

**VIGILANCIA EPIDEMIOLÓGICA DE PLAGUICIDAS ORGANOFOSFORADOS  
(OP) Y CARBAMATOS (C) EN LA VEREDA MONTE CRUZ, RESGUARDO DE  
VITONCÓ DEL MUNICIPIO DE PÁEZ-CAUCA, EN CONVENIO CON LA  
ALCALDÍA MUNICIPAL Y LA SECRETARÍA DE SALUD DEPARTAMENTAL  
(SSDC)**



**LISETH KATHERINE MORENO LOMAS  
OSCAR EDUARDO MOSQUERA CANTERO**

**CORPORACIÓN UNIVERSITARIA AUTÓNOMA DEL CAUCA  
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y DESARROLLO SOSTENIBLE  
PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA  
GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN TECNOLOGÍA Y AMBIENTE  
MAYO, 2018**

**VIGILANCIA EPIDEMIOLÓGICA DE PLAGUICIDAS ORGANOFOSFORADOS  
(OP) Y CARBAMATOS (C) EN LA VEREDA MONTE CRUZ, RESGUARDO DE  
VITONCÓ DEL MUNICIPIO DE PÁEZ-CAUCA, EN CONVENIO CON LA  
ALCALDÍA MUNICIPAL Y LA SECRETARÍA DE SALUD DEPARTAMENTAL  
(SSDC)**



**LISETH KATHERINE MORENO LOMAS  
OSCAR EDUARDO MOSQUERA CANTERO**

**Trabajo de Grado para optar al título de Ingeniero Ambiental y Sanitario**

**Directora  
PhD.  
PAOLA ANDREA GÓMEZ BUITRAGO**

**CORPORACIÓN UNIVERSITARIA AUTÓNOMA DEL CAUCA  
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y DESARROLLO SOSTENIBLE  
PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA  
GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN TECNOLOGÍA Y AMBIENTE  
MAYO, 2018**

## **NOTA DE ACEPTACIÓN**

Una vez revisado el documento final del trabajo de grado titulado “Vigilancia Epidemiológica de Plaguicidas Organofosforados (OP) y Carbamatos (C) en la vereda Monte Cruz, resguardo de Vitoncó del municipio de Páez-Cauca, en convenio con la Alcaldía Municipal y la Secretaría de Salud Departamental (SSDC)”, se autoriza la sustentación del mismo, para así poder realizar la gestión administrativa correspondiente y optar el título de Profesionales en Ingeniería Ambiental y Sanitaria.

---

PhD. Paola Andrea Gómez Buitrago  
Firma de directora  
Programa de Ingeniería Ambiental y Sanitaria  
Corporación Universitaria Autónoma del Cauca

---

Nombre jurado: MSc. Adriana Sánchez Vergara  
Firma del jurado  
Programa de Ingeniería Ambiental y Sanitaria  
Corporación Universitaria Autónoma del Cauca

---

Nombre jurado: MSc. Natalia Samboni Ruiz  
Firma del jurado  
Programa de Ingeniería Ambiental y Sanitaria  
Corporación Universitaria Autónoma del Cauca

Popayán (10, 05, 2018)

## DEDICATORIA

*A Dios sea la honra y la gloria, a Él que me dio la sabiduría, el entendimiento, las habilidades y demás virtudes para llegar a esta meta, quien siempre me llevó de su mano para hacer las cosas bien y no desfallecer nunca por más difícil que fuera la situación. Este logro también va dedicado a mis familiares; primeramente mis padres, María Cecilia Lomas y Luis Alberto Moreno, quienes han sido el pilar de mi vida, los que lucharon fuertemente para sacar adelante mis estudios, brindándome recursos económicos, apoyo, dedicación, respeto, y muy buenas enseñanzas, mi hermana, Johana Andrea Martínez, esa mujer luchadora, mi ejemplo a seguir y quien me regaló el tesoro más preciado, mi sobrina Anny Valeria Serna, a la cual quiero ofrecerle todo lo bueno que con ayuda de Dios llegará a mi vida de ahora en adelante, para terminar, dedicado a mis amigos; Katerin Santander, Oscar Mosquera, Víctor Quipo, grandes seres humanos con los cuales nos apoyamos mutuamente en nuestra formación profesional y compartimos gratos y lindos momentos durante este buen proceso académico.*

*Liseth Katherine.*

*A Dios, por darme la vida y permitirme llegar a esta etapa que está próxima a culminar y espero ser digno de tan valioso esfuerzo; por ser mi guía y mi fortaleza en cada paso de la vida, por estar presente en todas y cada una de las decisiones tomadas durante este largo camino recorrido y que queda por recorrer.*

*A mi amada familia, por ser el pilar más importante en mi vida, motivo de orgullo para lograr tan anhelada meta, de manera especial a mis padres: mamá, Noralba y de igual manera para mi papá, Oscar Alberto, por el amor, la educación, los valores, el tiempo, la dedicación, la inversión y por el apoyo incondicional durante todo mi proceso académico para que su Negro llegara hasta aquí.*

*A mis hermanas Beatriz Helena y Martha Cecilia, quienes me acompañaron durante este largo tiempo de estudios hasta culminar con éxito mi carrera profesional. A mi sobrino Samuel, quien llegó hace 19 meses a nuestras vidas a darnos la mayor felicidad y que ha sido mi mayor bendición como tío, espero ser su mejor ejemplo a seguir para cuando crezca.*

*Oscar Eduardo.*

## AGRADECIMIENTOS

*Agradezco a Dios por darme la vida y por todo lo maravilloso que me ha permitido vivir y aprender, a mis padres, las personas que más admiro por su esfuerzo, dedicación, su apoyo incondicional, y por creer en mí hasta el cumplimiento de todo lo que me he propuesto, a la Doctora Paola Gómez, por su confianza, sus enseñanzas, su apoyo, por darnos la oportunidad de realizar este proyecto, el cual nos permitió aprender, afianzar conocimientos e incluso conocer nuevas culturas. Agradezco encarecidamente también a mis docentes, los que me guiaron y me brindaron sus saberes en este largo proceso, de cada uno me llevo una linda enseñanza. Por último quiero agradecer a Oscar Eduardo Mosquera, mi compañero de lucha, mi complemento estudiantil, quien se lleva mi más grande cariño y respeto por todo lo vivido y aprendido juntos.*

*Liseth Katherine.*

*A todas aquellas personas que han compartido junto a mí sus enseñanzas y mis logros en estos años, así como quienes han estado para darme una voz de aliento en los momentos difíciles, a mis padres por la inversión durante este tiempo, a doña Rosa por el hospedaje y cariño durante estos más de cinco años en la Ciudad y, sobre todo a ti Liseth, amiga, compañera y colega mía por resistir el tiempo y vivir cientos de horas de estudio, momentos felices y otros irónicos pero de aprendizaje mutuo.*

*Un sincero agradecimiento a la Doctora Paola Andrea Gómez Buitrago, por la oportunidad de realizar este trabajo de investigación, quien con sus conocimientos y experiencia, guio y apoyó con la dirección de este proyecto para culminarlo con éxito, de igual manera a la Corporación Universitaria Autónoma del Cauca y al personal docente quienes durante la carrera estuvieron compartiendo para conmigo su conocimiento y calidad humana.*

*Agradezco al jefe del área de salud ambiental de la Secretaría de Salud, el Doctor Giovanni Apraez Ippolito, también a la Química Astrid Aponza encargada del laboratorio de salud pública, quien colaboró con las necesidades requeridas durante el procedimiento previo de muestreo. A la alcaldía municipal de Páez, quien aportó con los insumos necesarios para la ejecución del muestreo.*

*Oscar Eduardo.*

## CONTENIDO

	pág.
RESUMEN .....	13
ABSTRACT .....	15
INTRODUCCIÓN .....	17
1. CAPÍTULO I: PROBLEMA .....	19
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	19
1.2. JUSTIFICACIÓN .....	21
1.3. OBJETIVOS .....	22
1.3.1. Objetivo general.....	22
1.3.2. Objetivos específicos.....	22
2. CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO .....	23
2.1. ANTECEDENTES .....	23
2.2. BASES TEÓRICAS .....	26
2.2.1. Plaguicidas .....	26
2.2.2. Tipos de exposición a plaguicidas .....	29
2.2.3. Plaguicidas organofosforados (OP) .....	30
2.2.4. Cuadro clínico de intoxicación por plaguicidas .....	32
2.2.5. Plaguicidas carbamatos (C).....	33
2.2.6. Fases de intoxicación por plaguicidas .....	34

2.2.7.	Marcadores biológicos.....	35
2.2.8.	Acetilcolina (AC) .....	35
2.2.9.	Acetilcolinesterasa (AChE) .....	36
2.2.10.	Método de Limperos y Ranta modificado por Edson .....	39
2.2.11.	Reactivos para procesamiento de muestras .....	40
2.2.12.	Inhibición enzimática .....	40
2.2.13.	Programa de Vigilancia Epidemiológica de Plaguicidas (VEO) .....	41
2.2.14.	Evaluación epidemiológica .....	41
2.3.	BASES LEGALES.....	41
3.	CAPÍTULO III. METODOLOGÍA .....	43
3.1.	DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	43
3.2.	VARIABLES A EVALUAR .....	44
3.3.	APLICACIÓN DE ENCUESTA EPIDEMIOLÓGICA .....	45
3.4.	EVALUACIÓN DE LOS NIVELES DE ACETILCOLINESTERASA .....	45
3.4.1.	Equipos y reactivos.....	45
❖	Lovibond.....	45
❖	Reactivos.....	46
❖	Instrumentos de laboratorio .....	46
3.4.2.	Trabajo de campo .....	46
3.4.3.	Análisis de la acetilcolinesterasa .....	47
❖	Prueba de reactivos.....	48
❖	Tubo de reacción.....	49
❖	Muestras de sangre.....	49
❖	Blanco de sangre.....	51

❖ Muestra de trabajadores.....	51
❖ Interpretación de resultados .....	53
4. CAPÍTULO IV. RESULTADOS .....	54
4.1. PRESENTACIÓN E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	54
5. CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	70
5.1. CONCLUSIONES.....	70
5.2. RECOMENDACIONES .....	72
BIBLIOGRAFÍA .....	73
ANEXOS .....	78



## INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación de los plaguicidas según su naturaleza.....	27
Tabla 2. Clasificación de plaguicidas según el organismo que controlan.....	28
Tabla 3. Clasificación de plaguicidas según el grupo químico .....	28
Tabla 4. Clasificación de plaguicidas según su toxicidad, en DL <sub>50</sub> (mg/Kg).....	29
Tabla 5. Características del síndrome colinérgico .....	32
Tabla 6. Parámetros de medición para plaguicidas.....	35
Tabla 7. Reactivos para procesamiento de muestras .....	46
Tabla 8. Tiempo y temperatura para la lectura de la prueba de reactivos.....	49
Tabla 9. Rangos de edad de la población de estudio.....	55
Tabla 10. Tipo de actividad de la población estudiada .....	56
Tabla 11. Tiempo de uso de plaguicidas .....	58
Tabla 12. Características de los plaguicidas usados en la zona estudiada.....	59
Tabla 13. Relación de prueba AChE con plaguicidas empleados .....	61
Tabla 14. Tipo de cultivos representativos de la zona estudiada .....	62
Tabla 15. Características de algunos cultivos de la zona.....	64
Tabla 16. Cuadro clínico de las personas encuestadas .....	64
Tabla 17. Resultados de la prueba de AChE de la población estudiada.....	66
Tabla 18. Confirmación de porcentaje de inhibición por individuo.....	67

## LISTA DE IMÁGENES

Imagen 1. Participación (%) de Unidades de Producción Agropecuaria (UPA).....	26
Imagen 2. Contaminación del ambiente por el uso de plaguicidas.....	27
Imagen 3. Estructura química de los organofosforados .....	31
Imagen 4. Estructura química de los carbamatos .....	33
Imagen 5. Fases de la intoxicación por plaguicidas .....	34
Imagen 6. Fórmula química de la acetilcolina .....	36
Imagen 7. Reacción química de la hidrólisis de acetilcolina.....	36
Imagen 8. Representación de la transmisión del impulso nervioso.....	37
Imagen 9. Proceso químico de la hidrólisis de acetilcolina .....	38
Imagen 10. Inhibición de la enzima acetilcolinesterasa.....	40
Imagen 11. Ubicación geográfica del resguardo de Vitoncó, Páez .....	43
Imagen 12. Disco comparador del equipo de Lovibond .....	45
Imagen 13. Socialización del proyecto de investigación .....	47
Imagen 14. Aplicación de la encuesta a la población estudiada .....	47
Imagen 15. Toma de muestra de sangre a población estudiada.....	50
Imagen 16. Punto ecológico de la zona de muestreo.....	50
Imagen 17. Guardián para elementos corto punzantes.....	51
Imagen 18. Adición de solución sustrato a las muestras procesadas .....	52
Imagen 19. Lectura de resultados .....	52
Imagen 20. Lectura individual de resultados a la población estudiada.....	53
Imagen 21. Almacenamiento inadecuado de plaguicidas .....	57
Imagen 22. Plaguicida Roundup .....	60
Imagen 23. Cultivos representativos de la zona de estudio .....	63

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Género de la población estudiada .....	55
Gráfico 2. Género y actividad a la que se dedica la población encuestada .....	56
Gráfico 3. Exposición directa o indirecta a plaguicidas .....	58
Gráfico 4. Uso de elementos de protección personal.....	62
Gráfico 5. Exposición directa e indirecta durante el último mes .....	65
Gráfico 6. Acceso a capacitaciones .....	65
Gráfico 7. Comparación de resultados primera y segunda visita .....	69

## LISTA DE ANEXOS

Anexo A. Formato encuesta por el Instituto Nacional de Salud programa VEO....	78
Anexo B. Protocolo procesamiento de muestras programa VEO.....	81
Anexo C. Informe calibración de micropipetas .....	82
Anexo D. Certificados capacitación Secretaría de Salud Departamental.....	83
Anexo E. Preparación de reactivos .....	85
Anexo F. Montaje de equipos para toma de muestras .....	86

## RESUMEN

Las prácticas agrícolas están directamente relacionadas con el uso de plaguicidas, debido a que son la forma dominante para combatir plagas, que indiscriminadamente y sin el cuidado adecuado en su manejo y almacenamiento, pueden ocasionar numerosos riesgos tanto para el medio ambiente como para la salud de los trabajadores expuestos y la comunidad en general.

En los últimos años, el uso de plaguicidas organofosforados (OP) y carbamatos (C) en el Departamento del Cauca se ha ido incrementando, en consecuencia se han presentado una serie de intoxicaciones por este tipo de sustancias que inhiben el proceso bioquímico de la enzima acetilcolinesterasa (AChE). En este contexto, el objetivo del presente estudio fue evaluar la actividad de dicha enzima en muestras de sangre en trabajadores expuestos en la vereda de Monte Cruz dentro del resguardo de Vitoncó del municipio de Páez-Belalcazar.

El procedimiento usado fue el método colorimétrico de Limperos y Ranta modificado por Edson, conveniente para este tipo de investigaciones por ser un método de campo, rápido y que además de la rutina, permite atender adecuadamente las emergencias y el trabajo fuera del laboratorio, se fundamenta en un cambio de pH detectado como cambio de color en un tiempo determinado y expresado en porcentaje de actividad, en valores discretos y a intervalos de 12.5%, a causa de la liberación del ácido acético por la hidrólisis de la acetilcolina (AC).

Se utilizó una encuesta estructurada por el Instituto Nacional de Salud (INS) como práctica de recolección de datos, en donde se obtuvo un total de trabajadores con los siguientes porcentajes arrojados: el 57% eran hombres y 43% mujeres, el 40% se encontraba en un rango de edad de 21 a 30 años, el oficio con mayor número de trabajadores fueron: fumigador-aplicador con 69% y, el 53% hace uso de los elementos de protección personal (EPP).

Se realizaron 105 pruebas de AChE, el 42% de la población encuestada presentó niveles bajos de actividad enzimática en las muestras de sangre, indicando sobre-exposición a este tipo de plaguicidas.

Los resultados se adoptaron según lo establece el programa de Vigilancia Epidemiológica de Plaguicidas Organofosforados y Carbamatos (VEO), por ende

se tuvieron en cuenta las medidas de prevención por medio de capacitaciones respecto al uso de los elementos de protección personal como el overol, guantes, tapabocas o respirador y botas. Se realizó la confirmación de los resultados, en donde se repitió la prueba a diez (10) personas que presentaron niveles bajos de actividad enzimática, evidenciando una variación en los resultados como muy positiva en un 30%.

**Palabras clave:** Acetilcolinesterasa, enzima, plaguicidas, organofosforados, carbamatos.

## ABSTRACT

Agricultural practices are directly related to the use of pesticides, because they are the dominant way to fight pests, which indiscriminately and without proper care in handling and storage, can cause numerous risks to both the environment and the health of the exposed workers and the community in general.

In recent years, the use of organophosphates (OP) and carbamates (C) pesticides in the department of Cauca has been increasing, where a series of intoxications by this type of toxins that inhibit the biochemical process of the Acetylcholinesterase enzyme (AChE). In this context, the objective of this study was to evaluate the activity of this enzyme in blood samples, in workers exposed in the path's Monte Cruz within the Vitonco's resguardo of the municipality's Paez-Belalcazar.

The procedure used was the colorimetric method of Limperos y Ranta modified by Edson, convenient for this type of research because it is a field method, fast and that in addition to routine, it allows adequate access to emergencies and work outside the laboratory; it's based on a pH change detected as color change in a specific time and expressed as a percentage of activity, in discrete values and intervals 12.5%, due to the release of acetic acid by the hydrolysis of acetylcholine (AC).

A structured survey was used by the National Health Institute (INS) as a data collection practice, where a total of workers were obtained with the following percentages: 57% were men and 43% women, 40% were in a range aged 21 to 30 years, the trade with the greatest number of workers were: fumigator-applicator with 69% and 53% made use of the personal protection elements (EPP).

Acetylcholinesterase tests were carried out 105, 42% of the surveyed population presented low levels of enzymatic activity in the blood samples, indicating overexposure to this type of pesticides.

The results were adopted as established by the Epidemiological Surveillance program of Organophosphates and Carbamates Pesticides (VEO), therefore the prevention measures were taken into account through training regarding the use of personal protection elements such as overalls, gloves, masks or respirator and boots. Confirmation was made of the results, where the test was repeated to ten

(10) people who presented low levels of enzymatic activity, showing a variation in the results as very positive in 30%.

**Keywords:** Acetylcholinesterase, enzyme, pesticides, organophosphates, carbamates.



## INTRODUCCIÓN

En Colombia el problema de la contaminación por plaguicidas es cada vez más grave, debido en parte al aumento de la cantidad aplicada, la variedad y el uso de compuestos más tóxicos, Salcedo Monsalve et al., (2012). Nuestro país consume 21 millones de kilogramos de plaguicidas químicos al año, de los cuales 17,1 se aplican en el sector agrario, ubicándose en el tercer lugar en América Latina (después de Brasil y México), el consumo de plaguicidas viene en incremento tanto el consumo como la producción.

Los plaguicidas organofosforados (OP) y carbamatos (C) son los más utilizados para actividades agrícolas, en donde la intoxicación por OP es irreversible mientras que los C tienden a ser de menor duración, debido a que la inhibición de la enzima acetilcolinesterasa es reversible y además, son metabolizados rápidamente (Karami-Mohajeri & Abdollahi, 2011).

La intoxicación por parte de los compuestos OP en los mamíferos es causada por la fosforilación del ingrediente activo (adición de un grupo fosfato a los químicos de cualquier producto pesticida), y la consecuente inhibición de la enzima acetilcolinesterasa (AChE), que favorece la desactivación de la acetilcolina (AC) en el sistema nervioso. La inhibición de esta enzima trae como consecuencia la acumulación de AC a nivel de sinapsis colinérgica y además, la excesiva estimulación de los receptores muscarínicos y nicotínicos del sistema nervioso, causando varios efectos que pueden culminar con la muerte por paro respiratorio (Cárdenas, Silva, Morales, & Ortiz, 2005).

El interés del presente trabajo de investigación, fue identificar cualitativamente el grado de intoxicación en personas expuestas de manera ocupacional o accidental como consecuencia del manejo inadecuado de los plaguicidas en las actividades agrícolas realizadas en la vereda de Monte Cruz, Páez-Belalcazar, en donde se presentaron resultados anormales de actividad de la AChE, evaluados con el método colorimétrico de Limperos y Ranta modificado por Edson. Dicha actividad sirve como biomarcador útil y sensible para vigilar la exposición a sustancias inhibitoras de la colinesterasa. Según Carmona-Fonseca, (2006) la medición de la actividad colinesterásica se ha constituido en la principal prueba de laboratorio para la vigilancia de la población laboral expuesta a estos plaguicidas.

Debido a que los resultados obtenidos en la investigación demuestran un porcentaje de la población contaminada, es necesario capacitar con sesiones de conversación para dar a conocer y educar a la población acerca del uso de los adecuados elementos de protección personal (EPP) y las medidas de prevención requeridas para el manejo de plaguicidas.

## CAPÍTULO I: PROBLEMA

### 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), la agricultura es uno de los tres sectores laborales más peligrosos, seguidos de la construcción y la minería, se plantea que 170.000 accidentes fatales se registran en el ámbito mundial en el sector agrícola, dentro de los factores de riesgo se encuentra la exposición a riesgos toxicológicos en el manejo de plaguicidas, fertilizantes y combustibles; y las principales enfermedades son por cáncer específico y problemas respiratorios (Gutiérrez Cardona & Villada Cano, 2015).

Los plaguicidas son utilizados ampliamente en diferentes campos, principalmente en la agricultura con el fin de mejorar la calidad de los alimentos, además del control de vectores transmisores de enfermedades, aunque su uso excesivo ha causado efectos adversos para los trabajadores que los manipulan. Se sabe que la exposición de bajo nivel a plaguicidas produce una variedad de cambios bioquímicos tales como la unión de células/receptores, la formación de aductos de proteínas y ADN, así como también, la inhibición de enzimas (Santi et al., 2011).

La Organización Mundial de la Salud (OMS), estima que cada año en el mundo se presentan tres millones de casos de intoxicaciones agudas con plaguicidas, de las cuales cerca de 220.000 tienen un desenlace fatal. Tan solo un promedio de 300.000 casos anuales son derivados de exposición ocupacional accidental Díaz et al., (2017).

Según un estudio realizado en diferentes países de Centroamérica, se estima que el 3% de los trabajadores agrícolas que están expuestos a los plaguicidas sufren cada año una intoxicación aguda. La tasa de incidencia para estas intoxicaciones en la región Centroamericana ha mostrado un progresivo aumento del riesgo, pasando de tasas de 6,3 por cien mil habitantes en 1992 a 19,5 en el año 2000 (Henao & Arbelaez, 2002). Como consecuencia a estas intoxicaciones, en Colombia, el (MADS, 2012) indica que éstas provocan efectos tóxicos como síndrome colinérgico y la neurotoxicidad retardada.

En el municipio de Páez, el resguardo de Vitoncó, es una región que se caracteriza por su vocación agrícola debido a la diversidad de cultivos a campo abierto, esta situación hace que los agricultores y campesinos permitan mejorar

los productos que cultivan con la finalidad de que éstos adquieran cabida en el mercado o para el propio sustento de las familias. Para ello, acuden al uso de agroquímicos o plaguicidas que les permite mantener los cultivos protegidos contra plagas que minimizan su proceso productivo. El uso de plaguicidas inhibidores de la enzima AChE constituyen el grupo de insecticidas con mayor uso para cumplir con tal finalidad, lo anterior constituye un factor de riesgo para que los agricultores se encuentren expuestos a estos plaguicidas durante periodos de tiempo prolongados.

La comunidad objeto de estudio de la vereda de Monte Cruz no tiene conocimiento claro del manejo de los plaguicidas, principalmente sobre el uso de los elementos de protección personal (EPP), y el almacenamiento de los residuos que resultan de los plaguicidas, considerando a éstos como los requerimientos mínimos para realizar este tipo de actividades agrícolas, de esta manera, se hace un uso inadecuado e indiscriminado de estos agroquímicos, lo que trae como consecuencia problemas graves para la salud y el ambiente, a causa del inadecuado manejo y aplicación de los mismos. En este contexto, se plantea este proyecto de investigación que busca determinar los valores de actividad de la AChE en sangre de trabajadores con riesgo a exposición por este tipo de plaguicidas e impulsar el desarrollo de acciones de promoción, prevención, seguimiento y control que disminuyan el efecto de toxicidad sobre la salud.

## 1.2. JUSTIFICACIÓN

La contaminación del sector agrícola radica en el uso excesivo de plaguicidas, el peligro representado por la propagada presencia de estos agentes en diferentes cultivos ha demostrado numerosos y diversos episodios de epidemias tóxicas y humanas, productoras de alta tasa de mortalidad tanto en Colombia como en otros lugares del mundo. Las intoxicaciones por plaguicidas son un importante problema de salud pública en el país, principalmente en el campo de la salud de los trabajadores expuestos por el uso de estas sustancias.

Durante los últimos años se han venido presentando una serie de casos de intoxicación en diferentes lugares como se registra en el municipio de Páez, en donde una de las causas de este acontecimiento es el uso indebido de plaguicidas, es por ello que fue necesario determinar la actividad de la enzima AChE, mediante el método colorimétrico de Limperos y Ranta modificada por Edson en muestras de sangre para identificar la presencia de plaguicidas OP y C como los causantes directos de las intoxicaciones en la población a través del programa de vigilancia epidemiológica de plaguicidas (VEO).

Esta investigación servirá como aporte para los procesos de vigilancia, seguimiento y control de plaguicidas de la Secretaría de Salud Departamental, de igual manera para el Sistema Nacional de Vigilancia en Salud Pública (SIVIGILA), lo cual permitirá determinar el grado de intoxicación que presentan los habitantes dedicados a actividades agrícolas en la vereda Monte Cruz por la utilización y exposición de plaguicidas en sus diferentes cultivos de forma directa e indirecta respectivamente. Además, con los resultados presentados, se permitirá incentivar a entidades gubernamentales como la Unidad Municipal de Asistencia Técnica Agropecuaria (UMATA) de Popayán o la entidad correspondiente para la zona del resguardo, para la ejecución de programas relacionados con las buenas prácticas agrícolas, así como también, el manejo de los EPP para la prevención temprana de este tipo de intoxicaciones.

Los beneficios del proyecto estuvieron dados directamente para la población estudiada, debido a que con estos resultados, se obtuvo una visión amplia en cuanto a su estado de salud y, de esta manera, la Secretaria de Salud Departamental del Cauca (SSDC), podrá realizar el respectivo seguimiento y monitoreo con brigadas de salud para continuar con el control de este tipo de intoxicaciones en la zona.

### **1.3. OBJETIVOS**

#### **1.3.1. Objetivo general**

Apoyar las actividades del Programa de Vigilancia Epidemiológica de Plaguicidas Organofosforados (OP) y Carbamatos (C) en la vereda Monte Cruz, resguardo de Vitoncó del Municipio de Páez-Cauca, en convenio con la Alcaldía Municipal y la Secretaría de Salud Departamental (SSDC)

#### **1.3.2. Objetivos específicos**

- ❖ Evaluar el nivel de la actividad enzimática de la acetilcolinesterasa (AChE) en las personas que manipulan plaguicidas en la vereda Monte Cruz, resguardo de Vitoncó del Municipio de Páez-Cauca
- ❖ Identificar los cultivos propios de la zona mediante la encuesta estructurada por el Instituto Nacional de Salud
- ❖ Determinar los plaguicidas frecuentemente empleados mediante un censo en la población de la vereda Monte Cruz, resguardo de Vitoncó del Municipio de Páez-Cauca
- ❖ Contribuir al panorama sobre el uso de plaguicidas en el Departamento del Cauca mediante la encuesta del programa VEO.

## CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

### 2.1. ANTECEDENTES

Para contextualizar la información tratada en la investigación, es necesario revisar estudios previos a nivel internacional, nacional y regional que se han realizado en materia de intoxicación por plaguicidas en general, así como de tipo organofosforados y carbamatos utilizados en actividades agrícolas, por consiguiente, a continuación se relacionan algunos de éstos.

A nivel internacional, se realizó un estudio en África, en donde se evaluó los peligros para la salud por el manejo, almacenamiento y uso de plaguicidas en fincas agrícolas, como también en pequeñas granjas en Tanzania, en el cual se cultiva café, algodón y otros cultivos importantes; en tal investigación se identificaron 104 clases de plaguicidas, la mayoría eran OP, sin embargo también hubo presencia de carbamatos, organoclorados y piretroides, dicho estudio se realizó con el objetivo de desarrollar estrategias para el control de la exposición a plaguicidas y de igual manera para posibles envenenamientos causados por los tóxicos mencionados anteriormente (Aiwerasia, 2002).

Por otra parte, según la Secretaría de Salud de México, el 80% de los casos de intoxicación por plaguicidas registrados cada año en el mundo ocurren en países en vías de desarrollo. En México se emplean 260 marcas, de las cuales 24 están prohibidas y 13 restringidas, siendo las principales causas de intoxicación las deficientes medidas de control y prevención. De acuerdo con la Dirección General de Epidemiología de la Secretaría de Salud, la cantidad de casos de intoxicación por empleo de plaguicidas decreció de forma significativa de 8.000 a 2.532, entre 1995 y 2001. No obstante, el registro también menciona que al siguiente año la cifra aumentó ligeramente para ubicarse en 2.802, en 2003 se elevó nuevamente a 3.849 casos y en 2005 fue de 3.898 (Martínez & Gómez, 2007).

Como se cita en Auquilla González, (2015) otro estudio realizado en Ecuador, estableció que aproximadamente el 86% de los pobladores de Dandán, Lunduma y Tugula, del cantón Santa Isabel, se dedican a la agricultura, y por su actividad se encuentran expuestos a diferentes plaguicidas. Los resultados demostraron que entre los plaguicidas utilizados están los OP y C; el 4,39% de agricultores presentaron valores de AChE inferiores al normal: el 1,09% superó el nivel normal, mientras que el 94,52% estuvieron entre el rango normal, concluyendo que la exposición a este tipo de plaguicidas, afectaron sobre los niveles de AChE.

Según un estudio realizado en diferentes países de Centroamérica, se estima que el 3% de los trabajadores agrícolas que están expuestos a plaguicidas sufren cada año una intoxicación aguda. La tasa de incidencia para estas intoxicaciones en la región Centroamericana ha mostrado un progresivo aumento del riesgo, pasando de tasas de 6,3 por cien mil habitantes en 1992 a 19,5 en el año 2000 (Henao & Arbelaez, 2002). Como consecuencia a estas intoxicaciones, en Colombia, el MADS, (2012) indica que tales provocan efectos tóxicos como síndrome colinérgico y la neurotoxicidad retardada.

A nivel nacional, se han reportado hasta donde es nuestro conocimiento tres (3) afectaciones en diferentes áreas producidas por plaguicidas: el primer caso en el municipio de Chiquinquirá, Boyacá el 24 de noviembre de 1967 en donde murieron gran número de personas, debido a que varios insumos esenciales de panadería fueron contaminados con Folidol al 50% (Idrovo, 1999).

El segundo caso sucedió en Puerto López, Meta en 1970, el diagnóstico de la intoxicación por plaguicida inhibidor de la colinesterasa se realizó y exigió la colaboración de todas las instituciones gubernamentales de la región y la Cruz Roja para la movilización de fármacos. El plaguicida implicado fue paratión o metilparatión, ya que estos eran los comúnmente utilizados en los cultivos de arroz de dicha región (Idrovo, 2000).

Por último, se localizó el caso en la ciudad de Pasto en 1977, en donde los análisis químicos realizados por el departamento de química de la Universidad de Nariño y por el laboratorio de la zona minera de Pasto, permitieron identificar al paratión como el agente causal de las intoxicaciones producidas por cargamentos de contrabando introducidas en el país (Idrovo, 1999).

Según Carmona-Fonseca, (2006) en cuanto a los estudios realizados a nivel nacional, se tiene que desde los años de 1993 a 1995 se encontró que el 6,2% de las 41.899 personas examinadas (expuestas a plaguicidas inhibidores de la colinesterasa o carbamatos) en 17 seccionales tenía resultados anormales de colinesterasas, cifra que fue similar (6,1%) en el período 1996-1997.



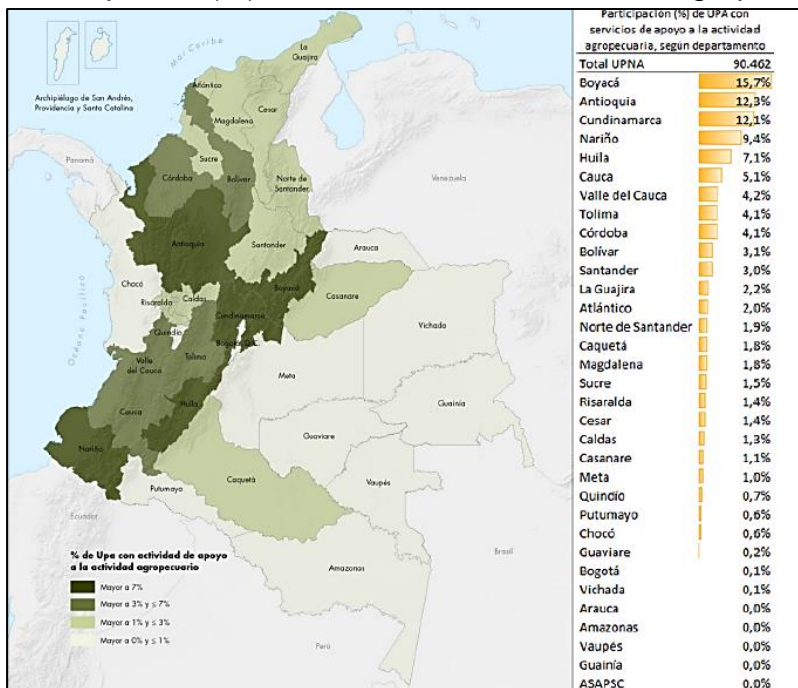
Hay zonas como los departamentos de Córdoba con un 17,7% y Bolívar con 20,3% lo que implica que uno de cada cinco a seis expuestos está intoxicado, situación más grave si se conoce que apenas el 36% de los estudiados tenía afiliación a la seguridad social. En el departamento del Meta, entre 1996 y 1997, de 1.184 personas con antecedentes de exposición a plaguicidas inhibidores de la colinesterasa, el 9% mostró valores bajos anormales de actividad enzimática según medición con Lovibond (Carmona-Fonseca, 2006).

Para la determinación del nivel de exposición a plaguicidas en el que se encuentran los trabajadores, se implementó a nivel nacional el Programa Colombiano de Vigilancia Epidemiológica de Plaguicidas Organofosforados y Carbamatos VEO, el cual opera desde 1981 y lo hace por un convenio entre el Laboratorio de Salud Ambiental del Instituto Nacional de Salud y Secretarías de Salud Departamental del país, se puso en marcha en tres (3) departamentos colombianos: Antioquia, Valle y Tolima. Para este programa se validó el método de Limperos y Ranta modificado por Edson, para la determinación de la actividad de la acetilcolinesterasa en sangre como biomarcador de exposición, con el fin de detectar casos de intoxicación e impulsar el desarrollo de acciones de promoción, prevención, seguimiento y control en los individuos con riesgo a exposición (Varona et al., 2007).

Según el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), se registró el último Censo Agropecuario Nacional en el año 2014 como se muestra en la imagen 1, publicando sus resultados en el 2016: la participación (%) de Unidad de Producción Agropecuaria (UPA) como apoyo a la actividad agropecuaria en el área rural dispersa censada en Colombia, en donde el Departamento del Cauca, se encuentra ubicado en el sexto lugar con 5,1% de participación (DANE, 2016).

A nivel regional, la Secretaría de Salud Departamental del Cauca dentro de sus políticas de calidad y las asignaciones correspondientes, realizan las labores necesarias que le competen al área de salud ambiental para toda la comunidad caucana, es por ello que el proyecto de investigación pretendió suplir tal actividad, por consiguiente, se realizó la investigación en la vereda Monte Cruz, determinando los niveles de AChE, en donde se identificó la sobre-exposición a plaguicidas OP y C en los trabajadores expuestos directa o indirectamente en la zona.

**Imagen 1.** Participación (%) de Unidades de Producción Agropecuaria (UPA)



DANE, (2016)

## 2.2. BASES TEÓRICAS

Se usaron un conjunto de conceptos básicos importantes para contextualizar ciertas variables epidemiológicas que se destacan durante el proceso de investigación, como las que se revisan a continuación.

### 2.2.1. Plaguicidas

La FAO define plaguicida como la mezcla de sustancias que tienen como finalidad prevenir, destruir o controlar cualquier plaga, incluyendo vectores principalmente, capaces de causar daños o interferir de cualquier forma con la producción, procesamiento, almacenamiento o mercado de productos agrícolas (Fernández et al., 2010).

Los plaguicidas agrícolas son factores que contaminan el hábitat natural, tienen efectos adversos en el medio ambiente cuando son usados contra plagas, hierbas indeseables y enfermedades agrícolas. En la actualidad, los plaguicidas suponen un riesgo para los seres humanos, especialmente los profesionales que participan en su producción, los trabajadores de la agricultura y la población en general que consume productos alimenticios contaminados (Murussi et al., 2014).

En la tabla 1 se presentan la clasificación de los plaguicidas según su naturaleza, en este grupo se encuentran los inorgánicos, plaguicidas vegetales y los microorganismos vivos.

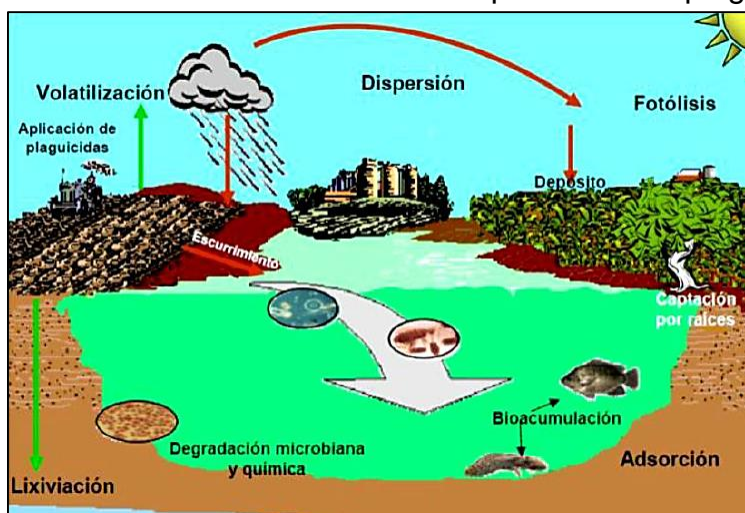
**Tabla 1.** Clasificación de los plaguicidas según su naturaleza

Tipo	Características	Plaguicidas
Inorgánicos	Fabricado a partir de metales, tales como cobre, zinc	Oxicloruro de zinc, Oxicloruro de cobre
Organosintéticos y sintéticos	Sintetizado por el hombre en el laboratorio	Organofosforados, organoclorados, carbamatos
Plaguicidas vegetales	Son extraídos de diversas partes vegetales	Piretrinas, nicotina
Microorganismos vivos	Son virus, bacterias y hongos utilizados en el control biológico de plagas	<i>Trichoderma harzianum</i> , <i>Paecilomyces lilacinus</i> , <i>Metarhizium anisopliae</i> , <i>Beauveria bassiana</i>

Fernández et al., (2010)

En la imagen 2 se muestra el proceso de contaminación que cumplen los plaguicidas en el ambiente: una vez aplicado el plaguicida, por sus características se volatiliza, se dispersa por las condiciones climáticas, se deposita en el suelo y por escorrentía llega a aguas superficiales, afectando el hábitat marino. De igual manera, los lixiviados se filtran en el subsuelo en el momento de aplicación.

**Imagen 2.** Contaminación del ambiente por el uso de plaguicidas



Jáquez et al., (2013)

Otro tipo de clasificación de plaguicidas se presenta en la tabla 2, la cual está establecida según el organismo que controlan, entre ellos se encuentran los fungicidas, insecticidas, herbicidas, acaricidas y rodenticidas.

**Tabla 2.** Clasificación de plaguicidas según el organismo que controlan

Tipo de plaguicida	Efecto sobre
Insecticida	Insectos
Fungicida	Hongos
Herbicida	Plantas indeseadas
Acaricida	Ácaros
Rodenticida	Roedores

Auquilla González, (2015)

Por otra parte, es importante mencionar otro tipo de clasificación a la que están adaptados los plaguicidas, el cual es según el grupo químico como se muestra en la tabla 3, que sirve para identificar el tipo de parámetro que se debe tener en cuenta si alguno de éstos se desea medir.

**Tabla 3.** Clasificación de plaguicidas según el grupo químico

Grupo químico	Estructura química
Organofosforados	$\begin{array}{cc} \text{O} & \text{S} \\ \parallel & \parallel \\ \text{X}-\text{P}-\text{R} & \text{X}-\text{P}-\text{R} \\   &   \\ \text{R}' & \text{R}' \end{array}$ <p style="text-align: center;"><b>Oxones                  Tiones</b></p>
Carbamatos	$\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C} \\   \\ \text{N}-\text{C}=\text{O} \\   \quad \backslash \\ \text{R} \quad \text{X} \end{array}$
Tiocarbamatos	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{R}_1-\text{N}-\text{C}-\text{S}-\text{R}_3 \\   \\ \text{R}_2 \end{array}$
Piretroides	
Organoclorados	<p>(DDT)</p>

Ramírez & Lacasaña, (2001)

Es pertinente mencionar la clasificación de los plaguicidas según el grado de toxicidad, la cual es expresada en DL<sub>50</sub> (mg/Kg), lo anterior permite determinar el grado de peligrosidad que éstos tienen para el ser humano como se muestra a continuación en la tabla 4.

**Tabla 4.** Clasificación de plaguicidas según su toxicidad, en DL<sub>50</sub> (mg/Kg)

Clase	Toxicidad	Dosis Letal 50 (oral aguda para ratas)
Clase IA	Extremadamente peligrosos	0 – 5 mg/Kg
Clase IB	Altamente peligrosos	5 – 50 mg/Kg
Clase II	Medianamente peligrosos	50 – 500 mg/Kg
Clase III	Ligeramente peligrosos	Mayor de 500 mg/Kg
Clase IV	No presentan riesgo en uso normal	-

Ramírez & Lacasaña, (2001)

De acuerdo a Martínez & Gómez, (2007) existen trabajadores que están expuestos a diversas mezclas de plaguicidas, como es en el caso en invernaderos y de campo abierto, en donde se cultivan hortalizas y plantas ornamentales. En campo abierto, la exposición de los jornaleros que laboran en actividades agrícolas, sucede de varias formas, tanto para quien aplica como para quien formula y realiza las mezclas, mientras que en los invernaderos, el efecto es más prolongado debido a la humedad relativa alta y la temperatura.

### 2.2.2. Tipos de exposición a plaguicidas

Existen varias formas por las cuales los seres humanos pueden verse afectados por la exposición a los plaguicidas, como las que se mencionan a continuación, (Castro & Aquino, (2008).

- ❖ Exposición accidental: se presentan accidentes provocados durante el mezclado y aplicación; se debe considerar el uso de los elementos de protección personal para reducir las posibilidades de daños mayores
- ❖ Exposición ocupacional: aquellos que se encargan de la preparación de las mezclas de los plaguicidas son las de mayor riesgo de exposición, debido a que el producto está en su más alta concentración. Aquellos aplicadores también corren un alto riesgo debido al tiempo prolongado a los plaguicidas

- ❖ Exposición por residuos en alimentos: el consumo de alimentos con altos niveles de residuos es otra forma de exposición a los plaguicidas
- ❖ Exposición por aguas contaminadas con plaguicidas: el uso inadecuado o la eliminación indebida de los plaguicidas pueden contaminar tanto las aguas superficiales como las subterráneas mediante el filtrado a través del suelo.

La exposición ocupacional de los plaguicidas se presenta de manera directa de las fuentes emisoras en la zona de trabajo, y una de las principales vías de ingreso al organismo es la respiratoria, Yucra et al., (2008) menciona tres elementos que componen la exposición ocupacional:

- ❖ El tiempo de exposición
- ❖ La concentración de la sustancia en el ambiente del trabajo
- ❖ Las medidas de protección utilizadas al aplicar los plaguicidas.

De esta manera, como se cita en Yucra et al., (2008) se pueden reconocer dos tipos de exposición: aguda (de corta duración pero con alta concentración) y crónica (de larga duración, con bajas, medianas y altas concentraciones), que van a producir efectos nocivos a la salud de los trabajadores de tipo agudo o crónico, que de acuerdo con las medidas preventivas que se tomen y a la susceptibilidad individual pueden ser de efectos reversibles o irreversibles.

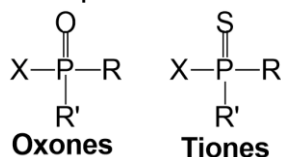
### **2.2.3. Plaguicidas organofosforados (OP)**

Para esta investigación se evaluarán los plaguicidas OP y C; los organofosforados son compuestos derivados del ácido fosfórico, utilizados para el control y eliminación de insectos en la agricultura, estos plaguicidas actúan como inhibidores de la AChE, que evita la degradación del neurotransmisor AC, aumentando tanto la concentración como la duración de la acción en el cuerpo (Muñoz-Quezada et al., 2013).

Es importante identificar la estructura química de los compuestos químicos que poseen los plaguicidas para determinar su grado de toxicidad, en donde los más tóxicos son aquellos que mejor se acoplan al centro activo de la enzima AChE. En la imagen 3 se muestra la estructura de los OP, cuando el oxígeno es el átomo que se une al fósforo con el doble enlace, el compuesto se denomina oxón y es un potente inhibidor de la colinesterasa. Sin embargo, con el oxígeno en esta

posición, se favorece la hidrólisis del compuesto, especialmente bajo condiciones alcalinas. Para hacerlos más resistentes a la hidrólisis, se ha sustituido al oxígeno por un átomo de azufre, estos compuestos son llamados tiones y son pobres inhibidores de colinesterasa.

**Imagen 3.** Estructura química de los organofosforados



El metabolismo de los OP se da de la siguiente manera: una vez absorbidos y distribuidos en el organismo, poseen una vida media corta en el plasma y un elevado volumen de distribución en los tejidos. Los plaguicidas OP son metabolizados por una serie de enzimas (esterasas, transferasas), fundamentalmente en el hígado, sufriendo una serie de transformaciones químicas, las cuales tienden a aumentar la hidrosolubilidad del plaguicida y por consiguiente facilitan su excreción a nivel renal (Fernández et al., 2010).

El mecanismo de acción de los OP desarrolla su toxicidad a través de la fosforilación de la enzima AChE en las terminaciones nerviosas. Los plaguicidas organofosforados reaccionan con la zona esterásica de la enzima colinesterasa formando una unión estable que si no se rompe mediante el tratamiento, se hace irreversible, quedando la enzima inhabilitada para su función normal. La pérdida de la función enzimática permite la acumulación de acetilcolina en las uniones colinérgicas neuroefectoras (efectos muscarínicos), en las uniones mioneurales del esqueleto y los ganglios autónomos (efectos nicotínicos) y en el Sistema Nervioso Central (SNC) (Fernández et al., 2010).

La absorción de los OP pueden penetrar al organismo por inhalación, ingestión y a través de la piel intacta, debido a su alta liposolubilidad, característica que hace que pasen las barreras biológicas más fácil, y por su volatilidad facilitando su inhalación. Con relación a la exposición de los plaguicidas OP, éstos tóxicos se pueden absorber fácilmente a través de las membranas mucosas, la piel y los tractos gastrointestinal y respiratorio (Fernández et al., 2010). El envenenamiento causado por estas sustancias es muy común en trabajadores agrícolas y produce una alta mortalidad y morbilidad (Sánchez - Santed et al., 2016).

#### 2.2.4. Cuadro clínico de intoxicación por plaguicidas

La exposición a plaguicidas organofosforados es conocida por inducir síndromes clínicos y alteraciones bioquímicas en humanos, dichos síndromes con respecto a la toxicidad de los plaguicidas en mención son:

- ❖ Síndrome colinérgico agudo, debido a la inhibición de la actividad de la AChE, que ocurre minutos u horas después de la exposición, por lo general desaparece en días o semanas, y la acetilcolinesterasa eritrocítica se utiliza para controlar la exposición aguda a OP (Salvi et al., 2003).
- ❖ Síndrome intermedio, generalmente comienza de 24 a 96 horas después del síndrome agudo, se caracteriza por: debilidad, reflejos tendinosos deprimidos y síntomas extra-piramidales transitorios, sin respuesta al tratamiento con el antagonista del receptor colinérgico atropina (Salvi et al., 2003).
- ❖ Neuropatía retardada introducida por organofosforados, que es una neuropatía distal simétrica, que generalmente ocurre semanas después de una exposición aguda probablemente relacionada con la inhibición de la enzima esterasa presente en el sistema nervioso (Salvi et al., 2003).

En la tabla 5 se sintetizan los cuadros clínicos de la intoxicación aguda por acción de los plaguicidas OP: efectos muscarínicos, nicotínicos y en el Sistema Nervioso Central (SNC).

**Tabla 5.** Características del síndrome colinérgico

Efectos Muscarínicos	Efectos Nicotínicos	Efectos Sistema Nervioso Central
Visión borrosa	Calambres	Cefalea
Diaforesis		Ansiedad
Náuseas	Fasciculaciones	Confusión
Vómito		Irritabilidad
Diarrea	Debilidad	Alteración del estado de conciencia
Cólico abdominal		Depresión respiratoria
Incontinencia de esfínteres	Parálisis flácida	Convulsiones

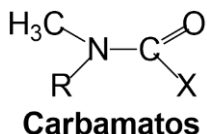
Fernández et al., (2010)



### 2.2.5. Plaguicidas carbamatos (C)

Como segundo tóxico se tiene a los carbamatos, los cuales son compuestos químicos derivados del ácido carbámico, son menos lesivos que los OP, debido a que la interacción con el sitio activo se da de forma reversible, permitiendo que la enzima pueda restablecer su actividad. Son ampliamente usados para el control de vectores (Castellanos, 2014). En la imagen 4 se muestra la estructura química de los carbamatos.

**Imagen 4.** Estructura química de los carbamatos



En donde R es H o algún grupo metilo (CH<sub>3</sub>) y X es un alcohol, grupo arilo, heterocíclico o una oxima que determina el grado de acoplamiento al centro activo de las colinesterasas y por consiguiente su capacidad inhibidora.

El mecanismo de acción de los carbamatos es similar a los organofosforados, sin embargo se diferencia por dos características farmacocinéticas:

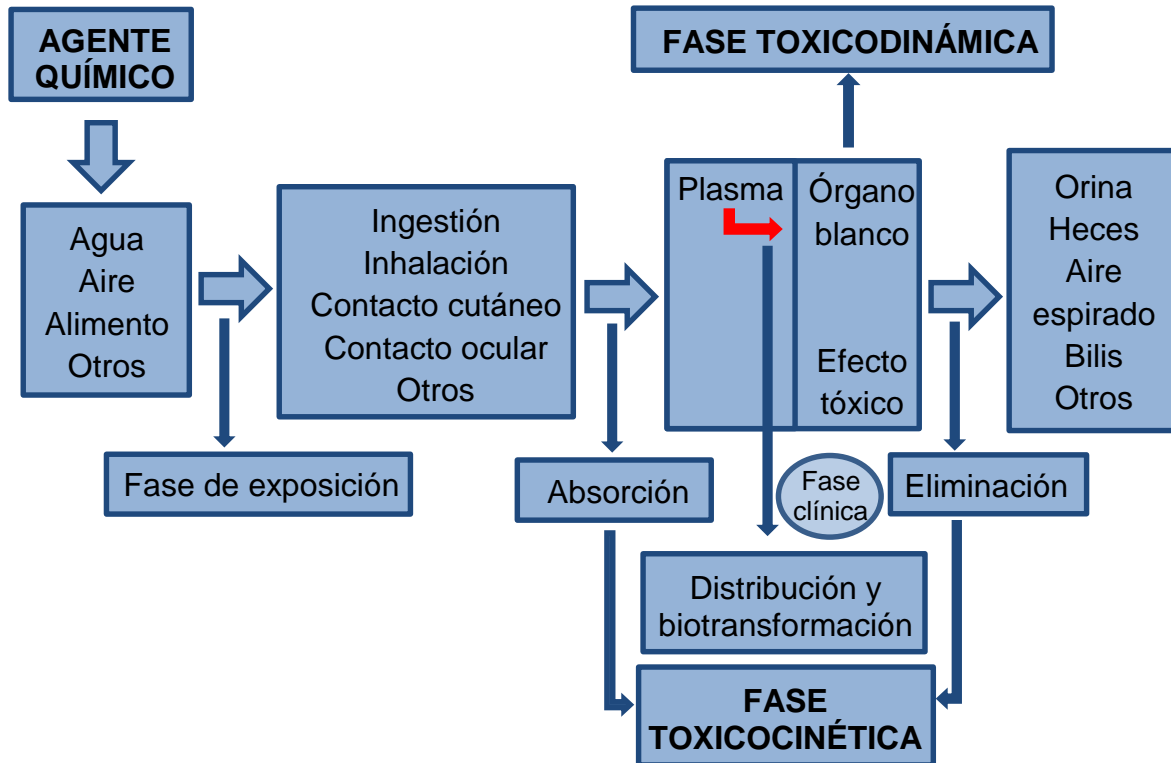
- ❖ No sufren el proceso de envejecimiento, por lo cual, la unión entre el tóxico y la colinesterasa es reversible, permitiendo una reactivación espontánea de la enzima después de una variable de tiempo dependiendo del producto, por lo general no mayor a 24 horas (Plazas Hernández & Francisca Olarte, 2011).
- ❖ Los carbamatos no cruzan de forma fácil la barrera hematoencefálica, por lo que los síntomas en el sistema nervioso central son limitados, aunque su disfunción puede ocurrir en intoxicaciones masivas o por toxicidad pulmonar (Plazas Hernández & Francisca Olarte, 2011).

La absorción de los plaguicidas carbamatos, se da por vía dérmica, por mucosas y por inhalación e ingesta, los niveles picos séricos de algunos compuestos son medidos de 30 a 40 minutos después de la ingesta; de igual manera, el metabolismo de los carbamatos sufren tres (3) procesos de metabolismo hepático y en la pared intestinal: hidrólisis, hidroxilación y conjugación. El 90% de eliminación es excretado en la orina en tres días de ingesta (Plazas Hernández & Francisca Olarte, 2011).

### 2.2.6. Fases de intoxicación por plaguicidas

Es importante identificar las fases en las que se da la intoxicación de este tipo de agentes tóxicos, con el fin de evidenciar el proceso en el que se va dando, desde la fase de exposición hasta la eliminación. A continuación se muestra la imagen 5 que exponen dichas fases.

Imagen 5. Fases de la intoxicación por plaguicidas



Adoptado de documento Instituto Nacional de Salud.

En la tabla 6 se presentan los parámetros de medición de algunos plaguicidas, éstos son de gran importancia para determinar el método y el biomarcador biológico que se deben emplear para su respectiva medición.

**Tabla 6.** Parámetros de medición para plaguicidas

Plaguicida	Muestras Biológicas	Parámetro
Organofosforados y carbamatos	Sangre	Colinesterasa
Warfarínicos	Sangre	Pruebas de coagulación
Bipiridilios	Orina / sangre	Cuantificación de la molécula
Glifosato	Orina	Cuantificación de la molécula
Derivados metálicos	Sangre, cabello	Niveles tóxicos de metales
Organoclorados	Sangre, tejido adiposo	Presencia de los plaguicidas

Álvarez, (2010)

### 2.2.7. Marcadores biológicos

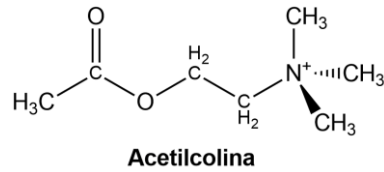
Una población dedicada a actividades agrícolas está en riesgo de exposición a tóxicos, entre ellos los plaguicidas, los cuales pueden ser examinados a partir de biomarcadores, también denominados marcadores biológicos, que se definen como los cambios bioquímicos, fisiológicos o morfológicos medibles que se producen en el sistema biológico y son interpretados como reflejo o marcador de la exposición a un agente tóxico. Los biomarcadores suelen utilizarse como indicadores del estado de la salud o del riesgo a enfermedades de los seres humanos (Martínez & Gómez, 2007).

La exposición de la población que habita un área afectada se evalúa mediante el monitoreo biológico de tejidos humanos y fluidos corporales, para detectar los efectos biológicos de los plaguicidas antes de que causen efectos adversos en la salud, desde el punto de vista clínico se emplean los biomarcadores, entre los más destacados para detectar la exposición a insecticidas OP y el riesgo de sufrir una intoxicación es el nivel de inhibición de la enzima AChE (Gentile et al., 2003).

### 2.2.8. Acetilcolina (AC)

En el proceso de inhibición enzimática, la AC es la sustancia que actúa como neurotransmisor y está encargada de la transmisión de impulsos nerviosos de las neuronas pre-ganglionares a post-ganglionares; está formada por dos componentes: ácido acético y colina, que se unen mediante la acción de la AChE, cuya reacción tiene parte en las terminales nerviosas del sistema nervioso central (Auquilla González, 2015). En la imagen 6 se muestra la estructura química de la AC.

**Imagen 6.** Fórmula química de la acetilcolina

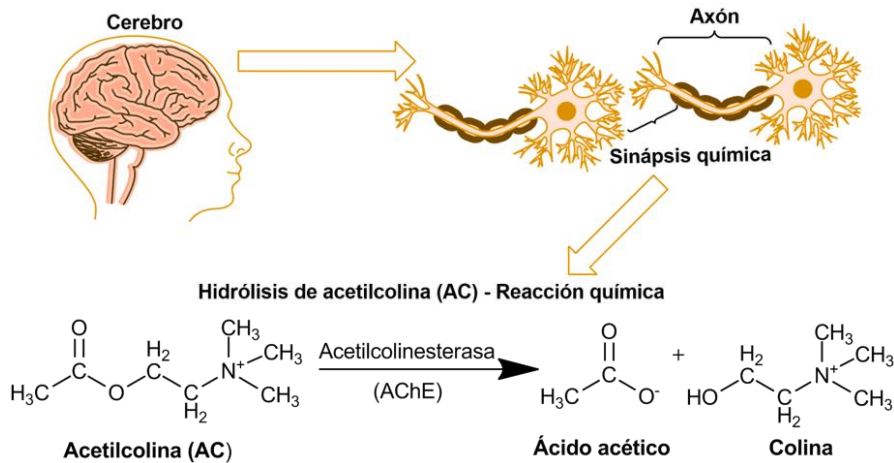


**2.2.9. Acetilcolinesterasa (AChE)**

La enzima acetilcolinesterasa es la que se ve inhibida por los plaguicidas OP y C, está localizada en las terminaciones nerviosas; es el blanco molecular de la toxicidad de los organofosforados y carbamatos. Cuando se bloquea la enzima queda impedida para participar en la hidrólisis de acetilcolina y estos neurotransmisores se acumulan, su acción se intensifica y se producen efectos tóxicos en el sistema nervioso central y en los sistemas parasimpático, simpático y motor (Silva, Morales, & Ortiz, 2000).

Como se indica en Auquilla González, (2015) la acetilcolinesterasa produce inactivación de la acetilcolina, disminuyendo la transmisión del impulso nervioso. La reacción química producida en la hidrólisis de la acetilcolina se da como se muestra a continuación:

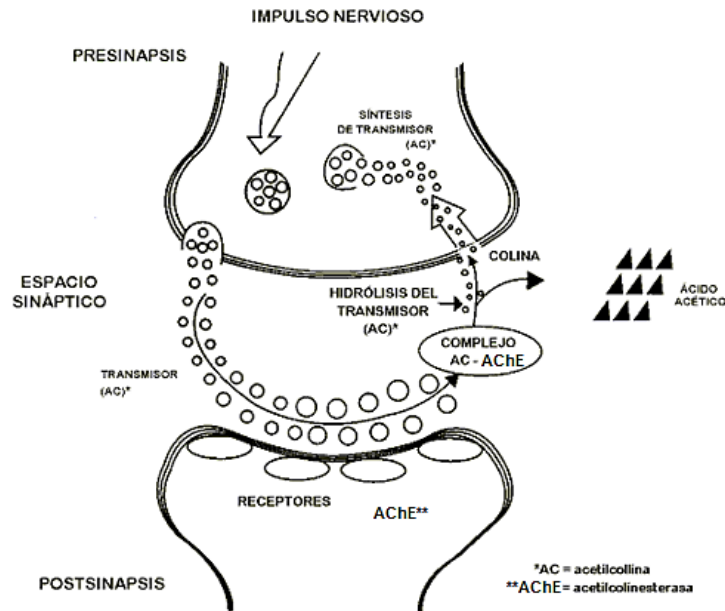
**Imagen 7.** Reacción química de la hidrólisis de acetilcolina



El proceso fisiológico neuromuscular durante la estimulación del impulso nervioso se da de la siguiente manera y como se muestra en la imagen 8, la acetilcolina como neurotransmisor se libera en la membrana presináptica, cruzando el espacio sináptico y transmitiendo información de neurona a neurona, seguido, la acetilcolina se une con algún receptor (muscarínico y nicotínico), en la membrana postsináptica e inmediatamente entra a actuar la enzima AChE formando el

complejo de acetilcolina-acetilcolinesterasa (AC-AChE) hidrolizando la AC en ácido acético y colina, lo que produce la brevedad y unidad de cada impulso propagado (Clavijo, Mauricio, & Gutiérrez de Salazar, 2005), el ácido acético liberado pasa a sangre y la colina regresa a la membrana presináptica para que cuando haya una nueva transmisión de impulso nervioso, se convierta en acetilcolina, dando inicio una vez más con el ciclo fisiológico.

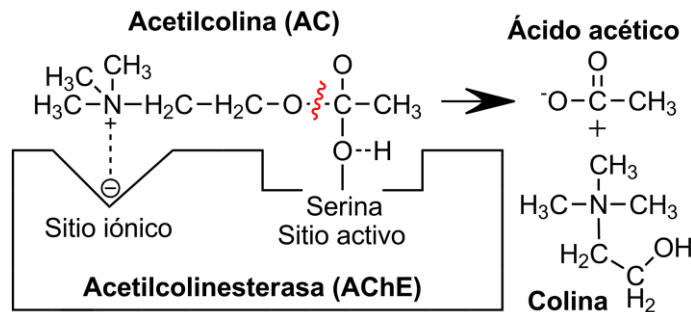
**Imagen 8.** Representación de la transmisión del impulso nervioso



Auquilla González, (2015)

En la imagen 9 se muestra la estructura de la actividad enzimática de la acetilcolinesterasa: la hidrólisis de la molécula de AC se da por acción de la AChE, esto ocurre porque en la reacción química se forma un enlace carbono-oxígeno que al ser un enlace de este tipo, el oxígeno es más electronegativo que el carbono, por consiguiente, el oxígeno se va a llevar hacia su lado el par de electrones que está formando el enlace, y al tener un enlace iónico, se desbalancean todas las fuerzas, por ende, el sitio aniónico de la enzima, atrae para su lado al nitrógeno cargado positivamente de la molécula de AC como consecuencia de la atracción electrostática; por otra parte, el sitio activo de la enzima, está dado para asegurar que solamente la molécula de AC se rompa y forme el ácido acético y la colina, es decir, que si otra molécula se sitúa en este sitio, no encaja y no permite que la hidrólisis se dé.

**Imagen 9.** Proceso químico de la hidrólisis de acetilcolina



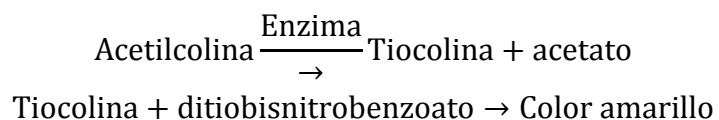
La enzima acetilcolinesterasa se divide en dos grupos:

- ❖ Acetilcolinesterasa (AChE), también llamada colinesterasa verdadera, es una enzima esencial con un alto grado de especificidad en cuanto al sustrato, y que está presente a estructuras celulares en las regiones de las sinapsis colinérgicas, la sustancia gris del sistema nervioso central, las terminaciones motoras de los músculos, entre otras. Esta enzima tiene la función fisiológica de desdoblarse rápidamente la acetilcolina neurotransmisora (AC) en colina y ácido acético, inactivándola de esta manera (Ibarra & Linares, 2012).
- ❖ Las colinesterasas (CE), conocidas como colinesterasas no específicas (pseudocolinesterasas, colinesterasas plasmáticas o séricas butirilcolinesterasas), que forman un grupo de isoenzimas; son menos específicas y están presentes en todo el organismo, se desconoce a ciencia cierta su función fisiológica, una de sus funciones es la detoxificación de fosfatos y carbamatos (Ibarra & Linares, 2012).

Para la determinación de la actividad de la AChE se conocen diferentes métodos:

- ❖ El método de Limperos y Ranta modificada por Edson, utiliza un método colorimétrico conocido como Lovibond, el cual utiliza una muestra obtenida de un sujeto control sin exposición a plaguicidas como patrón, su resultado se expresa en porcentaje de actividad en relación a lo observado en el control (Pineda, 2007).
- ❖ El método pH Stat, es un método de titulación, siendo la actividad de colinesterasa proporcional al consumo de NaOH (hidróxido de sodio), en donde su resultado es expresado en  $\mu\text{moles}$  de NaOH/min/mL (Pineda, 2007).

- ❖ El Método de la butirilcolina, en donde la colinesterasa plasmática presente en la muestra del individuo analizado reacciona con el sustrato presente en el reactivo, que en este caso corresponde a la butirilcolina, que es hidrolizada a tiocolina. Este proceso es monitorizado mediante espectrofotometría a 400nm y 37°C (Pineda, 2007).
- ❖ El método potenciométrico de Michel, es un método sensible y preciso, aprobado internacionalmente por la Agencia de Protección Ambiental y es uno de los más utilizados en América Latina, este método es sugerido para detectar la inhibición de la colinesterasa sérica, causada por bajas concentraciones de un plaguicida organofosforado (*clorpirifos*), por lo que puede resultar un excelente biomarcador para el diagnóstico certero de intoxicaciones agudas causadas por plaguicidas de este tipo, y en el monitoreo biológico de trabajadores expuestos a estas sustancias (Fong Lores et al., 2010).
- ❖ El procedimiento fotométrico para determinar la actividad de la acetilcolinesterasa en extractos de tejidos y suspensiones celulares, es un método para la determinación colorimétrica de actividad de dicha enzima; la actividad de la enzima se mide siguiendo el aumento del color amarillo producido por la tiocolina cuando reacciona con el ion ditiobisnitrobenzoato, se basa en el acoplamiento de estas reacciones (Ellman, Courtney, Andres, & Featherstone, 1961):



La última reacción es rápida y el ensayo es sensible (es decir, una muestra de 10µL de sangre es adecuada). El método se ha usado para estudiar la enzima en eritrocitos humanos y homogeneizados de cerebro de rata, riñón, pulmones, hígado y tejido muscular. Se presentan las constantes cinéticas determinadas por este sistema para la colinesterasa eritrocitaria; los datos obtenidos con la acetiltiocolina como sustrato son similares a los de la AC (Ellman et al., 1961).

#### **2.2.10. Método de Limperos y Ranta modificado por Edson**

Es un método colorimétrico, el cual se fundamenta en un cambio de pH, resultante de la liberación de ácido acético a partir del perclorato de acetilcolina (solución sustrato), detectado como cambio de color por el azul de bromotimol (solución indicadora) en un tiempo determinado y expresado en porcentaje de actividad en

valores discretos y a intervalos de 12,5% (Cárdenas et al., 2005). El método cuenta con el equipo de campo Lovibond, el cual es un equipo de medición que permite realizar determinaciones analíticas con una pequeña cantidad de sangre total, de manera rápida, con alta especificidad, con precisión y bajo costo. Además, está conformado por un disco comparador, quien cumple la función principal de la prueba, indicando el cambio de pH en la muestra de sangre.

### 2.2.11. Reactivos para procesamiento de muestras

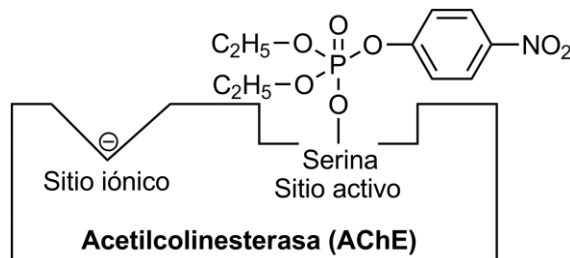
El nivel de la actividad enzimática para cada una de las personas muestreadas, estuvo dado por la ayuda de dos reactivos: el azul de bromotimol, el cual actuó según el tiempo de reacción dado por la temperatura de la zona de estudio, indicando el tiempo necesario para hacer virar el reactivo de verde a amarillo (Medina, Sánchez, & Flórez, 2015); por otra parte, el perclorato de acetilcolina.

Los reactivos entran a actuar una vez se da la hidrólisis de la molécula de AC, en donde la solución sustrato se une con la colina, permitiendo que el ácido acético quede libre para su posterior medición con ayuda de la solución indicadora, debido a que se da un cambio de pH, midiendo de esta manera el nivel de actividad de la AChE a través de la comparación del color de la mezcla con el conjunto de vidrios incluidos en el disco comparador del Lovibond (una celda con la muestra en blanco y la siguiente con la muestra a analizar).

### 2.2.12. Inhibición enzimática

El proceso de inhibición enzimática se representa en la imagen 10, en donde se tiene como ejemplo: el paratión, compuesto organofosforado, el cual interacciona con el grupo OH de la Serina en el sitio activo de la enzima AChE, se forma un intermediario de la enzima fosforilada o carbamoilada según sea el caso, y es la salida de los grupos fosfato o carbamato del sitio activo, lo que limita la velocidad del proceso, es allí en donde la enzima AChE se ve inhibida, inactivada, es decir, se detiene el proceso de hidrólisis de acetilcolina, acumulándose y ocasionando el cuadro clínico por posible intoxicación por plaguicidas.

**Imagen 10.** Inhibición de la enzima acetilcolinesterasa





### **2.2.13. Programa de Vigilancia Epidemiológica de Plaguicidas (VEO)**

Para estudiar el estado de intoxicación de trabajadores expuestos por plaguicidas de tipo OP y C, es necesaria la presencia de un programa que permita verificar, monitorear y apoyar actividades de tal manera que ayuden a minimizar los riesgos por la exposición a dichas sustancias tóxicas; actualmente en Colombia existe el programa VEO, adscrito a la Secretaría de Salud Departamental (SSDC), el cual tiene como finalidad detectar precozmente los casos de absorción elevada de plaguicidas e impulsar el desarrollo de acciones de promoción, prevención y control que disminuyan la incidencia de intoxicaciones agudas y los efectos crónicos producidos por los plaguicidas inhibidores de la AChE (Silva et al., 2000). Las actividades planteadas en el protocolo del programa VEO son las siguientes:

- ❖ Identificar los plaguicidas empleados en la zona.
- ❖ Determinar los cultivos en donde se aplican los plaguicidas.
- ❖ Realizar pruebas de AchE.
- ❖ Lectura e interpretación de resultados a población analizada.
- ❖ Reportar los resultados a la entidad correspondiente.

### **2.2.14. Evaluación epidemiológica**

El programa VEO se apoya en una encuesta estructurada por el Instituto Nacional de Salud (INS), es un método de recolección de datos que pretende analizar información de tipo demográfica, antecedentes ocupacionales, clínicos, tipos de plaguicidas empleados, tipos de cultivos, uso de elementos de protección personal, acceso a capacitaciones y la firma como consentimiento informado para llevar a cabo la investigación, permitiendo evaluar epidemiológicamente un diagnóstico de exposición-efecto respecto a alguna problemática, con el fin de monitorearla con carácter de prevención y control.

## **2.3. BASES LEGALES**

Con relación a la legislación internacional sobre plaguicidas se tiene que existen varias convenciones internacionales orientadas básicamente a prevenir los riesgos del comercio, uso, manejo y disposición final de los desechos tóxicos y productos químicos. Convenios como los de Basilea en 1992, Rotterdam y Estocolmo en 2004, emitidos por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO).

La FAO estableció en el año 2012 el Código Internacional de Conducta para la distribución de plaguicidas, el cual contiene las normas de conducta de carácter voluntario para todas las entidades públicas y privadas que intervienen en la distribución y utilización de plaguicidas o tienen relación con las mismas.

En Colombia existe variedad de normas que permiten establecer parámetros de seguridad a los trabajadores expuestos a actividades agrícolas; la legislación nacional ha promulgado diferentes aspectos normativos que buscan contribuir a la reducción del peligro respecto al uso de plaguicidas y lo relacionado a ello, dentro del marco legal del programa de vigilancia epidemiológica se encuentran las siguientes, en primer lugar, la ley 09 de 1979 Código Sanitario Nacional Agentes Químicos y Biológicos que incluyen la temática de las sustancias peligrosas y plaguicidas, artículos 1 a 98 de salud y seguridad de la población y los artículos 130 – 145 Seguridad y bienestar de la población general y trabajadora.

En segundo lugar se destaca el decreto 1843 de 1991 de julio de 1991, ley marco sobre plaguicidas, producción, formulación, almacenamiento, uso y manejo, específicamente el artículo 170 que especifica: De la Vigilancia Epidemiológica. Las direcciones Seccionales de Salud, conforme las normas del Ministerio de Salud, desarrollarán un programa específico de Vigilancia Epidemiológica de Plaguicidas y será de notificación obligatoria todo caso de intoxicación o accidente presentados a causa de estos productos.

En tercer lugar, se tuvo en cuenta el decreto 1544 de agosto de 1998, en el artículo cinco sobre las funciones de los laboratorios de salud pública departamental o distrital, inciso a) De apoyo a la vigilancia y control de los factores, de riesgos biológicos, físicos, químicos y del consumo.

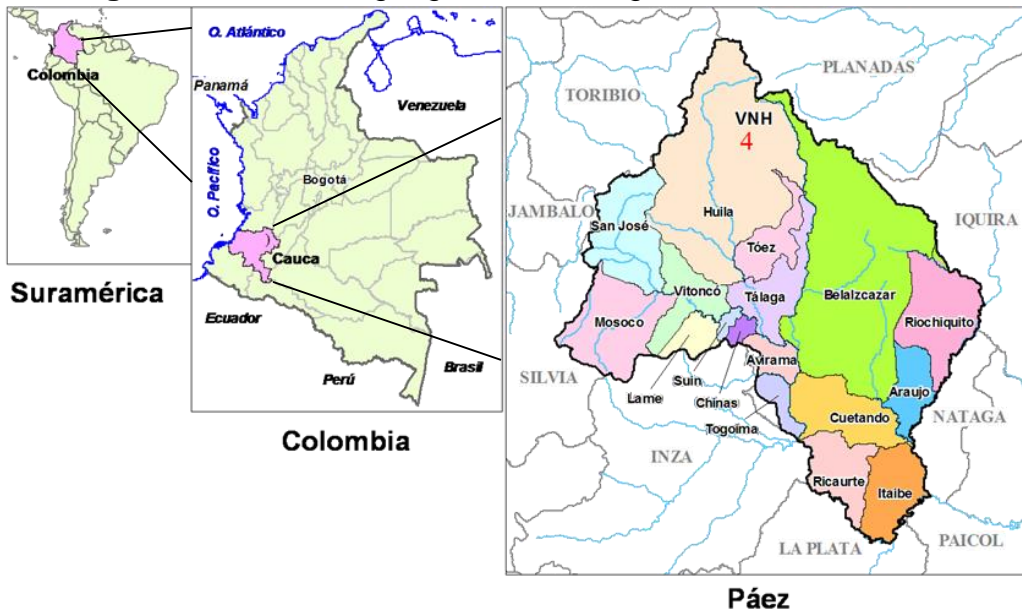
Por último y no menos importante, la resolución 4547 del 3 de diciembre de 1998, en el artículo segundo, numeral 5: salud ambiental, el inciso 5.6 sobre el Programa de vigilancia epidemiológica organofosforados VEO, seguimiento y control de plaguicidas organofosforados y carbamatos, mediante la determinación de la actividad de la acetilcolinesterasa.

## CAPÍTULO III. METODOLOGÍA

### 3.1. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El resguardo indígena de Vitoncó se encuentra situado en el sur occidente de Colombia en el lado oriental de la cordillera Central de los Andes, al Nororiente del Departamento del Cauca y al norte del Municipio de Páez, aproximadamente a 38 kilómetros de la cabecera municipal. Limita al norte con el resguardo de Huila, Tóez y Tálaga, al sur con los resguardos Lame, Suin, Chinas y al oeste con el resguardo de San José y Mosoco como se muestra en la imagen 11.

**Imagen 11.** Ubicación geográfica del resguardo de Vitoncó, Páez



Burítica, (2015)

Su población es de 3.445 habitantes, todos de la etnia Nasa; es un resguardo ubicado en la región de Tierradentro, creado en el año de 1.702 por el cacique Juan Tama de Estrella Calambas, es uno de los quince resguardos que posee el municipio de Páez-Belalcazar; se caracteriza por tener un clima frío y templado con una temperatura 16°C a 22°C, con precipitación anual de 1.800mm, su topografía es faldosa y pendiente, su altitud es de 1.500 m.s.n.m. hasta 3.500 m.s.n.m.; la base de su economía es principalmente la agricultura, por ende, todas las familias del resguardo se dedican a las actividades agropecuarias para el sostenimiento de las familias e incrementar un mejor nivel de vida de los habitantes del resguardo, con condición geográfica diversa.

El resguardo de Vitoncó está conformado por veredas como Alto Tama, el Cuartel, el Cabuyo, Quebraditas, la Troja y Monte Cruz, siendo la última, la zona en la cual se llevó a cabo la investigación con una población de 923 habitantes, tomando las muestras a la población objeto de estudio expuestos a plaguicidas organofosforados y carbamatos, de tal sitio no se encuentra información específica según reportes de la Secretaría de Salud Departamental.

### **3.2. VARIABLES A EVALUAR**

Este trabajo fue considerado como una investigación aplicada y descriptiva, identificando la posible intoxicación por plaguicidas OP y C en personas expuestas, a partir de los niveles de actividad de la enzima acetilcolinesterasa. De igual manera, se consideraron las siguientes variables para la investigación:

Variable dependiente: los niveles de actividad (porcentaje) de la enzima AChE en sangre de los agricultores expuestos a plaguicidas OP y C objeto de estudio de la vereda Monte Cruz. Y por otra parte, la variable independiente: se pretende demostrar que los siguientes aspectos afectan los niveles de actividad de la acetilcolinesterasa de la población objeto de estudio: el género, edad, actividad, uso de elementos de protección personal y la exposición a plaguicidas organofosforados y carbamatos.

Los criterios de inclusión para la selección del sujeto control, estuvieron determinados por los trabajadores mayores de edad que empleaban plaguicidas organofosforados y carbamatos en sus actividades agrícolas. Se excluyeron los trabajadores no expuestos a este tipo de plaguicidas, a mujeres en estado de embarazo, mujeres con menopausia, menores de edad, personas que consumieran sustancias psicoactivas y tabaco y a aquellos que no aceptaron participar.

Se realizaron los análisis de las variables identificando el grado de sobre-exposición a plaguicidas OP y C para la población objeto de estudio. Por otra parte, las tablas y gráficos correspondientes a los resultados, se elaboraron utilizando el programa de Microsoft Excel 2010 y, las estructuras químicas se diseñaron bajo el programa ChemBioOffice 2010, ultra versión 12.0.

### 3.3. APLICACIÓN DE ENCUESTA EPIDEMIOLÓGICA

Por medio de la encuesta estructurada por el Instituto Nacional de Salud se recopiló la información relacionada con los tipos de cultivos presentes en la zona y los plaguicidas de mayor uso, teniendo en cuenta que éstos pertenecieran a los grupos químicos OP y C para realizarles la prueba de AChE.

### 3.4. EVALUACIÓN DE LOS NIVELES DE ACETILCOLINESTERASA

#### 3.4.1. Equipos y reactivos

Para la ejecución del proyecto de investigación fueron utilizados varios equipos, reactivos y elementos de laboratorio suministrados por la Secretaría de Salud Departamental del Cauca, la Alcaldía Municipal de Páez, Belalcazar y el laboratorio de la Corporación Universitaria Autónoma del Cauca, los cuales permitieron realizar con éxito el proceso de muestreo, como se indica a continuación:

##### ❖ Lovibond

El programa VEO viene provisto de un equipo denominado Lovibond, el cual consta del disco comparador como se muestra en la imagen 12, esencial para la lectura de datos y determinación de resultados. Dicho equipo fue dotado durante el tiempo de la investigación por el laboratorio de salud pública de la Secretaría de Salud Departamental del Cauca. El disco comparador cubre un rango de 0% a 100% de actividad normal en divisiones estándares a intervalos sucesivos de 12.5% de actividad de colinesterasa, este comparador visual está calibrado para usarse con celdas ópticas de cuarzo de referencia W727 de 2.5mm.

**Imagen 12.** Disco comparador del equipo de Lovibond



#### ❖ Reactivos

El programa VEO especifica los reactivos necesarios para el procesamiento de datos como se muestra en la tabla 7. Dichos reactivos fueron suministrados por la Alcaldía Municipal de Páez-Belalcazar. La preparación de los reactivos se muestra en los anexos (anexo F).

**Tabla 7.** Reactivos para procesamiento de muestras

AZUL DE BROMOTIMOL	PERCLORATO DE ACETILCOLINA
Solución indicadora, referencia: 460440 Lovibond R-132; presentación: 1 vial por 0.112g, pH: 6.0–7.6 (amarillo-azul).	Solución sustrato, marca SIGMA; Referencia: A2394-25g, CAS [927-86-6], EC N°213-166-6; presentación: frasco por 25g. Este reactivo alcanza para preparar 5000mL de solución y para la determinación de 10000 pruebas de AChE.

#### ❖ Instrumentos de laboratorio

Se manejaron dos micropipetas graduadas que cumplen con las siguientes características: marca Volac SN: 42296 y SN: 42312; calibradas por Tesla Medical S.A.

#### 3.4.2. Trabajo de campo

Se realizaron dos visitas a la zona de la vereda Monte Cruz, resguardo indígena de Vitoncó, en la primera se efectuaron 105 muestras de acetilcolinesterasa, y en la segunda, tres meses después, se realizó la confirmación de los resultados, haciendo nuevamente la prueba a quienes presentaron niveles alterados, para lo cual se realizó un plan de muestreo confiable en donde se cumplió con los requerimientos de calidad necesarios evitando la alteración de las muestras.

Una vez visitado el sitio de muestreo, se socializó el proyecto de investigación y las actividades que se desarrollarían en la zona (imagen 13), con el fin de llevarlo a cabo con éxito. Se informó el contenido del programa VEO, las medidas preventivas a la hora de manejarlos y los elementos de protección personal necesarios para su uso.

**Imagen 13.** Socialización del proyecto de investigación



Seguido de socializar el proyecto, se procedió a encuestar a las personas asistentes (imagen 14), cuya encuesta fue estructurada por el Instituto Nacional de Salud para el programa VEO (anexo A). Dicha encuesta presenta datos personales, demográficos, actividades laborales, exposición a plaguicidas, datos clínicos, y por último la firma del encuestado, la cual indica que dicha persona aceptó realizarse voluntariamente la prueba.

**Imagen 14.** Aplicación de la encuesta a la población estudiada



### **3.4.3. Análisis de la acetilcolinesterasa**

Para llevar a cabo el muestreo fue necesario seguir el protocolo para el procesamiento de muestras establecido en el programa VEO (anexo B), diseñado como instructivo para la determinación de la actividad de la AChE en sangre por el método de Limperos y Ranta modificado por Edson, la cual indica el procedimiento que se debe realizar para un muestreo confiable, tanto la preparación de los reactivos como del proceso de campo en la zona de estudio.

#### ❖ Prueba de reactivos

Se mezcló 0.5mL de solución indicadora, 10 $\mu$ L de sangre total (punción del dedo), de una persona sana (no expuesta a plaguicidas OP y C), y 0.5mL de solución sustrato, se mezcló bien y se procedió a transferirla a una celda de 2.5mm la cual se colocó en el compartimiento derecho del disco comparador del Lovibond (el compartimiento izquierdo debía estar vacío).

Posteriormente, se sostuvo el comparador contra una fuente de luz blanca uniforme y se rotó el disco hasta que coincidiera el color del disco con el de la solución. En caso de que la lectura de mayor a 12.5% significa que la solución indicadora (azul de bromotimol), es muy ácida por la absorción de CO<sub>2</sub>, esta puede ser restaurada a la normalidad hirviéndola momentáneamente, si este procedimiento no reduce la acidez de la solución a color de 12.5% de actividad, entonces la solución sustrato (perclorato de acetilcolina) está fallando y ésta debería ser descartada y preparar una solución fresca. La lectura debe dar entre 0% o 12.5% para poder realizar la prueba.

Una vez confirmada que la prueba de reactivos estuvo bien, se procedió a realizar los análisis de la actividad de la acetilcolinesterasa. Seguido a esto, se revisó la temperatura de la zona de estudio en la tabla 8 y se verificaron los datos consignados según la relación tiempo/temperatura, la función de dicha tabla se interpretó de la siguiente manera: con los resultados de la prueba de reactivos (0% o 12.5%) y la temperatura de la zona, se obtuvo el tiempo de adición de la solución sustrato a cada una de las muestras.



**Tabla 8.** Tiempo y temperatura para la lectura de la prueba de reactivos

Temperatura (°C) a la sombra	Tiempo en minutos	
	Prueba de reactivos=0%	Prueba de reactivos=12.5%
1	54	50
2	53	48
3	51	47
4	50	45
5	48	44
6	47	42
7	45	41
8	44	39
9	42	38
10	41	36
11	39	35
12	38	33
13	36	32
14	35	30
15	33	29
16	32	28
17	31	27
18	29	26
19	28	25
20	27	24
21	26	23
22	26	23

Protocolo VEO, (2016)

❖ Tubo de reacción

Para cada trabajador a analizar, se preparó el tubo de reacción (tubo de ensayo) colocando 0.5mL de la solución indicadora (azul de bromotimol), en cada uno de los tubos, en donde se efectuaron de 15 a 20 pruebas al mismo tiempo.

❖ Muestras de sangre

Para la determinación de la acetilcolinesterasa en sangre de seres humanos, se realizó la toma (punción del dedo), y procesamiento de las muestras a través del método de Limperos y Ranta modificada por Edson, indicándole a cada persona el procedimiento a llevar a cabo.

Se muestreó sangre superficial (imagen 15), con previa desinfección del área de punción; en donde cada trabajador se lavó las manos con abundante agua y jabón, seguido a esto, se limpió el área de punción con un algodón humedecido de alcohol y luego con un algodón seco, por último, se presionó y se pinchó en la yema del dedo tratando de obtener una buena gota. A partir de cada trabajador se pipeteó 10 $\mu$ L de sangre dentro del tubo de reacción, se agitó suavemente y se tapó la mezcla.

**Imagen 15.** Toma de muestra de sangre a población estudiada



Durante el proceso de muestreo, los subproductos generados eran los residuos sólidos peligrosos (infecciosos o de riesgo biológico: algodones y lancetas), y no peligrosos (ordinarios: el papel), para lo cual, el sitio en el que se realizó el muestreo (puesto de salud) tenía un punto ecológico para la respectiva disposición así como también un guardián para los elementos corto punzantes, los cuales no deben ser mezclados con residuos de otro tipo (imagen 16 e imagen 17).

**Imagen 16.** Punto ecológico de la zona de muestreo



**Imagen 17.** Guardián para elementos corto punzantes



❖ Blanco de sangre

Se preparó el “blanco” de sangre, añadiendo 10 $\mu$ L de sangre superficial, de una persona no expuesta a plaguicidas OP y C a 1mL de agua destilada, se transfirió a una celda de 2.5mm y se colocó en el compartimiento izquierdo del disco comparador. Este blanco permaneció hasta que se finalizaron la lectura de las pruebas.

❖ Muestra de trabajadores

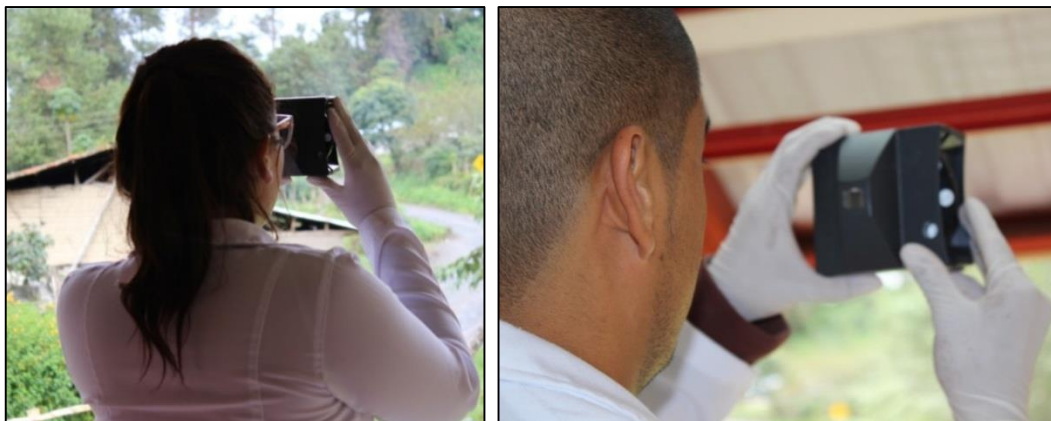
Se adicionó 0.5mL de solución sustrato a cada uno de los tubos de reacción de cada trabajador a intervalos de 1 minuto a partir del tiempo cero, se tapó y se agitó suavemente cada tubo de reacción (imagen 18). Se tuvo en cuenta la tabla de la relación tiempo/temperatura (tabla 8), en donde se identificó que la temperatura de la zona que no superó los 21°C, la cual permitió determinar el tiempo para la adición de la solución sustrato (perclorato de acetilcolina), en cada una de las visitas como se menciona en la guía de procesamiento de datos (anexo B), para la posterior lectura de resultados.

**Imagen 18.** Adición de solución sustrato a las muestras procesadas



El tiempo considerado para el procesamiento de las muestras fue de 23 minutos, el cual es el tiempo de reacción necesario para hacer cambiar la solución indicadora (azul de bromotimol), de azul a amarillo. Una vez cumplido el tiempo, se agitó suavemente y se transfirió el contenido del tubo de reacción a una celda de 2.5mm, en donde se colocó en el compartimiento derecho del comparador y se leyó el resultado (imagen 19), haciendo coincidir el color de la muestra con el disco y por último, se registró el porcentaje de actividad. El disco está graduado en porcentaje (%) de actividad normal (control).

**Imagen 19.** Lectura de resultados



❖ Interpretación de resultados

La actividad de la enzima acetilcolinesterasa en sangre de una persona bajo prueba, es expresada como porcentaje de la actividad en sangre normal. Dependiendo del resultado obtenido, las siguientes acciones son recomendadas:

**100 a 75% de actividad:** valores de sangre de una persona normal. Ninguna acción, pero realizar otra prueba en tiempo futuro cercano.

**Menores de 75% a 50% de actividad:** sobre-exposición probable. Repetir la prueba: si confirma el resultado, suspender por dos (2) semanas las actividades relacionadas con plaguicidas OP y C.

**Menores de 50% a 25% de actividad:** sobre-exposición seria. Repetir la prueba: si confirma el resultado, suspender completamente el trabajo con plaguicidas. Si continúa indispuerto o enfermo, remitir a examen médico.

**Menores de 25% a 0% de actividad:** sobre-exposición muy seria y peligrosa: repetir la prueba: si confirma el resultado, suspender completamente el trabajo con plaguicidas y debe estar pendiente del examen médico.

Una vez tenidos los resultados, se leyeron de manera individual a las personas analizadas (imagen 20), indicándoles su nivel de exposición y realizando las respectivas recomendaciones en cuanto al uso de los EPP y el manejo adecuado de los plaguicidas con relación al almacenamiento y disposición de los mismos.

**Imagen 20.** Lectura individual de resultados a la población estudiada



## **CAPÍTULO IV. RESULTADOS**

### **4.1. PRESENTACIÓN E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN**

El programa de VEO maneja como criterios de inclusión para la realización de la prueba de AChE sólo a trabajadores mayores de edad expuestos a plaguicidas OP y C, se excluyeron a mujeres en embarazo y a personas que fumen de manera activa. En las mujeres en embarazo porque como se sabe, la AC es la sustancia encargada de la transmisión del impulso nervioso en una persona, y para este caso, la acción de dicha sustancia se dividiría entre la madre gestante y el feto, alterando la prueba.

Por otra parte, en personas que consuman sustancias psicoactivas y tabaco, porque uno de los efectos de la inhibición de la AChE a causa de plaguicidas OP y C en el cuerpo es el síndrome nicotínico, el cual es producido por el bloqueo del impulso nervioso a nivel de la sinapsis pre-ganglionares, produciéndose cefalea, taquicardia, fasciculaciones musculares, calambres y debilidad en los músculos principalmente respiratorios.

Por último, quienes consumieran tabaco, este producto posee como principal compuesto la nicotina, haciendo que se vea inhibida de igual manera la enzima, es por ello, que se puede ver alterada la muestra y no presentar resultados verídicos con relación a intoxicación por plaguicidas OP y C.

### **RESULTADOS DE LA ENCUESTA EPIDEMIOLÓGICA**

Una vez aplicada la encuesta estructurada por el Instituto Nacional de Salud (INS) para el programa VEO en la vereda de Monte Cruz, resguardo de Vitoncó del municipio de Páez-Cauca, se tuvieron en cuenta los resultados relevantes así como también el resultado de la actividad enzimática de la AChE identificando el grado de intoxicación de la población estudiada.

Fue importante tener acceso a información básica de la población: datos personales y demográficos, con ayuda de la encuesta se obtuvieron los siguientes resultados con relación a la edad, como se muestra en la siguiente tabla.



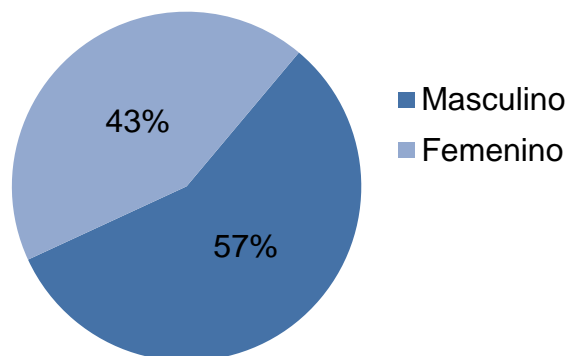
**Tabla 9.** Rangos de edad de la población de estudio

Rangos de edad (años)	Resultado (%)
15-20	5%
21-30	40%
31-40	34%
41-50	14%
51-80	7%

El rango de edad más representativo de la encuesta fue de 21–30 años, arrojando un porcentaje de 40% seguido del rango de 31–40 años con un porcentaje de 34% (tabla 9). Se identificó que la mayoría de personas encuestadas y expuestas, son personas jóvenes y en menor proporción los adultos correspondientes a rangos de edad de 51 a 80 años con un 7%. Sin embargo, hubo presencia de adultos mayores que dieron a conocer que se han dedicado a trabajar durante largo tiempo de su vida.

Con relación al género de la población objeto de estudio, se recopilaron los siguientes datos:

**Gráfico 1.** Género de la población estudiada



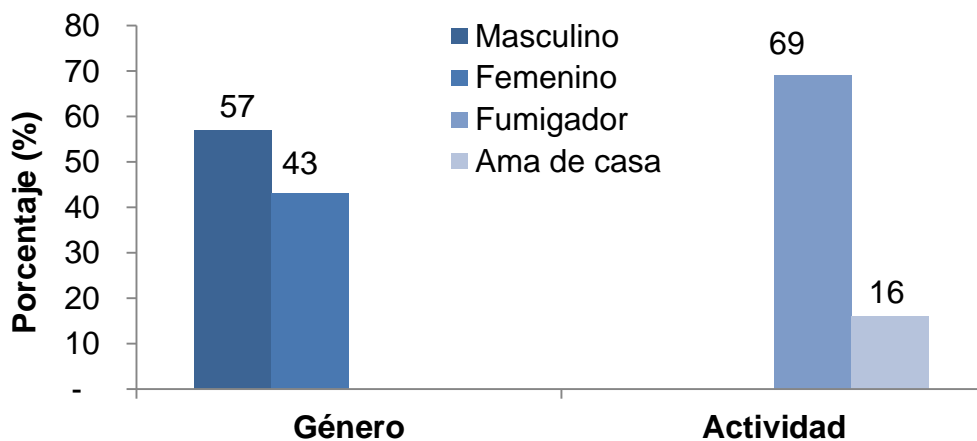
Dado que la población de la vereda de Monte Cruz estaba dedicada principalmente a las actividades agrícolas por la diversidad de cultivos a campo abierto, fue importante recopilar información relacionada con las actividades específicas a las que se dedicaban, como se muestra a continuación:

**Tabla 10.** Tipo de actividad de la población estudiada

Tipo de actividad	Resultado (%)
Fumigador	69%
Ama de casa	16%
Servicios generales del campo	8%
Vendedor	4%
Estudiante	3%
Administrativo	1%

En el gráfico 2 se muestra la asociación de los resultados que reúne el género y la actividad a la que se dedica en mayor proporción la población de estudio; de acuerdo con los resultados de la encuesta aplicada, se encontró que el género masculino representó el 57%, el cual está asociado con la actividad de fumigador-aplicador con un porcentaje de 69%, dichos datos están relacionados con el riesgo a exposición directa, debido a que se encargan a actividades como la fumigación agrícola y además, a la preparación de mezclas y aplicación de los plaguicidas, considerándose como las de mayor riesgo de exposición, ya que el producto está en su más alta concentración; de igual manera a causa del tiempo prolongado de exposición a dichos tóxicos. Debido a lo anterior, el género masculino fue quien presentó los niveles más bajos de actividad enzimática, es decir <62,5%.

**Gráfico 2.** Género y actividad a la que se dedica la población encuestada



Por parte del género femenino, presentó un porcentaje de 43% en donde este valor está relacionado con la actividad de ama de casa correspondiente al 16% (gráfico 2), que representa una exposición indirecta a tóxicos por causa de accidentes, como se evidenció en la zona de trabajo por casos como el almacenamiento inadecuado de los plaguicidas, generando intoxicaciones e



incluso muertes, por lo general en menores de edad; a ello se incluyen las amas de casa, encargadas de los quehaceres diarios, dedicándose al lavado de la indumentaria de los aplicadores y combinándola con la ropa de los demás familiares, transportando de esta manera partículas de plaguicidas que por vía cutánea pueden ser absorbidos. Sin embargo, se encontraron casos en el que el género femenino también se dedicaba a la actividad de fumigador-aplicador dado a que su principal actividad e ingreso económico es la agricultura. Aunque las amas de casa no presentaron niveles bajos de actividad enzimática en gran proporción, corren el riesgo de estar expuestas a afectaciones por estos tóxicos.

Durante el manejo de las encuestas, se obtuvo que en la zona de estudio se reportaron dos casos graves de intoxicación en dos menores de edad a causa del inadecuado manejo de los recipientes en donde vienen envasados los plaguicidas, ya que el distribuidor del mismo utilizó un recipiente indebido, este tóxico fue ingerido accidentalmente por el menor de edad, llevándolo a la muerte. Por otro lado, el segundo caso, causó afectaciones en la salud del menor, las cuales fueron atendidas en un centro de salud el departamento del Huila.

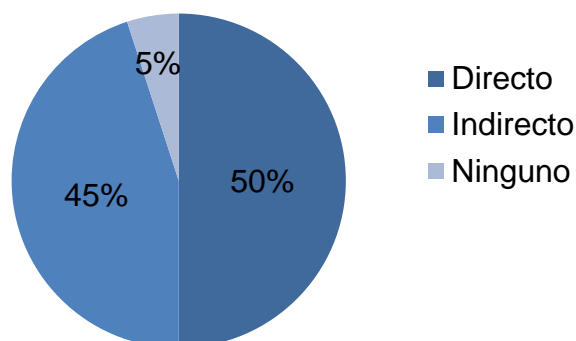
En algunas zonas de la vereda Monte Cruz se almacenaban inadecuadamente los plaguicidas, ya sean envases o recipientes que no estuvieran en uso, arriesgando la salud de las personas del hogar, en donde frecuentemente se envasaban en frascos de límpido y eran ubicados en la cocina como se muestra en la imagen 21, siendo un ejemplo almacenamiento inadecuado de plaguicidas.

**Imagen 21.** Almacenamiento inadecuado de plaguicidas



Las personas encuestadas en la zona de estudio respondieron lo siguiente con relación a: si han estado expuestos a plaguicidas directa o indirectamente como se muestra en el gráfico 3.

**Gráfico 3.** Exposición directa o indirecta a plaguicidas



Con relación a la exposición a plaguicidas según la encuesta aplicada, el 50% correspondiente a 52 personas, presentaron exposición directa, 45% presentaron exposición indirecta y el 5% no presentó ningún tipo de exposición (gráfico 3). La exposición directa está relacionada con la actividad de fumigador-aplicador, siendo ésta, la causa principal de intoxicación, de igual manera, el 5% estuvo dado por las personas que no se encontraban relacionadas con este tipo de tóxicos, es decir, se dedicaban a otras actividades.

Con la información anterior y con los resultados de la encuesta, se determinó que existe correlación entre los resultados de las personas expuestas a plaguicidas de forma directa con aquellas que presentaron bajos niveles de AChE, dado que, las 28 personas que presentaron niveles alterados fueron los que estuvieron expuestos de manera directa.

De acuerdo con la encuesta, la principal actividad económica realizada por la población en donde usan plaguicidas, respondieron que en la mayoría se dedicaban a la fumigación agrícola y de igual manera, a la formulación y preparación de mezclas de los plaguicidas.

Por otra parte, con relación al tiempo que llevaban formulando, distribuyendo, vendiendo o empleando plaguicidas, respondieron lo siguiente:

**Tabla 11.** Tiempo de uso de plaguicidas

Tiempo de uso (años)	Resultado (%)
1-10	86%
11-20 o más	14%

La población encuestada respondió con relación al tiempo en el que estuvieron formulando, distribuyendo, vendiendo o empleando plaguicidas, que el rango de 1 a 10 años fue el más relevante, puesto que, el 86% correspondiente a 45 personas realizaron alguna de estas actividades, y el 14% correspondiente a 7 personas manejaron un rango de tiempo de 11 a 20 años o más (tabla 11). Algunos respondieron que estuvieron expuestos más de 20 años, por consiguiente se consideró el rango mencionado anteriormente. Cabe resaltar que solamente 52 personas respondieron el tiempo durante el cual realizaron actividades relacionadas con plaguicidas.

En la tabla 12 se presentan algunas de las características de los plaguicidas utilizados en la zona de la vereda de Monte Cruz, ordenados a partir de su categoría toxicológica según la Organización Mundial de la Salud (OMS), resaltando que la finalidad del proyecto de investigación está directamente relacionada con el uso de plaguicidas cuyo grupo químico son los OP y C, es decir, los resultados obtenidos están asociados en su mayoría a este tipo de tóxicos. Por otra parte, de acuerdo a la encuesta, el método de aplicación de plaguicidas principal en la zona fue el terrestre, no se evidenció aspersión aérea.

**Tabla 12.** Características de los plaguicidas usados en la zona estudiada

Producto (nombre comercial)	Principio Activo	Tipo de uso	Grupo Químico	Categoría Toxicológica	Resultado encuesta
Temik	Aldicarb	Insecticida	Carbamato	IA	4%
Monocrotofos	Monocrotofos	Insecticida	Organofosforado	IA	10%
Furadan	Carbofuran	Insecticida	Carbamato	IB	45%
Baygon	Propoxur	Insecticida	Carbamato	II	6%
Manzate	Mancozeb	Fungicida	Ditiocarbamato	II	21%
Thimet	Forato	Insecticida	Organofosforado	II	4%
Bayleton	Triadimefon	Fungicida	Triazoles	III	8%
Mancozeb	Mancozeb	Fungicida	Ditiocarbamato	III	3%
Roundup	Glyphosate	Herbicida	Organofosforado	III	44%
Carbendazim	Carbendazim	Fungicida	Benzamidazol	IV	9%
Score	Difenoconazol	Fungicida	Triazoles	IV	13%

IA: sumamente peligroso, IB: muy peligroso, II: moderadamente peligroso, III: poco peligroso, IV: generalmente no ofrece riesgo.

Se estableció que los plaguicidas de mayor uso en cuanto a los OP son el monocrotofos y el roundup (tabla 12), cuyas categorías toxicológicas son (IA) y (III) respectivamente, que según la OMS, son considerados como altamente peligroso y poco peligroso, siendo el roundup, uno de los más representativos y de mayor

uso de la zona; por otra parte, se tiene a los de grupo químico carbamatos como el furadan y el themik, son de categoría toxicológica más peligrosa (IB) y (IA), muy peligroso y sumamente peligroso. El furadan es otro de los plaguicidas de mayor uso, lo anterior significa que la población está haciendo uso y por consiguiente siendo expuestos a varios tipos de plaguicidas peligrosos para su salud. En la imagen 22 se muestra el roundup, uno de los plaguicidas más representativos.

**Imagen 22.** Plaguicida Roundup



Los principios o ingredientes activos de los plaguicidas son los que permiten ejercer el control y hasta la eliminación de una plaga, vector, hongo o hierbas perjudiciales en los cultivos, es por ello la importancia de éstos en las actividades agrícolas de una zona. Cada uno de los principios activos se encarga de eliminar un agente en específico, según el tipo de organismo que se desee controlar, es decir, si la finalidad es eliminar una plaga o insecto, el furadan cuyo principio activo es el carbofuran (tabla 12), podrá ejercer la acción de controlar o eliminarla. Por consiguiente, es fundamental tener claro el principio activo que contiene el plaguicida para determinar el riesgo al que se puede estar expuesto.

La dosificación de los plaguicidas es otra característica importante a tener en cuenta para la intoxicación de los trabajadores–aplicadores, debido a que cada uno de los tóxicos manejan concentraciones adecuadas para suplir su función correctamente, sin embargo, a veces no se dispone de las cantidades ideales, lo que podría ocasionar numerosos riesgos para los trabajadores.

Es importante mencionar que existen variedad de plaguicidas con el mismo nombre comercial pero que su principio o ingrediente activo es diferente, esto radica en que la concentración y el nivel de peligrosidad que cada uno pueda presentar varía, por ejemplo el roundup y el rocket (otro plaguicida que contiene como principio activo el glyphosate) presentan el mismo principio activo pero que difiere su concentración según el cultivo y el tipo de vector que se desee eliminar.

Retomando la tabla 12, son dos plaguicidas los que representan mayor riesgo y peligrosidad para los trabajadores expuestos a tóxicos en la vereda de Monte Cruz: el temik perteneciente al grupo químico C con su principio activo aldicarb y, el monocrotofos con principio activo de igual nombre, identificados según la OMS como sumamente peligrosos; el primero es considerado como plaguicida de uso restringido por su alta toxicidad. Por otra parte, el Score con principio activo perteneciente a los triazoles, generalmente no ofrece riesgo, sin embargo, no deja de ser un agente tóxico si no se toman las medidas de protección adecuadas.

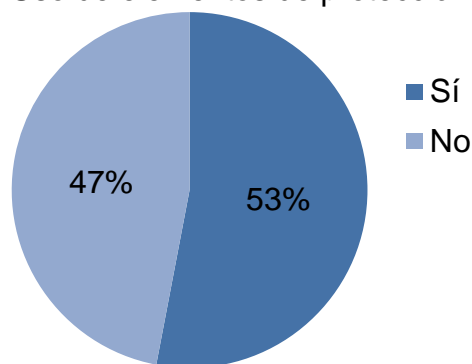
A partir de la revisión de los datos recopilados con la encuesta, se determinó que también existe correlación entre los niveles bajos de actividad enzimática de las personas estudiadas y los plaguicidas OP y C empleados (tabla 13), es decir, que aquellas personas que presentaron niveles de actividad de AChE <62,5%, hacían uso de plaguicidas como furadan, roundup. A continuación se recopilan los plaguicidas implicados en las personas con resultados alterados.

**Tabla 13.** Relación de prueba AChE con plaguicidas empleados

Resultado de AChE (% de actividad)	Plaguicida empleado
37,5%	Roundup, glifosol, furadan, monocrotofos, bayleton, manzate, score, baygon, pirinex
50%	Furadan, roundup, monocrotofos, thimet manzate, mancozeb, carbendazim, score

Para la manipulación, aplicación y almacenamiento de plaguicidas, existen medidas de prevención para que la exposición ante ellos sea menos peligrosa, por consiguiente, se recopiló información sobre el uso de los EPP como se muestra en el siguiente gráfico.

**Gráfico 4.** Uso de elementos de protección personal



Según los resultados de la encuesta, el 53% correspondiente a 56 personas del total encuestadas (gráfico 4), se evidenció que la mayoría de ellas hacen uso de los EPP pero, dando a conocer que no tienen acceso a elementos tan sofisticados para la protección, de igual forma utilizan indumentaria básica para suplir dicha función: pañoletas reemplazándolo por tapabocas, así como también ropa manga larga para protección total; por otra parte, un rango de 47% que corresponde a 49 personas, dijeron que no tenían acceso a dichos elementos.

La vereda Monte Cruz es una zona rural del municipio de Páez-Belalcazar, por tanto sus grandes hectáreas permiten el desarrollo de actividades agrícolas, con lo anterior, se logró recolectar información con la encuesta aplicada sobre los cultivos representativos de la zona como se muestra en la siguiente tabla.

**Tabla 14.** Tipo de cultivos representativos de la zona estudiada

Tipos de cultivos	Resultados (%)
Granadilla	38%
Mora	29%
Tomate de árbol	29%
Lulo	23%
Papa	23%
Café	10%
Frijol	10%

En esta investigación se destacaron los cultivos de granadilla, mora y tomate de árbol (imagen 23), con porcentajes de 38%, 29% y 29% respectivamente (tabla 14); entre los factores medioambientales de mayor importancia para el proceso productivo de cada uno de ellos, se encuentra la temperatura; los cultivos mencionados están dados para desarrollarse en climas templados, lo que



corresponde a valores entre 18-25°C, lo cual coincide con la temperatura tomada con el termómetro digital en los días de muestreo, arrojando un dato de 21°C.

**Imagen 23.** Cultivos representativos de la zona de estudio



Teniendo en cuenta los cultivos más representativos de la zona, a continuación se muestran algunas características de cada uno de ellos, como por ejemplo: la duración del cultivo, el plaguicida empleado según el organismo que se desee controlar, el método y la frecuencia de aplicación de los plaguicidas (tabla 15), haciendo énfasis que la frecuencia depende del tamaño del terreno, las hectáreas en las cuales se están realizando las actividades agrícolas. De igual manera, el plaguicida empleado depende del estado del cultivo, es decir, que si en éste hay gran presencia de plagas, el plaguicida debe ser más fuerte que permita combatirlas. Con relación a la dosificación, ésta se maneja según las indicaciones de cada uno de ellos y según la peligrosidad.

Según lo anterior, los plaguicidas OP y C estuvieron asociados con los cultivos representativos de la zona como se muestra en la tabla 15.

**Tabla 15.** Características de algunos cultivos de la zona

Tipo de cultivo	Duración del cultivo (años)	Plaguicida empleado	Método de aplicación	Frecuencia de aplicación (días)
Granadilla	15 años	Roundup, carbendazim	Terrestre	Cada 30
Tomate de árbol	5 años	Manzate, monocrotofos	Terrestre	Cada 15
Mora	20 años	Furadan, manzate	Terrestre	Cada 15

Con la intoxicación por plaguicidas, existe un cuadro clínico que permite identificar en una persona, el tipo de sobre-exposición a la que fue expuesta, peligrosa o leve, por ende, con ayuda de la encuesta se recolectó información sobre los síntomas que han padecido en algún momento las personas de la vereda Monte Cruz, como se muestra a continuación:

**Tabla 16.** Cuadro clínico de las personas encuestadas

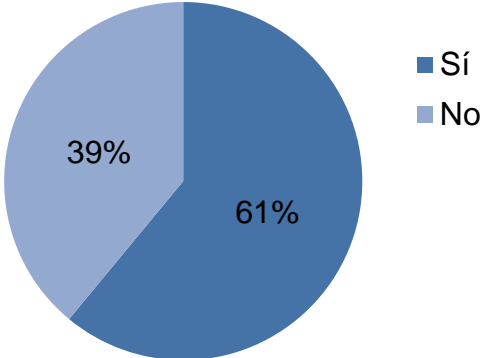
Cuadro clínico	Resultados (%)
Cefalea (dolor de cabeza)	24%
Mareos	13%
Visión borrosa	9%
Tos	9%
Lagrimeo	8%
Vómito	5%
Náuseas	2%

Según los datos suministrados en la investigación por medio de la encuesta, a pesar de que algunas personas presentaron niveles bajos de actividad enzimática, no manifestaron la presencia de condiciones clínicas como: anemia, cáncer, desnutrición, enfermedad hepática e infecciones agudas, sin embargo, sí manifestaron ciertos síntomas como: dolor de cabeza con 24% correspondiente a 25 personas, visión borrosa 9% y mareos con 4% (tabla 16), con lo cual se confirmó que dichos síntomas están asociados con los efectos producidos en el síndrome colinérgico (efectos muscarínicos, nicotínicos), es decir, que si la AC liberada no pudo ser hidrolizada rápidamente por la AChE a causa de la inhibición por plaguicidas, se produjo acumulación excesiva de AC, provocando las manifestaciones clínicas mencionadas.



La exposición directa o indirecta a plaguicidas en el último mes fue otro aspecto que se tuvo en cuenta como se muestra a continuación:

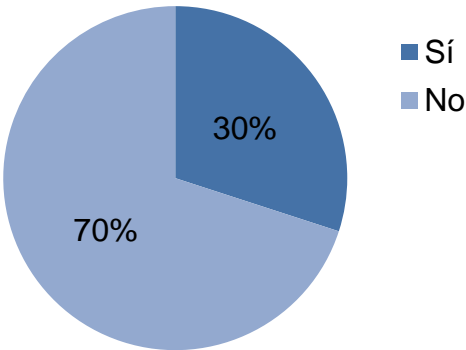
**Gráfico 5.** Exposición directa e indirecta durante el último mes



El gráfico 5 evidenció la exposición directa e indirecta en el último mes de la población encuestada, en donde el 61% respondió que sí estuvo expuesta debido a que semanas atrás habían hecho aplicación de plaguicidas en los cultivos, por otra parte, el 39% respondió que no estuvo expuesto en el último mes, puesto que estuvieron realizando otro tipo de actividades.

Es fundamental tener acceso a capacitaciones para la aplicación, almacenamiento y disposición de plaguicidas, con la encuesta se obtuvo lo siguiente:

**Gráfico 6.** Acceso a capacitaciones



Igualmente, en cuanto al acceso a capacitaciones acerca del uso de los EPP y manejo de los plaguicidas, dieron a conocer que tan solo el 30% correspondiente a 32 personas han adquirido este tipo de capacitaciones (gráfico 6), que por lo general es información suministrada en los puntos de venta y distribución de plaguicidas y no directamente por técnicos o personal idóneo; por último, el 70% de la población restante no adquirió ningún tipo de información, lo que los hace más vulnerables ante la exposición a este tipo de sustancias.

Por último, se evaluó el nivel de actividad de la enzima AChE en las personas que accedieron a realizar el estudio, los resultados se adoptaron según el programa VEO. Es necesario tener claro que los resultados se dan en porcentaje de actividad enzimática a intervalos de 12,5%: (25%, 37,5%, 50%, 62,5% 75%, 87,5%, 100%), lo que significa que, entre menor sea el porcentaje de actividad enzimática, mayor será la sobre-exposición a los plaguicidas.

**Tabla 17.** Resultados de la prueba de AChE de la población estudiada

Resultados de la muestra (% actividad)	Resultados (%)
75%	37%
87,5%	21%
62,5%	15%
37,5%	15%
50%	12%

Como resultado global, de las 105 personas objeto de estudio en la vereda Monte Cruz en el resguardo de Vitoncó, el 58% que corresponde a 61 personas, arrojó que no presentan intoxicación por plaguicidas OP y C, sin embargo, el 42% restante correspondiente a 44 personas, arrojó que se encuentra con bajos niveles de la enzima AChE, es decir con sobre-exposición a dichos tóxicos (tabla 17). Del 42% que presentaron bajos niveles de actividad enzimática, el 27% de éstos que correspondieron a 28 personas, están en uno de los niveles más bajos de actividad (37,5%), lo que significa que el riesgo por intoxicación es mayor, por consiguiente, se les hizo las indicaciones pertinentes según el adecuado manejo de las sustancias para evitar posibles crisis en la salud.

La encuesta estructurada por el INS, finalizó con la firma de la personas encuestadas (anexo A), lo que indicó que aceptaron participar en el estudio, es decir, se dio un consentimiento informado, fundamental para llevar acabo éticamente la investigación. Una vez obtenidos los principales datos de la población estudiada, se realizó el muestreo como se indicó en la metodología en donde se determinó la actividad de la enzima AChE, indicando el grado de intoxicación de cada persona, socializando además, los resultados de manera individual a cada uno de los encuestados; del mismo modo, se dieron recomendaciones necesarias a quienes presentaron un nivel bajo de la actividad (porcentaje de actividad de AChE estipulado por el programa VEO), lo que significa que existe una sobre-exposición a plaguicidas.

## CONFIRMACIÓN DE RESULTADOS DE LAS MUESTRAS

Tres meses después de realizar el primer muestreo, se visitó nuevamente la zona estudiada, en donde se realizaron nuevamente las pruebas a las personas que presentaron sobre-exposición a plaguicidas (<50% de actividad) como lo estipula el protocolo del programa VEO.

La tabla 18 se interpretó como una variación de los resultados muy positiva en aquellos casos en donde hubo un aumento del porcentaje de actividad en cada individuo, por ejemplo de 50% a 87,5%; por otra parte, se interpretó como positivo la variación de resultados en cambios de 50% a 75% de actividad y por último, se interpretó como negativo la disminución o igual porcentaje de actividad.

**Tabla 18.** Confirmación de porcentaje de inhibición por individuo

Resultado primera visita (20/07/2017)	Resultado segunda visita (23/10/2017)	Variación de resultados
50,0%	87,5%	Muy positivo
37,5%	62,5%	Muy positivo
50,0%	75,0%	Positivo
37,5%	50,0%	Positivo
37,5%	50,0%	Positivo
50,0%	50,0%	Negativo
37,5%	37,5%	Negativo
50,0%	37,5%	Negativo
37,5%	37,5%	Negativo
37,5%	37,5%	Negativo

Según los resultados de la primera visita, 28 personas presentaron resultados anormales, es decir, niveles de sobre-exposición peligrosa a plaguicidas (entre 37,5% y 50% de actividad), de las cuales solamente se logró repetir la prueba a (10) diez personas (tabla 18), en donde en siete de ellas persistió la intoxicación y las tres personas restantes presentaron mejoría (62,5% y 87,5% de actividad), sin embargo, se tuvieron en cuenta de igual manera a las personas que presentaron un nivel de exposición de 62,5% de actividad pero, no se les repitió la prueba, cabe aclarar que esta medida se adoptó según el protocolo de interpretación de resultados del programa VEO.

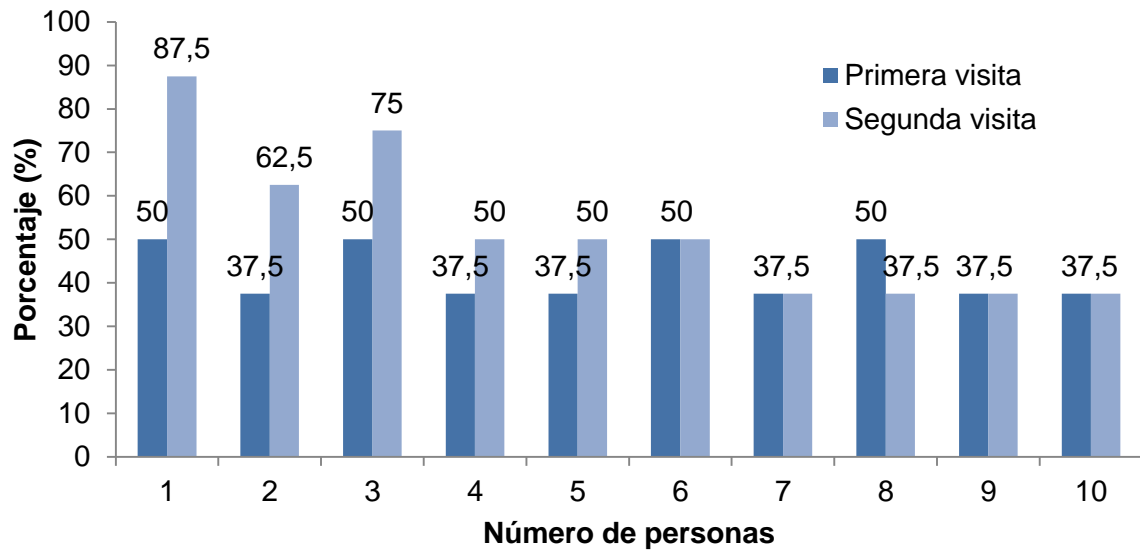
Las pruebas sólo fue posible repetirlas a diez personas, debido a que la población reportó que muchas veces no asisten a los muestreos de cualquier tipo de estudio porque no se realiza un verdadero seguimiento, es decir, el muestreo queda inconcluso, sólo les reportan los resultados y por eso muchas veces van directamente al centro hospitalario a que le realicen los exámenes, sin embargo, se les dio a conocer que sólo en esta investigación que se llevó a cabo se tenían los implementos y reactivos necesarios para realizar el muestreo. Ante esto, la solución fue dar a conocer a la SSDC que se debe realizar el debido protocolo que ofrece el programa de VEO, pues en el proyecto ejecutado sólo se pretendió dar un diagnóstico ante este tipo de intoxicaciones y reportarlos al ente respectivo.

Partiendo de lo anterior y teniendo en cuenta la variación de los resultados de la tabla 18, se interpretó que tres (3) personas presentaron leve mejoría (positivo) en cuanto al primer muestreo (de 37,5% a 50%), dos (2) personas arrojaron una variación favorable en su mejoría (muy positivo), pues pasaron de tener un nivel de sobre-exposición alto a uno normal (37,5% a 62,5% y 50% a 87,5%) para un total de cinco (5) personas muestreadas (gráfico 7), lo que indicó que siguieron de manera correcta las recomendaciones dadas en la socialización del proyecto: el uso de los EPP y el adecuado almacenamiento de los plaguicidas, así como también su debido cuidado ante una posible exposición.

Para las cinco personas restantes no presentaron variación en los resultados (negativo), ya que sus porcentajes no resultaron favorables con relación a los del primer muestreo, según lo anterior y lo que se evidenció en el lugar de estudio, estas personas hicieron caso omiso a las recomendaciones hechas durante la lectura de resultados, es importante mencionar que en la aplicación de los plaguicidas se deben utilizar equipos manuales (bombas de fumigar), y las personas que lo realizan no emplean los EPP o se protegen parcialmente, lo que constituye un mayor riesgo de exposición.

El gráfico 7 que se muestra a continuación, expone la comparación entre los resultados arrojados en la primera visita a la población objeto de estudio y la confirmación de resultados en la segunda visita, en donde se repitió la prueba a las diez (10) personas que presentaron niveles alterados.

**Gráfico 7. Comparación de resultados primera y segunda visita**



## **CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **5.1. CONCLUSIONES**

Según los resultados obtenidos, hasta el momento el 42% que corresponden a 44 personas del total analizadas presentaron niveles anormales de actividad enzimática, es decir, que estuvieron con sobre-exposición a plaguicidas organofosforados y carbamatos; por otra parte, el 58% que corresponden a 61 personas, arrojaron porcentajes superiores a 62,5% de actividad, indicando que no estuvieron expuestos a intoxicaciones por plaguicidas de este tipo. Sin embargo, existe un riesgo inminente a intoxicaciones por desconocer el adecuado manejo de las sustancias y además, por no hacer uso de los elementos de protección personal.

Los resultados de la presente investigación permitieron establecer el riesgo de exposición a plaguicidas organofosforados y carbamatos en la población, el 50% correspondiente a 52 personas estuvieron expuestas de forma directa, en aquellos trabajadores encargados de preparar y aplicar los tóxicos, el 45% que correspondió a 48 personas estuvieron expuestas indirectamente, como por ejemplo las amas de casa y la población en general que habita cerca de las zonas cultivadas y por último, el 5% restante no estuvo expuesto a plaguicidas.

Se determinó que la población agrícola del área estudiada utiliza gran variedad de plaguicidas de nombres comerciales como, furadan, roundup, temik, monocrotofos, carbendazim, manzate, score entre otros. Algunos de estos plaguicidas se encuentran clasificados según la Organización Mundial de la Salud como sumamente peligrosos, incluso el temik cuyo principio activo es el aldicarb y de grupo químico carbamato, es conocido como de uso restringido por su alta toxicidad. De igual manera, los cultivos de mayor incidencia fueron el de granadilla, tomate de árbol y mora.

Los resultados obtenidos en la investigación fueron reportados a la Secretaría de Salud Departamental, la cual se encarga del seguimiento y monitoreo que ofrece el programa VEO y la alcaldía Municipal de Páez-Belalcazar para contribuir con el panorama sobre el uso de plaguicidas en el departamento del Cauca y de esta manera, disminuir el porcentaje de la población que sí se encuentra en sobre-exposición a tóxicos.

La falta de capacitaciones acerca del adecuado uso de los elementos de protección personal incide significativamente en las alteraciones de la salud de la población estudiada, ya que no se conocen claramente las medidas de prevención necesarias para controlar y/o evitar posibles intoxicaciones, generando deterioro en la salud con diversas sintomatologías.

El equipo de campo Lovibond fue fundamental para la determinación de los valores de actividad enzimática, de fácil manejo y se trabajó en campo, permitió cumplir a uno de los objetivos principales de la investigación; de igual manera, la capacitación recibida por parte de la Secretaría de Salud Departamental fue indispensable para la preparación y procesamiento de las muestras de sangre por medio de punción.

## 5.2. RECOMENDACIONES

Ante la situación planteada en el proyecto de investigación, es fundamental realizar un seguimiento del tiempo de exposición a los plaguicidas en uso para llevar un control en toda la población, teniendo en cuenta que el ingreso y actividad económica de las comunidades está basado en la agricultura.

Las actividades de educación ambiental con sesiones de conversación e intercambio en diferentes espacios de la comunidad, para la prevención y control de las intoxicaciones por plaguicidas, deben ser implementadas para toda la población que está expuesta ocupacional y accidentalmente, incluyendo la participación de mujeres periodo gestante, quienes tienen la responsabilidad de los quehaceres de la casa, así como también el lavado de la indumentaria de quienes realicen actividades de fumigación.

Desarrollar brigadas de salud en la vereda de Monte Cruz para llevar a cabo exámenes médicos a los trabajadores agrícolas, con el fin de conocer si existe algún signo o sintomatología de intoxicación relacionado con la exposición directa o indirecta a los plaguicidas; del mismo modo, medir los niveles de actividad de la acetilcolinesterasa durante cada periodo de exposición a los plaguicidas.

Frecuentemente los trabajadores agrícolas y los pequeños agricultores carecen de formación y tienen poco acceso a la información necesaria, como el buen manejo, almacenamiento y disposición adecuada de los recipientes en donde vienen envasados los plaguicidas, del mismo modo el uso de los elementos de protección personal, es por ello que se debe desarrollar capacitaciones técnicas en donde se traten temáticas relacionadas con los plaguicidas y la importancia del uso de los elementos de protección, así como también, las prácticas de manejo integral de plagas por parte de profesionales en el área que permitan utilizar las dosis mínimas efectivas de plaguicidas, brindando de esta manera ambientes sanos en el área de trabajo.

Dentro del área de la epidemiología ambiental, se destacan varios tipos de estudios epidemiológicos que pueden ser adaptados y aplicados a este tipo de investigaciones, es por ello que, se recomienda para próximas investigaciones relacionadas con la temática en cuestión, se maneje y aplique alguno de los tipos de estudios existentes, con el fin de identificar la asociación entre factores de riesgo y posibles enfermedades.



## BIBLIOGRAFÍA

- Aiwerasia, V. N. (2002). *Health Impact of Exposure to Pesticides in Agriculture in Tanzania* for: Tampere University Press. Retrieved from <http://tampub.uta.fi/handle/10024/67224>
- Álvarez, V. H. (2010). Protocolo de Vigilancia y Control de Intoxicaciones por Plaguicidas. Retrieved March 14, 2017, from [https://www.minsalud.gov.co/comunicadosPrensa/Documents/INTOXICACION\\_POR\\_PLAGUICIDAS.pdf](https://www.minsalud.gov.co/comunicadosPrensa/Documents/INTOXICACION_POR_PLAGUICIDAS.pdf)
- Aquilla González, B. (2015). Efectos colinesterásicos y contaminación del agua causados por el uso de plaguicidas en zonas agrícolas del cantón Santa Isabel. Retrieved from <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/21291>
- Burítica, H. A. P. (2015, October 29). Ciudades resilientes Colombia: La resiliencia en el pueblo indígena Nasa de la región de Tierradentro, municipio de Páez - Cauca, Colombia: campeones mundiales de la reducción del riesgo de desastres. Retrieved from <http://ciudadesresilientescol.blogspot.com.co/2015/10/la-resiliencia-en-el-pueblo-indigena.html>
- Cárdenas, O., Silva, E., Morales, L., & Ortiz, J. (2005). Estudio epidemiológico de exposición a plaguicidas organofosforados y carbamatos en siete departamentos colombianos, 1998-2001. Retrieved March 14, 2017, from <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=84325203>
- Carmona-Fonseca, J. (2006). Correlación y conversión entre valores de colinesterasa eritrocitaria medida con las técnicas de Michel y EQM. *Biomédica*, 26(4). Retrieved from <http://www.redalyc.org/resumen.oa?id=84342609>
- Castellanos, F. A. (2014). *Estudio de la inhibición de la acetilcolinesterasa y la relación estructura - actividad de terpenoides aislados de organismos marinos del caribe colombiano* (masters). Universidad Nacional de Colombia. Retrieved from <http://www.bdigital.unal.edu.co/39404/>

- Castro, C., & Aquino, M. (2008). Análisis de residuo de plaguicida organofosforado (Methamidophos) en muestras de papa de mercados de Lima Metropolitana. *Universidad Nacional Mayor de San Marcos*. Retrieved from <http://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/cybertesis/1613>
- Ceseña, J. O., Torres, F. E., & Carrillo, L. L. (1994). El control de los riesgos para la salud generados por los plaguicidas organofosforados en México: retos ante el tratado de libre comercio. *Salud Pública de México*, 36(6), 625–632.
- Clavijo, H., Mauricio, C., & Gutiérrez de Salazar, M. (2005). Enfoque del paciente con intoxicación aguda por plaguicidas organofosforados. *Revista de La Facultad de Medicina*, 53(4), 244–258.
- DANE. (2016). Censo Nacional Agropecuario. Retrieved September 17, 2017, from <http://www.dane.gov.co/files/CensoAgropecuario/entrega-definitiva/Boletin-12-UPNA/12-Boletin.pdf>
- Díaz, S. M., Sánchez, F., Varona, M., Eljach, V., G, M., Nathalia, M., Nathalia, M. (2017). Cholinesterase levels in potato growers occupationally exposed to pesticides, Totoro, Cauca. *Revista de La Universidad Industrial de Santander. Salud*, 49(1), 85–92. <https://doi.org/10.18273/revsal.v49n1-2017008>
- Ellman, G. L., Courtney, K. D., Andres, V., & Featherstone, R. M. (1961). A new and rapid colorimetric determination of acetylcholinesterase activity. *Biochemical Pharmacology*, 7(2), 88–95. [https://doi.org/10.1016/0006-2952\(61\)90145-9](https://doi.org/10.1016/0006-2952(61)90145-9)
- Fernández, D., Mancipe, L., & Fernández, D. (2010). Intoxicación por organofosforados [Traducido al español de Organophosphorus Poisoning]. *Revista Med*, 18(1), 84–92.
- Fong Lores, O., Barreiro Domenech, I., Rodríguez Tito, J. C., Marin Sánchez, D., Wawoe Díaz, N., & Colón Suárez, M. (2010). Método potenciométrico de Micel modificado para la determinación de actividad de colinesterasa. *Revista Cubana de Química*, XXII (3). Retrieved from <http://www.redalyc.org/resumen.oa?id=443543720008>

- Gentile, N., Mañas, F., Peralta, L., Bosch, B., Gorla, N., (2003). Encuestas y talleres educativos sobre plaguicidas en pobladores rurales de la comuna de Río de los Sauces, Córdoba. Retrieved November 4, 2017, from <http://www.sertox.com.ar/modules.php?name=Content&pa=showpage&pid=736>
- Gutiérrez Cardona, J. M., & Villada Cano, C. D. (2015). *Caracterización de prácticas en protección laboral en el manejo integral de plaguicidas en la vereda San Andresito, Santa Rosa de Cabal* (Tesis). Universidad Libre de Pereira. Retrieved from <http://repositorio.unilibrepereira.edu.co:8080/pereira/handle/123456789/559>
- Henao, S., & Arbeláez, M. P. (2002). Situación epidemiológica de las intoxicaciones agudas por plaguicidas en el Istmo Centroamericano 1992-2000. Retrieved from <http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr:8080/handle/11554/6832>
- Ibarra, E. J., & Linares, T. M. (2012). La inhibición de la actividad colinesterásica sanguínea como biomarcador de exposición a compuestos organofosforados y carbamatos. Una revisión crítica. *Revista Cubana de Salud y Trabajo*, 13(3). Retrieved from <http://new.medigraphic.com/cgi-bin/resumen.cgi?IDARTICULO=38226>
- Idrovo, A. J. (1999). Intoxicaciones masivas con plaguicidas en Colombia. *Biomédica*, 67–76.
- Idrovo, A. J. (2000). Vigilancia de las intoxicaciones con plaguicidas en Colombia. *Revista de Salud Pública*, 2(1), 36–46.
- Jáquez, S. V., González, L. S., Campuzano, R. I., & Ortega, V. (2013). Comportamiento de plaguicidas persistentes en el medio ambiente. Retrieved from <http://repositoriodigital.ipn.mx/handle/123456789/16959>
- Karami-Mohajeri S., & Abdollahi M., (2011). Toxic influence of organophosphate, carbamate, and organochlorine pesticides on cellular metabolism of lipids, proteins, and carbohydrates: a systematic review. [Review]. *Human & Experimental Toxicology*, 30(9), 1119–1140. <https://doi.org/10.1177/0960327110388959>

- López, O., Hernández, A. F., Rodrigo, L., Gil, F., Pena, G., Serrano, J. L., (2007). Changes in antioxidant enzymes in humans with long-term exposure to pesticides. *Toxicology Letters*, 171(3), 146–153. <https://doi.org/10.1016/j.toxlet.2007.05.004>
- MADS (2012). Diagnóstico de Salud Ambiental compilado.pdf. Retrieved March 14, 2017, from <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/INEC/IGU B/Diagnostico%20de%20salud%20Ambiental%20compilado.pdf>
- Martínez, C., & Gómez, S. (2007). Riesgo genotóxico por exposición a plaguicidas en trabajadores agrícolas. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 23(4), 185–200.
- Medina, O., Sánchez, L., & Flórez, O. (2015). Actividad enzimática colinesterasa en muestras de sangre humana: efecto de las condiciones de almacenamiento. *Revista de La Universidad Industrial de Santander. Salud*, 47(2), 151–158.
- Muñoz-Quezada, M. T., Lucero, B. A., Steenland, K., Levy, K., Ryan, P. B., Vega, C. (2013). Neurodevelopmental effects in children associated with exposure to organophosphate pesticides: A systematic review. *NeuroToxicology*, 39, 158–168. <https://doi.org/10.1016/j.neuro.2013.09.003>
- Murussi, C., Horn, R. C., Santi, A., Clasen, B. E., Reis, G., Souza, D., Manfio, C. E. (2014). Changes in oxidative markers, endogenous antioxidants and activity of the enzyme acetylcholinesterase in farmers exposed to agricultural pesticides - a pilot study. *Ciencia Rural*, 44(7), 1186–1193.
- Pineda, J. (2007). Plaguicidas: Monitoreo Efectivo de la Exposición a Carbamatos y Órgano-Fosforados. *Ciencia y Trabajo*, 178:181.
- Plazas Hernández, D. C., & Francisca Olarte, M. (2011). Intoxicación por inhibidores de la colinesterasa (organofosforados y carbamatos) en niños y adolescentes: revisión de la literatura y guía de manejo. *Reporte de Caso*, II, 26–33.
- Ramírez, J. A., & Lacasaña, M. (2001). Plaguicidas: clasificación, uso, toxicología y medición de la exposición. *Arch. prev. riesgos labor. (Ed. impr.)*, 67–75.

- Salcedo Monsalve, A., Díaz Criollo, S. M., González Mantilla, J. F., Rodríguez Forero, A., & Varona Uribe, M. E. (2012). Exposición a plaguicidas en los habitantes de la ribera del río Bogotá (Suesca) y en el pez Capitán. *Revista Ciencias de la Salud*, 10. Retrieved from <http://www.redalyc.org/resumen.oa?id=56223337004>
- Salvi, R. M., Lara, D. R., Ghisolfi, E. S., Portela, L. V., Díaz, R. D., & Souza, D. O. (2003). Neuropsychiatric Evaluation in Subjects Chronically Exposed to Organophosphate Pesticides. *Toxicological Sciences*, 72(2), 267–271. <https://doi.org/10.1093/toxsci/kfg034>
- Sánchez-Santed, F., Colomina, M. T., & Herrero Hernández, E. (2016). Organophosphate pesticide exposure and neurodegeneration. *Cortex*, 74, 417–426. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2015.10.003>
- Santi, A., Menezes, C., Duarte, M. M. F., Leitemperger, J., López, T., & Loro, V. L. (2011). Oxidative stress biomarkers and acetylcholinesterase activity in human erythrocytes exposed to clomazone (in vitro). *Interdisciplinary Toxicology*, 4(3), 149–153. <https://doi.org/10.2478/v10102-011-0023-9>
- Silva, E., Morales, L., & Ortiz, J. E. (2000). Evaluación epidemiológica de plaguicidas inhibidores de acetilcolinesterasa en Colombia, 1996-1997. *Biomédica*, 20(3), 200–209. <https://doi.org/10.7705/biomedica.v20i3.1061>
- Varona, M., Henao, G., Lancheros, A., Murcia, Á., Díaz, S., Morato, R., de Segurado, P. (2007). Factores de exposición a plaguicidas organofosforados y carbamatos en el departamento del Putumayo, 2006. *Biomédica*, 27(3), 400–409.
- Yucra, S., Gasco, M., Rubio, J., & Gonzales, G. F. (2008). Exposición ocupacional a plomo y pesticidas organofosforados: efecto sobre la salud reproductiva masculina. *Revista Peruana de Medicina Experimental Y Salud Publica*, 25(4), 394–402.

## ANEXOS

### Anexo A. Formato encuesta por el Instituto Nacional de Salud programa VEO

<b>INSTITUTO NACIONAL DE SALUD</b>		<b>PROGRAMA VIGILANCIA EPIDEMIOLOGICA DE PLAGUICIDAS ORGANOFOSFORADOS Y CARBAMATOS-VEO</b> <b>GRUPO SALUD AMBIENTAL - DIRECCIÓN REDES EN SALUD PÚBLICA</b> <b>FORMULARIO DEL INDIVIDUO CON RIESGO DE EXPOSICIÓN</b>		
<b>CONFIDENCIAL:</b> Los datos solicitados en este formulario son confidenciales. Serán usados únicamente para efectos de análisis y no se publicará información de carácter individual.				
1. Fecha de diligenciamiento		<input style="width: 50px;" type="text"/> <input style="width: 50px;" type="text"/> <input style="width: 50px;" type="text"/>		2. Código del participante
3. Departamento		4. Municipio		5. Vereda o corregimiento
6. Dirección de residencia			7. Teléfono	
8. Nombres y apellidos del participante				
9. Documento de identificación				
RC <input type="text" value="1"/>		TI <input type="text" value="2"/>		CC <input type="text" value="3"/>
LM <input type="text" value="4"/>		No. <input style="width: 100px;" type="text"/>		SD <input type="text" value="5"/>
10. SEXO (Marque el código según corresponda)			Si la respuesta de embarazada es No (2), marque el código según corresponda	
<input type="text" value="1"/> Masculino <input type="text" value="2"/> Femenino			<input type="text" value="1"/> Si <input type="text" value="2"/> No <input type="text" value="3"/> NA	
Si la respuesta es femenino (2), marque el código si está embarazada			Tiene el periodo menstrual?	
			<input type="text" value="1"/> Si <input type="text" value="2"/> No	
			Está en menopausia?	
			<input type="text" value="1"/> Si <input type="text" value="2"/> No	
11. Edad en años cumplidos		12. Nivel educativo		
<input style="width: 30px;" type="text"/> <input style="width: 30px;" type="text"/> Años		<input type="text" value="1"/> Primaria <input type="text" value="2"/> Secundaria <input type="text" value="3"/> Técnico ó Tecnólogo <input type="text" value="4"/> Superior (Prof-Poig) <input type="text" value="5"/> Otro. Cuál: _____		
13. Está afiliado al Sistema General de Seguridad Social en Salud? (Marque el código según corresponda)			14. ¿Está afiliado a Riesgos Laborales?	
<input type="text" value="1"/> Si <input type="text" value="2"/> No			<input type="text" value="1"/> Si <input type="text" value="2"/> No <input type="text" value="3"/> NS/IR	
Si la respuesta es SI (1), marque el código según Régimen				
<input type="text" value="1"/> Régimen contributivo (EPS) <input type="text" value="2"/> Régimen Subsidiado (ARS) <input type="text" value="3"/> Vinculado con camé				
15. El sitio o lugar donde labora o habita el participante está ubicado en el: (Marque el código según corresponda)				
<input type="text" value="1"/> Área Urbana <input type="text" value="2"/> Área Rural		Es de tipo familiar		
		<input type="text" value="1"/> Si <input type="text" value="2"/> No		
16. ¿Cuál es el oficio o labor que desempeña el participante actualmente? (Marque el código según corresponda)				
<input type="text" value="1"/> Vendedor <input type="text" value="2"/> Almacenista - Bodeguero <input type="text" value="3"/> Mezclador-lanqueador-formulador-equipador <input type="text" value="4"/> Fumigador-aplicador <input type="text" value="5"/> Piloto-aviador		<input type="text" value="6"/> Conductor <input type="text" value="7"/> Servicios generales de campo <input type="text" value="8"/> Agrónomo y profesiones afines <input type="text" value="9"/> Jornalero <input type="text" value="10"/> Profesor-educador-instructor		<input type="text" value="11"/> Estudiante-escolar <input type="text" value="12"/> Ama de casa-niños-personas residentes <input type="text" value="13"/> Profesionales de diferentes ramas <input type="text" value="14"/> Administrativo <input type="text" value="15"/> Otro. Cuál: _____
17. ¿Ha estado expuesto a plaguicidas alguna vez? (Marque el código según corresponda)				
<input type="text" value="1"/> Si <input type="text" value="2"/> No		Si la respuesta es SI (1), qué tipo de exposición tiene o tuvo. (Marque el código según corresponda)		
		<input type="text" value="1"/> Directa <input type="text" value="2"/> Indirecta		
		Si la respuesta es NO (2), pase a la pregunta No. 28 (AChE Basal)		
18. ¿Cuál es la principal actividad económica realizada en donde usan o manejan los plaguicidas? (Marque el código según corresponda)				
<input type="text" value="1"/> Formular o preparar plaguicidas <input type="text" value="2"/> Distribuir o vender plaguicidas <input type="text" value="3"/> Granja experimental o laboratorio <input type="text" value="4"/> Hacienda o finca		<input type="text" value="5"/> Fumigación Aérea <input type="text" value="6"/> Fumigación agrícola <input type="text" value="7"/> Fumigación pecuaria <input type="text" value="8"/> Fumigación agro-pecuaria		<input type="text" value="9"/> Fumigación sanitaria <input type="text" value="10"/> Floricultura - Vivero - Frutales <input type="text" value="11"/> Otra. Cuál: _____
19. Cuánto tiempo en años o meses lleva formulando, distribuyendo, vendiendo o empleando plaguicidas? (Registre el número de años o meses, según corresponda)				
<input style="width: 30px;" type="text"/> <input style="width: 30px;" type="text"/> Años		<input style="width: 30px;" type="text"/> <input style="width: 30px;" type="text"/> Meses		
20. Cuáles son los plaguicidas formulados, distribuidos, vendidos o empleados con mayor frecuencia en sus labores (Registre en letra legible el nombre de los 6 plaguicidas principales).				
_____ _____ _____ _____ _____ _____				
21. ¿Cuál es el principal método de aplicación de los plaguicidas en sus actividades o acciones específicas?(Marque el código según corresponda)				
<input type="text" value="1"/> Aéreo <input type="text" value="2"/> Terrestre				

Continuación...

22. ¿Usa elementos de protección personal (EPP), cuando está aplicando o manipulando plaguicidas? (Marque el código según corresponda)

1 Sí  
 2 No

Si la respuesta es SÍ (1) indique el código de los EPP usados según corresponda:

1 Respirador	8 Bata	15 Tapabocas y guantes	22 Overol y botas
2 Tapabocas	9 Chaqueta	16 Tapabocas y overol	23 Peto y botas
3 Guantes	10 Impermeable o plástico	17 Tapabocas y peto	24 Respirador o tapabocas, guantes y overol
4 Overol	11 Respirador y guantes	18 Tapabocas y botas	25 Respirador o tapabocas, guantes y peto
5 Peto o similares	12 Respirador y overol	19 Guantes y overol	26 Respirador o tapabocas, guantes y botas
6 Botas	13 Respirador y peto	20 Guantes y peto	27 Guantes, overol o peto y botas
7 Gafas o visor	14 Respirador y botas	21 Guantes y botas	28 Otro Cuál: _____

23. ¿Cuál es el uso más frecuente de los plaguicidas en sus actividades o acciones específicas? (Marque el código según corresponda)

1 Uso agrícola  
 2 Uso sanitario

Si la respuesta es uso sanitario (2), marque el código según corresponda:

1 En campañas sanitarias
2 En productos almacenados
3 En el sector pecuario
4 En el área doméstica

24. ¿Si la actividad o acción específica es agrícola, en qué cultivos?, seleccione como máximo 3 cultivos principales. (Marque el código según corresponda)

1 Acelga	17 Batavia	33 Coco	49 Guanábana	65 Mango	81 Pepino	97 Soya
2 Aguacate	18 Berenjena	34 Coles	50 Guatila - Cidra	66 Mangostino	82 Pera	98 Tabaco rubio
3 Ahuyama	19 Borajó	35 Coliflor	51 Guayaba	67 Maní	83 Perejil	99 Té
4 Aji	20 Brócoli	36 Curuba	52 Gulupa - Palchuaca	68 Maracuyá	84 Pimentón	100 Tomate
5 Ajo	21 Cacao	37 Durazno	53 Habas	69 Marañón - Merrey	85 Piña	101 Tomate de Arroz
6 Ajonjolí	22 Café	38 Espárragos	54 Habichuela	70 Melón	86 Pitaya	102 Tomillo
7 Alcachofa	23 Calabacín	39 Espinaca	55 Higuera	71 Mora	87 Plantas ornamentales	103 Uchuva
8 Algodón	24 Calabaza	40 Estropajo	56 Hortalizas	72 Naranja	88 Plátano	104 Uchuva
9 Apio	25 Caña de Azúcar	41 Figue	57 Lechuga	73 Ñame	89 Potreros	105 Uva
10 Aromáticas	26 Carambolo	42 Flores	58 Limón	74 Palma africana	90 Quinua	106 Vivero
11 Arracacha	27 Cebada	43 Follaje	59 Lulo	75 Palma de aceite	91 Rábano	107 Yuca
12 Arroz	28 Cebolla	44 Frejola	60 Macadamia	76 Papa	92 Remolacha	108 Yuca
13 Arveja	29 Cereales	45 Fresa	61 Madera	77 Papa criolla	93 Repollo	109 Zanahora
14 Avena	30 Chontaduro	46 Frijol	62 Maíz	78 Papaya	94 Ruda	110 Zapallo
15 Banano	31 Cilantro	47 Frutales	63 Maleza	79 Pastos - Potrero	95 Sábila	111 Zapote
16 Batata	32 Ciruela	48 Granadilla	64 Mandarina	80 Patilla - Sandía	96 Sorgo	112 Otro

Cuál: \_\_\_\_\_

25. ¿Presenta o presentó alguna de las siguientes condiciones clínicas?. (Marque el código según corresponda).

1 Anemia	3 Desnutrición	5 Enfermedad hepática	7 Otro Cuál: _____
2 Cáncer	4 Enfermedad renal	6 Infecciones agudas	8 Ninguna

26. ¿En el último año ha presentado o presentó algún signo o síntoma de los listados a continuación?. Seleccione los 3 principales. (Marque el código según corresponda)

1 Miosis - contracción de la pupila	17 Náuseas	33 Calambres
2 Visión Borrosa	18 Sialorrea - excesiva producción de saliva	34 Debilidad generalizada
3 Hiperemia conjuntival - enrojecimiento ojos	19 Tenesmo - esfuerzo para defecar	35 Fasciculaciones - movimientos musculares involuntarios
4 Dificultad acomodación - ardor ocular	20 Vómitos	36 Mialgias - dolor muscular
5 Lagrimeo	21 Bloqueo cardíaco	37 Parálisis flácida - debilidad muscular
6 Hiperemia - nariz roja	22 Bradicardia - disminución Fc. cardíaca	38 Ansiedad
7 Rinorrea - secreción mucosa	23 Arritmia cardíaca	39 Ataxia - descoordinación en el movimiento
8 Broncorrea - expectoración moco	24 Hipotensión - presión arterial baja	40 Babinski - reflejo dedo gordo pie
9 Cianosis - coloración azulada piel	25 Disuria - dolor al orinar	41 Coma - pérdida de la conciencia
10 Disnea - dificultad para respirar	26 Micción involuntaria	42 Confusión
11 Dolor Torácico	27 Diaforesis - excesiva sudoración	43 Convulsiones
12 Tos	28 Cefalea - dolor de cabeza	44 Depresión - tristeza - decaimiento anímico
13 Anorexia - falta de apetito	29 Hipertensión transitoria	45 Depresión de centro respiratorio y circulatorio
14 Cólicos - dolor abdominal	30 Mareos	46 Irritabilidad - mal humor
15 Incontinencia fecal	31 Palidez	47 Somnolencia - adormecimiento
16 Diarreas	32 Taquicardia - aumento Fc. cardíaca	48 Otro Cuál: _____


49 Ninguno

Continuación...

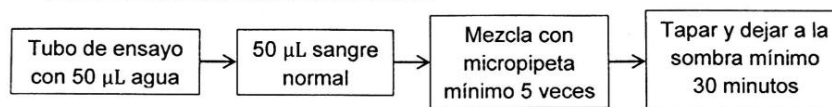
27. ¿Ha estado expuesto directa o indirectamente a plaguicidas en el último mes? (Marque el código según corresponda)			
<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2	Si No	Nota: Si la respuesta es SI (1), realice determinación de acetilcolinesterasa y registre el resultado en la casilla de la pregunta No. 29 (AChE por exposición). Si la respuesta es No (2), realice determinación de AChE y registre el resultado en la casilla de la pregunta No. 28 (AChE basal).	
28. Resultado de actividad de la AChE Basal (Registre en números claros el resultado de AChE, si NO ha estado expuesto directa o indirectamente a plaguicidas en los últimos 30 días, registrando la fecha de análisis).			
RESULTADO % [ ] [ ] [ ] . [ ]	FECHA Día Mes Año [ ] [ ] [ ] [ ] [ ] [ ]	CONTROL % [ ] [ ] [ ] . [ ]	FECHA Día Mes Año [ ] [ ] [ ] [ ] [ ] [ ]
29. Resultado de actividad de la AChE por Exposición (Registre en números claros el resultado de AChE, si ha estado expuesto directa o indirectamente a plaguicidas en los últimos 29 días, registrando el periodo y la fecha de análisis).			
RESULTADO % [ ] [ ] [ ] . [ ]	FECHA Día Mes Año [ ] [ ] [ ] [ ] [ ] [ ]	SEGUIMIENTO % [ ] [ ] [ ] . [ ]	FECHA Día Mes Año [ ] [ ] [ ] [ ] [ ] [ ]
30. Medidas correctivas recomendadas o tomadas cuando el resultado de la AChE es anormal (menos 75% actividad) - (Marque el código según corresponda)			
<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> 6 <input type="checkbox"/> 7 <input type="checkbox"/> 8	Retirar el individuo de la exposición Remitir el individuo al médico Repetir la prueba de AChE a los 15 días Retirar el individuo de la exposición y remitir el individuo al médico Retirar el individuo de la exposición y repetir la prueba de AChE a los 15 días Remitir el individuo al médico y repetir la prueba de AChE a los 15 días Retirar el individuo de la exposición, remitir el individuo al médico y repetir la prueba de AChE a los 15 días Ninguna		
31. ¿Ha recibido capacitación en el uso y manejo de plaguicidas en el último año? (Marque el código según corresponda)			
<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2	Si No		
Firma del participante: _____ Nombres y Apellidos		Firma del padre/madre o acudiente: _____ Nombres y Apellidos	
Equipo de trabajo: _____ Nombres y apellidos		_____ Nombres y apellidos	
_____ Nombres y apellidos		_____ Nombres y apellidos	
OBSERVACIONES: _____ _____ _____			



## Anexo B. Protocolo procesamiento de muestras programa VEO

 Gobernación del Cauca	<b>INSTRUCTIVO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA ACTIVIDAD DE LA ACETILCOLINESTERASA EN SANGRE Y DETERMINACIÓN DE RESIDUOS DE PLAGUICIDAS ORGANOFOSFORADOS Y/O CARBAMATOS EN AGUA</b>	Código
		Versión 01
		Fecha
		Página 0 de 1

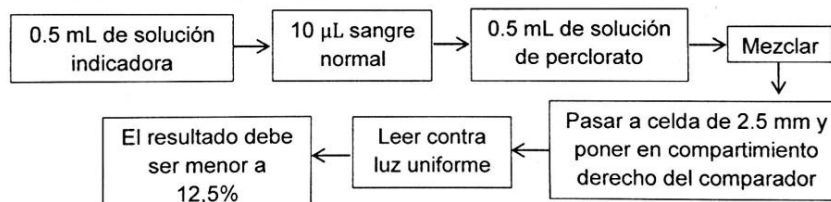
### PRETRATAMIENTO DE LA MUESTRA



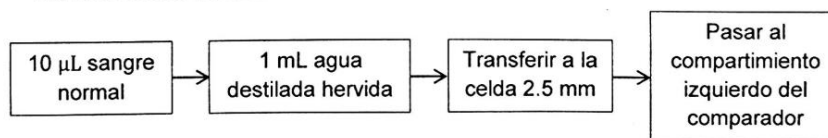
### PREPARACIÓN DE SOLUCIÓN DE PERCLORATO DE ACETILCOLINA



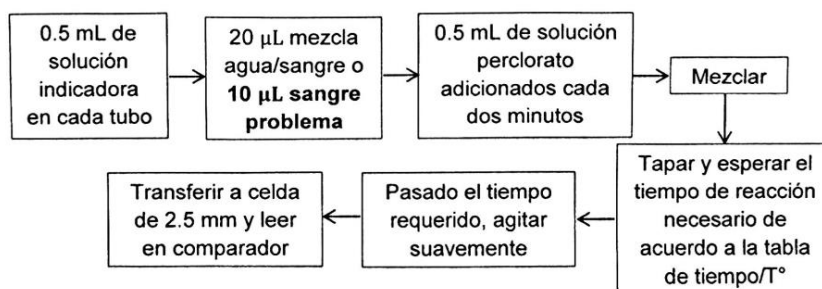
### PRUEBA DE REACTIVOS



### BLANCO DE SANGRE



### PREPARACIÓN DEL TUBO DE REACCIÓN



## Anexo C. Informe calibración de micropipetas

# TESLA MEDICAL S.A.S.

## Certificado de Calibración

LABORATORIO DE METROLOGÍA

Nº 170612 - 2312

### DATOS DEL CLIENTE

Razón Social: IPSI- ASOCIACION DE CABILDOS NASHA CHHACHHA PROGRAMA DE SALUD YACKA KSXAW  
Dirección: Calle 6 No. 3 - 44 NIT: 817.000.260-2  
Ciudad: BELALCAZAR -PAEZ/CAUCA

### DATOS DEL INSTRUMENTO

Equipo: MICROPIPETA Ubicación del Instrumento: LABORATORIO  
Marca: VOLAC Modelo R670/B  
Serie: 42312 Activo Fijo: 835  
Valor Nominal: 10,0 Unidad de Medida:  $\mu$ l  
Tipo de Pipetas: Fija  
Puntos de Calibración: 10,0  $\mu$ l  
Fecha de Recepción del Instrumento: 2017-06-12  
Lugar de calibración: LABORATORIO DE METROLOGIA TESLA MEDICAL S.A.S.

### DATOS DEL EQUIPO PATRÓN

Descripción	Fabricante	Certificado de Calibración	Fecha de Calibración	Laboratorio de Calibración	Fecha Próxima Calibración
BALANZA ELECTRÓNICA	SARTORIUS	33285-C	2017-03-03	DETECTO DE COLOMBIA LTDA.	2018-03
TERMÓMETRO DIGITAL	COMARK	170304-1319	2017-03-04	TESLA MEDICAL S.A.S.	2018-03

### Trazabilidad


Los patrones de referencia utilizados en estas mediciones por TESLA MEDICAL S.A.S., han sido calibrados con patrones trazables al sistema internacional de unidades.

### MÉTODO DE CALIBRACIÓN

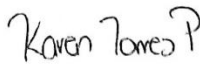
Para el ejercicio de calibración se aplicó el método gravimétrico para suministrar (Ex), según Procedimiento NTC-ISO 8655-6: 2002 Equipos Volumétricos Accionados Mediante Pistón. Este método en términos generales consiste en determinar el valor de la masa del líquido que puede contener o entregar una marca (de aforo o de medida volumétrica) o punto de referencia específico de un recipiente volumétrico. Comúnmente el agua es usada como método de transferencia.

### RESULTADOS Y CONDICIONES AMBIENTALES: VER ANEXOS.

Fecha de Calibración: 2017-06-12 Fecha de Expedición del Certificado: 2017-06-12



Aprobó  
Narli Ximena Ríos Burbano  
Directora Técnica



Realizó  
Karen Torres  
Técnica de Calibración

Anexo D. Certificados capacitación Secretaría de Salud Departamental



Secretaría de  
Salud



**Laboratorio de Salud Pública**

CERTIFICA QUE

**LISETH KATHERINE MORENO LOMAS**

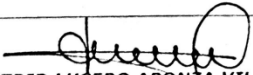
C.C. 1.061.769.827 de Popayán - Cauca

ASISTIO A:

**TALLER TEÓRICO PRÁCTICO EN ANÁLISIS DE PLAGUICIDAS  
ORGANOFOSFORADOS Y/O CARBAMATOS POR EL MÉTODO DE LIMPEROS Y  
RANTA Y MANEJO DE MUESTRAS DE SANGRE PARA EL ANÁLISIS**

Popayán – Cauca

10 al 12 de Mayo de 2017

  
**ASTRID LUCERO APONZA VILLAQUIRAN**  
PROFESIONAL UNIVERSITARIO  
LABORATORIO SALUD PÚBLICA

Continuación...



Secretaría de  
Salud



## Laboratorio de Salud Pública

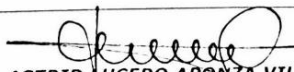
CERTIFICA QUE

**OSCAR EDUARDO MOSQUERA CANTERO**  
C.C. 1.062.311.843 de Santander de Quilichao - Cauca

ASISTIO A:

**TALLER TEÓRICO PRÁCTICO EN ANÁLISIS DE PLAGUICIDAS  
ORGANOFOSFORADOS Y/O CARBAMATOS POR EL MÉTODO DE LIMPEROS Y  
RANTA Y MANEJO DE MUESTRAS DE SANGRE PARA EL ANÁLISIS**

Popayán - Cauca  
10 al 12 de Mayo de 2017

  
**ASTRID LUCERO APONZA VILLAQUIRAN**  
PROFESIONAL UNIVERSITARIO  
LABORATORIO SALUD PÚBLICA

## **Anexo E. Preparación de reactivos**

### ❖ Azul de bromotimol

Para la preparación de la solución indicadora se utilizó azul de bromotimol en agua, se disolvió 0.112g de sal sódica de azul de bromotimol soluble en agua en 250mL de agua destilada libre de CO<sub>2</sub>, es decir, que alcanzó el punto de ebullición, en donde quedó una concentración final de 0.0448%. Esta solución es estable por varios meses en condiciones adecuadas de almacenamiento: refrigerado, rotulado, sellado, aislado, evitando contaminación cruzada; la concentración es crítica, siendo el límite permisible de  $\pm 0.01g$ .

### ❖ Perclorato de acetilcolina

Para este reactivo, se disolvió 0.25g de perclorato de acetilcolina en 50mL de agua destilada desionizada libre de CO<sub>2</sub>, para obtener una concentración final de 0.5%. Esta solución debe ser fresca, para lo cual se preparó al momento de su uso; la concentración no es crítica, si se presenta alguna turbidez puede ser ignorada.

## **Anexo F. Montaje de equipos para toma de muestras**

Evidencias del montaje para el procesamiento de las muestras a la población estudiada: micropipeta, implementos de aseo para la punción (algodón y alcohol), nevera portátil para el transporte de los reactivos, tubos de ensayo enumerados respectivamente y recipientes para la disposición de los residuos.

