$	$RQ = \frac{CAEC}{NOEC \text{ (Lombriz de tierra)}}$	1
Organismos animales acuáticos (Daphnia, algas o peces)			
Riesgo agudo alto	$CAE = Dosis \left(\frac{g \text{ de i.a.}}{ha}\right) \times D_f$ $D_f = \text{pérdida por deriva en la aplicación}$	$RQ = \frac{CAE}{EC50 \text{ (Daphnia, Algas)}}$ o $RQ = \frac{CAE}{LC50 \text{ (peces)}}$	0,5

Fuente: [4]

- **Nivel II**

En este nivel se realizó la valoración del riesgo por plaguicidas químicos en los ecosistemas mediante la GUÍA MATRICIAL DE RIESGOS AMBIENTALES, la cual establece una evaluación preliminar de un ecosistema basándose en indicadores y criterios generados por la aplicación de agroquímicos en las actividades productivas, del mismo modo está orientada a determinar un nivel de riesgo por medio de matrices que ayudan a identificar, definir, analizar, formular y valorar la fuente de peligro en un entorno ecológico, mediante rangos establecidos para la estimación de riesgo ecológico [11].

Formulación de medidas de control ecológico en la zona de estudio

Se formularon criterios de control ambiental para el cultivo de papa en los diferentes componentes, teniendo en cuenta las guías a trabajar, especialmente la guía ambiental para el cultivo de papa, en la cual se orientan directrices para municipios que son productores de papa y que presentan ecosistemas de conservación. Con esto se busca proteger, preservar y recuperar estas zonas, ya que son de importancia social y ambiental. Las Guías Ambientales para el Subsector de Plaguicidas en Colombia [46] proponen lo expuesto en la tabla 7

Tabla 7. Matriz de estrategias, mecanismos y acciones para la protección de ecosistemas

ASPECTO	ESTRATEGIAS	MECANISMO	ACCIONES
Cultivos	Se capacitó en la protección de zonas de conservación (páramos, rondas de ríos, nacimientos de agua, humedales, etc.) mediante reuniones virtuales y la ayuda de la cartilla, la cual se compartió a los correos electrónicos de los líderes.	Se dió a conocer las zonas protegidas y de amortiguación, franjas de protección de fuentes hídricas.	Se fomenta la siembra de especies nativas en franjas de protección y se capacita a productores en temas ambientales para manejo integrado y sostenible del cultivo.
	Se socializó información del plan de ordenamiento, plan básico y esquema de ordenamiento territorial que aplique a la zona de influencia, mediante reuniones virtuales.	Se divulgó entre agricultores y demás agentes a través de diferentes medios de comunicación virtuales.	Se realizaron reuniones virtuales técnicas, para fortalecer el gremio de cultivadores comprometidos con el medio ambiente.

ASPECTO	ESTRATEGIAS	MECANISMO	ACCIONES
Fertilización del cultivo	Se explicó mediante la cartilla, los beneficios de minimizar la aplicación de fertilizantes, abonos y correctivos del suelo.	Se recomendó la adaptación de prácticas de fertilización balanceada.	Se promovió la elaboración de compostajes, pudines y otras fuentes orgánicas y se apoyaron proyectos dirigidos a producción de abonos orgánicos.
Uso de plaguicidas en cultivo.	Se dió a conocer los protocolos de fumigación de áreas mediante reuniones virtuales y la cartilla.	Se sugirieron las buenas prácticas agrícolas y la importancia de la implementación de los EPP.	Se dieron a conocer las buenas prácticas de manejo de plaguicidas y aplicación de sustancias no tóxicas para el control de plagas y enfermedades.
Control de residuos de plaguicidas	Se capacitó mediante reuniones virtuales acerca del manejo adecuado de residuos.	Se propuso prácticas de triple lavado y no enterrar ni quemar los empaques de plaguicidas.	Se socializó la guía ambiental para el subsector de plaguicidas.

Fuente: [46]

CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y ANÁLISIS

4.1 Reconocimiento de la zona de estudio en el corregimiento de Gabriel López (Totoró – Cauca)

En la visita al corregimiento de Gabriel López (Totoró – Cauca), se realizó un recorrido y se georreferenció cada parcela de las veredas, Chuscales, Agua Bonita, Calvache y Tabaco, logrando evidenciar la gran problemática ambiental y las afectaciones a la salud debido al uso excesivo e inadecuado de agroquímicos que se utilizan para el control de plagas y la fertilización del suelo donde se cultiva la papa. Los plaguicidas en las 4 veredas se han utilizado aproximadamente hace 5 años, se seleccionaron estas veredas porque son de reserva campesina y uno de los criterios para poder recoger información en esta zona, sugerido por los líderes comunitarios fue que solo se evaluara en las 4 veredas de las cuales se han venido trabajado siempre.

4.2 Caracterización socio-demográfica de la zona de estudio

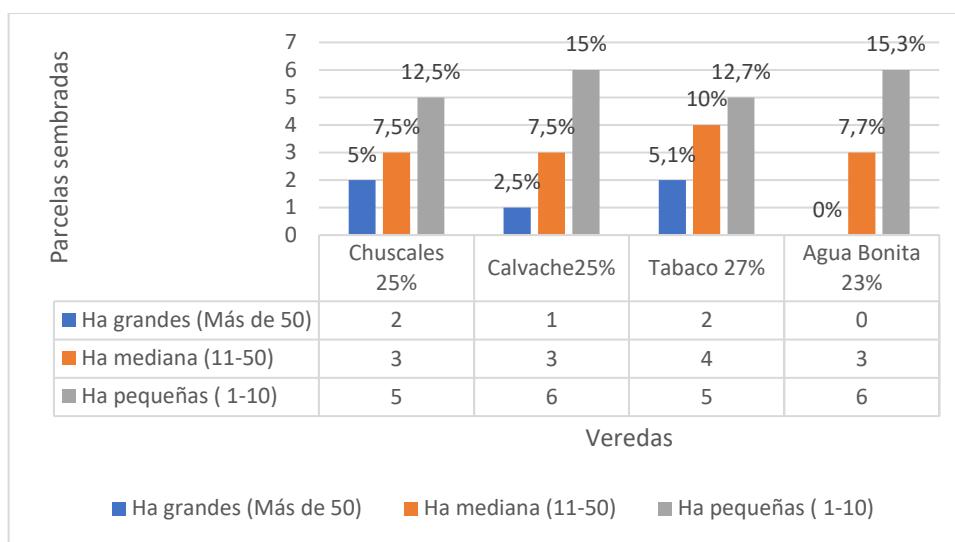
4.2.1 Tamaño de la muestra

En la zona de estudio se determinó la categorización de las diferentes parcelas de acuerdo con el número de hectáreas, tomando como pequeños productores los que poseen de 1 a 10 ha, medianos productores de 11 a 50 ha y como grandes productores de 50 ha en adelante (gráfica 1). Las zonas cultivadas con papa en las veredas de Chuscales y Calvache representan un porcentaje del 10 % con respecto al número total de hectáreas sembradas.

Entre el área cultivada en las veredas Chuscales y Calvache, se tiene que 2 son grandes parcelas correspondientes a la vereda Chuscales y 1 para Calvache. Del mismo modo se observó que en ambas zonas la cantidad de parcelas medianas fue de 3, y de parcelas pequeñas fue de 5 y 6, respectivamente (gráfica 1). Por lo

anterior, se infiere que la mayoría de las personas encuestadas en estas veredas poseen terrenos superiores a 1 ha e inferior a 10 ha.

En la vereda de Agua Bonita no se encontró parcelas grandes, mientras que en Tabaco se determinó que 2 corresponden a este tipo. La cantidad de parcelas medianas fue de 3 para Agua Bonita y 4 para Tabaco. Por último, Agua Bonita posee 6 parcelas pequeñas y Tabaco solo 5 de esta categoría. De este modo el 55 % del área total cultivada en las 4 veredas son pequeños productores, debido a que su área de siembra no es muy extensa.

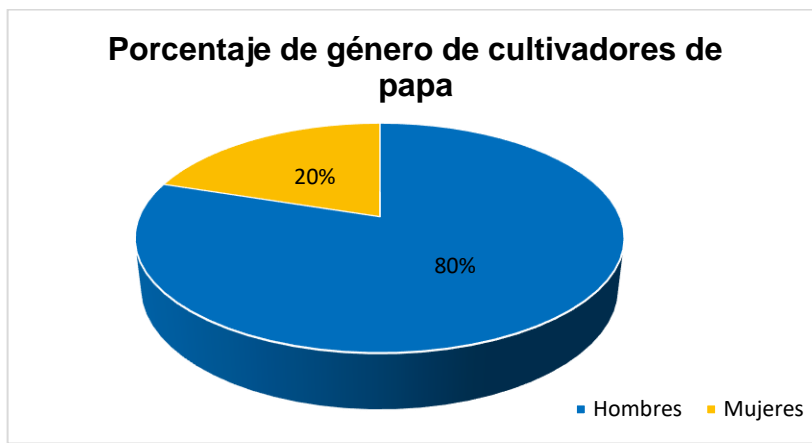


Gráfica 1. Parcelas sembradas según la cantidad de hectáreas en las veredas Chuscales, Calvache, Tabaco y Agua Bonita (Gabriel López - Cauca)
Fuente: Propia

4.2.2 Actividad agrícola según género

En la gráfica 2 se puede observar el porcentaje de género de cultivadores de papa dentro de las veredas de Chuscales, Calvache, Agua Bonita y Tabaco del corregimiento de Gabriel López, en el cual se encuentran empleados agricultores masculinos y femeninos. De acuerdo con los resultados, el 80 % hace parte del género masculino en vista de que son los encargados del sustento del hogar y, un 20 % de los agricultores pertenecen al género femenino, lo cual evidencia que las

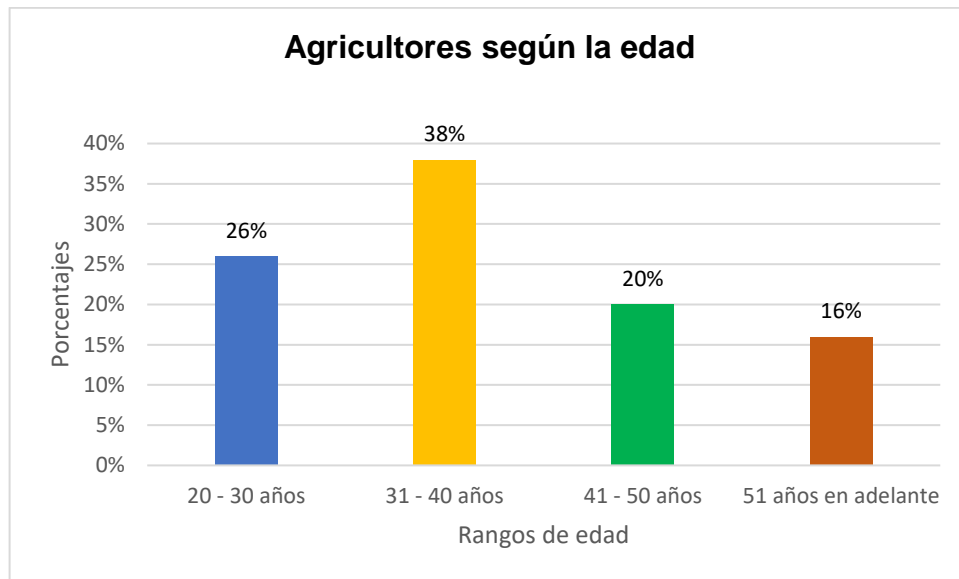
mujeres son cada vez más incluidas en estas actividades agrícolas, debido a que varias parcelas hacen parte de la rentabilidad familiar.



Gráfica 2. Porcentaje de género de cultivadores de papa en el corregimiento de Gabriel López
Fuente: Propia

4.2.3 Categorización de agricultores de papa según la edad

En relación con esta variable, el 26 % de la población que inicia con las actividades agrícolas se encuentra en un rango de edad entre los 20 y 30 años. El 38 % para personas de 31 a 40 años, los cuales corresponden a la mayoría de los agricultores independiente del género que se dedican a las labores agrícolas del cultivo de papa. El rango de 41 a 50 años tuvo un porcentaje de 20 % y para personas mayores a 51 años un 16 % como se evidencia en la gráfica 3. Estos trabajadores son los encargados de realizar la preparación del terreno, la labranza convencional mediante maquinaria pesada y la fertilización del producto. Cabe resaltar que la actividad de la producción de papa en el corregimiento de Gabriel López puede ser desempeñada por personas sin tener presente su edad.



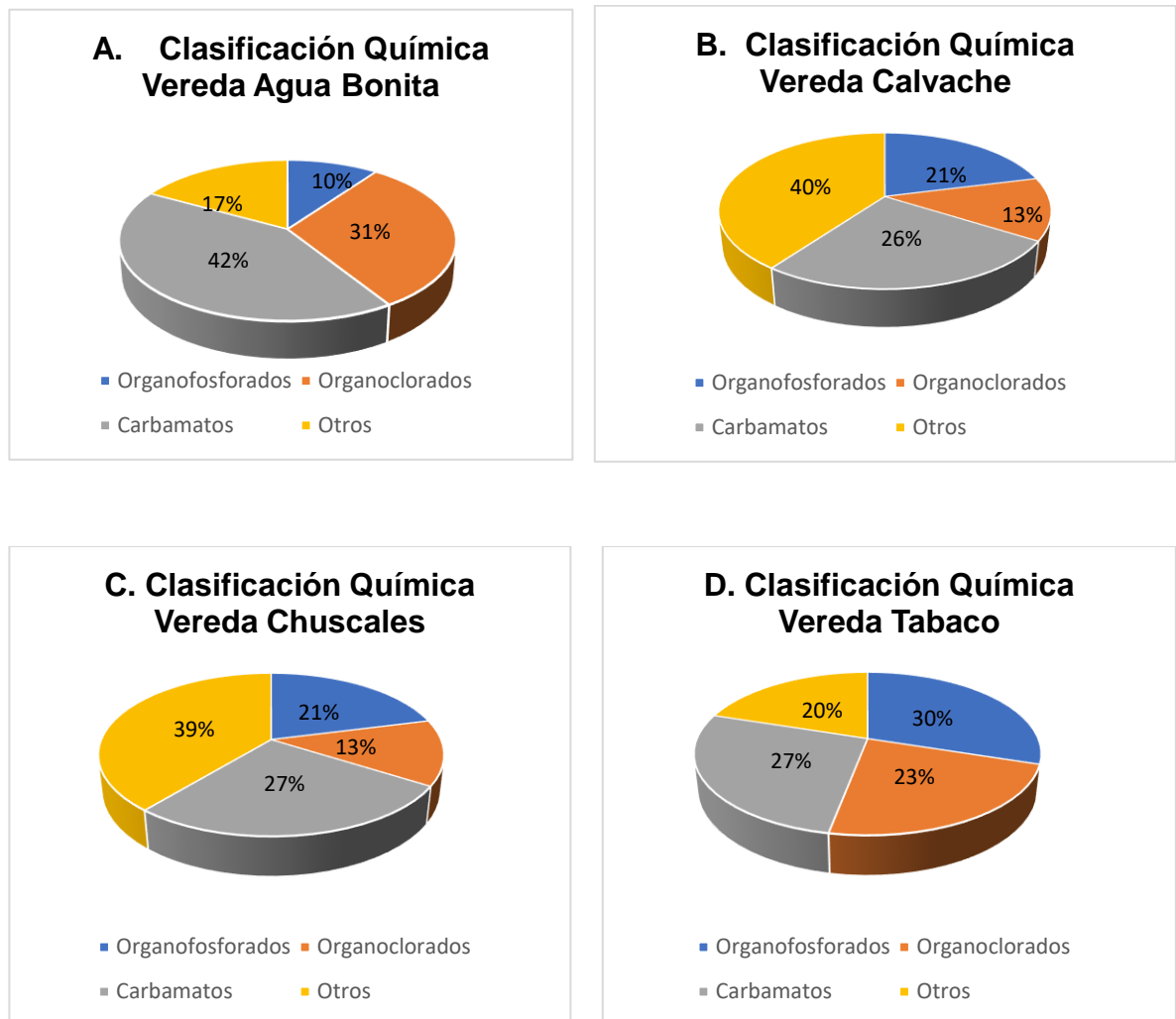
Gráfica 3. Porcentaje de agricultores de papa según rangos de edad en el corregimiento de Gabriel López
Fuente: Propia

Diagnóstico de las sustancias químicas utilizadas en la zona de estudio

4.3 Identificación del grupo químico de los agroquímicos usados en el cultivo de papa en el corregimiento de Gabriel López

Para la identificación del grupo químico se realizó un levantamiento de un inventario de sustancias químicas por cada vereda en los cultivos de papa. Esto se llevó a cabo a través de la información recolectada del trabajo denominado “Evaluación del manejo de los residuos peligrosos provenientes de la actividad agrícola de cultivo de papa en el corregimiento de Gabriel López (Totoró - Cauca)” [43], en los cuales se tuvieron en cuenta cada plaguicida utilizado por los agricultores. La mayoría de estas sustancias pueden llegar a ocasionar grandes afectaciones al suelo, agua, aire y a los seres vivos al no tener un uso adecuado. Los agroquímicos comunes encontrados en las 4 veredas fueron clasificados como organofosforados, organoclorados, carbamatos y otros, los cuales hacen

referencias a fungicidas y herbicidas entre otros. Los resultados de la categorización de estas sustancias se presentan en la gráfica 4 (A, B, C y D).



Gráfica 4. Clasificación de agroquímicos según el grupo químico encontrados en las 4 veredas del corregimiento de Gabriel López
Fuente: Propia

Los principales resultados acerca del grupo químico característico en las veredas Agua Bonita y Calvache (gráfica 4A y 4B) arrojan un 42 % y 26 % del uso de agroquímicos carbamatos, lo que indica que estas veredas tendrán una afectación para todo el ambiente y los seres vivos. Particularmente en el caso de las aves al momento de consumir este producto como alimento, pues un estudio realizado en Estados Unidos determinó que alrededor de 70 millones de aves habían muerto cada año producto de la exposición directa a este tipo de sustancias [47]. Los carbamatos tienen un contenido orgánico y unas de las características principales es su alta toxicidad especialmente a la biota acuática, ocasionando un daño a los seres que en él habitan y contaminando el recurso hídrico.

Los compuestos organofosforados tuvieron un porcentaje del 21 % en la vereda Chuscales (gráfica 4C) y 30 % en la vereda de Tabaco (gráfica 4D). Estos compuestos son ésteres conformados por fósforo, los cuales son altamente tóxicos, liposolubles y volátiles. En el caso de los seres humanos tienen la capacidad de alterar el sistema nervioso, por lo tanto, es importante conocer el grado de toxicidad, la vía de ingreso y el tiempo de evolución en el organismo [48]. Entre el 17 % y 40 % corresponden a otros compuestos en las 4 veredas, los cuales son fertilizantes y herbicidas, que, en los cultivos agrícolas, son los responsables del crecimiento y mejora de las plantas, entre otros.

Las veredas Chuscales y Tabaco tuvieron ambas 27 % de carbamatos y 21 y 30 % de organofosforados, respectivamente (4C y 4D), siendo estos valores altos y peligrosos para los ecosistemas. Dentro de los organoclorados, los porcentajes fueron del 13 % en la vereda Chuscales y 23 % en Tabaco; estos son compuestos de hidrocarburos con contenido de cloro, no solubles en el medio acuoso, químicamente inestables, grandes contaminantes debido a que son persistente en el ambiente como los carbamatos debido a que terminan en el recurso hídrico, provocando la bioconcentración en los organismos acuáticos y en los seres humanos, almacenándose especialmente en el tejido adiposo e hígado afectando un poco más a los agricultores de avanzada de edad. Este tipo de plaguicida en las

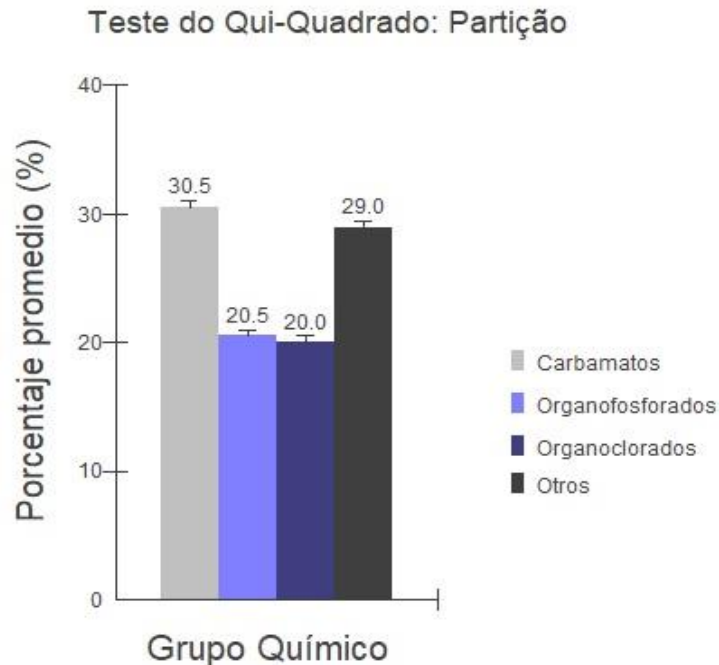
plantas ocasionan problemas con las semillas al momento de germinar y en todo su desarrollo vegetativo hasta la cosecha. En los cultivos de papa si se llegara a realizar una aplicación excesiva de estos químicos, podría ocasionar una contaminación química [49]. Por último, un 39 % y 20 % fueron los resultados de otros (fertilizantes, herbicidas, abonos), son utilizados mayormente para proteger y mantener sanos los cultivos.

4.3.1 Análisis de resultados totales de agroquímicos usados en las 4 veredas del corregimiento de Gabriel López

En la gráfica 5 se presenta los resultados de la aplicación de la prueba Qui - Cuadrado, el cual permite realizar diferencia estadística entre variables [50]. En este caso se marca diferencia significativa con un $p = 0,0023$ para carbamatos comparado con los grupos químicos organofosforados, organoclorados y otros, entre los cuales están toda la gama de fertilizantes y aditivos utilizados en las 4 veredas de la zona de estudio.

Teniendo en cuenta el test de significancia estadísticas, es evidente la mayor representación de **carbamatos** en las zonas de estudio con un 31 %, seguido del 29 % de otros (herbicidas y fertilizantes) como también lo reportó Vargas et al (2009) en su investigación “Caracterización de las prácticas agrícolas asociadas con el uso y manejo de plaguicidas en cultivos de papa, caso vereda Mata de Mora, en el páramo de Merchán, Saboya, Boyacá”, donde se analizó los plaguicidas en cultivos de papa y la mayor representación fue de carbamatos los cuales son de categoría I (extremadamente tóxicos), por lo cual es peligroso para las comunidades ya sea que sea inhalado a través del aire o ingerido por algunos alimentos contaminados. En el caso del suelo este se vio afectado ya que, por escorrentía, estas sustancias van avanzando y a su vez se van infiltrando en la tierra, haciendo que poco a poco disminuya la capacidad auto depuradora. Por otra parte, estas sustancias pueden llegar al recurso hídrico afectando a los seres acuáticos. Los organofosforados y

organoclorados tuvieron porcentajes del 21 % y 20 %, respectivamente, resultados muy similares y que, aunque estos plaguicidas se encuentran en menor proporción también están presentes en las 4 zonas de estudio y es de suma importancia instruir a los agricultores en el manejo de estos compuestos dentro de su cultivo [51].



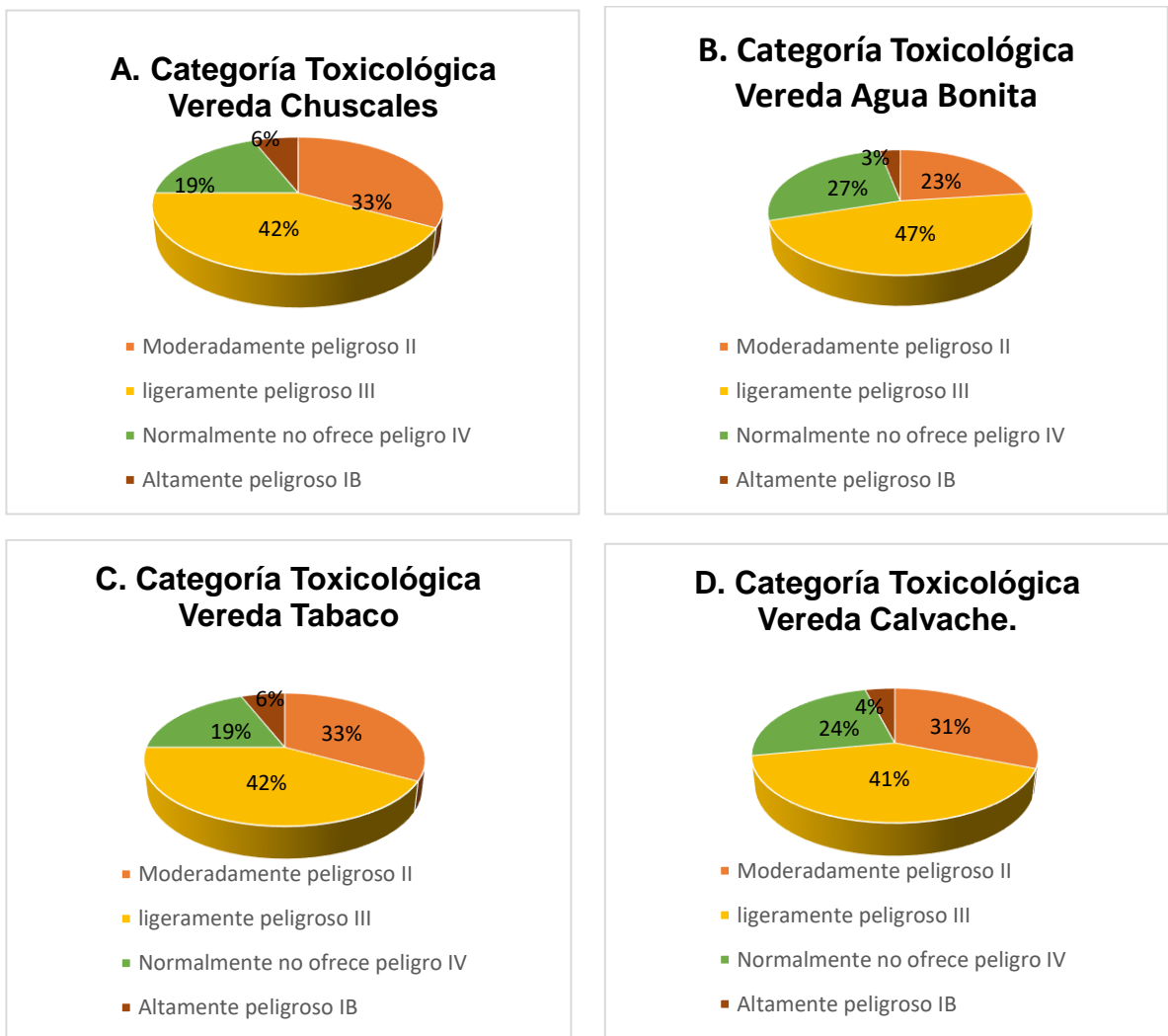
Gráfica 5. Teste do Qui-Quadrado, Comparación de grupos químicos en los agroquímicos usados en la zona de estudio

Fuente: Propia

4.3.2 Caracterización de las sustancias químicas por categoría toxicológica de los agroquímicos en la zona de estudio

Para la caracterización de las sustancias químicas, se realizó la revisión de las fichas técnicas de cada plaguicida donde se evidenció la categoría toxicológica y su nivel de peligrosidad. Las veredas Chuscales y Agua Bonita (gráfica 6A y 6B), presentan un orden similar con respecto a la cantidad de plaguicidas y a su nivel de

toxicidad, ya que en ambas veredas el mayor porcentaje corresponde al 42 % y 47 % catalogándose como agroquímicos ligeramente peligrosos III. Del mismo modo se encontró una baja cantidad de sustancias altamente peligrosas pertenecientes al 6 % y 3 %, respectivamente. Ambas veredas también presentan un alto porcentaje de plaguicidas moderadamente peligrosos equivalentes al 33 % en la vereda Chuscales y 23 % en la vereda Agua Bonita, así mismo el 19 % y el 27 % de estos no causan riesgos ambientales.

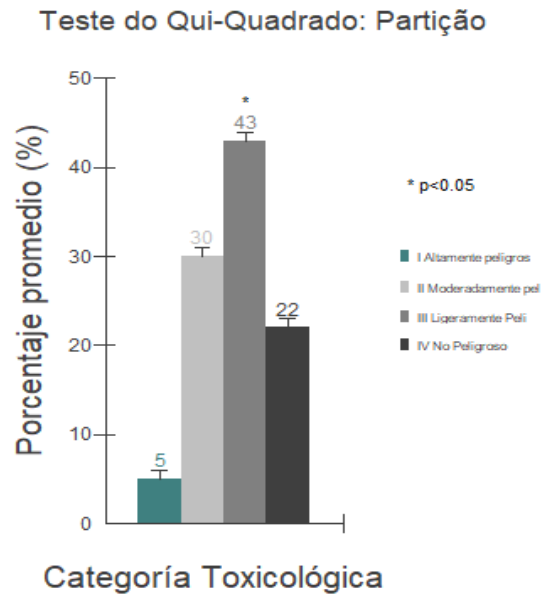


Gráfica 6. Categoría toxicológica de agroquímicos usados en la zona de estudio
Fuente: Propia

Las veredas Tabaco y Calvache (gráfica 6C y 6D) tienen porcentajes similares, debido a que gran parte de los plaguicidas utilizados en estas zonas pertenecen a una categoría toxicológica ligeramente peligrosa III (41 - 42 %). Se obtuvo un alto porcentaje de agroquímicos con toxicidad moderadamente peligrosa (31 – 33 %) en estas zonas de estudio. En ambas veredas también se determinó similitud en los resultados en cuanto a la baja cantidad de plaguicidas con alta peligrosidad (4 - 6%).

4.3.3 Análisis de resultados totales de la categorización toxicológica de las 4 veredas en el corregimiento de Gabriel López

En las 4 veredas estudiadas se logró comprobar la aplicación de una gran cantidad de plaguicidas con características toxicológicas moderada y ligeramente peligrosas como se evidencia en la gráfica 7 con porcentajes del 30 % y 43 % respectivamente, marcando una diferencia significativa $p = 0,0045$ para la III ligeramente peligroso. Dado a que existe un inadecuado manejo de estas sustancias en los cultivos de papa en las 4 veredas ubicadas en el corregimiento de Gabriel López, lo cual es semejante a los resultados reportados en el estudio “Exposición a agroquímicos en trabajadores de un cultivo de flores de la sabana de Bogotá” del año 2018, la exposición a estos agroquímicos puede ocasionar alteraciones citogenéticas y anomalías en el ADN. Por tal motivo se manifiesta, la importancia del buen uso de los elementos de protección personal, para así poder ayudar a prevenir ciertas enfermedades crónicas y mutagénicas ocasionados por los componentes de los plaguicidas [52].



Gráfica 7. Teste do Qui-Quadrado, Categorización toxicológica de agroquímicos usados en la zona de estudio
Fuente: Propia

El tiempo de permanencia de los plaguicidas ligeramente peligrosos en el sistema edáfico pueden llegar a estar presente durante muchos años en la tierra, debido a que son muy persistentes y su degradación es lenta, aunque también depende de las propiedades que posea el suelo al momento de transformarlos. Cabe resaltar que este tipo de sustancias tóxicas incrementan el riesgo potencial en especies acuáticas como por ejemplo la trucha, así como en los animales mamíferos, artrópodos y aves, lo que ocasiona un desequilibrio en los ecosistemas ya que pueden llegar a modificar sus características llegando afectar algunos tipos de especies, como los microorganismos, vegetación, entre otros [53]. En las 4 veredas de la zona de estudio se determinó una baja cantidad de plaguicidas altamente tóxicos con un porcentaje del 5 %, lo que implica que se debe tener un gran cuidado con el manejo de estas sustancias porque a pesar de ser un porcentaje bajo, según la OMS aún en bajas dosis pueden causar efectos tóxicos, agudos o crónicos en el ser humano y en la flora y fauna de un ecosistema [54].

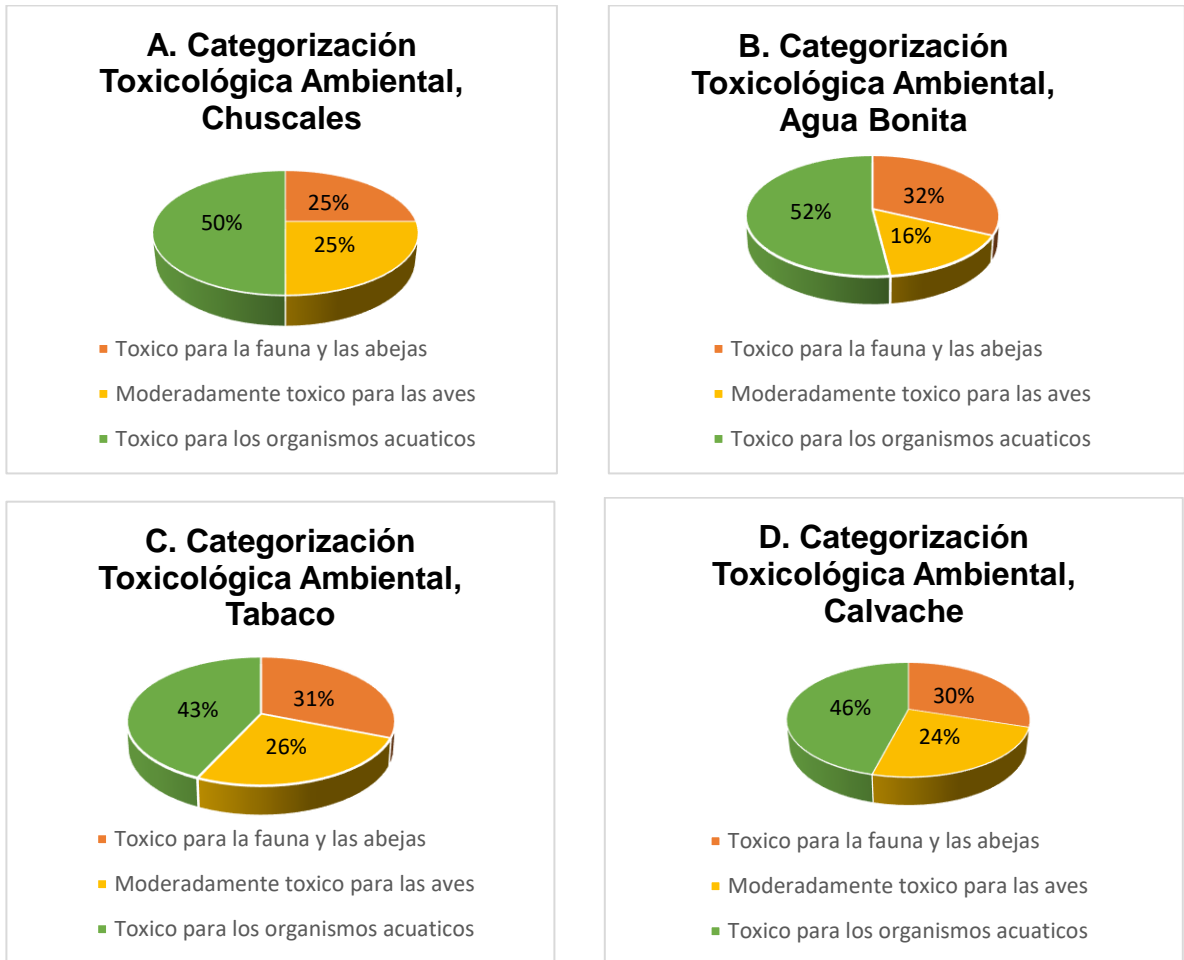
4.3.4 Categorización toxicológica ambiental de las 4 veredas del corregimiento de Gabriel López

El alto uso de agroquímicos en la zona de estudio genera grandes afectaciones en los ecosistemas, debido a que muchos de los plaguicidas que se utilizan en los cultivos de papa poseen características peligrosas para la fauna y la flora que se encuentra en todo el corregimiento de Gabriel López (Totoró - Cauca). Por este motivo se realizó una categorización toxicológica ambiental dentro de estos entornos y así determinar qué factores se encuentran en mayor riesgo y cuáles pueden afectar las condiciones de un ecosistema [55].

En las 4 veredas de la zona de estudio Chuscales, Calvache, Agua Bonita y Tabaco, se obtuvo una mayor cantidad de plaguicidas que principalmente afectan a los organismos acuáticos de la zona; por ejemplo, Chuscales y Agua Bonita (gráfica 8A y 8B) tuvieron 50 % y 52 % respectivamente, mientras que Calvache (gráfica 8D) 46 % y Tabaco (gráfica 8C) presentó 43 % de toxicología en medios acuáticos. Con relación a lo anterior, se determinó que existe un gran impacto dentro del ecosistema acuático, debido a que se emplean muchas sustancias tóxicas como por ejemplo los carbamatos que tienen características peligrosas para los seres vivos de los sistemas hídricos por su baja solubilidad en el agua, así como también estas pueden llegar a los cauces aledaños a los cultivos de papa y provocar una contaminación a las especies que en él habitan.

En estas zonas hay una gran permanencia de compuestos tóxicos, tanto para la fauna como para las abejas ya que el porcentaje de agroquímicos que presentan estas características están entre el 25 % y el 32 %, lo que significa que hay un alto uso de plaguicidas que generan un impacto negativo hacia las especies de la zona, llevando consigo cambios en los ecosistemas debido a que se puede modificar la cadena trófica del ciclo de vida, por ende la extinción de algunos animales o plantas, como por ejemplo las abejas que son insectos encargados de la polinización y el equilibrio ambiental del lugar [56]. Se halló una similitud en las 4 zonas de estudio con relación a la cantidad de sustancias que son moderadamente tóxicas para las

aves, teniendo como resultado para la vereda Chuscales un 25 %, Agua Bonita 16 %, Tabaco 26% y Calvache 24 %, lo que indica que estos tienen efectos leves en los sistemas ecológicos de las aves, además se utilizan bajas cantidades de este tipo de plaguicidas.



Gráfica 8. Caracterización toxicológica ambiental de agroquímicos usados en la zona de estudio
Fuente: Propia

Teniendo en cuenta un análisis general toxicológico ambiental de las 4 veredas en el corregimiento de Gabriel López, se puede evidenciar que la mayor representación de riesgo en cuanto a la toxicología ambiental está en tóxico para

organismos acuáticos; por lo tanto, es importante priorizar medidas preventivas frente a este peligro ambiental.

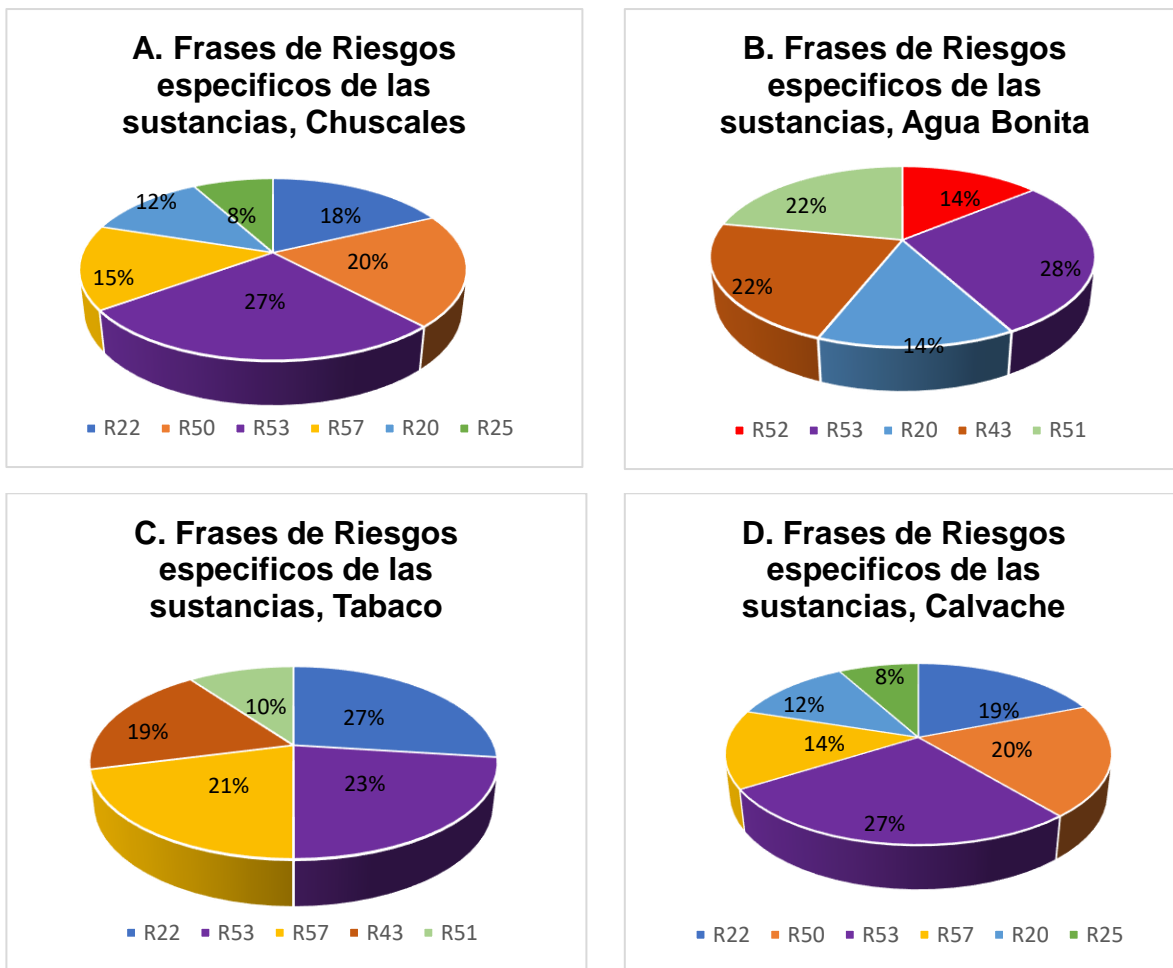
4.3.5 Frases de riesgo específicas de las sustancias presentes en los agroquímicos usados en la zona de estudio

Con base en los impactos que pueden ocasionar los agroquímicos en un sistema ecológico y en la salud humana se tiene en cuenta las frases de riesgos de los plaguicidas que se utilizan en la zona de estudio. Dentro de las veredas Chuscales, Agua Bonita y Calvache (gráfica 9A, 9B y 9D), se obtuvieron los más altos porcentajes equivalentes al 27 - 28 % con relación a sustancias **R53**, las cuales pueden provocar daños a largo plazo al ambiente acuático, también se obtuvo un resultado considerable con un 23 % de estas sustancias en la vereda Tabaco (gráfica 9C). Esto indica que el alto empleo de estos insumos puede generar a futuro una gran afectación en los ecosistemas acuáticos y por ende en la salud de las personas, ya que la comunidad de la zona agrícola se alimenta de la trucha que muy probablemente puede estar contaminada por este tipo de agroquímicos.

Para las veredas Chuscales y Calvache se obtuvieron valores representativos de plaguicidas **R50** iguales al 20 % (gráfica 9A y 9D) lo que significa que son muy tóxicos para los organismos acuáticos, provocando la muerte y llegando a generar un cambio en la cadena alimenticia de este ecosistema. En las veredas Agua Bonita y Tabaco (gráfica 9B y 9C) existe el uso de sustancias **R43** con un 22 % y 19 %, que pueden ocasionar una posible irritación en la piel de las personas que lo manipulan y **R51** con un 22 % y 10 %, que tiene la probabilidad de causar un impacto negativo hacia los peces.

En el estudio también se caracterizaron plaguicidas **R57** tóxicos para las abejas en las veredas de Chuscales con un 15 %, Tabaco 21 % y Calvache 14 %, así como también se encontraron agroquímicos **R22** dentro de estas 3 veredas, con un rango de porcentajes entre 18 – 27 % y que son sustancias nocivas si se ingieren y llegan al organismo.

También en las veredas Chuscales y Calvache se obtuvieron insumos con características de riesgos nocivos por inhalación (**R20**) con un porcentaje del 12 % y tóxicos por ingestión (**R25**) con un valor del 8 % para las 2 zonas (gráfica 9A y 9D), haciendo referencia que el uso excesivo de estos agroquímicos puede provocar efectos adversos como dolores de cabeza, vómito, mareos, intoxicaciones y llegar a causar la muerte [56].



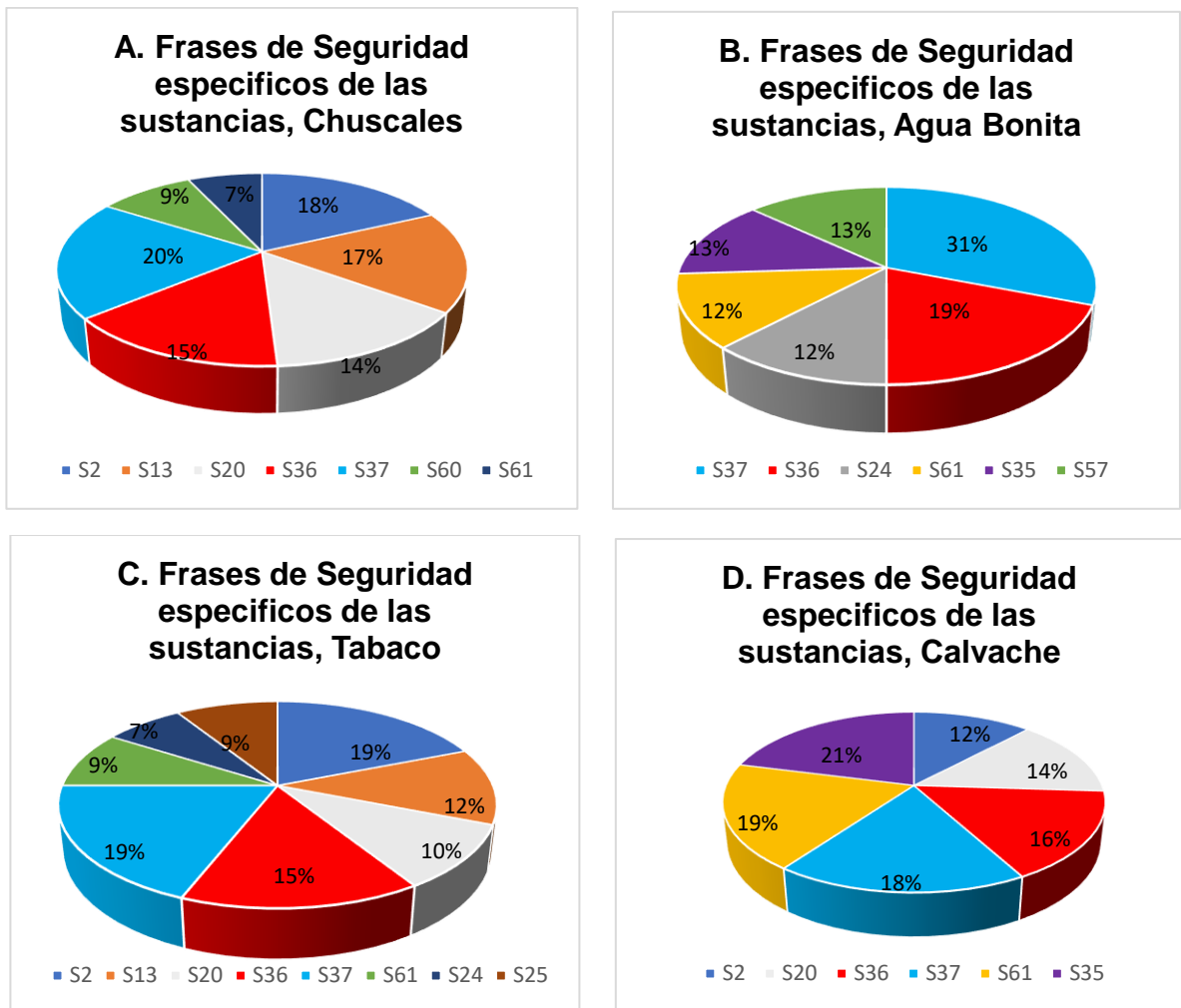
Gráfica 9. Frases de riesgo de agroquímicos usados en la zona de estudio
Fuente: Propia

4.3.6 Frases de seguridad específicas de las sustancias presentes en los agroquímicos usados en la zona de estudio

Las frases de seguridad permiten dar información acerca de los cuidados que se deben tener en la manipulación de sustancias peligrosas con el fin de evitar riesgos para la salud y el ambiente, tomando medidas de control y prevención en la aplicación de estos agroquímicos [57].

Teniendo en cuenta las fichas de seguridad de cada plaguicida se logró determinar los posibles riesgos y precauciones que se deben tomar en el manejo de estas sustancias. Con relación a los datos adquiridos dentro de la zona de estudio se tiene que en las 4 veredas existe un alto porcentaje de productos con frase de seguridad **S36** con un rango del 15 - 19 % lo que significa que se debe utilizar una indumentaria adecuada para la protección personal. De la misma manera se encontró la frase **S37** con valores del 18 - 31 % que indica el correcto uso de guantes. Para las veredas Chuscales, Tabaco y Calvache (gráfica 10A, 10C y 10D) el **S2** se reportó entre el 12 - 19 % para lo cual se debe mantener fuera del alcance de los niños y, así mismo el **S20** con un 10 - 14 %, que implica no beber ni comer durante su utilización en el cultivo.

En las veredas Agua Bonita Tabaco y Calvache se tiene plaguicidas con frase **S61** al 12 %, 9 % y 19 % (gráfica 10B, 10C y 10D) respectivamente, haciendo referencia a evitar su liberación al medio ambiente y a su vez emplear las instrucciones específicas de la ficha de datos de seguridad.



Gráfica 10. Frases de seguridad de agroquímicos usados en la zona de estudio
Fuente: Propia

Valoración del nivel de riesgo ecológico al que están expuestos los componentes ambientales

Para la valoración del nivel de riesgo ecológico en la zona de estudio se tuvo en cuenta 4 indicadores de estimación: Cociente de Riesgo, modelo GUS, modelo IRR y para la complementación del estudio se aplicó una GUÍA MATRICIAL DE RIESGOS AMBIENTALES [9]. Lo anterior se generó a partir de la información recolectada mediante encuestas que se realizaron en las 4 veredas Chuscales,

Calvache, Agua Bonita y Tabaco ubicadas en el corregimiento de Gabriel López (Totoro – Cauca).

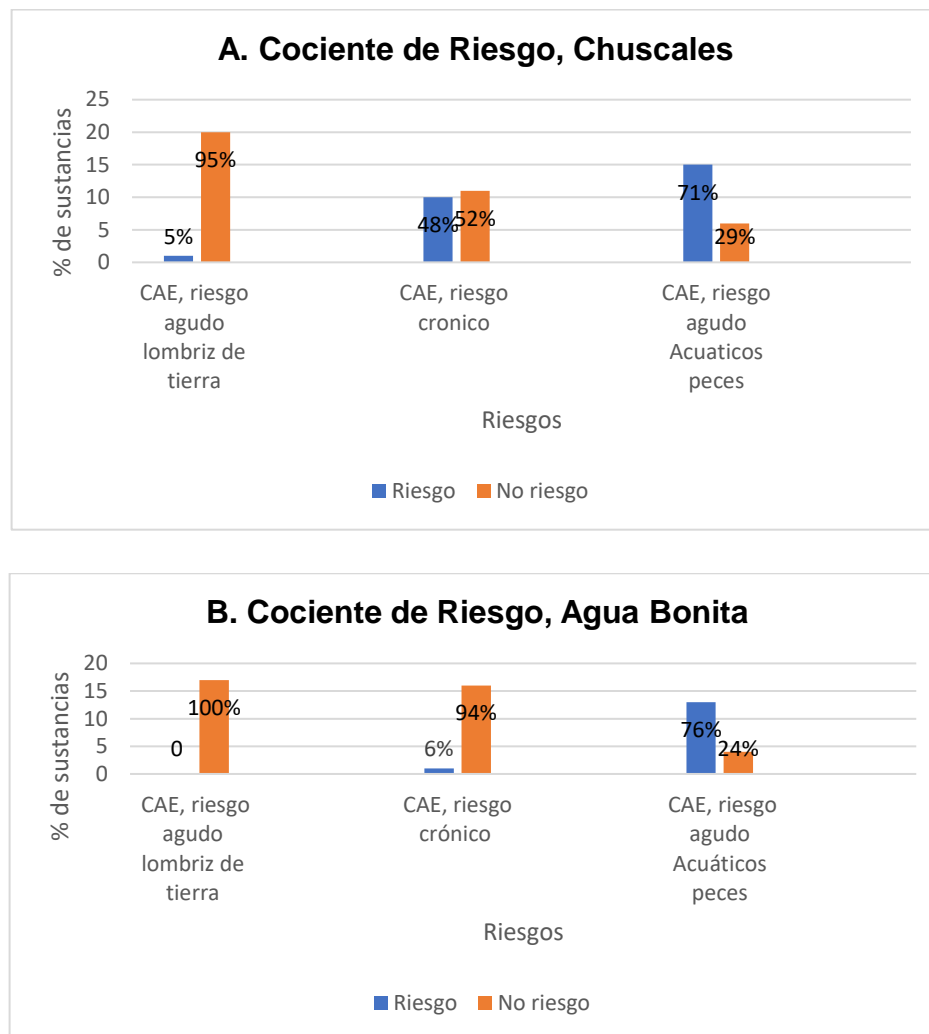
4.4.1 Estimación ecológica por medio del Cociente de Riesgo

Aplicando el Cociente de Riesgo se realizó una relación entre la concentración del plaguicida que causa efectos sobre determinados organismos (lombriz de tierra y *daphnia*) y la concentración ambiental estimada del plaguicida (CAE), con esta variable se da conocer el nivel de riesgo ecológico en el suelo y en el agua. Con relación a lo anterior se obtuvieron los siguientes resultados para cada vereda.

En cuanto a la vereda Chuscales (gráfica 11A), se encontró que se emplean una gran variedad de productos agroquímicos para el cultivo de papa, de los cuales se obtuvo información de 21 productos. Al realizar el cálculo del Cociente de Riesgo donde se tuvo en cuenta las características fisicoquímicas y eco toxicológicas de cada producto, se tiene que el **71 %** de estas sustancias causan efectos de riesgo agudo para el sistema ecológico acuático y un 29 % no producen un alto riesgo agudo. Referente al estudio de riesgo crónico realizado con datos de toxicidad de especies terrestres (lombriz de tierra), arrojó que un 48 % de estos plaguicidas poseen características de riesgo para el suelo a largo plazo y un 52 % no genera un riesgo crónico para dicho ecosistema. Del mismo modo se evaluó un riesgo agudo en el suelo con la misma especie, donde se obtuvo que el 95 % de las sustancias no son de carácter peligroso a corto plazo y el 5 % pueden causar efectos a corto tiempo después de su manipulación.

En la vereda Agua Bonita también se evidencio la existencia de un alto porcentaje de plaguicidas con riesgo agudo para sistemas acuáticos, de los cuales el **76 %** poseen este tipo de riesgo y el 24 % no causan efectos negativos en este hábitat. También se obtuvo que un 94 % de estas sustancias no generan riesgo crónico en un ecosistema terrestre y solo el 6 % pueden tener efectos negativos de

periodos largos (gráfica 11B). En el riesgo agudo se presentó que todas las sustancias no ocasionan peligro a corto plazo en el suelo.

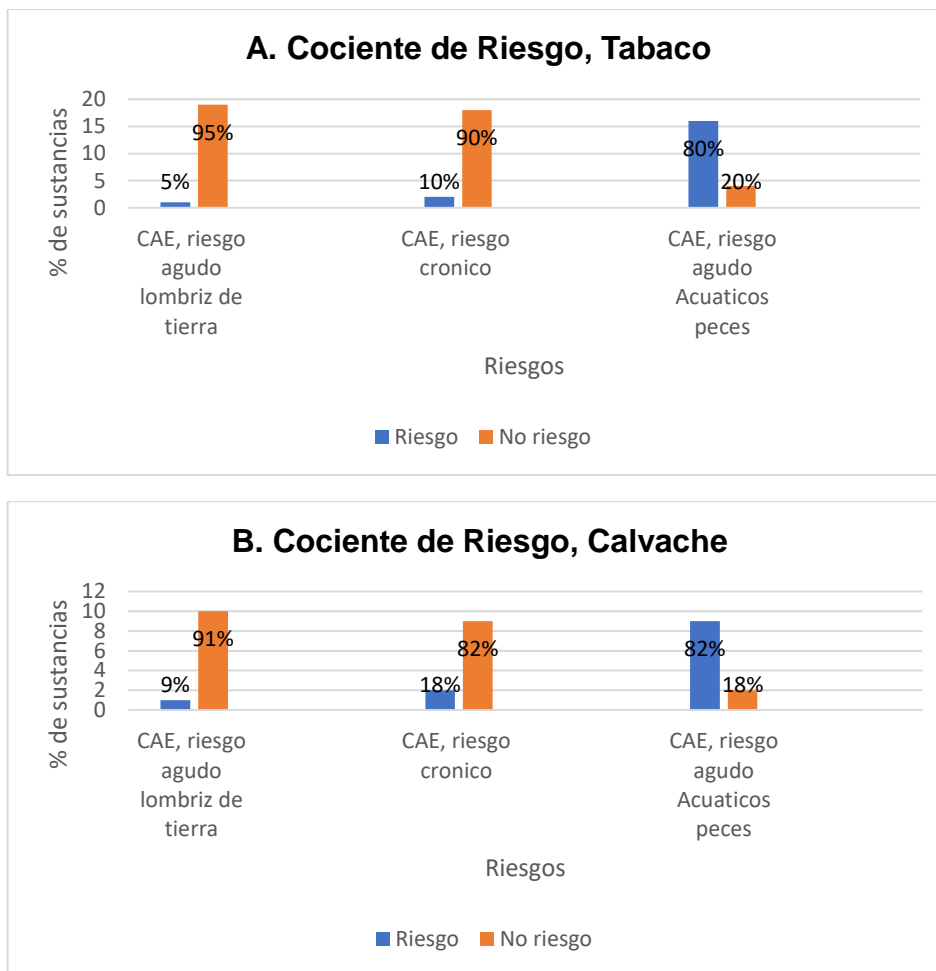


Gráfica 11. Cociente de Riesgo de las veredas de Chuscales y Agua Bonita
Fuente: Propia

Con respecto a la vereda Tabaco (gráfica 12 A), se observó que el **80 %** de estos insumos son de características peligrosas para el ecosistema acuático y el 20 % no presentaron un riesgo para este ecosistema. Con relación al riesgo crónico en el suelo se tuvo que un 90 % no genera un riesgo crónico y el 10 % de los productos utilizados son de carácter peligroso a largo tiempo. Del mismo modo se estudió riesgo agudo para el suelo, donde se identificó que el 95 % de agroquímicos,

presentes en la zona no representa riesgo agudo para este ecosistema y el 5% pueden ocasionar un peligro momentáneo en la estructura del suelo y sus seres vivos.

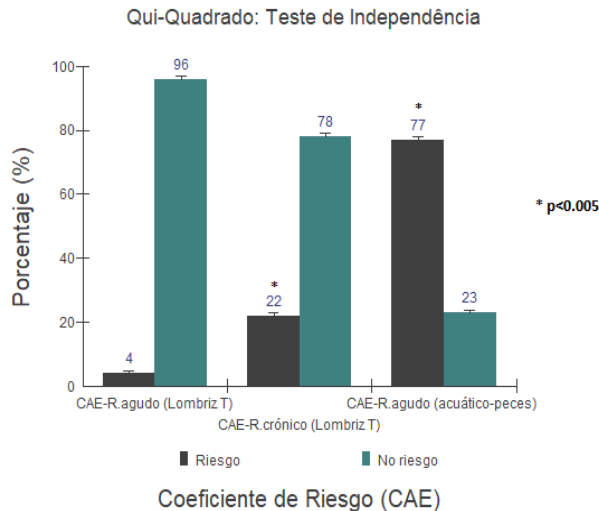
Dentro de la vereda Calvache (gráfica 12 B) se obtuvieron resultados de un **82 %** referente al riesgo agudo para seres acuáticos, en cuanto al riesgo crónico en el suelo se tuvo que un 18 % están generando este tipo de riesgo y que el 82 % no son de carácter peligroso a largo tiempo. También se valoró el riesgo agudo en el suelo dando como resultados que el 91 % de los agroquímicos utilizados no generan riesgos altamente peligrosos y momentáneos mientras el 9 % de estos insumos si lo hacen.



Gráfica 12. Cociente de Riesgo de las veredas de Tabaco y Calvache
Fuente: Propia

4.4.2 Análisis general de riesgo ecológico por el método de Cociente de Riesgo en las 4 veredas analizadas

En las 4 veredas la mayor representación de riesgo agudo fue para los **ecosistemas acuáticos**, equivalente a un **77 %**, seguido por un riesgo crónico en el suelo con un 22 % y un riesgo agudo en el suelo de un 4 %, marcando una diferencia significativa $p=0,0001$. Por otro lado, el 96 % y el 78 % no generan riesgo agudo ni crónico en el suelo y solo un 23 % no produce un impacto negativo en el agua como se muestra en la gráfica 13.



Gráfica 13. Teste do Qui-Quadrado, Cociente de Riesgo de las 4 veredas analizadas en el corregimiento de Gabriel López

Fuente: Propia

Una parte de los componentes de los agroquímicos se adhieren a las partículas del suelo y llegan a las fuentes hídricas por erosión, así mismo muchos de los plaguicidas analizados poseen características hidrofóbicas, donde su k_{ow} en promedio fue de 2,3, lo cual indica que tienden a estar asociados a la flora y fauna de este sistema acuático.

De acuerdo con la información considerada en las fichas químicas, sobre las características ecotoxicológicas de los 73 agroquímicos utilizados en las 4 veredas,

se tuvo en cuenta variables como EC50 (mg de ingrediente activo /L *Daphnia*), considerando que entre más alto sea la concentración del contaminante más bajo será el valor del EC50 [58], de este modo los plaguicidas más representativos fueron cipermetrina 0,0001 mg i.a./L, clorpirifos 0,0002 mg i.a./L, entre otros (tabla 8), lo que establece una alta toxicidad para la supervivencia de este ecosistema. El DT50 (tiempo de vida media) en promedio fue de 98 días, lo que indica que la mayoría de las sustancias tiene un lapso de vida media moderado según “Plaguicidas: clasificación, uso, toxicología y medición de la exposición” [59]. LC50 presentó valores menores a 1, como por ejemplo 0,24 para fipronil y cipermetrina 0,0018, siendo evidente el alto grado de toxicidad para peces.

Tabla 8. Agroquímicos más representativos según el EC50 Y DT50

Agroquímicos	EC50 (mg de ingrediente activo /L <i>Daphnia</i>)	DT50 (días)
Cipermetrina	0,0001	98
Phenthoate	0,0017	86
Clorpirifos	0,0002	92
Carbosulfan	0,0015	69
Methomyl	0,0076	58
Mancozeb	0,073	88

Fuente: Propia

Es por ello que la especie más afectada en estas zonas es la trucha, en la cual ocasiona una elevada bioacumulación de agroquímicos y cambios en su comportamiento causado por una estimulación nerviosa, de este modo se logró evidenciar una diferencia con los resultados del estudio “Estimación de riesgo de exposición a metales pesados por consumo de plecos (*Pterygoplichthys spp.*) en infantes de comunidades ribereñas de los ríos Grijalva y Usumacinta, México”, en el cual sus reportes indicaron que el contenido de estos contaminantes en los peces fue bajo, teniendo presente que se comprobó que algunos procesos culinarios

alteran las propiedades de los contaminantes generando un efecto de aumento en la concentración [60].

Cabe resaltar que la solubilidad en relación con la concentración de estos plaguicidas ayuda a observar el comportamiento de una sustancia en este ecosistema, como por ejemplo al evaluar la Concentración Ambiental Estimada (CAE) del estudio a nivel general, dio un valor promedio de cociente de riesgo (RQ) igual a 17, que al compararlo con el rango del nivel de preocupación (LOC), da a conocer que existe un riesgo de bioconcentración y adsorción en sedimentos. Siendo esto perjudicial para la salud de las personas, puesto que gran parte de la población hace uso del agua de afluentes que son cercanos a las parcelas cultivadas y a sus viviendas.

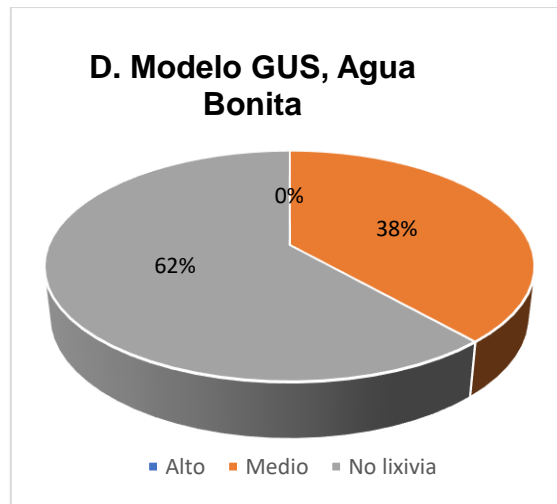
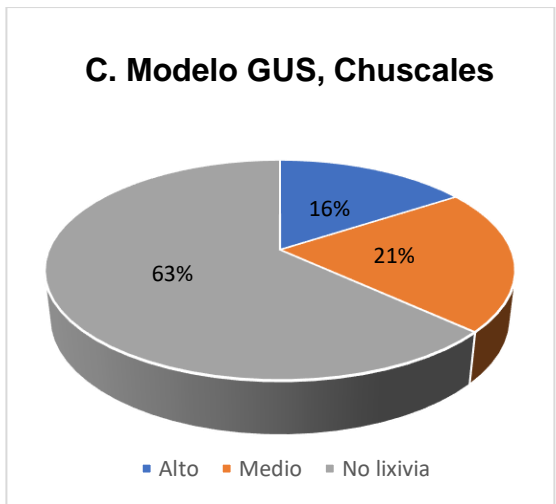
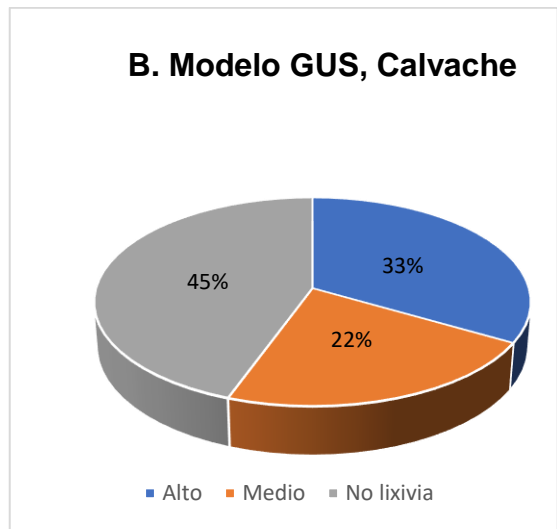
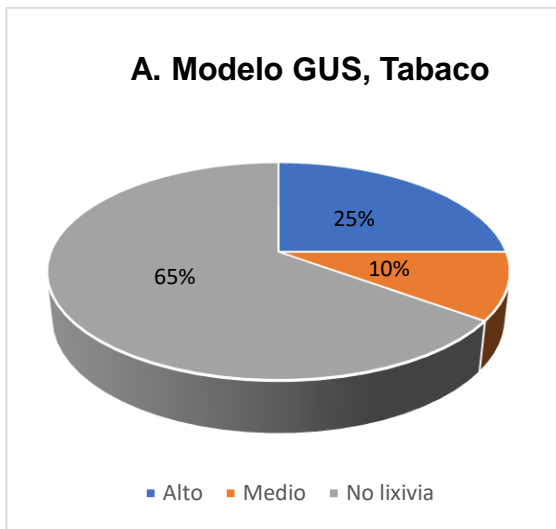
En cuanto al **riesgo crónico** el 22 % (grafica 13) de estas sustancias producen un riesgo de largo tiempo al suelo, dado que algunas de estas sustancias son de tipo organoclorados, organofosforados, entre otros, estos persisten en el suelo por largos periodos de tiempo, como por ejemplo clorpirifos (386 días), paraquat (300 días) y glifosato (200 días), al comparar con el estudio “Análisis de los impactos socioambientales del sistema productivo de papa (*solanum tuberosum*) en el páramo El Tablazo, vereda Pantano de Arce, municipio de Subachoque”, en donde se analizan algunos agroquímicos más utilizados en el cultivo de papa tales como kasugamicina, propiconazol, mancozeb, carbofuran, cipermetrina, clorpirifos, fipronil, paraquat y glifosato. El clorpirifos tienen una permanencia de 33 a 56 días en el lugar de aplicación, el carbofuran presenta una vida media entre 30 a 60 días, esto varía de acuerdo con la materia orgánica del suelo. Finalmente, el glifosato puede llegar a estar presente por muchos años, afectando la actividad microbiológica y generando cambios a los nutrientes del suelo [61]. De este modo, en ambos estudios se encuentra una similitud de plaguicidas con largos periodos de persistencia, dado que en la zona de estudio muchos de estos ingredientes activos son aplicados en los cultivos de papa, por lo cual están generando un riesgo crónico en el suelo de esta población.

También se encontró un 4 % de **riesgo agudo** en el suelo al evaluar todos los plaguicidas que se utilizan en estas prácticas agrícolas. Esto representa un riesgo a corto plazo para las personas que lo manipulan a nivel ocupacional (agricultores), por lo que es importante, que pongan en práctica las medidas preventivas, un buen manejo de los elementos de protección personal y una correcta manipulación de los agroquímicos, puesto que, este tipo de plaguicidas son de alta toxicidad para los seres humanos, el suelo y sus especies, llegando a generar cambios de las propiedades fisicoquímicas del suelo y de la cadena trófica de este ecosistema.

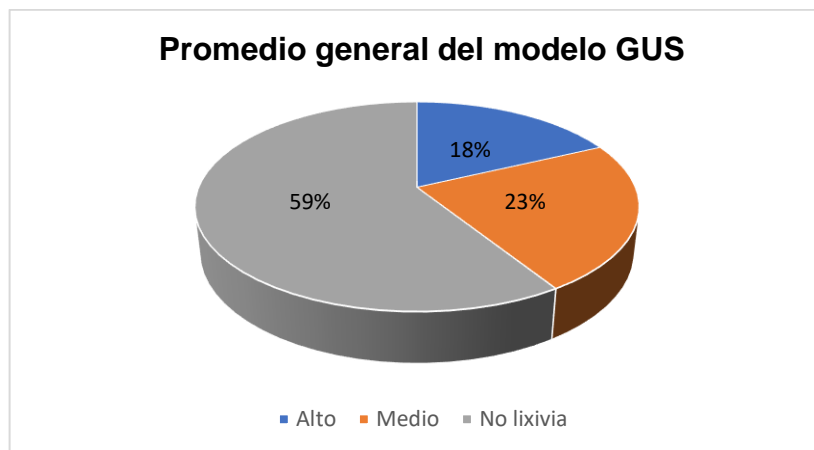
4.4.3 Estimación de Riesgo mediante el modelo Groundwater Ubiquity Score (GUS) en las 4 veredas analizadas

Se determinó el modelo matemático GUS en los 4 lugares elegidos, en los cuales se obtuvieron resultados acerca de la estimación de riesgo de lixiviación hacia las aguas subterráneas. En las veredas de Tabaco y Calvache (gráfica 14A y 14B) se logró tener información de 25 % y 33 % **“alto”**, lo que indica que una cierta parte de las sustancias tóxicas aplicadas a los cultivos de papa presentan un gran **peligro de lixiviación**. El 10 % y 22 % corresponde al nivel **“medio”** de lixiviación y el 65 % y 45 % de estas sustancias presenta un nivel de **“no lixiviación”**, lo que demuestra que la mayoría de los plaguicidas utilizados en estos lugares no logran una mayor afectación hacia los sistemas hídricos subyacentes.

Del mismo modo se evaluó en las veredas de Chuscales y Agua Bonita (gráfica 14C y 14D), donde el nivel **“alto”** tuvo un porcentaje de 16 % y 0 % lo que demuestra una mínima cantidad de plaguicidas que pueden producir riesgo de lixiviación. El nivel **“medio”** fue de 21 % y 38 %, esto indica que solo una parte de los agroquímicos utilizados generan peligro de lixiviación. El mayor porcentaje a cerca del nivel **“no lixivía”**, fue de 63 % y 62 %, permitiendo conocer que no hay riesgo alguno referente al desplazamiento de agroquímicos hacia las fuentes de agua subterránea.



Gráfica 14. Modelo GUS de las 4 veredas analizadas en el corregimiento de Gabriel López
Fuente: Propia



Gráfica 15. Promedio general del Modelo GUS

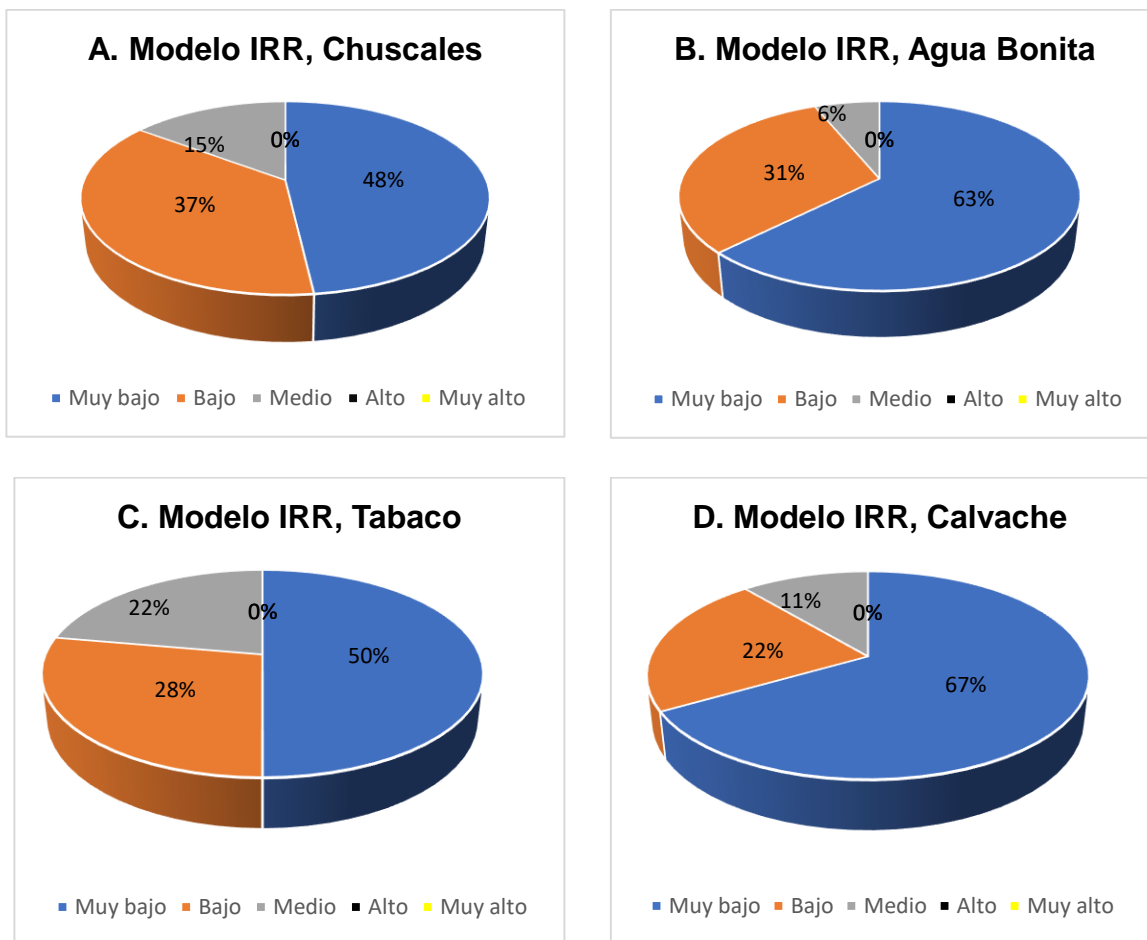
Fuente: Propia

De acuerdo con los resultados del índice de riesgo GUS (gráfica 15), el promedio de las 4 veredas presenta valores significativos de lixiviación medio 23 % y nulo 59 %, permitiendo conocer que estos tienen poca afinidad de sus partículas con la materia orgánica. Se evaluó variables como DT50 y KOC obtenidas a partir de las fichas técnicas de cada plaguicida, teniendo en cuenta el rango de lixiviación del modelo GUS, donde los valores mayores o iguales a 2,8 presentan un nivel alto, mayores a 1,8 y menores 2,8 nivel medio y menores a 1,8 no lixivian, de este modo algunas de las sustancias identificadas más representativas fueron: azoxistrobin, difenoconazol, dimetomorf, carbendazim, metalaxil y metomilo, de modo que sus partículas no son retenidas por el suelo, pero son de fácil movilidad hacia las aguas superficiales, lo que indica un grado de contaminación para el ecosistema acuático de estas zonas. Del mismo modo se tuvo plaguicidas que presentaron alta lixiviación con un porcentaje del 18 %, donde se observó que en algunos casos el coeficiente de adsorción era bajo y la vida media en el suelo alta, aumentando la probabilidad de lixiviación y generando contaminaciones para los acuíferos subterráneos, llegando a afectar no solo al recurso vital sino al organismo que en él habitan.

Al comparar nuestro estudio con el estudio de “Evaluación de riesgo ambiental de plaguicidas en agroecosistemas de tomate bajo invernadero y libre exposición de Colombia”, se pudo evidenciar un análisis de los mismos 6 plaguicidas mediante el modelo GUS, donde los resultados obtenidos fueron que metomilo, azoxistrobin y carbendazim presentan un riesgo de lixiviación moderado debido a que presentan un coeficiente de adsorción bajo, también se tiene que metalaxil presentan un potencial alto de lixiviación, lo que puede estar causando un impacto negativo dentro del río Fonce, y en Boyacá a los reservorios de agua superficial [62].

4.4.4 Estimación de riesgo de residuos de plaguicidas en el producto del cultivo mediante el modelo de Índice de Riesgo de Residuos (IRR)

Dentro de las 4 veredas, el mayor porcentaje de las sustancias utilizadas estiman un nivel muy bajo de riesgos de residuos de plaguicidas en la papa, dando como resultados para Chuscales un 48 % (gráfica 16A), Agua Bonita 63 % (gráfica 16B), Tabaco 50 % (gráfica 16C) y para Calvache 67 % (gráfica 16D). Del mismo modo se tuvo una alta cantidad de agroquímicos que producen un bajo riesgo, donde se tuvo 37, 31, 28 y 22 % con relación a las zonas de estudio, y dentro del nivel medio se obtuvieron porcentajes de 15, 6, 22 y 11 % para cada una de las veredas.



Gráfica 16. Estimación de riesgo mediante el modelo IRR de las 4 veredas analizadas en el corregimiento de Gabriel López
Fuente: Propia

En los resultados arrojados se indica a nivel general los mayores porcentajes de contaminación por residuos de plaguicidas en la papa fue de **Muy bajo 57 %**, bajo 30 % y medio 14 %, esto depende de factores como la exposición del producto (papa) hacia el agroquímico y la vida media de la sustancia en el suelo, teniendo en cuenta que existe una frecuencia de aplicación moderada y que el metabolismo en la planta relativamente es bajo. En conclusión, se pueden encontrar residuos de plaguicidas en la papa, pero no de una manera crítica.

Cabe resaltar que las sustancias con riesgo medio pueden ser clasificadas como un riesgo crítico para la salud de las personas al momento de consumir el producto

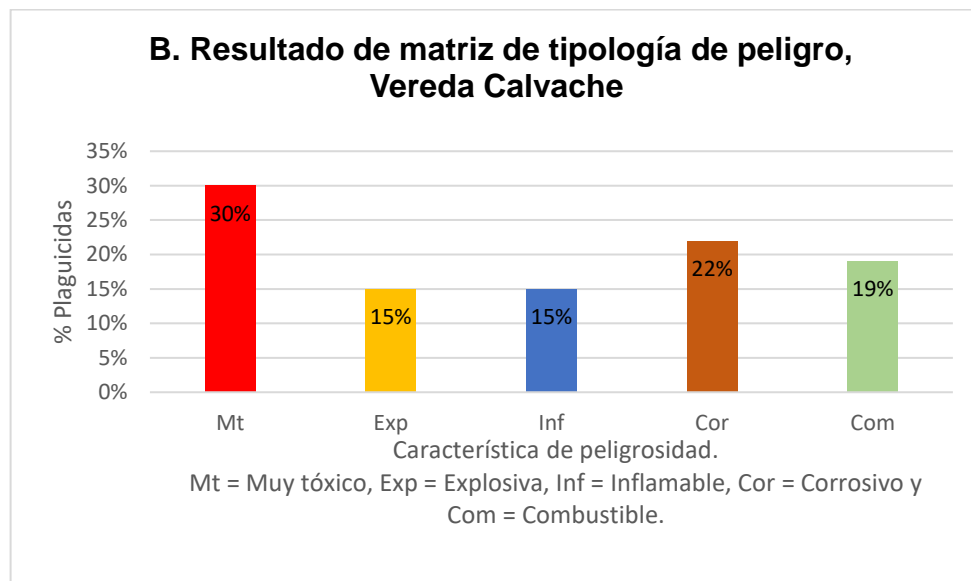
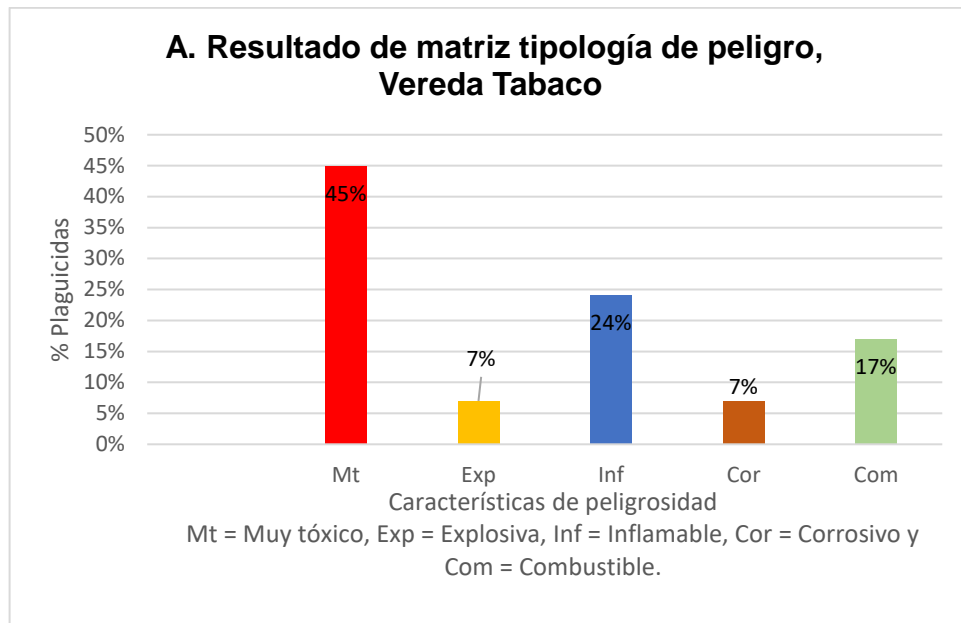
(papa), dado a que puede existir un alto residuo de plaguicidas en las plantas y el producto, generado por una sobredosificación de estos. Esto se demuestra en el estudio “Evaluación de riesgo ambiental de plaguicidas en agroecosistemas de tomate bajo invernadero y libre exposición de Colombia”, donde se realizó un análisis de residuos de plaguicidas en cultivos de tomate, en el cual se encontró que la mayoría de estas sustancias no generan riesgo para la salud humana, a excepción de azoxistrobin, metomilo y dimetomorf. Estos resultados se dieron principalmente debido a que presentan valores bajos en el tiempo de vida media en la planta y a que los agricultores respetan los periodos de carencia en el momento de la cosecha del tomate [62].

4.4.5 Guía matricial de impactos ambientales

Se realizó la matriz de tipología de peligro mediante literatura consultada donde se tuvo en cuenta el grado de peligrosidad de los plaguicidas. Se anexa la matriz relacionada con características fisicoquímicas como sustancias tóxicas, inflamables, irreversibles, corrosivas, explosivas y combustibles (Anexo 1, 2, 3 y 4).

En la vereda Tabaco (gráfica 17A), se obtuvo que el mayor porcentaje de plaguicidas equivale al **45 %** con carácter **muy tóxico** debido a que la mayoría de estas sustancias presentan riesgo para el sistema ecológico acuático, del mismo modo se tuvo un 24 % inflamables, 17 % combustibles, 7 % explosivos y corrosivos.

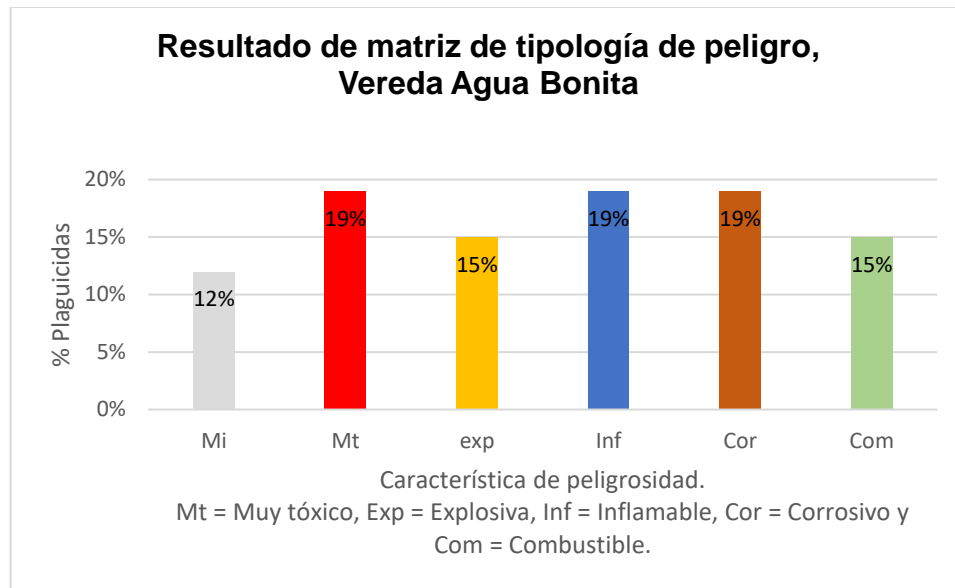
En la vereda Calvache (gráfica 17B), se encontró que la mayor parte de estos agroquímicos son muy **tóxicos para el ambiente (30 %)** con estas propiedades: 15 % sustancias explosivas e inflamables, 22 % corrosivas y 19 % combustibles, indicando que en esta zona se puede generar un impacto negativo a corto y largo plazo, llegando a ocasionar un daño irreversible debido al mal manejo y uso excesivo de agroquímicos.



Gráfica 17. Resultado de la matriz de tipología de peligro de las veredas de Tabaco y Calvache
Fuente: Propia

En la vereda Agua Bonita (gráfica 18), se obtuvo que algunos de los plaguicidas presentan características similares de alto riesgo, debido a que el **19 %** son **muy tóxicos, inflamables y corrosivos**, 15 % explosivos y combustibles y 12 % muy

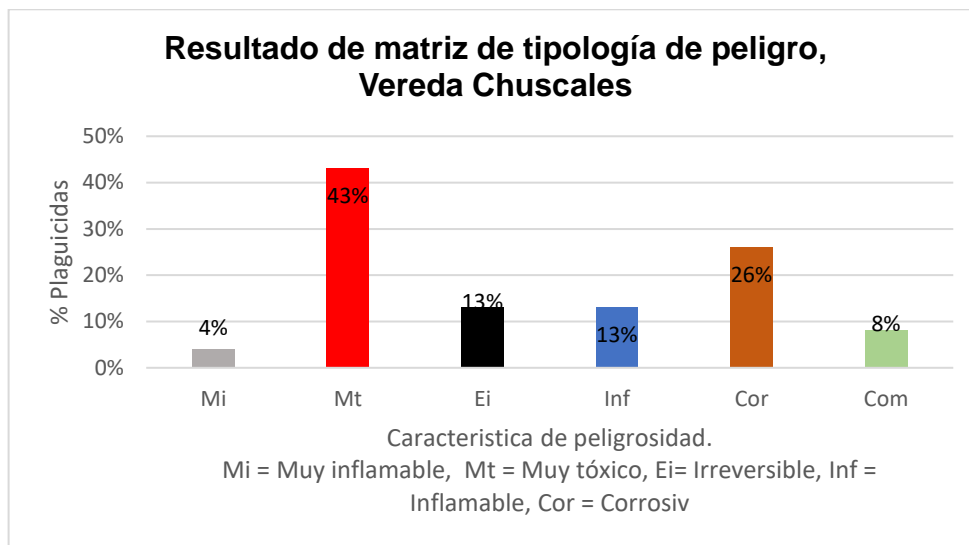
inflamables, lo que revela que varias de estas sustancias pueden provocar un alto riesgo a la salud de las personas y al ecosistema.



Gráfica 18. Resultado de la matriz de tipología de peligro de la vereda Agua Bonita
Fuente: Propia

En la vereda Chuscales (gráfica 19), se encontró que el **43 %** de las sustancias son **muy tóxicas** para el entorno de la zona, el 13 % son irreversibles e inflamables, el 4 % muy tóxicos, 26 % corrosivas y 8 % combustibles. Dentro de esta zona se pudo observar que algunos de estos plaguicidas provocan daños definitivos en la salud de las personas, así como también en la fauna y flora del lugar debido a que no pueden volver a su estado natural, como por ejemplo el glifosato ya que es un potencial tóxico para los organismos acuáticos el cual lo corroboró la Comisión Europea en el 2001 [63]. Clasificándose como muy peligroso para este ecosistema además diferentes investigaciones argumentan que este agroquímico provoca efectos sobre el equilibrio del suelo fértil, ocasionando que los cultivos sean más susceptibles a padecer enfermedades; del mismo modo producen la eliminación de especies como la lombriz de tierra y la caída de los diferentes polinizadores por el

daño que se ocasiona en plantas que son de supervivencia para estas especies, generando un colapso en la cadena trófica de un ecosistema [64]. Con respecto a la salud humana se han adelantado varias investigaciones como lo indica el informe “Verdades científicas sobre el glifosato y salud pública” en el cual se obtuvieron resultados acerca de la aceleración y disminución de la muerte molecular, actividad estrogénica lo que se asocia con el cáncer de mama [65].



Gráfica 19. Resultado de la matriz de tipología de peligro de la vereda Chuscales
Fuente: Propia

Con la aplicación de esta matriz se pudo evidenciar que dentro de las 4 veredas existe un **alto riesgo** por plaguicidas de características **muy tóxicas** equivalente a un **34%**, donde la mayoría de estas generan un gran impacto negativo al sistema acuático, del mismo modo se tuvo que varias de estas sustancias son de carácter corrosivo, inflamable, explosivo y combustible, lo que implica que sean muy peligrosas para suelo, agua, aire y la salud de las personas. El aire se ve afectado debido a que algunos de estos agroquímicos son volátiles como por ejemplo el plaguicida clorpirifos que presenta una presión de vapor muy alta (1,43 mPa) [66], así mismo la explosión y combustión de estos productos pueden llegar a desprender gases irritantes y tóxicos, como por ejemplo el monóxido de carbono (CO), óxido de

nitrógeno (NO), óxido de azufre (SO₂), sulfuros, etc., los cuales son compuestos perjudiciales para la atmósfera [67].

En cuanto al sistema hídrico, este se puede ver impactado (figura 5) debido a que estas sustancias pueden ser arrastradas hasta la fuente hídrica más cercana, logrando que algunos de los agroquímicos se adhieran a partículas sólidas y de esta manera se muevan y se dispersen mecánicamente. Del mismo modo estos se puede disolver y distribuir uniformemente en el agua mediante difusión, en donde luego se alojan en los organismos de ese ecosistema poniendo en peligro a las personas que consumen algunas de estas especies como por ejemplo la trucha [68].



Figura 5. Contaminación a fuente hídrica producto de los agroquímicos utilizados en la zona de estudio

Fuente: [41]

Muchos de estos plaguicidas también ocasionan daños en el suelo (figura 6), puesto que provocan acumulación, absorción en el interior y adsorción en el exterior de las partículas del suelo [69], esto trae consecuencias como la disminución de su capacidad auto depuradora y la extinción de diversas especies; también el uso excesivo de plaguicidas puede producir un bajo rendimiento y una mala calidad de los cultivos [70].



Figura 6. Contaminación al suelo por el uso de los agroquímicos en la zona de estudio

Fuente: [41]

4.4.6 Matriz de valoración de riesgos ambientales

A partir de los datos obtenidos en las encuestas realizadas a la población de la zona de estudio junto con la información recolectada en literatura de las características fisicoquímicas de los agroquímicos, se realizó las matrices de valoración de riesgos ambientales con el fin de conocer el nivel de riesgo al que pueden estar expuestos los ecosistemas de estas veredas.

Para la ejecución de las matrices se tuvieron en cuenta diferentes criterios cualitativos tales como el escenario de peligro, causas y consecuencias de las cuales se logró observar las posibles afectaciones de los plaguicidas en el suelo, aire y agua. Del mismo modo se dio un valor numérico a variables como la peligrosidad, la calidad del medio y la estimación probabilística teniendo en cuenta los factores de aplicación de las sustancias y los niveles de riesgo que estos pueden provocar (tabla 9 y 10). Al obtener todos los resultados se procedió a medir el nivel de riesgo mediante la fórmula ($\text{Riesgo} = \text{Probabilidad} \times \text{Gravedad de Consecuencia}$), seguido a esto se realizó la estimación con rangos de riesgo significativo, moderado y leve (tabla 11) proporcionados por la guía matricial de riesgos ambientales.

Tabla 9. Frecuencia probabilística (Anexo 5, 6, 7 y 8)

Vereda Calvache				
Sustancia o evento	Escenario riesgo	Causas	Consecuencias	Frecuencia Probabilidad
Entorno natural (Aire/Agua/Suelo)				
Abamectina 18 ec	Tiene fuerte tendencia a unirse a las partículas del suelo	Proceso de fumigación	Contaminación del suelo	4
Aurum	Tiene fuerte tendencia a unirse a las partículas del suelo	Proceso de fumigación	contaminación del suelo	4
Cipermetrina 20 ec	Se une fuertemente a las partículas del suelo	Proceso de fumigación	Contaminación del suelo	3
Clorpirifos 480 ec	Se acumulan en los tejidos de los organismos acuáticos	Proceso de fumigación	Contaminación del agua	3

Fuente: Propia

Tabla 10. Entorno natural (Anexo 9, 10, 11, 12 y 13)

ENTORNO NATURAL Calvache							
Sustancia	Escenario	Cantidad	Peligrosidad	Extensión	Calidad de medio	Gravedad	Puntuación total
Abamectina 18 ec	Tiene fuerte tendencia a unirse a las partículas del suelo	500	3	550	2	1058	3
Aurum	Se inactiva en contacto con la materia orgánica del suelo	600	1	550	2	1154	1
Cipermetrina 20 ec	Se une fuertemente a las partículas del suelo sin riesgo de lixiviación	344	3	550	2	902	3
Clorpirifos 480 ec	Se acumulan en los tejidos de los organismos acuáticos	234	3	550	2	792	3
Glifosol sl	Es tóxico para peces e invertebrados acuáticos	450	3	550	2	1008	3
Hammer 247	Es tóxico para las abejas	435	2	550	2	991	2
Indonil	Para especies acuáticas se	345	3	550	2	903	3

Fuente: Propia

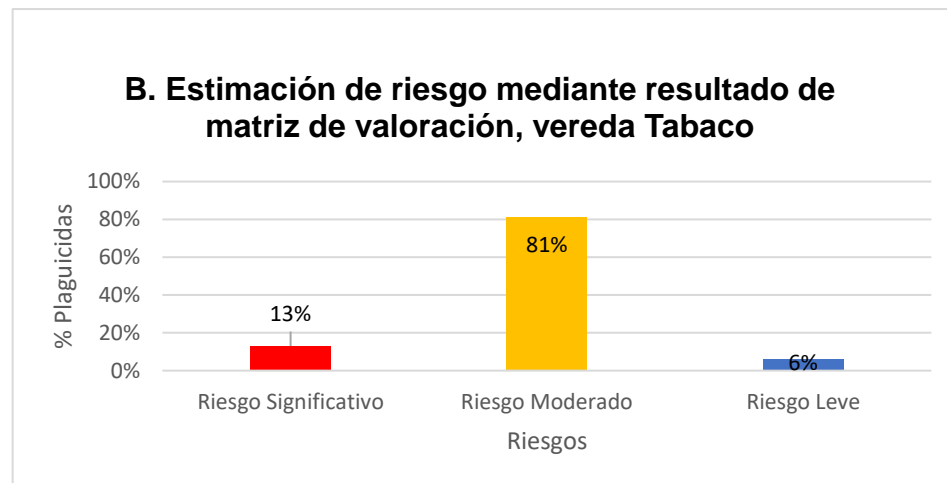
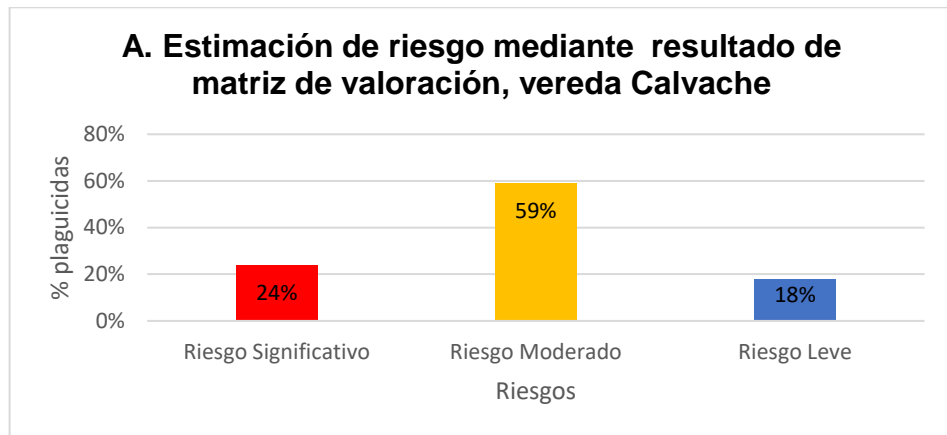
Tabla 11. Rangos de estimación de riesgos

Riesgo Significativo: 16 – 25
Riesgo Moderado: 6 – 15
Riesgo Leve: 1 – 5

Fuente: [11]

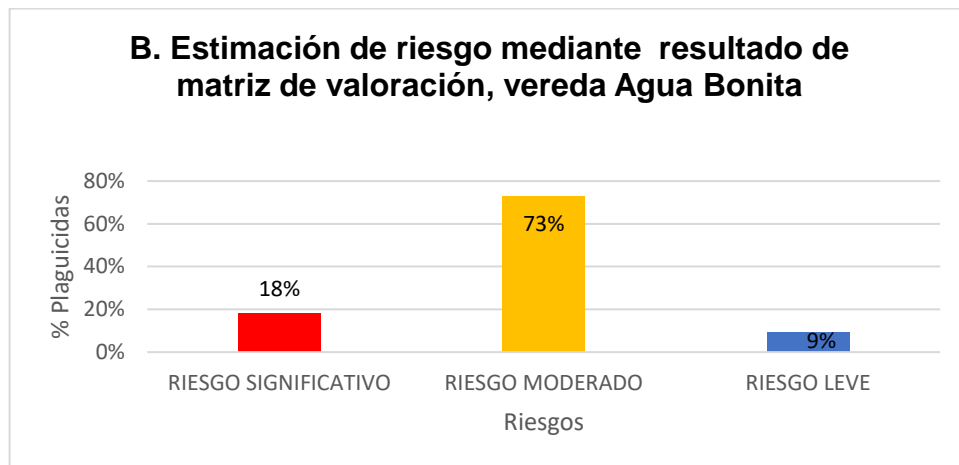
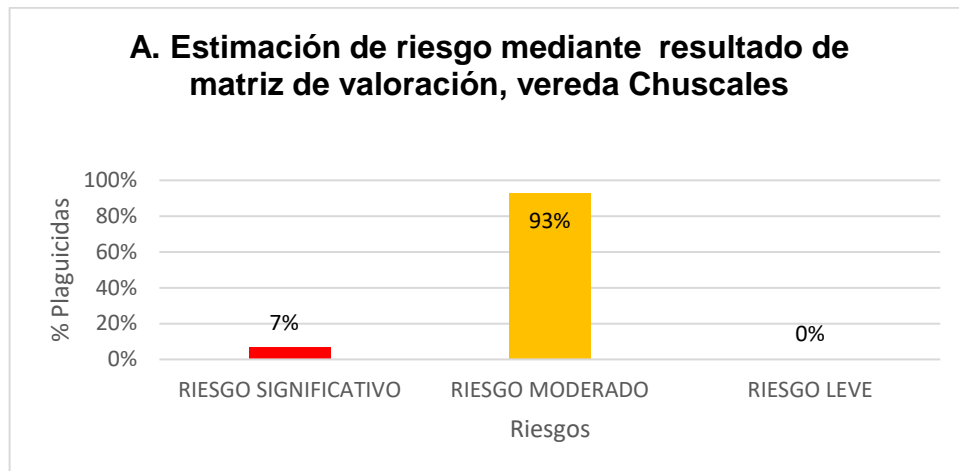
Con relación a las zonas de estudio el **índice de contaminación por agroquímicos** arrojó un porcentaje de 59 % para Calvache (gráfica 20A), 81 % para Tabaco (gráfica 20B), **93 % Chuscales** (gráfica 21A) y 73 % Agua Bonita (gráfica 21B) indicando un riesgo ecológico moderado, el cual fue el riesgo más sobresaliente en toda la clasificación. Del mismo modo se tuvo un **riesgo**

significativo para estas 4 veredas dando como resultados un 24, 13, 7 y 18 % de plaguicidas que pueden causar efectos adversos en el ecosistema y en la salud de las personas en las 4 zonas de estudio; el riesgo leve tuvo un resultado de 18, 6, 0 y 9 % lo que indica que son pocas las sustancias que prácticamente no estarían proporcionando un impacto negativo en esta región a pesar de que pueden generar efectos adversos a largo tiempo.



Gráfica 20. Estimación de riesgo ambiental mediante resultados de la matriz de valoración en las veredas Calvache y Tabaco

Fuente: Propia



Gráfica 21. Estimación de riesgo ambiental mediante resultados de la matriz de valoración en las veredas de Chuscales y Agua Bonita
Fuente: Propia

Los resultados arrojados a partir de la matriz dieron a conocer que el mayor riesgo en las zonas de estudio es de carácter **moderado** en promedio fue del 76,5 %, lo cual indica que se encuentra en un rango aceptable teniendo presente que se están causando posibles daños a la naturaleza por el uso de plaguicidas con efectos nocivos para el sistema ecológico del lugar. Estos datos pueden ser debido a que no existe una elevada explotación de los recursos naturales, pero sí un grado considerable de contaminación por los plaguicidas utilizados, ya que la mayoría de estos pueden provocar efectos tóxicos para el sistema acuático, así como también

pérdida de fertilidad en los suelos, cambios de los ecosistemas y por ende migración de especies y pérdida de fauna y flora. Según el estudio “Valoración de los impactos ambientales totales generados por el uso de los agroquímicos en actividades ganaderas en el municipio de Pamplona - Norte de Santander – Colombia”, el cual tuvo como propósito la evaluación de riesgos ambientales por el uso de agroquímicos en actividades ganaderas, la matriz de impactos ambientales arrojó resultados representativos como 4,2 % de sustancias extremadamente tóxicas, 37,5 % altamente tóxico, 41,7 % moderadamente tóxico y 16,7 % levemente tóxico que constituyen el total de productos valorados. Esto puede generar impactos directos negativos sobre la fauna, el suelo, agua y la salud pública, los cuales pueden ser prevenidos con un correcto manejo y aplicación de los plaguicidas [71].

Formulación de medidas de control ecológico referente al manejo de plaguicidas aplicados en el cultivo de papa en el corregimiento de Gabriel López (Totoró – Cauca)

Mediante la matriz de estrategias, mecanismos y acciones para la protección de ecosistemas [46], se planteó algunas medidas de control ecológico para la prevención de enfermedades en la población y en el ambiente.

4.5 Cultivo de papa

La estrategia utilizada fue capacitar mediante la cartilla creada y reuniones virtuales con los líderes de las veredas de Chuscales, Calvache, Agua Bonita y Tabaco acerca de las zonas de conservación (páramos, rondas de ríos, nacimientos de agua, humedales, etc.) del corregimiento de Gabriel López (Totoró – Cauca). Ya que estas veredas se encuentran localizadas en una zona de páramo, es de vital importancia cuidar y preservar estos ecosistemas (Páramo de las Delicias) debido a que son fuentes de agua en donde se encuentra la cuenca del río Cauca y la

subcuenca del río Palace; por lo tanto, fue primordial involucrar a las comunidades, dando a conocer las actividades que pueden afectar a estos ambientes. Los animales (tabla 12) como la danta, especie en peligro de extinción, tiene una importancia en este ecosistema ya que es un animal herbívoro que contribuye al ecosistema diseminando las semillas de las plantas [72]; con respecto a la vegetación, se conoce que las bromelias, orquídeas, helecho arbóreo, líquenes y musgos son especies que se ven también más amenazadas.

Tabla 12. Especies que habitan en la zona de estudio

AVES	MAMÍFEROS	REPTILES	PECES
Cóndor	Venado conejo	Ranas	Sabaleta
Águila real	Murciélago	Pudridoras	Trucha común
Perico	Puerco espín	Coral	Trucha arco iris
Toropisco	Coatí rojo	Rabo de ají	Negro
Colibrí	Tigrillo	Salamandras	Barbudo
Pava	Ratón de montaña		Sardina

Fuente: [73]

Teniendo en cuenta lo anterior, se sugirió un equilibrio entre el ambiente y la comunidad aplicando diferentes modelos agroecológicos como realizar un manejo orgánico del cultivo de papa, cambiando los productos químicos por unos naturales o biológicos, los cuales se ha demostrado como en el estudio de “Manejo agroecológico de un cultivo de papa en Traslasierra”, que son productos orgánicos de bajo costo y de alto rendimiento, por lo tanto es posible que hayan muchos beneficios para la comunidad y el ambiente. También se fomentó la siembra de especies nativas en las zonas protegidas, aplicando un manejo integrado y un desarrollo sostenible en el cultivo de papa [74] (figura 7).

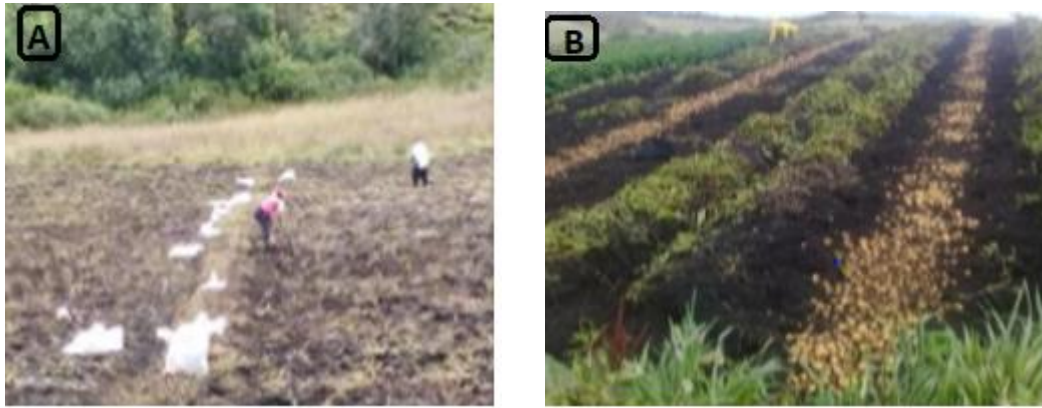


Figura 7. Cultivo de papa **A.** Siembra de papa y **B.** Cosecha de papa
Fuente: [41]

Se realizó una capacitación de forma virtual con toda la comunidad de la zona de estudio, para esto se llevaron a cabo temas como: la protección de zonas de conservación y fuentes hídricas que se encuentran en el corregimiento de Gabriel López. Dentro de este contexto se obtuvo información acerca de las propuestas del plan de ordenamiento territorial (POT) y la de los planes de ordenamiento y manejo de cuencas (POMCA), en el cual se delimitan zonas para la agricultura según la clasificación del suelo y zonas de conservación hídrica que permitan un correcto manejo y una buena integridad de las cuencas.

Se dio a conocer que la expansión de actividades agrícolas hacia tierras vírgenes como la franja altoandina del corregimiento de Gabriel López pueden generar procesos de transformación que afectan los suelos, fuentes hídricas y pérdida de especies, alterando un ecosistema que ofrece un gran servicio a toda la población. Así como se muestra en el estudio “Dinámicas de transformación y susceptibilidad a la degradación por cambio del uso del suelo en una ecoregión altoandina (Cauca - Colombia)”, cuya dominancia de cobertura vegetal pastizal es del 33 %, seguido por bosque denso con 25 % y finalmente páramo bajo con 23 %; dentro de estas zonas también se encuentran cultivos transitorios (12 %), bosques fragmentados (3 %) y humedales naturales (2 %).

Se agrupó en tres categorías que permite la caracterización de este ecosistema, la primera categoría hace referencia a los páramos bajos y los bosques densos bajos los cuales son catalogados como áreas de conservación debido a la alta biodiversidad que presentan y la cual equivale a un 50 % del territorio; del mismo modo están las áreas altamente intervenidas en las que hace parte los bosques fragmentados y humedales naturales y, por último se encuentran los pastizales y cultivos transitorios, que son las áreas transformadas con un 46 % del territorio. Se tiene la probabilidad de que el 4 % de este ecosistema tiende a desaparecer por la alta intervención agrícola [75].

4.5.1 Fertilización del cultivo de papa

Dentro del corregimiento de Gabriel López, (Totoró – Cauca), existe una alta producción de papa, la cual cubre una extensión de 1165,2 ha equivalente a un 6,8 % del área de la cuenca. Este cultivo es el principal generador de empleo e ingresos para la población campesina, por tal motivo los productores han incrementado el uso de plaguicidas con el fin de aumentar la efectividad en la producción y el control de las diferentes plagas que dañan los cultivos. Muchos agricultores emplean una alta cantidad de agroquímicos y realizan mezclas de 4 o 5 productos de gran poder residual (figura 8), así como también el lavado de equipos de fumigación cerca o dentro las quebradas aledañas a los cultivos, provocando una alta contaminación al ecosistema de la zona [76].



Figura 8. Preparación y mezcla de los agroquímicos
Fuente: [41]

Dentro de este contexto se dieron diferentes recomendaciones sobre el uso de plaguicidas en un cultivo de papa, donde se explicó que es de gran importancia realizar una fertilización balanceada y aplicar alternativas viables con el medio ambiente. Como se pudo observar en el estudio las dosis de fertilizantes que se aplican en los cultivos son algo excesivas lo que pueden generar la contaminación de fuentes de agua local, la disminución de nutrientes del suelo y por ende la modificación de ecosistemas.

Para esto se tuvo en cuenta el estudio “Determinación del efecto de diferentes niveles de fertilización en papa (*Solanum tuberosum ssp. Andigena*) DIACOL Capiro en un suelo con propiedades Ándicas de Santa Rosa de Osos, Colombia”, el cual explica que principalmente la nutrición del cultivo de papa depende de la aplicación de elementos como, nitrógeno, fósforo y potasio (NPK) así como también de calcio (Ca), magnesio (Mg) y azufre(S), y que las dosis utilizadas van de acuerdo con la altitud del sitio.

Los suelos donde se cultivan papa responden muy favorablemente a la aplicación de N y P obteniéndose los mayores rendimientos con dosis de 50 a 100 kg/ha de N y entre 100 y 300 kg/ha de P_2O_5 en zonas de alturas menores a 2.900 msnm. Por otro lado, en el estudio se observó que las interacciones de los nutrientes

(Ca, Mg, B y S), no tienen un efecto apreciable sobre el rendimiento de los tubérculos a pesar de que otros estudios muestran que, con 2 kg de B y 250 kg de sulfato de magnesio, incrementan hasta 44 % el rendimiento sobre cultivos que no recibieron estos fertilizantes [77].

Se presentaron diferentes alternativas con relación a una producción amigable con el medio ambiente y que pueda generar un gran aporte económico a sus agricultores; en primer lugar se dio a conocer sobre la implementación de abonos orgánicos en sus cultivos (figura 9), que son de gran ayuda para generar efectos positivos sobre la fertilidad del suelo mejorando la capacidad nutricional a mediano y largo plazo, aumentando el contenido de materia orgánica, incrementando la capacidad de intercambio catiónico, estabilizando las reacciones en el suelo debido a su alto poder de regulación (buffer), mejorando las propiedades físicas del suelo y aportando microorganismos benéficos que favorecen el crecimiento de las plantas y de los cultivos.



Figura 9. Abono orgánico

Fuente: [41]

Algunos procesos para la elaboración de abonos orgánicos son el compostaje y la lombricomposta. El compostaje es un proceso donde se da la descomposición de residuos orgánicos biodegradables a través de la acción de microorganismos aeróbicos, dentro del proceso se da una etapa de maduración, caracterizada por su estabilidad química y microbiológica. Para la elaboración de este abono orgánico se debe mezclar residuos con altos contenidos de carbono (pajas y otros residuos

fibrosos) y materia que contiene porcentajes altos de nitrógeno (estiércol fresco, purín, gallinaza, leguminosas). A continuación, se presentan algunos ejemplos de materia que son fuente de carbono, nitrógeno, potasio y fósforo según la “Guía de buenas prácticas para la gestión y uso sostenible de los suelos en áreas rurales” [78].

- **Fuentes de carbono**

Restos de cosecha, plantas del huerto o jardín, ramas trituradas o troceadas procedentes de podas, hojas caídas de árboles y arbustos, hierba segada, heno, césped o pasto (preferiblemente en capas finas y previamente desecadas). Virutas de aserrín (en capas finas).

- **Fuentes de nitrógeno**

Estiércol de ganado porcino, vacuno, caprino, conejo y ovino y sus camas de corral. Porcinaza y gallinaza. Para evitar las pérdidas de nitrógeno, se sugiere limitar el tiempo de compostaje y cubrir la pila de compost.

- **Fuentes de potasio**

Frutas frescas, harina de rocas como grava, biotita, mica, feldespato, granito y arena verde. Algas marinas, ceniza de madera, cáscaras de huevos y frutos secos, papas estropeadas, podridas o germinadas

- **Fuentes de fósforo**

Residuos de pescado, harina de rocas. Por otro lado, la técnica de lombricomposta se obtiene mediante la transformación de residuos orgánicos biodegradables, generalmente con lombrices rojas californianas que son una especie con alta capacidad de consumir una cantidad de residuos biodegradables y excretar en forma digerida el 60 % de las sustancias ingeridas. El resultado final de este proceso es un compuesto inodoro, de estructura grumosa y pH neutro, rico en sustancias húmicas, en enzimas y en microorganismos saludables para el suelo.

Para la elaboración de lombricomposta altas concentraciones de materia orgánica, así como también una temperatura adecuada de 19 – 25 °C, con humedad del 80 %, pH de 6,5 - 7,5 y baja luminosidad. Los materiales que se pueden añadir a la lombricomposta son: estiércol, papel, cartón sin pintura, frutas, vegetales, cáscara de huevo, poda o corte de pasto, paja, residuo de cosecha, pulpa de café, granos de cereales. Para llevar a cabo este proceso es necesario realizar una cama o contenedor el cual debe ser abierto para facilitar la alimentación y la visualización, este contenedor debe tener una profundidad de 50 - 60 cm ya que es la profundidad máxima que las lombrices pueden llegar, el ancho del contenedor debe estar en función del área de la finca. La cama debe estar protegida de la lluvia, la luz del sol y temperaturas extremas en tiempos de heladas o invierno. Por otro lado, es de gran importancia la aplicación de biofertilizantes que son el resultado de la descomposición mediante la acción de microorganismos de materia orgánica disuelta en agua [78].

Existen algunos tipos de biofertilizantes como los aeróbicos que se producen en presencia de oxígeno, los anaerobios que se producen sin oxígeno y algunos que son enriquecidos con minerales para aportar nutrientes a la planta. La implementación de biofertilizantes en los cultivos de papa contribuye a mejorar la actividad biológica del suelo y permiten una mayor disponibilidad de macro y micronutrientes, asociados a los diferentes ciclos biogeoquímicos del suelo.

Del mismo modo se recomendó el manejo de bio insecticidas, los cuales se elaboran a base de sustancias naturales, como por ejemplo la cebolla, el ají o de los propios insectos, producidos a partir de infusiones, macerados, purines y decocciones. Se considera que la planta que no es atacada por un insecto puede convertirse en el ingrediente o insumo para su preparación. Los principales beneficios de la aplicación de bio insecticidas es que no generan resistencia en las plagas, poseen bajo riesgo para la salud humana, se degradan fácilmente y son de bajo costo [78].

En muchos de estos cultivos se presentan enfermedades provocadas por diferentes hongos, es por esto por lo que es muy útil la aplicación de bio fungicidas que se elaboran con elementos minerales, partes de vegetales o cultivos de microorganismos que poseen propiedades para impedir el crecimiento o eliminar dichos hongos. En las semillas se aplica mediante rociado, pulverizado o remojo, así como también recubriendo la parte externa de la planta ya que actúan como una barrera contra el hongo que puede provocar una enfermedad en esta. La implementación de esta alternativa ayuda a prevenir la propagación de enfermedades transmitidas por hongos en los sistemas agrícolas, así como también protege las plántulas en los primeros estadios de desarrollo de enfermedades [78].

Por último, se dio a conocer el protocolo que existe en Colombia para realizar fumigación en un área de cultivo, el cual tiene como objetivo garantizar la protección del medio ambiente y la prevención de la afectación de la salud de los agricultores. Para esto se presentan actividades de fumigación, las cuales consisten en verificar las actividades establecidas en los Programas de Gestión Ambiental del MEN (realizar fumigación cada 6 meses), informar al contratista de acuerdo con el cronograma, la fecha en la que se debe realizar la fumigación no debe estar ningún colaborador del MEN en las instalaciones. Así como también es de gran importancia dar a conocer los equipos de protección personal (EPP), los cuales constan de un traje de protección química tipo 5/B o 6/B, guantes de nitrilo que cumplan la norma En374, gafas de montura integral, máscara completa o semimáscara con filtro A2P3, ya que son de gran ayuda para la protección de la salud humana [79].

4.5.2 Control de residuos de plaguicidas en la zona de estudio

El manejo adecuado de los residuos es una parte fundamental al pretender reducir la contaminación hacia el suelo y las fuentes hídricas, para ello se explicó acerca de la práctica de triple lavado (figura 10) que consiste una vez utilizado el producto, en el envase restante se debe agregar una pequeña cantidad de agua,

taparlo y agitar por aproximadamente 30 segundos; luego se deposita el agua utilizada en los recipientes en donde se realiza la preparación de estas sustancias y este procedimiento se debe realizar 2 veces más, se finaliza dejando escurrir y perforarlo para que no sea reutilizado, guardarlo en una bolsa transparente y entregarla al centro de acopio [80].



Figura 10. Triple lavado del envase

Fuente: [80]

Al realizar el triple lavado permite que se utilice todo el contenido del plaguicida y al terminar el proceso ayuda a que estos recipientes no sean reutilizados, el paso a seguir será entregarlos a un centro de acopio y no enterrar, no arrojar, ni quemar los empaques manipulados para así reducir posibles focos de contaminación para el suelo, agua y aire que se presentan en las veredas (figura 11). Se socializó la Guía Ambiental para el subsector de plaguicidas ya que esta indica y orienta el correcto manejo de los plaguicidas, el almacenamiento y la disposición adecuada de los recipientes para así promover un desarrollo sostenible de los cultivos, siendo beneficioso para el ambiente y la comunidad [81].



Figura 11. A. Contaminación al agua y **B.** suelo por agroquímicos usados en la zona de estudio

Fuente: [41]

Se elaboró una cartilla didáctica con información recolectada en el documento (figura 12) acerca del grado de toxicidad de los plaguicidas, manejo integrado de plagas, las buenas prácticas agrícolas, abonos, importancia de las áreas protegidas, elementos de protección personal, afectaciones a los diferentes ecosistemas y consecuencias por la exposición a los agroquímicos, la cual tiene como objetivo enseñar el peligro de una sustancia química en un ecosistema y en la salud de quien lo manipula, de este modo generar conciencia en cuanto al manejo de estas y de las posibles alternativas de producción amigables con el medio ambiente.

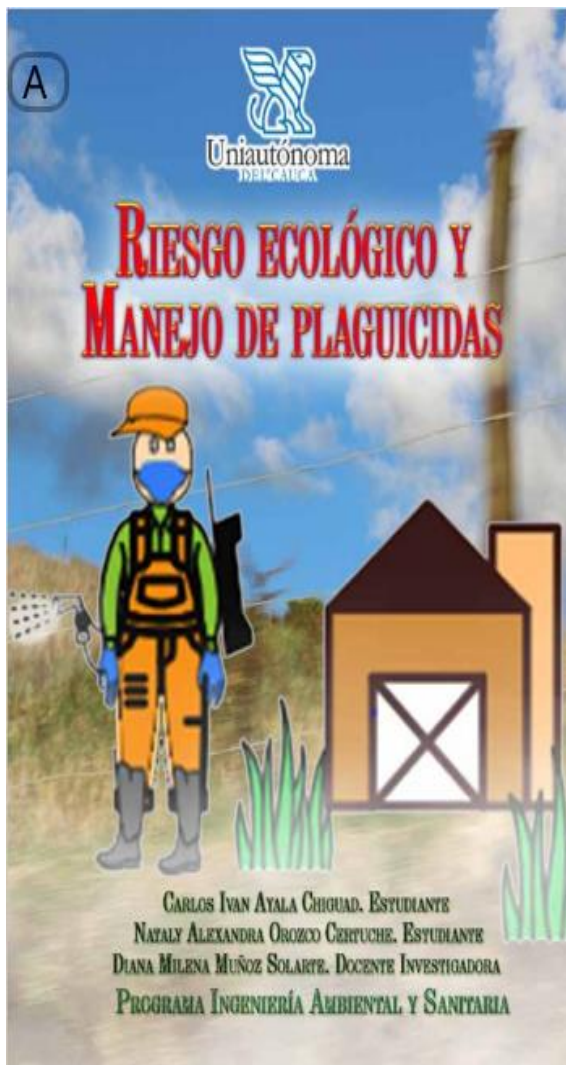


Figura 12. Evidencia de cartilla realizada
Fuente: Propia

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- Se logró realizar la estimación de riesgo ecológico por uso de agroquímicos en cultivos de papa en el corregimiento de Gabriel López (Totoró - Cauca), en el cual se encontró que en las veredas de Chuscales, Calvache, Agua Bonita y Tabaco, presentan un alto porcentaje de plaguicidas carbamatos con un 30,5 %, los cuales tienen características peligrosas para ecosistemas acuáticos. Haciendo referencia a los 4 modelos de estimación evaluados (cociente de riesgo, modelo, GUS, IRR y guía matricial ambiental), se obtuvo que debido a las características fisicoquímicas y ecotoxicológicas de los agroquímicos, el ecosistema más afectado según el modelo cociente de riesgo es el acuático con 77 %, el modelo GUS presentó que 59 % de estos productos no lixivian, para el modelo IRR el 57 % no dejan residuos en la planta y en la guía matricial de riesgos ambientales se presentó un riesgo moderado de 76,5 %. Ciertas problemáticas como el uso excesivo de plaguicidas y la implementación de cultivos de papa en zonas protegidas, lo que conlleva a la modificación y contaminación de dichos ecosistemas.
- El diagnóstico de agroquímicos realizado en el corregimiento de Gabriel López dio a conocer que las sustancias más utilizadas están compuestas por grupos químicos de carbamatos y organofosforados, de los cuales los más frecuente fueron carbamatos con un 30,5 % seguido por los organofosforados con un 20,5 %, organoclorados con un 20 % y otros con un 29 %, del mismo modo se observó que en su mayoría fueron de categoría toxicológica de grado II moderadamente peligroso con un 30 % y III ligeramente peligroso con un 43 %.
- Con relación a la valoración del nivel del riesgo mediante los modelos del cociente de riesgo, GUS (59 % no lixivian), IRR (muy bajo 57 %) y la guía

matricial de riesgos ambientales (34 % muy tóxicas), resultó que el mayor riesgo por uso de plaguicidas que se puede producir en las zonas de estudio es el riesgo en sistemas acuáticos, debido a que la mayoría de estas sustancias presentan características bioacumulables, alta toxicidad, volatilidad y largos tiempos de vida media. También se determinó que existe un bajo porcentaje de plaguicidas que producen un riesgo en el suelo, en aguas subterráneas y de acumulación en las plantas.

- Se formularon medidas de control las cuales se socializaron mediante plataformas virtuales y cartilla educativa, ayudando a generar alternativas como la implementación de abonos orgánicos, biofertilizantes, bio fungicidas, bio plaguicidas, buen manejo y disposición de residuos y el uso adecuado de los elementos de protección personal (EPP), esto con el fin de crear un desarrollo sostenible dentro de la comunidad.
- Se socializó los resultados de la estimación de riesgo por plaguicidas en los cultivos de papa, dando a conocer a la comunidad la probabilidad del riesgo que existe por el uso excesivo de sustancias tóxicas dentro de un cultivo y por la ampliación de cultivos en zonas protegidas, lo que hace que los ecosistemas se modifiquen y las especies migren hacia otros lugares, provocando un daño ambiental.
- El trabajo se presentó a nivel de proyección social con grupos académicos de investigación como REDCOLSI, ya que fue una propuesta innovadora dentro del corregimiento de Gabriel López, el cual fue presentado como un trabajo en curso, en donde se dio a conocer su finalidad, metodología y resultados esperados (**anexo 14**).

5.2 Recomendaciones

Dentro del corregimiento de Gabriel López, se observó que la mayor parte de los agricultores no tienen un conocimiento en cuanto a los riesgos que pueden causar el uso excesivo de agroquímicos dentro de un ecosistema, por tal motivo se recomienda realizar capacitaciones relacionadas con una dosis adecuada de agroquímicos, una correcta manipulación y las posibles afectaciones en la salud de las personas y en el ambiente.

Debido a que en la producción de papa se emplean grandes cantidades de plaguicidas químicos y que por diferentes estudios sean demostrado que son de alto impacto negativo en el ambiente se sugiere el empleo de compuestos orgánicos para la prevención, el control y eliminación de plagas y enfermedades y así mismo obtener una agricultura sostenible.

Se recomienda que, con la ayuda de entidades gubernamentales como la CRC, exista un mayor control con la extensión de cultivos en zonas protegidas ya que son ecosistemas vírgenes e irreparables y muy importantes para la conservación del agua y sus especies nativas.

Es de vital importancia que los agricultores utilicen los elementos de protección personal, ya que, al no utilizarse correctamente, muchos de los plaguicidas pueden penetrar en su organismo y provocar enfermedades de tipo cancerígeno a futuro.

Teniendo en cuenta que el trabajo realizado es una estimación de riesgo, es necesario realizar una evaluación de riesgo ecológico más a fondo, incluyendo pruebas de laboratorio, que permita obtener información más certera de la zona de estudio.

Muchos de los residuos de los plaguicidas que se generan en los cultivos de papa no tienen una disposición adecuada ya que algunos son enterrados, quemados o

arrojados a fuentes hídricas, por tal motivo es importante promover la construcción y el manejo de puntos ecológicos para evitar posibles contaminaciones.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] P. Benítez-Díaz, L. Miranda-Contreras, Y. Molina-Morales, B. Sánchez-Gil, y A. Balza-Quintero, «Residuos de plaguicidas en la cáscara e interior de la papa (*Solanum tuberosum* L.) proveniente de una región agrícola del estado Mérida, Venezuela», *Bioagro*, vol. 27, n.º 1, pp. 27-36, abr. 2015.
- [2] Superintendencia de industria y comercio, «Cadena Productiva de papa: Diagnóstico de libre Competencia». [En línea]. Disponible en: https://www.sic.gov.co/recursos_user/documentos/promocion_competencia/Estudios_Economicos/PAPA.pdf.
- [3] J. Caicedo, R. Cortes, «De la cuestión agropecuaria, las economías de enclave y los desequilibrios ecológicos en el valle de Malvazá: un análisis económico de impacto ambiental», vol. 6, n. o 2, dic.2008.
- [4] Agencia de Noticias UN, “En 20 años Colombia aumentó uso de plaguicidas en un 360 % - Unimedios: Universidad Nacional de Colombia,” Bogotá D. C., 12 de noviembre de 2015.
- [5] L. Estupiñán, «Papas y tierras en Boyacá: investigación etnobotánica y etnohistórica de uno de los principales productos de la alimentación colombiana», *Bol. Antropol.*, vol. 30, n.º 50, pp. 170-190, dic. 2015.
- [6] RICCLISA, «Visita técnica al valle de Malvazá en el Cauca, para la actualización de los mapas de clasificación y uso del suelo», 18, oct 2018
- [7] G. J. Devine, D. Eza, E. Ogusuku, y M. J. Furlong, «Uso de insecticidas: contexto y consecuencias ecológicas», *Rev. Perú. Med. Exp. Salud Publica*, vol. 25, n.º 1, pp. 74-100, ene. 2008.
- [8] D. N. de Bibliotecas, L. B. Guaitero Díaz, «Repositorio institucional UN», masters, Universidad Nacional de Colombia, 2010.
- [9] L. B. Díaz, «Propuesta metodológica para la evaluación de riesgo ambiental causado por el uso de plaguicidas en sistemas hortofrutícolas de la sabana de Bogotá», masters, Universidad Nacional de Colombia, 2010.
- [10] A. Gavilán, I. Ize, M. Martínez, A. Mendoza, P. Ramírez, J. Ramos, M. Zuk, «Introducción al análisis de riesgos ambientales», 2nd ed. México: Universidad Nacional Autónoma de México, 2010.

- [11] Ministerio del Ambiente, «Guía para Evaluación de Riesgos Ambientales | SINIA | Sistema Nacional de Información Ambiental», Lima, 2011.
- [12] H. T. Galarza Rodríguez y L. M. Valencia Bocanegra, «Propuesta metodológica para el análisis de riesgo ambiental (ARA) en el subsector productivo de leche hasta la etapa de ordeño aplicada a un estudio de caso en el municipio de Sotaquirá-Boyacá», 2008.
- [13] Ministerio de Ambiente, «Metodología para la estimación del nivel de riesgo de pasivos ambientales en el subsector hidrocarburos», Lima, 2010.
- [14] C. García-Gutiérrez, G. D. Rodríguez Meza, «Problemática y riesgo ambiental por el uso de plaguicidas en Sinaloa», Ra Ximhai, vol. 8, n.º 3, ene. 2016.
- [15] F. Alfonso, I. Toro Suarez, «Riesgo Ambiental por el uso de Agroquímicos», INVENTUM, vol. 5, n.º 9, pp. 32-41, jul. 2010.
- [16] Ministerio de Ambiente, «Guía para la gestión ambiental responsables de los plaguicidas químicos de uso agrícola en Colombia», 2018.
- [17] M. L. Montoya, F. M. Restrepo, N. Moreno, P. Mejía, «Impacto del manejo de agroquímicos, parte alta de la microcuenca Chorro Hondo, Marinilla, 2011», Facultad Nacional de Salud Pública: El escenario para la salud pública desde la ciencia, vol. 32, n.º 2, p. 3, 2014.
- [18] Instituto Nacional de Salud. Bogotá, Colombia et al, «Niveles de colinesterasa en cultivadores de papa expuestos ocupacionalmente a plaguicidas, Totoró, Cauca», revsal, vol. 49, n.º 1, pp. 85-92, mar. 2017.
- [19] A.D. Cubides Hernández, C. P. Montaña Martínez, «Evaluación del impacto ambiental generado por los residuos peligrosos en el sector agrícola en la vereda de Chámeza, municipio de Nobsa, Boyacá.», oct. 2017.
- [20] K. Marroquín, «Diagnóstico del manejo de agroquímicos en el hogar y el papel de la mujer en el contexto del uso seguro en las aldeas: el Sitán, Camán, la Canoa y Pautit, en Patzicía, Chimaltenango, Guatemala, C.A.», Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala, 2011.
- [21] UNODC, «Problemática ambiental y la utilización de agroquímicos en la producción de coca» Octubre, 2010.
- [22] Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), «Perspectivas para el medio ambiente». Disponible en:

<http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:VO9GTaeQ5SUJ:www.fao.org/docrep/pdf/004/y3557s/y3557s05.pdf+&cd=1&hl=es&ct=clnk&gl=co>.
(Accedido: 23 abril 2021).

[23] F. Sánchez Bayo y H. A. Tennekes, «Environmental Risk Assessment of Agrochemicals — A Critical Appraisal of Current Approaches», Toxicity and Hazard of Agrochemicals, jul. 2015.

[24] INECC, «La evaluación del riesgo ecológico» 15 de noviembre de 2007.

[25] «Anexo B: Clasificación Toxicológica de los Plaguicidas - PDF». <https://docplayer.es/17523689-Anexo-b-clasificacion-toxicologica-de-los-plaguicidas.html> (accedido may 1, 2021).

[26] «Sustancias químicas según su peligrosidad», Revista Seguridad Minera, feb. 22, 2019.

[27] A. Cristan, C. Rodríguez, C. Alatorre, O. Loredo, J. Castro, J. López, «Características de Peligrosidad Ambiental de Plaguicidas». Instituto Nacional de Ecología, México, 2000.

[28] R. Vignola, W. watler, A. Vargas, y M. Morales, «Prácticas efectivas para la reducción de impactos por eventos climáticos en el cultivo de papa en Costa Rica», CATIE, Costa Rica, 2017.

[29] «Resolución N° 03759, Instituto colombiano agropecuario “ICA”, 16 diciembre de 2003».

[30] «Resolución N° 2075, Gaceta Oficial de la Comunidad Andina, Legislación, 2 de agosto de 2019».

[31] Ministerio de Salud. Decreto número 1843 de 1991” Por el cual se reglamentan parcialmente los Títulos III, V, VI, VII y XI de la Ley 09 de 1979, sobre uso y manejo de plaguicidas.”, Disponible en: https://www.redjurista.com/Documents/decreto_1843_de_1991_ministerio_de_salud.aspx#/

[32] Código Internacional de Conducta para la Distribución y Utilización de Plaguicidas, Lista Registrada de Directrices para la implementación del Código Internacional de Conducta para la Distribución y Utilización de Plaguicidas» enero 2013.

[33] Ministerio de Salud, Decreto número 4368 de 2006,“Áreas de operación de aplicación de plaguicidas”, Disponible en:

https://www.minsalud.gov.co/Normatividad_Nuevo/DECRETO%204368%20DE%202006.pdf

[34] Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), Ley 822 de 2003, "Registro técnico para minimizar los riesgos de la salud humana y su impacto en el medio ambiente", Disponible en: http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley_0822_2003.html#:~:text=OBJEO%20DE%20LA%20LEY.,impacto%20en%20el%20medio%20ambiente.

[35] Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), Resolución 00099 de 2000, "Normas para el uso, manejo y aplicación de los insumos agrícolas por vía aérea y terrestre, en el departamento del Valle del Cauca y Cauca", Disponible en: http://201.217.193.253/labpalma/docs/resolucion_ica_rica0099.htm

[36] Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), Resolución No. 00150 de 2003, "Reglamento Técnico de Fertilizantes y Acondicionadores de Suelos para Colombia", Disponible en: <https://www.ica.gov.co/getattachment/1fb4d420-5e11-4ae6-959d-5bada49d683c/2003R0150-1.aspx>

[37] Cistema - Suratep. "Clasificación de productos químicos según la norma NFPA 704". SURATEP S.A. 2007.

[38] F. Muñoz, L. Sarmiento, y E. Pérez, «Agricultura migratoria conductor de cambio de uso del suelo de ecosistemas alto - Andino de Colombia.», vol. 16, p. 12, jun. 2018

[39] «Sistema de información geográfica que muestra un globo terráqueo virtual que permite visualizar múltiple cartografía (Google Earth)». https://earth.google.com/web/search/Totor%c3%b3,+Cauca/@2.5099405,76.40173,2580.08749742a,2363.65240904d,35y,323.8808125h,45t,0r/data=CnkaTxJJCiUweDhIM2FhOGZjNTBjZGZIZDM6MHhiMjg5MDcxN2IzMWJjNWY4GcUdb_JbFARAIz30vvG1GVPAKg5Ub3RvcsOzLCBDYXVjYRgCIAEiJgokCZiR45tkFwRAEecWb-qDegNAGZMyghzjDVPAIfI-L1frE1PA (accedido jun. 21, 2021).

[40] N. Mejías, «Cómo determinar el tamaño de una muestra, conocida una población», Odiseo Revista electrónica de pedagogía, 14-jul-2011.

[41] L. Gallego y D. Portilla, "Evaluación del manejo de los residuos peligrosos provenientes de la actividad del cultivo de papa en el corregimiento de Gabriel López (Totora – Cauca)", Corporación Autónoma del Cauca, 2019.

[42] "Como hacer una encuesta utilizando Google Drive", Papeles de inteligencia competitiva, julio,2014, accedido ago. 30, 2019.

[43] University of Hertfordshire, "Base de datos de propiedades de plaguicidas de PPDB", Disponible en: <https://sitem.herts.ac.uk/aeru/footprint/index2.htm>.

- [44] European commission, "EU - Pesticides database", Disponible en: <https://ec.europa.eu/food/plant/pesticides/eu-pesticides-database/public/?event=homepage&language=EN>.
- [45] Preveex, "Nuevos pictogramas de peligro para la clasificación, etiquetado y envasado de sustancias químicas - Preveex," 3 de febrero del 2011, Feb. 03, 2011. Accedido: 19-oct-2019.
- [46] S. Suarez, "guía ambiental para el cultivo de la papa," Bogotá, mayo 2004.
- [47] G. J. Devine, D. Eza, E. Oigusuku, y M. J. Furlong, «Uso de insecticidas: contexto y consecuencias ecológicas», Rev. Perú. Med. Exp. Salud Publica, vol. 25, n.º 1, pp. 74-100, ene. 2008.
- [48] D. Fernández, L. Mancipe, y D. Fernández, «Intoxicación por Organofosforados», Bogotá. vol. 18, jun. 2010.
- [49] A. Zaragoza, B. Balladares, C. Ortega, J. Zamora, V. Velásquez, y J. Aparicio, «Repercusiones del uso de los organoclorados sobre el ambiente y salud pública», Universidad de Sao Pablo. abril 2016, vol. 6.
- [50] L. Zanolli, «La prueba de chi-cuadrado como medida de asociación entre variables cualitativo», Brasil, p. 21, 2020.
- [51] O. Monroy, «Caracterización de las Prácticas Agrícolas Asociadas en Cultivos de papa, caso vereda Mata Mora», Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, 2009.
- [52] L. Ramírez, «Exposición a Agroquímicos en Trabajadores de un Cultivo de Flores de la Sabana de Bogotá», Universidad de Ciencias Aplicables y Ambientales, Bogotá, 2018.
- [53] L. Ramírez y J. Velásquez, «Destino de los Plaguicidas en el Ambiente, Estudio de caso para el Programa de Apoyo a Proyectos para la Innovación y Mejoramiento de la Enseñanza de la UNAM.», UNAM, México, 2017.
- [54] Organización Mundial de la Salud, «Plaguicidas altamente peligrosos», WHO. http://www.who.int/ipcs/assessment/public_health/pesticides/es/ (accedido feb. 11, 2021).
- [55] J. Iannacone, L. Albariño, C. Caballero, y J. Sánchez, «Cuatro Ensayos Eco toxicológicos para Evaluar Lindano y Clorpirifos», Gayana Concepc., vol. 64, n.º 2, pp. 139-146, 2000, doi: 10.4067/S0717-65382000000200003.

[56] P. Hernández, «Las abejas son fundamentales en la cadena alimenticia.», may 2013.

[57] Organización Mundial de la Salud, «Herramienta de Implementación Paso a Paso de la Calidad en el Laboratorio», OMS. https://extranet.who.int/lqsi/sites/default/files/attachedfiles/List%20of%20Risk%20and%20Safety%20Phrases_ES-ES_0.pdf

[58] C. Acosta, «Determinación de la concentración de inhibición media (ce50-120) del boro y cobalto mediante bioensayos de toxicidad acuática sobre semillas de lechuga (láctuca sativa L.)», Universidad Militar Nueva Granada.

[59] J. Ramírez y M. Lacasaña, «Plaguicidas: clasificación, uso, toxicología y medición de la exposición», Universidad Pompeu Fabra.

[60] H. Lorenzo-Márquez et al., «Estimación de riesgo de exposición a metales pesados por consumo de peces (Pterygoplichthys spp.) en infantes de comunidades ribereñas de los ríos Grijalva y Usumacinta, México», Rev. Int. Contam. Ambient., vol. 32, n.º 2, pp. 153-164, may 2016, doi: 10.20937/RICA.2016.32.02.02.

[61] A. Aguilar, E. Calderón, y C. Quiroz, «Análisis de los impactos socioambientales del sistema productivo de papa (Solanum tuberosum L.) en el páramo el Tablazo, vereda Pantano de Arce, municipio de Subachoque», Universidad distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, 2019.

[62] N. Serrato, L. A. L. Arias, «Evaluación de riesgo ambiental de plaguicidas en agroecosistemas de tomate bajo invernadero y libre exposición de Colombia», Maestría, Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano., Bogotá

[63] S. María, «Fumigar con Glifosato, un Desastre Social y Ambiental», CESED, 2015. <https://cesed.uniandes.edu.co/fumigar-con-glifosato-un-desastre-social-y-ambiental/> (accedido abril 5, 2021).

[64] C. De Prada, «Glifosato: Un herbicida peligroso para la salud y los ecosistemas», Fundación Vivosano, mar. 27, 2018. Accedido: abril 15, 2021. [En línea]. Disponible en: <https://www.vivosano.org/glifosato-herbicida-peligroso-para-salud-y-ecosistemas/>

[65] D. Rico, O. Scoppetta, J. Alzate, y A. Gonzalez, Verdades Científicas sobre Glifosato y Salud Pública, vol. 1. Bogotá, 2016.

- [66] YPF, «Ficha de datos de Seguridad Clorpirifos», Argentina, nov. 2015
- [67] «Autoridad Nacional de Licencias Ambientales - ANLA Resolución N ° 00181». Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, feb. 12, 2018.
- [68] FAO, «Capítulo 4 - Los Plaguicidas, En Cuanto Contaminantes del agua». <http://www.fao.org/3/w2598s/w2598s06.htm> (accedido marzo 30, 2021).
- [69] G. Yaguana, F. Sánchez, M. Aguilar, y E. Pozo, «Contaminación de suelos: el caso de los plaguicidas». Grupo de Investigación en Manejo y Recuperación de Suelos y Aguas, Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales, Universidad Técnica del Norte, Ibarra-Ecuador, 2019.
- [70] M. Sánchez y C. Sánchez, «Los Plaguicidas, Adsorción y Evolución en el suelo». CeresNet 1984.
- [71] R. Ortiz, J. Villadiego, y C. Cardona, «Valoración de los impactos ambientales totales generados por el uso de plaguicidas en actividades ganaderas en el municipio de Pamplona - Norte de Santander - Colombia», pp. 62-80, dic. 2011
- [72] CRC, «Avistamiento de Danta de Páramo en el Municipio de Totoró, Cauca». <https://web2018.crc.gov.co/index.php/1246-avistamiento-de-danta-de-paramo-en-el-municipio-de-totoro-cauca> (accedido jun. 15, 2021).
- [73] Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible, «La dirección de bosques, biodiversidad y servicios ecosistémicos del ministerio de ambiente y desarrollo sostenible - MADS», 2017, Disponible en: <https://www.minambiente.gov.co/images/normativa/app/resoluciones/ae-resolucion-0311.pdf>
- [74] C. Gramaglia, «Manejo agroecológico de un cultivo de papa en Traslasierra. Resultados productivos y económicos de una fertilización orgánica», Instituto nacional de tecnología agropecuaria
- [75] F. Muñoz, «Dinámicas de transformación y susceptibilidad a la degradación por cambio de uso en una eco-región Alto - andina (Cauca - Colombia)», Doctorado, Universidad del Cauca, 170 d. C
- [76] CRC- ACUC GL, «Plan de ordenación y manejo de la cuenca alta de la subcuenca hidrográfica del río Palacé». may 2010. Disponible en: <https://www.yumpu.com/es/document/read/31450738/cuenca-rio-palace-corporacion-autonoma-regional-del-cauca>

[77] Determinación del Efecto de Diferentes Niveles de Fertilización en Papa (*Solanum tuberosum* ssp. *Andigena*) DIACOL Capiro en un Suelo con Propiedades Ándicas de Santa Rosa de Osos, Colombia

[78] FAO, «Guía de las buenas prácticas para la gestión y uso sostenible de los suelos en áreas rurales». 2018. [En línea]. Disponible en: https://www.minambiente.gov.co/images/AsuntosambientalesySectorialyUrbana/pdf/suelo/Guia_de_buenas_practicas_para_la_gestion_y_uso_sostenible_de_los_suelos_en_areas_rurales.pdf

[79] Ministerio de educación, «Protocolo, requisitos hojas de seguridad para fumigación». Disponible en: https://sig.mineducacion.gov.co/files/mod_documentos/documentos/AD-PT-01/AD-PT-01%20V3.pdf

[80] Servicios Lusal, «Triple lavado de envases vacíos de plaguicidas y su importancia», 2018, Disponible en: <http://www.servicios-lusal.com.mx/triple-lavado-de-envases-vacios-de-plaguicidas/>

[81] ANDI, «Guías Ambientales para el Subsector de Plaguicidas». Produmedios, diciembre 2003.

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de tipología de peligro, vereda Tabaco

Tipología de peligro vereda Tabaco		Causa Físico Químico										
		Sustancia	Tipo		Peligrosidad							
			MP	R	Mi	Mt	Ei	Exp	Inf	Cor	Com	Otro
Antrópico	Aire	Abafed	x			x						
		Azobin duo	x			x						
		Azimut 320 sc	x									
		Axioma	x						x			
		Borey	x			x			x			
		Cornet 70 wp	x			x						
		Clorotac 78	x			x						
		Clorpyrifos	x			x				x	x	x
		Cuspide 480 sl	x					x	x			x
		Eltra 48 ec	x			x		x	x			x
		Fosetyl 80 wp	x									
		Imaprid	x			x						
		Manzate 200 wp	x			x				x		
		Magestic	x			x						
		Rainbow 25,8 ec	x							x		
		Silex 75wg	x			x						x
Tryon 72 wp	x			x				x				
Fuente: Elaboración propia Causas Físico Química: (Comprende sustancias por su clasificación) MP = Materia Prima, R = Residuo, Mi = Muy inflamable, Mt = Muy tóxico, li = Irreversible inmediato, Exp = Explosiva, Inf = Inflamable, Cor = Corrosivo y Com = Combustible												

Anexo 2. Matriz de tipología de peligro, vereda Calvache

Tipología de peligro vereda Calvache		Causa Físico Químico										
		Sustancia	Tipo		Peligrosidad							Otro
			MP	R	Mi	Mt	Ei	Exp	Inf	Cor	Com	
Antrópico	Aire	Abamectina 18 ec	x			x				x	x	
		Aurum	x									
		Cipermetrina 20 ec	x			x		x	x		x	
		clorpirifos 480 ec	x					x	x	x	x	
		Dimetomorph del monte 50wp	x			x						
		Glifosol sl	x							x		
		Hammer 247	x									
		Indonil	x									
		Lannate sc	x			x		x	x		x	
		Magestic sp	x			x						
		Agro k	x									
		Mezulfuron 60wg	x			x						
		Profenocron	x			x		x	x	x	x	
		Pirestar	x			x						
		Rainbow	x							x		
		Trepa- k	x									
		Versus 500sc	x									
		Yara 30	x							x		
Ziram	x				x							
Fuente: Elaboración propia Causas Físico Química: (Comprende sustancias por su clasificación) MP = Materia Prima, R = Residuo, Mi = Muy inflamable, Mt = Muy tóxico, li = Irreversible inmediato, Exp = Explosiva, Inf = Inflamable, Cor = Corrosivo y Com = Combustible.												

Anexo 3. Matriz de tipología de peligro, vereda Agua Bonita

Tipología de peligro vereda Agua Bonita		Causa Físico Químico										
		Sustancia	Tipo		Peligrosidad							
			M P	R	Mi	Mt	Ei	Exp	Inf	Cor	Com	Otro
Antrópico	Aire	Cipermetrina 20 ec	x			x						
		Aguila wp	x						x			
		Dithane 45	x			x		x		x		
		Hammer 24	x							x		
		Lannate 40 sp	x		x	x		x				
		Macozeb	x		x			x			x	
		Manzate 200 wp	x		x					x		
		Nankin 100	x			x			x		x	
		Numetrin 200 ec	x							x	x	x
		Pilzeraz	x			x		x	x	x		
		Pyrinex	x							x		x
Fuente: Elaboración propia Causas Físico Química: (Comprende sustancias por su clasificación) MP = Materia Prima, R = Residuo, Mi = Muy inflamable, Mt = Muy tóxico, li = Irreversible inmediato, Exp = Explosiva, Inf = Inflamable, Cor = Corrosivo y Com = Combustible.												

Anexo 4. Matriz de tipología de peligro, vereda Chuscales

Tipología de peligro vereda Chuscales		Causa Físico Químico										
		Sustancia	Tipo		Peligrosidad							
			MP	R	Mi	Mt	Ei	Exp	Inf	Cor	Com	Otro
Antrópico	Aire	Cerrero 200 sl	x			x				x		
		Cobrethane	x							x		
		Glifosato rainbow 74	x			x	x			x	x	
		Geminis wp	x			x						
		Helmtiofan 50sc	x			x						
		Tirton	x			x						
		Kruga sc	x			x					x	
		Lannate 40 sl	x			x	x		x	x		
		Lash 40sp	x			x			x	x		
		Lorsban 4ec	x						x			
		Vitavax 300	x			x						
		Trivia wp	x			x						
		Revus 250sc	x					x				
		Nerisect sp	x			x					x	
Fuente: Elaboración propia Causas Físico Química: (Comprende sustancias por su clasificación) MP = Materia Prima, R = Residuo, Mi = Muy inflamable, Mt = Muy tóxico, li = Irreversible inmediato, Exp = Explosiva, Inf = Inflamable, Cor = Corrosivo y Com = Combustible.												

Anexo 5. Matriz de valoración de riesgos ambientales, frecuencia probabilística, vereda Calvache

Vereda Calvache				
Sustancia o evento	Escenario riesgo	Causas	Consecuencias	Frecuencia Probabilidad
Entorno natural (Aire/Agua/Suelo)				
Abamectina 18 ec	Tiene fuerte tendencia a unirse a las partículas del suelo	Proceso de fumigación	Contaminación del suelo	4
Aurum	Tiene fuerte tendencia a unirse a las partículas del suelo	Proceso de fumigación	contaminación del suelo	4
Cipermetrina 20 ec	Se une fuertemente a las partículas del suelo	Proceso de fumigación	Contaminación del suelo	3
Clorpirifos 480 ec	Se acumulan en los tejidos de los organismos acuáticos	Proceso de fumigación	Contaminación del agua	3
Glifosol sl	Es tóxico para especies acuáticas y moderadamente volátil	Proceso de fumigación	Contaminación del agua, aire	3
Hammer 247	Es tóxico para las abejas	Proceso de fumigación	Contaminación de la fauna y flora	4
Indonil	Para especies acuáticas se clasifica ligera y altamente tóxico	Proceso de fumigación	Contaminación del agua	4
Lannate sc	Producto de alta toxicidad para animales, aves y otros insectos	Proceso de fumigación	Contaminación del suelo	4
Magestic sp	Altamente tóxico para abejas. Puede matar insectos polinizadores	Proceso de fumigación	Contaminación de la fauna y flora y volátil	4
Agro k	Componentes fosfóricos pueden contribuir a la contaminación del agua.	Proceso de fumigación	Contaminación del agua	4

Mezulfuron 60wg	Extremadamente tóxico para organismos acuáticos	Proceso de fumigación	Contaminación del agua	4
Profenocron	En abejas existe riesgo, moderadamente volátil	Proceso de fumigación	Contaminación de la fauna, flora y aire	3
Pirestar	Para Aves se considera como altamente tóxico	Proceso de fumigación	Contaminación de la fauna y flora	4
Rainbow	Derrames nocivos para el medio ambiente	Proceso de fumigación	Contaminación del suelo	3
Trepa- k	Tóxico para los organismos acuáticos.	Proceso de fumigación	Contaminación del agua	3
Versus 500sc	Moderadamente persistente en suelo	Proceso de fumigación	Contaminación del suelo	4

Anexo 6. Matriz de valoración de riesgos ambientales, frecuencia probabilística vereda Tabaco

Vereda Tabaco				
Sustancia o evento	Escenario riesgo	Causas	Consecuencias	Frecuencia Probabilidad
Entorno natural (Aire/Agua/Suelo)				
Abafed	Tiene fuerte tendencia a unirse a las partículas del suelo	Proceso de fumigación	Contaminación del suelo	3
Azobin duo	Extremadamente tóxico para organismos acuáticos	Proceso de fumigación	Contaminación del agua	3
Azimut 320 sc	Es tóxico para peces e invertebrados acuáticos	Proceso de fumigación	Contaminación del agua	4
Axioma	Ligeramente tóxico para aves	Proceso de fumigación	Contaminación fauna, flora	4
Abafed	Tiene fuerte tendencia a unirse a las partículas del suelo	Proceso de fumigación	Contaminación del suelo	3
Azobin duo	Extremadamente tóxico para organismos acuáticos	Proceso de fumigación	Contaminación del agua	3
Azimut 320 sc	Es tóxico para peces e invertebrados acuáticos	Proceso de fumigación	Contaminación del agua	4
Axioma	Ligeramente tóxico para aves	Proceso de fumigación	Contaminación fauna, flora	4
Borey	Efecto acumulativo leve. Tóxico para las abejas	Proceso de fumigación	Contaminación fauna, flora	4
Cornet 70 wp	Es tóxico para peces e invertebrados acuáticos	Proceso de fumigación	Contaminación del agua	3
Clorotac 78	Extremadamente tóxico para organismos acuáticos	Proceso de fumigación	Contaminación del agua	3

Clorpyrifos	Extremadamente tóxico para organismos acuáticos y volátil	Proceso de fumigación	Contaminación del agua, aire	3
Cuspide 480 sl	Tiene fuerte tendencia a unirse a las partículas del suelo	Proceso de fumigación	Contaminación del suelo	3
Eltra 48 ec	Muy tóxico para aves	Proceso de fumigación	Contaminación fauna, flora	4
Fosetyl 80 wp	Es tóxico para peces e invertebrados acuáticos	Proceso de fumigación	Contaminación del agua	4
Imaprid	Altamente tóxico en abejas	Proceso de fumigación	Contaminación de la fauna, flora	3
Manzate 200 wp	Tóxico para los organismos acuáticos.	Proceso de fumigación	Contaminación del agua	4
Magestic	Altamente tóxico en abejas	Proceso de fumigación	Contaminación de la fauna, flora	3
Rainbow 25,8 ec	Ligeramente tóxico en abejas	Proceso de fumigación	Contaminación de la fauna, flora	3
Silex 75wg	Extremadamente tóxico para organismos acuáticos, volátil	Proceso de fumigación	Contaminación del agua, aire	4
Tryon 72 wp	Extremadamente tóxico para organismos acuáticos	Proceso de fumigación	Contaminación del agua	3
Tairel wp	Extremadamente tóxico para organismos acuáticos	Proceso de fumigación	Contaminación del agua	4

Anexo 7. Matriz de valoración de riesgos ambientales, frecuencia probabilística, vereda agua bonita

Vereda Agua Bonita				
Sustancia o evento	Escenario riesgo	Causas	Consecuencias	Frecuencia Probabilidad
Entorno natural (Aire/Agua/Suelo)				
Cipermetrina 20 ec	Lixiviación hacia la fuente hídrica	Proceso de fumigación	Contaminación del agua	4
Aguila wp				
Dithane 45	No degradación de agroquímicos en el suelo	Proceso de fumigación	contaminación del suelo	4
Hammer 24				
Lannate 40 sp	Bioacumulación en organismos acuáticos	Proceso de fumigación	Contaminación a seres acuáticos	4
Macozeb				
Manzate 200 wp	Residuos depositados en la fuente hídrica.	Proceso de fumigación	contaminación del suelo y agua	3
Nankin 100				
Numetrin 200 ec	Tóxico para las abejas	Proceso de fumigación	Muerte de polinizadores	3
Pilzeraz				
Pyrinex	Adherencia de sustancia tóxica hacia producto vegetal	Proceso de fumigación	Contaminación del producto cultivado	4

Anexo 8. Matriz de valoración de riesgos ambientales, frecuencia probabilística, vereda Chuscales

Vereda Chuscales				
Sustancia o evento	Escenario riesgo	Causas	Consecuencias	Frecuencia Probabilidad
Entorno natural (Aire/Agua/Suelo)				
Cerrero 200 sl	Vaporización de partículas tóxicas (agroquímicos)	Proceso de fumigación	Contaminación atmosférica	3
Cobrethane				
Glifosato rainbow 74	Exceso de cantidad suministrada a los cultivos	Proceso de fumigación	Contaminación al suelo, agua y producto sembrado.	3
Geminis wp				
Lash 40sp	Incapacidad de asimilación del cuerpo receptor	Proceso de fumigación	Contaminación del agua	4
Lorsban 4ec				
Kruga sc	Componentes potencialmente tóxicos para fauna y flora	Proceso de fumigación	Reducción de diversidad y especies vegetales	4
Lannate 40 sl				
Helmtiofan 50sc	Derrames accidentales	Proceso de fumigación	Contaminación del suelo	4
Tirton				
Vitavax 300	Tóxico para las especies acuáticas	Proceso de fumigación	Contaminación del agua y organismos acuáticos	3
Trivia wp				

Revus 250sc	Tóxico para las aves	Proceso de fumigación	Migración de aves	4
Nerisect sp				

Anexo 9. Rangos de estimación de la gravedad de consecuencias del recurso aire, agua y suelo

A.

SOBRE EL ENTORNO NATURAL				
Valor	Cantidad	Peligrosidad	Extensión	población Afectada
4	Muy alta	Muy peligrosa	Muy extenso	Muy elevada
3	Alta	Peligrosa	Extenso	Elevada
2	Poca	Poco peligrosa	Poco extenso (Emplazamiento)	Media
1	Muy poca	No peligrosa	Puntual (área afectada)	Baja

B.

CALIDAD DEL MEDIO	
Muy elevada	Daños muy altos: Explotación indiscriminada de RRNN, y existe un nivel de contaminación alto.
Elevada	Daños altos: Alto nivel moderado de explotación de AARR y existe un nivel de contaminación moderado
Media	Daños moderados: Nivel moderado de explotación de AARR y existe un nivel de contaminación leve.
Baja	Daños leves: Conservación de los AARR, y no existe contaminación.

C.

Gravedad	Límites del entorno	Vulnerabilidad
Entorno natural	Cantidad + 2 peligrosidad + extensión	+ calidad del medio

Anexo 10. Matriz de valoración de riesgos ambientales, entorno natural, vereda Calvache

ENTORNO NATURAL Calvache							
Sustancia	Escenario	Cantidad	Peligrosidad	Extensión	Calidad de medio	Gravedad	Puntuación total
Abamectina 18 ec	Tiene fuerte tendencia a unirse a las partículas del suelo	500	3	550	2	1058	3
Aurum	Se inactiva en contacto con la materia orgánica del suelo	600	1	550	2	1154	1
Cipermetrina 20 ec	Se une fuertemente a las partículas del suelo sin riesgo de lixiviación	344	3	550	2	902	3
Clorpirifos 480 ec	Se acumulan en los tejidos de los organismos acuáticos	234	3	550	2	792	3
Glifosol sl	Es tóxico para peces e invertebrados acuáticos	450	3	550	2	1008	3
Hammer 247	Es tóxico para las abejas	435	2	550	2	991	2
Indonil	Para especies acuáticas se clasifica de ligera y altamente tóxico	345	3	550	2	903	3

Lannate sc	Producto de alta toxicidad para animales, aves y otros insectos	152	4	550	2	712	4
Magestic sp	Altamente tóxico para abejas. Puede matar insectos polinizadores	500	4	550	2	1060	4
Agro k	Componentes fosfóricos pueden contribuir a la contaminación del agua.	345	2	550	2	901	2
Mezulfuron 60wg	Extremadamente tóxico para organismos acuáticos	600	4	550	2	1160	4
Profenocron	En abejas existe riesgo	800	4	550	2	1360	4
Pirestar	Para Aves se considera como altamente tóxico	356	4	550	2	916	4
Rainbow	Derrames nocivos para el medio ambiente	700	3	550	2	1258	3
Trepa- k	Tóxico para los organismos acuáticos.	800	1	550	2	1354	1
Versus 500sc	Moderadamente persistente en suelo	345	1	550	2	899	1

Yara 30	Peligroso para el medio ambiente acuático: pH<3	345	3	550	2	903	3
Ziram	Extremadamente tóxico para organismos acuáticos	324	4	550	2	884	4

Fuente: En base a Norma UNE 150008-2008 - Evaluación de riesgos ambientales

Anexo 11. Matriz de valoración de riesgos ambientales, entorno natural, vereda Tabaco

ENTORNO NATURAL Tabaco							
Sustancia	Escenario	Cantida d	Peligrosida d	Extensió n	Calida d de medio	Graveda d	Puntuació n total
Abafed	Tiene fuerte tendencia a unirse a las partículas del suelo	500	4	550	2	1060	4
Azobin duo	Extremadamente tóxico para organismos acuáticos	700	4	550	2	1260	4
Azimut 320 sc	Es tóxico para peces e invertebrados acuáticos	345	1	550	2	899	1
Axioma	Ligeramente tóxico para aves	345	3	550	2	903	3
Borey	Efecto acumulativo leve. Tóxico para las abejas	234	3	550	2	792	3
Cornet 70 wp	Es tóxico para peces e invertebrados acuáticos	650	3	550	2	1208	3
Clorotac 78	Extremadamente tóxico para organismos acuáticos	650	4	550	2	1210	4
Clorpyrifos	Extremadamente tóxico para organismos acuáticos	234	4	550	2	794	4
Cuspide 480 sl	Tiene fuerte tendencia a unirse a las partículas del suelo	700	3	550	2	1258	3
Eltra 48 ec	Muy tóxico para aves	150	4	550	2	710	4

Fosetyl 80 wp	Es tóxico para peces e invertebrados acuáticos	650	2	550	2	1206	2
Imaprid	Altamente tóxico en abejas	800	4	550	2	1360	4
Manzate 200 wp	Tóxico para los organismos acuáticos.	500	3	550	2	1058	3
Magestic	Altamente tóxico en abejas	500	4	550	2	1060	4
Rainbow 25,8 ec	Ligeramente tóxico en abejas	345	3	550	2	903	3
Silex 75wg	Extremadamente tóxico para organismos acuáticos	234	4	550	2	794	4
Tryon 72 wp	Extremadamente tóxico para organismos acuáticos	700	4	550	2	1260	4
Tairel wp	Extremadamente tóxico para organismos acuáticos	450	4	550	2	1010	4

Fuente: En base a Norma UNE 150008-2008 - Evaluación de riesgos ambientales

Anexo 12. Matriz de valoración de riesgos ambientales, entorno natural, vereda Agua Bonita

ENTORNO NATURAL Agua Bonita							
Sustancia	Escenario	Cantida d	Peligrosida d	Extensió n	Calida d de medio	Graveda d	Puntuació n total
Cipermetrina 20 ec	Lixiviación hacia fuente hídrica	324	3	550	2	882	3
Aguila wp	Vapores hacia la atmósfera	345	3	550	2	903	3
Dithane 45	Muerte a organismos acuáticos	348	2	550	2	904	2
Hammer 24	Bioacumulación en peces	315	3	550	2	873	3
Lannate 40 sp	Intoxicación de especies polinizadoras	476	4	550	2	1036	4
Macozeb	Derrames en el suelo	410	4	550	2	970	4
Manzate 200 wp	Altamente tóxico para los seres vivos	480	2	550	2	1036	2
Nankin 100	Tóxico para aves	344	3	550	2	902	3
Numetrin 200 ec	Disminución de la capacidad auto depuradora del suelo	400	1	550	2	954	1

Pilzeraz	Tóxico para las abejas	410	3	550	2	968	3
Pyrinex	Adherencia en el producto del cultivo	346	3	550	2	904	3

Fuente: En base a Norma UNE 150008-2008 - Evaluación de riesgos ambientales

Anexo 13. Matriz de valoración de riesgos ambientales, entorno natural, vereda Chuscales

ENTORNO NATURAL Chuscales							
Sustancia	Escenario	Cantida d	Peligrosida d	Extensió n	Calida d de medio	Graveda d	Puntuació n total
Cerrero 200 sl	Disminución de polinizadores	489	3	550	2	1047	3
Cobrethane	Infiltración y contaminación hacia las fuentes subterráneas	476	3	550	2	1034	3
Glifosato rainbow 74	Destrucción del ecosistema	490	4	550	2	1050	4
Geminis wp	Tóxico para seres vivos	315	4	550	2	875	4
Helmtiofan 50sc	Disminución de la capacidad productora del suelo	223	3	550	2	781	3
Tirton	Derrames accidentales	367	2	550	2	923	2
Kruga sc	Vapores tóxicos	200	3	550	2	758	3
Lannate 40 sl	Irritante para la piel	370	2	550	2	926	2
Lash 40sp	Adherencia en el producto cultivado	300	3	550	2	858	3
Lorsban 4ec	Tóxico para las abejas	334	3	550	2	892	3

Vitavax 300	Afectación hacia la vegetación	380	3	550	2	938	3
Trivia wp	Bioacumulables en los seres vivos	320	3	550	2	878	3
Revus 250sc	Tóxico para peces	380	4	550	2	940	4
Nerisect sp	Tóxico para organismos acuáticos	456	3	550	2	1014	3

Fuente: En base a Norma UNE 150008-2008 - Evaluación de riesgos ambientales

**Anexo 14. Certificados de participación en redcolsi
A.**



**La Red Colombiana de Semilleros de Investigación - REDCOLSI
Nodo Cauca**

Hace constar que
Nataly Orozco

Con Cedula de Ciudadanía No. **1061790912**

Participó en modalidad de **Ponencia oral** en el XIV ENCUENTRO DEPARTAMENTAL DE SEMILLEROS DE INVESTIGACIÓN – EDESI 2020 desarrollado los días 14, 15 y 16 de octubre de 2020

Se firma el presente certificado en Popayán, a los dieciséis (16) días del mes de octubre de dos mil veinte (2020)

ALEX ARMANDO TORRES BERMÚDEZ
Coordinador Redcolsi Nodo Cauca



B.



La Red Colombiana de Semilleros de Investigación - REDCOLSI Nodo Cauca

Hace constar que
Carlos Ivan Ayala
Con Cedula de Ciudadanía No. **1088597469**

Participó en modalidad de **Ponencia oral** en el XIV ENCUENTRO DEPARTAMENTAL DE SEMILLEROS DE INVESTIGACIÓN – EDESI 2020 desarrollado los días 14, 15 y 16 de octubre de 2020

Se firma el presente certificado en Popayán, a los dieciséis (16) días del mes de octubre de dos mil veinte (2020)

ALEX ARMANDO TORRES BERMÚDEZ
Coordinador Redcolsi Nodo Cauca



