

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN

Facultad de Ciencias de la Salud

Escuela Profesional de Farmacia y Bioquímica

FACTORES ASOCIADOS A LA EXPOSICIÓN A PLAGUICIDAS

CARBÁMICOS EN AGRICULTORES DEL DISTRITO

LA YARADA LOS PALOS, 2025

TESIS

Presentada por:

Bach. Rebeca Mamani Sosa

Para optar el Título Profesional de:

QUÍMICO FARMACÉUTICO

TACNA – PERÚ

2025

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN

Facultad de Ciencias de la Salud

Escuela Profesional de Farmacia y Bioquímica

**FACTORES ASOCIADOS A LA EXPOSICIÓN A PLAGUICIDAS
CARBÁMICOS EN AGRICULTORES DEL DISTRITO
LA YARADA LOS PALOS, 2025**

TESIS

Presentada por:

Bach. REBECA MAMANI SOSA

Para optar el Título Profesional de:

QUÍMICO FARMACÉUTICO

Aprobada por UNANIMIDAD, ante el siguiente jurado.



Mgr. Orlando Agustín Rivera Benavente
Presidente



Q.F. Luz Doris Bellido Angulo
Miembro



Mgr. Royer Luis Castro Huarachi
Miembro



Mrg. Royer Luis Castro Haurachi
Asesor

CERTIFICADO DE SIMILITUD

Yo, **Mgr. ROYER LUIS CASTRO HUARACHI** en mi condición de asesor acreditado por la RESOLUCIÓN DE FACULTAD N° 12598-2023-FACS-UNJBG, de la tesis de Investigación titulada: "**FACTORES ASOCIADOS A LA EXPOSICIÓN A PLAGUICIDAS CARBÁMICOS EN AGRICULTORES DEL DISTRITO LA YARADA LOS PALOS, 2025**" presentado por el **BACH. REBECA MAMANI SOSA** para optar el título profesional de **QUÍMICO FARMACÉUTICO**.

Habiendo cumplido con lo establecido en el reglamento de originalidad y de similitud de trabajos de investigación y producción intelectual, considerando que según la revisión, evaluación y análisis realizado a través del software de similitud textual **TURNITIN**, cuenta con el nivel permitido con un porcentaje de 5%.

Por lo que **CERTIFICO LA SIMILITUD** de SIMILITUD BAJA de la tesis estando de acuerdo al **NIVEL PERMITIDO** para continuar con los trámites correspondientes y para su publicación en el repositorio institucional.

Se emite el presente certificado con fines de continuar con los trámites respectivos para la obtención del Título Profesional de Químico Farmacéutico.

Tacna, 13 de noviembre del 2025


.....
ASESOR
Mgr. Royer Luis Castro Huarachi
DNI N° 45081233




.....
TESISTA
Bach. Rebeca Mamani Sosa
DNI N° 77161415



DEDICATORIA

A Dios, por su infinita misericordia y su constante guía, reconozco que sin su ayuda este logro no hubiera sido posible.

A mi abuelita Matilde, por su amor, sabiduría y ejemplo que me guía siempre.

A mi tía Juana, por el amor que siempre me ha brindado y por respaldarme en cada decisión.

A mi esposo Sergio, por compartir conmigo cada alegría y cada desafío; y a mi pequeño Benjamín, mi razón de ser y fuerza para seguir.

AGRADECIMIENTO

A Dios, quien me dio la fortaleza para continuar, la sabiduría para entender y la paciencia para esperar.

A mi asesor, Q.F. Mg. Esp. Royer Luis Castro Huarachi, por su valiosa guía y apoyo en este estudio.

A la memoria del Ing. Wilson Ayala Sangines, por su apoyo incondicional; y a los pobladores de La Yarada Los Palos, por su valiosa colaboración en esta investigación.

A mi tía Juana, por su confianza y apoyo desde el inicio, y a mis primos David, Daniel, Julián, especialmente a María, por estar siempre presentes.

A los miembros del Jurado, por sus valiosas sugerencias que enriquecieron este trabajo..

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTO	v
ÍNDICE	vi
ÍNDICE DE TABLAS	xi
ÍNDICE DE GRÁFICOS	xii
ÍNDICE DE ANEXOS	xiii
ÍNDICE DE SIGLAS Y ABREVIATURAS	xiv
RESUMEN	xv
ABSTRACT.....	xvi
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	4
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	4
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	7
1.2.1. Problema principal.....	7
1.2.2. Problemas específicos	7
1.3. JUSTIFICACIÓN.....	8

1.3.1.	Justificación teórica	8
1.3.2.	Justificación práctica	9
1.3.3.	Justificación metodológica	10
1.3.4.	Justificación Social	10
1.4.	OBJETIVOS.....	11
1.4.1.	Objetivo general	11
1.4.2.	Objetivos específicos	11
1.5.	HIPÓTESIS.....	12
1.6.	DETERMINACIÓN DE VARIABLES	13
1.6.1.	Variable dependiente.....	13
1.6.2.	Variable independiente	13
1.7.	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	14
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO		15
2.1	ANTECEDENTES DEL ESTUDIO	15
2.1.1.	Antecedentes internacionales	15
2.1.2.	Antecedentes nacionales	21
2.2.	BASES TEÓRICAS.....	25
2.2.1.	Generalidades de los plaguicidas.....	25

2.2.2.	Carbamatos.....	27
2.2.3.	Manifestaciones clínicas	33
2.2.4.	Presentaciones.....	34
2.2.5.	Colinesterasa	36
2.3.	DEFINICIÓN DE TÉRMINOS	38
CAPÍTULO III MARCO METODOLÓGICO		40
3.1.	TIPO, DISEÑO Y NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN	40
3.1.1.	Tipo de investigación.....	40
3.1.2.	Diseño de investigación	41
3.1.3.	Nivel de investigación.....	41
3.2.	POBLACIÓN Y MUESTRA	42
3.2.1.	Población	42
3.2.2.	Muestra	42
3.2.3.	Criterios de selección.....	46
3.3.	TÉCNICAS, INSTRUMENTOS Y PROCEDIMIENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	47
3.3.1.	Técnicas.....	47
3.3.2.	Instrumentos	49

3.3.3. Procedimientos para la recolección de información	50
3.4. ANÁLISIS DE DATOS.....	56
3.4.1. Procesamiento de datos.....	56
3.4.2. Análisis estadístico.....	56
CAPÍTULO IV RESULTADOS	58
DISCUSIÓN.....	81
CONCLUSIONES	88
RECOMENDACIONES.....	89
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	91
ANEXOS	97
ANEXO 1: Matriz de consistencia.....	98
ANEXO 2: Ficha de recolección de datos.....	100
ANEXO 3: Consentimiento Informado	106
ANEXO 4: Niveles de actividad de la colinesterasa sérica en agricultores expuestos a plaguicidas carbámicos en el distrito La Yarada Los Palos, 2025.	107
ANEXO 5: Presentación y entrega del consentimiento informado	110
ANEXO 6: Toma y conservación de muestras de sangre	111

ANEXO 7: Análisis de colinesterasa sérica en Laboratorio de Análisis Clínicos de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann	112
ANEXO 8: Flujograma del procedimiento para determinar niveles de actividad de la colinesterasa sérica	115

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Operacionalización de variables.....	14
Tabla 2. Clasificación de los plaguicidas, según la composición química.	26
Tabla 3. Clasificación de los carbamatos, según su estructura.....	30
Tabla 4. Estadísticos descriptivos de los niveles de colinesterasa en los agricultores del distrito La Yarada Los Palos, 2025 (n = 88)	58
Tabla 5. Distribución de los niveles de colinesterasa en los agricultores del distrito La Yarada Los Palos, 2025, según sexo y los valores referenciales.....	59
Tabla 6. Características demográficas de los agricultores del distrito La Yarada Los Palos, Tacna 2025.....	62
Tabla 7. Presencia de síntomas al momento de la exposición a plaguicidas en agricultores del distrito La Yarada Los Palos, 2025.....	67
Tabla 8. Tiempo de exposición en años a plaguicidas carbámicos en los agricultores del distrito La Yarada Los Palos, 2025	69
Tabla 9. Tiempo de exposición en horas diarias a plaguicidas carbámicos en los agricultores del distrito La Yarada Los Palos, 2025	71
Tabla 10. Principios activos de plaguicidas carbámicos empleados por los agricultores del distrito La Yarada Los Palos, 2025	73
Tabla 11. Uso de equipos de protección personal (EPP) empleados por los agricultores de La Yarada Los Palos, 2025.....	75
Tabla 12. Factores asociados a los niveles de colinesterasa en agricultores del distrito La Yarada Los Palos, 2025	78

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Estructura química de los carbamatos	28
Gráfico 2. Mecanismo de toxicidad de los carbamatos.....	32
Gráfico 3. Porcentajes de los niveles de colinesterasa en los agricultores del distrito La Yarada Los Palos, 2025, según los valores referenciales	60
Gráfico 4. Porcentajes de los niveles de colinesterasa en los agricultores del distrito La Yarada Los Palos, 2025, según sexo.....	61
Gráfico 5. Porcentajes de los agricultores del distrito La Yarada Los Palos, Tacna 2025, según sexo	64
Gráfico 6. Porcentajes de los agricultores del distrito La Yarada Los Palos, Tacna 2025, según edad.....	65
Gráfico 7. Porcentajes de los agricultores del distrito La Yarada Los Palos, según grado de instrucción	66
Gráfico 8. Porcentaje de síntomas presentados durante la exposición a plaguicidas en agricultores del distrito La Yarada Los Palos, 2025.....	68
Gráfico 9. Porcentaje de agricultores según años de exposición a plaguicidas carbámicos en el distrito La Yarada Los Palos, 2025.	70
Gráfico 10. Porcentaje de agricultores según horas diarias de exposición a plaguicidas carbámicos en el distrito La Yarada Los Palos, 2025.....	72
Gráfico 11. Porcentajes de tipos de plaguicidas carbámicos empleados por los agricultores del distrito La Yarada Los Palos, 2025.....	74
Gráfico 12. Porcentaje de pobladores que usan equipos de protección personal (EPP), en La Yarada Los Palos, 2025.....	76

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1: Matriz de consistencia	98
ANEXO 2: Ficha de recolección de datos	100
ANEXO 3: Consentimiento Informado.....	106
ANEXO 4: Niveles de actividad de la colinesterasa sérica en agricultores expuestos a plaguicidas carbámicos en el distrito La Yarada Los Palos, 2025.	107
ANEXO 5: Presentación y entrega del consentimiento informado	110
ANEXO 6: Toma y conservación de muestras de sangre.....	111
ANEXO 7: Análisis de colinesterasa sérica en Laboratorio de Análisis Clínicos de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann	1122
ANEXO 8: Flujograma del procedimiento para determinar niveles de actividad de la colinesterasa sérica	115

ÍNDICE DE SIGLAS Y ABREVIATURAS

- AChE: Acetilcolinesterasa.
- BChE: Butirilcolinesterasa.
- EPP: Equipo de Protección Personal.
- FAO: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
- INEI: Instituto Nacional de Estadística e Informática.
- KU/L: Kilo Unidades por Litro.
- MINSA: Ministerio de Salud.
- OIT: Organización Internacional del Trabajo.
- OMS: Organización Mundial de la Salud.
- SChE: Colinesterasa Sérica.
- SENACE: Servicio Nacional de Certificación Ambiental para las Inversiones Sostenibles.
- SPSS: Statistical Package for the Social Sciences.
- UV: Ultravioleta

RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo identificar los factores asociados a la exposición a plaguicidas carbámicos en agricultores del distrito La Yarada Los Palos, provincia de Tacna, durante el año 2025, mediante la medición de colinesterasa sérica como biomarcador de exposición. Se desarrolló un estudio observacional, cuantitativo, básico y de corte transversal, en una muestra de 88 agricultores que laboran directamente con plaguicidas. La determinación de colinesterasa sérica se realizó en el Laboratorio de Análisis Clínicos de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann mediante espectrofotometría UV. El valor promedio de colinesterasa sérica fue de $4,01 \pm 2,14$ KU/L, evidenciándose que el 56,82 % de los participantes presentaron niveles inferiores al rango normal. Se identificaron como factores asociados a los niveles de colinesterasa, las horas diarias ($p=0,011$) y el periodo crónico de exposición ($p=0,008$), así como el contacto directo con los plaguicidas carbámicos ($p=0,046$). Finalmente, los resultados revelan que la mayoría de los agricultores expuestos a plaguicidas carbámicos presentan inhibición de colinesterasa sérica y que existen factores asociados a esta condición.

Palabras clave: plaguicidas carbámicos, colinesterasa, agricultores.

ABSTRACT

The aim of this study was to identify the factors associated with exposure to carbamic pesticides in farmers in the district of La Yarada Los Palos, province of Tacna, during the year 2025, by measuring serum cholinesterase as a biomarker of exposure. An observational, quantitative, basic and cross-sectional study was carried out in a sample of 88 farmers who work directly with pesticides. The determination of serum cholinesterase was performed at the Clinical Analysis Laboratory of the Jorge Basadre Grohmann National University by UV spectrophotometry. The average serum cholinesterase value was 4.01 ± 2.14 KU/L, showing that 56.82% of the participants had levels below the normal range. Factors associated with cholinesterase levels were identified as daily hours ($p=0.011$) and chronic exposure time ($p=0.008$), as well as direct contact with carbamic pesticides ($p=0.046$). Finally, the results reveal that the majority of farmers exposed to carbamic pesticides present serum cholinesterase inhibition and that there are factors associated with this condition.

Keywords: carbamate pesticides, cholinesterase, farmers.

INTRODUCCIÓN

A nivel global, la agricultura constituye un sector estratégico para el progreso de las naciones, dada su participación en el Producto Bruto Interno y su función indispensable en el aseguramiento del suministro de alimentos. En este contexto, el uso de plaguicidas adquiere una relevancia sustancial como herramienta fitosanitaria que, de no ser adecuadamente manejada, pueden comprometer significativamente la productividad agrícola, ocasionando pérdidas masivas en las cosechas (1,2).

Por ello, la Organización Internacional del Trabajo (OIT) ha catalogado al sector agrícola como uno de los tres entornos laborales con mayor índice de peligrosidad, puesto que, el empleo crónico de plaguicidas conlleva sustancialmente el riesgo de enfermedades ocupacionales, toxicidad aguda y crónica, así como la mortalidad prematura en esta población laboralmente activa (3,4)

Diversos factores incrementan el riesgo de exposición a plaguicidas en entornos agrícolas, estos incluyen la aplicación inadecuada de los productos, la utilización de equipos de fumigación defectuosos, la deficiente utilización de equipos de protección personal (EPP) o su total omisión, un bajo nivel educativo, la ausencia de capacitación técnica, el

desconocimiento de los tiempos de reentrada o períodos de carencia, y la manipulación indiscriminada de formulaciones altamente tóxicas. Estos factores, en conjunto, no solo comprometen la condición sanitaria de población agrícola, sino que extienden los peligros a sus familias y comunidades, configurando un complejo desafío de salud pública que exige la acción coordinada de diferentes sectores (5).

Los plaguicidas carbámicos, ampliamente empleados en este sector, son tóxicos principalmente porque dañan el sistema nervioso. Logran este daño al impedir la función de la colinesterasa en las neuronas, lo cual tiene como consecuencia un incremento anormal de acetilcolina en los puntos de contacto entre nervios y músculos. De acuerdo a este mecanismo fisiológico, las manifestaciones clínicas de esta neurotoxicidad abarcan cefalea, visión borrosa, miosis, náuseas, vómitos, debilidad muscular, broncorrea, depresión respiratoria, convulsiones, e incluso alteraciones en los sistemas reproductivo e inmunológico con exposiciones prolongadas o acumulativas (6).

Por lo tanto, considerando además que Tacna, es una importante zona agrícola en el sur peruano, donde se cultiva una gran variedad de productos, la protección de estos cultivos se realiza comúnmente mediante

la aplicación de carbamatos (7), para salvaguardar la salud de los agricultores y de la ciudadanía, y asegurar el futuro de la agricultura en la región, es fundamental abordar de manera completa y exhaustiva todos los factores que conllevan al contacto con plaguicidas carbámicos por parte de los operarios del sector agrícola en La Yarada Los Palos.

Expuesto lo anterior, la presente investigación propone evaluar los niveles de colinesterasa sérica en los agricultores del distrito La Yarada Los Palos que han estado expuestos a plaguicidas carbámicos. Dicha cuantificación se llevará a cabo utilizando la técnica de espectrofotometría UV, buscando además identificar los factores asociados a dichos niveles.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

A nivel mundial, la utilización de plaguicidas se ha convertido en un componente fundamental de la agricultura intensiva, al emplearse para controlar diversas plagas y garantizar niveles óptimos de productividad. No obstante, la Organización Mundial de la Salud (OMS) ha levantado una alerta roja, pues el contacto con dichos compuestos implica un riesgo considerable para la salud humana y el ambiente. Este desafío es crítico en países de ingresos bajos y medios donde las regulaciones, el control sanitario y la capacitación técnica son frecuentemente insuficientes (8). Entre los efectos adversos documentados se encuentran intoxicaciones agudas, alteraciones del sistema nervioso central y periférico, enfermedades respiratorias, daño hepático, enfermedades reproductivas y carcinogenicidad, además de generar impactos negativos en la riqueza biológica y en las capacidades productivas del suelo y agua (9) .

En el contexto latinoamericano, el problema de los plaguicidas constituye una grave preocupación de salud pública. Las estimaciones

globales de la OMS sitúan la intoxicación aguda por plaguicidas entre 1 y 5 millones de casos anuales; no obstante, se reconoce que la mayoría de estos eventos y la carga de morbilidad asociada recaen de forma desproporcionada sobre las comunidades agrícolas rurales de los países en desarrollo (10). Perú también se ve afectado por esta situación. La agricultura se posiciona como uno de los principales medios generadores de recursos económicos nacionales y el uso de plaguicidas es generalizado en el sector productivo. No obstante, diversas investigaciones coinciden en que la deficiente implementación de medidas de seguridad durante la manipulación de estos agroquímicos es la causa principal de la exposición. Esta deficiencia, evidenciada por el escaso uso de EPP, la reutilización de envases contaminados y la carencia de capacitación adecuada, provoca que los agricultores enfrenten un riesgo significativamente elevado de sufrir daños a la salud que pueden manifestarse de forma inmediata o a largo plazo (11,12).

Estudios nacionales recientes han reportado niveles preocupantes de alteraciones en marcadores bioquímicos como la colinesterasa sérica. Este hallazgo funciona como una métrica biológica esencial para determinar el grado de absorción de plaguicidas carbámicos por parte del personal dedicado a las labores del campo. Por ejemplo, en agricultores de

Lima (11) y Junín (13), se ha documentado una prevalencia de inhibición enzimática superior al 40%, asociada a prácticas agrícolas sin medidas de bioseguridad. El deterioro en la salud derivado de esta situación no se limita al bienestar individual del trabajador del campo, sino que irremediablemente compromete la estabilidad y la calidad de vida de su núcleo familiar. De hecho, se ha demostrado que la exposición pasiva en miembros de familia y, específicamente, en niños que viven en zonas agrícolas también representa un riesgo significativo (14,15).

Además, la toxicidad de los plaguicidas carbámicos se manifiesta al inhibir de manera transitoria la enzima acetilcolinesterasa. Este proceso bioquímico resulta en la acumulación descontrolada del neurotransmisor acetilcolina en los espacios sinápticos. El consecuente síndrome colinérgico se traduce clínicamente en una gama de manifestaciones que incluyen síntomas leves como cefalea, bradicardia, disnea, alteraciones digestivas, debilidad muscular y, en casos graves, convulsiones y paro respiratorio (9).a su vez, La exposición prolongada, incluso a pequeñas cantidades, provoca daños en las funciones cerebrales, hormonales y reproductivas (16).

Frente a esta problemática, y considerando que Tacna una región agrícola estratégica en el sur peruano donde el uso de estos plaguicidas es una práctica habitual en la protección de sus cultivos (7), la presente propuesta investigativa tiene como fin principal identificar los diversos determinantes o factores que están intrínsecamente ligados a la exposición a plaguicidas carbámicos en la población de agricultores del distrito de La Yarada Los Palos durante el año 2025. Este estudio busca contribuir con evidencia local al diseño de políticas de salud ocupacional, prevención toxicológica y vigilancia ambiental.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. Problema principal

¿Cuáles son los factores asociados a la exposición a plaguicidas carbámicos en agricultores del distrito La Yarada los Palos, 2025?

1.2.2. Problemas específicos

a) ¿Cuáles son los efectos de los plaguicidas carbámicos sobre los niveles la colinesterasa sérica en los agricultores del distrito La Yarada Los Palos, 2025?

b) ¿Cuál es el tiempo de exposición a plaguicidas carbámicos en los agricultores del distrito La Yarada Los Palos, 2025?

c) ¿Cuáles son los principios activos de plaguicidas carbámicos empleados por los agricultores del distrito La Yarada Los Palos, 2025?

1.3. JUSTIFICACIÓN

1.3.1. Justificación teórica

Los plaguicidas carbámicos son ampliamente utilizados en la agricultura, pero también son reconocidos por sus posibles efectos nocivos. A pesar de su uso frecuente, existe una significativa brecha en la comprensión científica sobre los determinantes específicos que modulan la exposición en la población de agricultores. Especialmente, la evaluación subjetiva del peligro en la población agrícola sigue siendo limitada en la literatura científica. Esta investigación contribuirá a llenar ese vacío, al proporcionar una mejor comprensión de los elementos que son determinantes en la exposición a estos plaguicidas dentro de entornos rurales

particulares. El estudio se centrará en el distrito de La Yarada Los Palos, con la finalidad de ofrecer evidencia crucial para contextos geográficos y sociales específicos.

1.3.2. Justificación práctica

La alta toxicidad potencial de los plaguicidas carbámicos hace imprescindible la vigilancia correcta de la exposición a estas sustancias. El empleo de metodologías probadas (válidas y confiables) garantiza una identificación más exacta de los niveles de exposición a agentes tóxicos. Este rigor procedimental no solo optimiza la identificación exacta de la dosis interna y la magnitud de la exposición, sino que también proporciona una base empírica robusta para la evaluación consecuente y pertinente de los riesgos sanitarios asociados a dicha exposición. Los resultados obtenidos de esta investigación serán cruciales para orientar la atención médica personalizada: los agricultores con niveles elevados de exposición podrán recibir un seguimiento clínico más riguroso, mientras que aquellos con exposiciones bajas podrán beneficiarse de estrategias de prevención focalizadas. Así, se optimiza la intervención médica y se promueve la seguridad ocupacional.

1.3.3. Justificación metodológica

La elección de un diseño metodológico observacional, cuantitativo y relacional se sustenta en la propia naturaleza del problema de estudio. Este enfoque permite acercarse de manera clara y directa a las percepciones, experiencias y prácticas que los agricultores desarrollan al manipular plaguicidas carbámicos. Al combinar la observación con el análisis numérico y la relación entre variables, se obtiene una visión más completa de la exposición en su entorno real de trabajo. Además, este tipo de diseño ofrece una base sólida que puede servir de guía para futuras investigaciones en otras comunidades agrícolas del país, aportando evidencia útil y comparable.

1.3.4. Justificación Social

Esta investigación es muy importante para la sociedad porque el impacto de la exposición a plaguicidas va mucho más allá del bienestar individual del agricultor. Las consecuencias negativas repercuten en su núcleo familiar y en la colectividad, menos cabando directamente la seguridad y salubridad de los víveres que consume

la población del área. Al identificar los factores que contribuyen a esta exposición, será posible diseñar medidas educativas y preventivas que promuevan el bienestar de los trabajadores del campo y fortalezcan la seguridad alimentaria en el distrito. Asimismo, los hallazgos de esta investigación facilitarán la sensibilización de las autoridades y de los propios agricultores sobre los riesgos asociados, impulsando decisiones más responsables y la creación de alternativas basadas en evidencia científica.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo general

Determinar los factores asociados a la exposición a plaguicidas carbámicos en agricultores del distrito La Yarada Los Palos, 2025

1.4.2. Objetivos específicos

- a) Evaluar los efectos de los plaguicidas carbámicos en la colinesterasa sérica de los agricultores del distrito La Yarada Los Palos, 2025

- b) Describir el tiempo de exposición a plaguicidas carbámicos en agricultores del distrito La Yarada Los Palos, 2025
- c) Identificar los principios activos de plaguicidas carbámicos empleados por los agricultores del distrito La Yarada Los Palos, 2025

1.5. HIPÓTESIS

Hipótesis alterna (Ha): Existen factores asociados estadísticamente a los niveles de colinesterasa en agricultores del distrito La Yarada Los Palos, 2025

Hipótesis nula (Ho): No existen factores asociados estadísticamente a los niveles de colinesterasa en agricultores del distrito La Yarada Los Palos, 2025.

1.6. DETERMINACIÓN DE VARIABLES

1.6.1. Variable dependiente

Exposición a plaguicidas carbámicos

- *Nivel de colinesterasa sérica*

1.6.2. Variable independiente

Factores asociados

1.7. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla 1. Operacionalización de variables

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	VALOR FINAL	TIPO DE VARIABLE
Variable dependiente Exposición a plaguicidas carbámicos	Contacto directo o indirecto con plaguicidas del grupo carbámico durante las actividades agrícolas, que puede producir efectos tóxicos reversibles al inhibir la enzima colinesterasa.	Estado de exposición ocupacional al uso de plaguicidas carbámicos en los últimos 6 meses, medido por la concentración sérica de colinesterasa sérica	Biomarcador enzimático	Nivel sérico de colinesterasa	KU/L	Continua, razón
			Tipo de plaguicida carbámico	Principio activo de la formulación	Metomilo Carbofurano Otros	Politómica, nominal
Variable independiente Factores asociados	Circunstancias, condiciones o elementos que pueden influir en la probabilidad o nivel de exposición de un individuo, un grupo de personas o el medio ambiente a sustancias químicas llamadas carbamatos.	Se evaluará mediante ficha de recolección de datos aplicado a agricultores.	Sexo	Sexo del agricultor	Masculino Femenino	Dicotómica, nominal
			Edad	Edad cronológica	Años	Discreta, razón
			Tiempo de exposición	Horas por día de contacto con plaguicidas	Horas	Discreta, razón
			Frecuencia de uso	Frecuencia semanal/mensual de aplicación	Diario, semanal, mensual	Ordinal
			Uso de protección	Uso de EPP al manipular plaguicidas	Siempre, algunas veces, nunca	Politómica, Ordinal
			Prácticas agrícolas	Años de experiencia agrícola	Años	Discreta, razón
			Conocimiento y capacitación	Conocimiento sobre riesgos y capacitaciones previas	Sí / No	Nominal
Condiciones de salud relacionadas al trabajo	Síntomas durante o después de la exposición	Sí / No	Nominal			

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES DEL ESTUDIO

2.1.1. Antecedentes internacionales

En Colombia, Peláez et al. (17), en su trabajo titulado ***“Determinar la exposición a plaguicidas organofosforados y carbamatos en población ambiental y ocupacionalmente expuestas de los municipios de Aranzazu (Caldas) y Nechí (Antioquia), Colombia, 2023”*** (2023), desarrollaron una investigación de tipo descriptivo-transversal . La población de estudio estuvo conformada por 200 personas. La metodología de recolección de información incluyó el empleo de cuestionarios y la adquisición de muestras biológicas. Entre los hallazgos, se identificó a 117 personas con exposición ocupacional y 90 con exposición ambiental, con edades promedio de 45,3 y 45,1 años, respectivamente. Se observó que la tasa de utilización de EPP era insuficiente entre los pobladores de Nechí y Aranzazu, y se distinguió una mayor proporción de mujeres dedicadas a la agricultura en Nechí. El estudio concluyó que los niveles de plaguicidas eran

equivalentes (sin diferencia significativa) entre los grupos expuestos por su actividad laboral y los expuestos por su entorno.

Asimismo, en Colombia, Suárez et al. (18), en su trabajo titulado ***“Evaluación de la exposición a mezclas de plaguicidas organoclorados, organofosforados y carbamatos en población del municipio de Montelíbano (Córdoba) en Colombia”*** (2022), desarrollaron un estudio de diseño descriptivo-transversal, con una muestra no probabilística que incluyó a 99 participantes, de quienes se recopiló información mediante cuestionario. Los resultados mostraron que el 63,6 % de la muestra se exponía ocupacionalmente y el 36,4 % ambientalmente; en este último grupo, solo reportaron dedicarse a la agricultura u oficios varios, y ninguno a la minería. Los plaguicidas más usados fueron los Carbamatos, Organoclorados y Organofosforados. Se encontró que la exposición a plaguicidas variaba significativamente según el género, el área de residencia y el tipo de cobertura de seguridad social ($p < 0.05$). En cuanto a la distribución de agentes, el organofosforado fue el grupo más frecuente (41,7 %), seguido por el organoclorados (33,3 %) y el carbamato (25 %). Finalmente, se resaltó que los niveles en sangre

de los carbamatos correspondieron a los tipos Propoxur, Aldicarb y Carbofuran (18).

En Ecuador, Chalén et al. (19), en su trabajo de investigación titulado **“Evaluar los niveles de colinesterasa como biomarcador indicador del grado de exposición de agricultores a plaguicidas organofosforados y carbamatos”** (2021), desarrollaron una investigación de tipo descriptivo retrospectivo que analizó una muestra de 200 agricultores para establecer el grado de exposición. Los resultados revelaron que el 55,10 % de los colaboradores presentaron niveles séricos de colinesterasa disminuidos, mientras que el 44,90 % se mantuvo dentro de los valores normales. El grupo etario más afectado fue el de 31 a 40 años. Los autores establecieron una relación entre estos valores anormales y el uso deficiente de equipos de protección personal (EPP), pues encontraron que el 100 % de los agricultores utilizaba implementos de bioseguridad incompletos, lo que, según concluyeron, genera un alto impacto en la salud de los trabajadores.

También en Ecuador, Holguín et al. (20), en su trabajo titulado **“Determinar los factores laborales asociados a inhibidores de colinesterasa en agricultores”** (2020), una investigación

observacional analítica de cohorte transversal, con muestra de 83 agricultores, de los cuales se recolectó datos mediante pruebas de sangre y cuestionarios. El estudio determinó que el 91,57% de los participantes llevaba más de 10 años ejerciendo la actividad. Se concluyó que el tiempo de exposición es el principal factor determinante de riesgo en los agricultores ($p < 0,05$), ya que las variables utilización de protección personal y capacitación no fueron estadísticamente significativas. Entre los 83 agricultores que participaron voluntariamente en la prueba de Colinesterasa (sérica y eritrocitaria), el 8,40 % arrojó valores disminuidos, lo que representó aproximadamente la prevalencia de intoxicación por inhibidores de Colinesterasa en la población estudiada (casos registrados en el Laboratorio San Antonio). El 91,60 % restante presentó valores dentro de la normalidad.

Ramírez-Santana et al. (16), en Chile, realizó la investigación: ***“Asociación entre inhibición de colinesterasa y deterioro cognitivo: Base para políticas de prevención de la contaminación ambiental por plaguicidas organofosforados y carbamatos en Chile”*** (2020), en la cual se evaluaron la inhibición de la actividad de la acetilcolinesterasa (AChE) y la

Butirilcolinesterasa (BChE), y los resultados neuropsicológicos, como el estado mental general, el lenguaje, la memoria, la atención, la función ejecutiva, la praxis y la psicomotricidad. Se reclutaron en total 156 participantes, divididos equitativamente entre participantes con exposiciones ambientales (EE) y participantes con exposición ocupacional (OE). En el EE, la inhibición de la actividad enzimática de BChE $\geq 30\%$ mostró una asociación significativa con una disminución del 10% o más en el rendimiento en varias pruebas que evaluaban seis de las ocho áreas cognitivas (excepto la psicomotricidad y el estado de ánimo); además, para la inhibición de AChE en EE, la asociación fue significativa en tres pruebas que evaluaban la atención y una de función ejecutiva. Mientras que, en OE, la inhibición de BChE $\geq 30\%$ se asoció con un bajo rendimiento en una prueba de atención y, para AChE, la superación del estándar se evidenció una reducción del rendimiento en una prueba de memoria y atención, respectivamente. El estudio concluyó que el aumento de la exposición a pesticidas se confirmó por el aumento de la inhibición de la colinesterasas en ambos grupos de exposición; lo que se evidenció una disminución del rendimiento neuropsicológico, principalmente en el grupo de estudio expuesto ambientalmente.

En Tailandia, Thetkathuek et al. (21) mediante su estudio: **“Exposición a pesticidas y niveles de colinesterasa en trabajadores agrícolas migrantes en Tailandia”** (2017), se evaluaron a 891 migrantes que se desempeñaban como trabajadores agrícolas en cultivos de piña, durian y rambután. La edad promedio de los participantes fue de 30,3 años, siendo los hombres la mayoría con un 57,7 %. El estudio reveló que el nivel de Colinesterasa Sérica (SChE) en los trabajadores agrícolas estuvo fuertemente inhibido. De acuerdo con la clasificación utilizada, solo el 4,4 % de los sujetos presentó niveles normales de actividad enzimática. Por el contrario, el 75,1 % de la muestra mostró niveles marcadamente reducidos o inseguros, indicando una alta exposición. Los resultados indicaron que el ORa (odds ratio ajustado) de riesgo indicaron que tres factores se asociaron significativamente a la exposición o a niveles anormales de SChE: el género masculino (ORa =1,58), el trabajo en plantaciones más grandes (ORa=2,69), y la utilización de una pulverizadora de mochila (ORa=2,07). Finalmente, el estudio concluyó que estos agricultores presentaron un mayor riesgo de desarrollar enfermedades agudas o crónicas a causa de la exposición a pesticidas.

2.1.2. Antecedentes nacionales

En Lima, Obregón (11), en su investigación titulada **“Niveles de colinesterasa sérica en agricultores expuestos a plaguicidas en la comisión de usuarios del subsector hidráulico – irrigación Santa Rosa – Sayán, 2023”** (2024), fue de tipo descriptivo y transversal con 63 agricultores. Se recolectó datos mediante análisis bioquímico de colinesterasa y una encuesta sobre prácticas agrícolas. Se evidenció que el 42,9% presentó niveles bajos de colinesterasa, especialmente en quienes aplicaban plaguicidas carbámicos sin protección (72 %). Además, el 53 % refirió síntomas como fatiga, dolor de cabeza y mareos. Finalmente, el estudio concluyó que el uso de plaguicidas sin control técnico ni protección adecuada incrementa el riesgo de intoxicación aguda y crónica en más del 50 % de los agricultores.

En Junín, Aguilar et al. (13) en su investigación **“Niveles de marcadores enzimáticos séricos en agricultores expuestos a plaguicidas en el anexo de Palmeiras del distrito de Río Tambo, Junín, 2022”** (2022), fue de tipo no experimental, descriptivo, con enfoque cuantitativo. Se incluyó a 80 agricultores, a quienes se les

extrajeron muestras sanguíneas con el fin de cuantificar los niveles de colinesterasa y se les aplicó un cuestionario. Se halló una inhibición de colinesterasa en el 42,5 % de los casos, mayor inhibición en agricultores que no usaban EPP (65 %), y aquellos con exposición superior a 5 años. Finalmente, el estudio concluyó la existencia de una relación positiva entre la disminución de marcadores enzimáticos y el uso inadecuado de medidas de bioseguridad, con un riesgo elevado de toxicidad crónica.

Otro estudio en Lima, Tarazona (12) en su investigación ***“Evaluar las consecuencias de los plaguicidas en la salud de la población de Mala-Perú, 2021”*** (2022), adoptó un enfoque descriptivo y no experimental, con un corte transversal. La metodología incluyó una muestra de 315 trabajadores, de quienes se recolectó información mediante cuestionario. Los resultados del estudio mostraron una clara asociación entre el tipo de plaguicida utilizado y la manifestación de síntomas en los agricultores. El uso de malatión se relacionó predominantemente con cefalea (26,7 %), seguida por náuseas (7,6 %), cólicos (2,9 %) y salivación (2,5 %). En cuanto al Chlopirifos, los síntomas más reportados fueron cefalea (8,6 %), cólicos (2,9 %) y náuseas (2,9 %), además de vómitos (1,6

%). Finalmente, la exposición al Dicrotophos se relacionó con informes de cefalea (8,6 %), así como náuseas (2,2 %) y salivación (2,2 %). Estos hallazgos evidencian la diversidad de sintomatología aguda según el agente organofosforado empleado. El estudio concluyó que las consecuencias de los plaguicidas sobre la salud tienen una relevancia significativa, estando moduladas por el tiempo de exposición, la edad, el nivel de instrucción y el género de los individuos.

En Ica, Cervantes et al. (22), en su trabajo titulado **“Niveles de colinesterasa y actividad laboral en trabajadores agrícolas que se atienden en la Clínica Finlay Medical Center, Ica, 2021”** (2021), emplearon una metodología cuantitativa de corte transversal, con el fin de establecer las correlaciones existentes entre las variables de estudio. La población estuvo compuesta por 105 trabajadores agrícolas de 18 a 65 años. El estudio incluyó la aplicación de un cuestionario estandarizado y la evaluación bioquímica de colinesterasa sérica mediante la extracción de muestras de sangre. Los resultados revelaron que el 21,9% de los trabajadores presentaban niveles bajos de colinesterasa. Sin embargo, se encontró que los niveles de colinesterasa no estuvieron

significativamente relacionados con variables clave como el tiempo de exposición, el tipo de plaguicidas o el uso de protección personal, identificándose solo una débil asociación positiva con el grupo etario. Finalmente, el estudio concluyó que los niveles de colinesterasa sérica en los trabajadores no estuvieron influenciados significativamente por su actividad laboral.

En Cajamarca, Heredia et al. (14), en su estudio ***“Determinar los niveles de colinesterasa sérica en agricultores que pertenecen a la Asociación de Arroceros Comisión de Usuarios del Sub Sector Hidráulico de la provincia de Jaén, expuestos a plaguicidas organofosforados 2019”*** (2019), cuyo diseño fue descriptivo y transversal, con una muestra de 280 agricultores de quienes se recolectó muestra sanguínea para posterior a ello analizarlo en un laboratorio. Los resultados mostraron que el 13,0 % de los participantes expuestos a organofosforados presentó niveles séricos de colinesterasa por debajo de lo normal, con una prevalencia mayor en el género masculino (14,5 %) que en el femenino (7,9 %). Específicamente, el 16,4 % de los agricultores dedicados a la fumigación presentó niveles bajos de colinesterasa, y se observó que el 22,7 % de estos trabajadores no utilizaba medidas

de protección personal (EPP); de ese subgrupo sin protección, 7 individuos (el 33,3 %) mostraron niveles bajos. Finalmente, se encontró que el 89,5 % de los agricultores tenía una exposición prolongada (tres años o más), destacando que, de los 20 casos clasificados con exposición crónica, el 95,2 % mostró niveles séricos de colinesterasa por debajo de lo normal.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. Generalidades de los plaguicidas

2.2.1.1. Definición de plaguicidas

Se refiere a cualquier sustancia o químico utilizado específicamente para erradicar, prevenir o mitigar organismos compuestos vectores (insectos, roedores) u otros huéspedes indeseables que constituyen un riesgo para la salud y el bien de las poblaciones humanas, así como para proteger los cultivos (23).

La categoría de plaguicidas es amplia e incluye numerosos productos químicos utilizados para combatir plagas de origen animal y vegetal en entornos agrícolas e industriales. Bajo este

concepto se agrupan diversos agentes biocidas como los insecticidas, herbicidas, fungicidas, acaricidas y nematocidas, todos los cuales son, por diseño, sustancias altamente tóxicas y potencialmente peligrosas, lo que subraya la necesidad de regulación y control en su manipulación (23).

Tabla 2. Clasificación de los plaguicidas, según la composición química (24).

Composición química	Ejemplos
Organoclorado	Dicloro Difenil Tricloroetano, Dieldrín
Organofosforado	Diclorvos, Paratión Metílico
Carbamato	Metomilo, Tiofanox, Carbofurano
Tiocarbamato	EPTC, Molinate, Thiram
Piretroide	Esfenvalerato, Ciflutrín, Praletrina
Compuestos bipyridilos	Clorquetat, Cloruro de Paraquat
Compuestos del ácido fenoxiacético	2,4-D, MCPA, MCPP
Compuestos cloronitrofenólicos	DNP, Dinotrocresol
Compuestos de triazinas	Atrazina, Cianazina, Simazina
Compuestos orgánicos del estaño	Cyhexatin, Dowco, Plictrán

Compuestos inorgánicos		Azufre Elemental, Sulfatos / Cobre, Arsenicales, Sulfatos / Azufre, Fosfuros
Compuestos de origen botánico		Piretrinas, Azadiractina, Limoneno

Fuente: Ramirez J. y Lacasana M. (2001)

2.2.2. Carbamatos

Químicamente, los carbamatos son ésteres basados en los ácidos N-metilcarbámico o dimetilcarbámico y se emplean ampliamente como insecticidas, nematocidas, fungicidas y herbicidas. Si bien actúan inhibiendo la acetilcolinesterasa, al igual que los organofosforados, su efecto es reversible. Esta característica clave, junto con su menor persistencia ambiental, permite que la enzima se reactive espontáneamente después de un lapso, cuya duración depende del agente carbámico utilizado (25). Poseen la siguiente estructura:

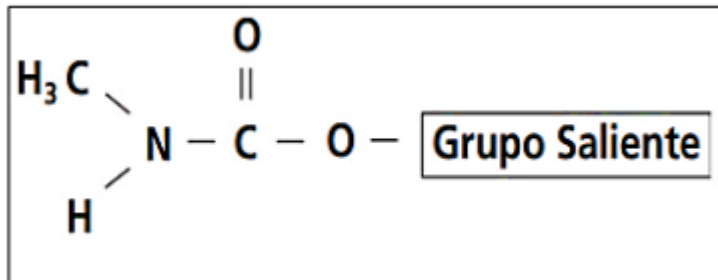


Gráfico 1. Estructura química de los carbamatos

Fuente: Roberts, J., & Reigart, R. (2013). Recognition and Management of Pesticide Poisonings.

La absorción de estas sustancias ocurre por todas las vías de exposición. El grado de absorción dérmica (a través de la piel) es variable, dependiendo tanto del producto químico específico como del estado de la piel (por ejemplo, si existen escoriaciones, dermatitis o lesiones). Respecto a su toxicidad, generalmente oscila de media a baja, aunque existen excepciones notables con toxicidad alta, como es el caso del carbofurán (25).

Si bien los efectos agudos sistémicos son la principal preocupación toxicológica de los plaguicidas, no deben

ignorarse los efectos locales que pueden presentarse tras la exposición (irritación de piel, ojos y vías aéreas). Se hace esta distinción porque las reacciones tóxicas no garantizan que el individuo presente, de forma simultánea, sintomatología sistémica (25).

Dado que sus productos de descomposición (CO₂ y fenoles) son hidrosolubles, estos pueden integrarse temporalmente en los tejidos o, más comúnmente, ser eliminados del organismo. La principal vía de excreción es la orina, mientras que la leche, la respiración y las heces contribuyen en menor medida a la depuración de estos metabolitos (25).

Finalmente, estudios realizados en individuos con exposición prolongada a plaguicidas indican múltiples problemas de salud, tales como alteraciones cutáneas, leucemia, aberraciones cromosómicas, disfunción hepática y un mayor riesgo de mortalidad (25).

2.2.2.1. Clasificación

Los carbamatos se dividen en tres categorías principales, clasificadas según su aplicación biológica:

- a. Insecticidas: Derivados de ésteres del ácido carbámico
- b. Fungicidas: Derivados del ácido tiocarbámico.
- c. Herbicidas: Esta categoría está compuesta por carbamatos en su totalidad, sin especificar una subestructura particular (26).

Tabla 3. Clasificación de los carbamatos, según su estructura (28)

ESTRUCTURA	SUSTITUYENTE	USO
Metilcarbamato	El grupo R unido al oxígeno es una estructura aromática o alifática.	Insecticida
Ditiocarbamato	Contienen dos grupos de azufre, derivados del ácido ditiocarbámico. No son ésteres, sino sales.	Fungicida
Tiocarbamato	Derivados del ácido tiocarbámico, donde un átomo de oxígeno ha sido reemplazado por azufre (S)	Herbicida

Fuente: Moreno D (2016)

Mecanismo de toxicidad

Los carbamatos comparten un mecanismo de acción con los organofosforado; sin embargo, dos características farmacocinéticas específicas marcan una distinción fundamental entre ambos grupos de plaguicidas (27):

- La principal peculiaridad es que la unión entre el carbamato y la enzima (acetilcolinesterasa) es reversible debido a que el complejo resultante no experimenta el proceso de 'envejecimiento' (aging). Esta característica facilita la reactivación abierta de la enzima después de un lapso de tiempo específico, el cual es dependiente de las propiedades del producto carbámico.
- Sus Debido a su limitada capacidad para cruzar la barrera hematoencefálica, los carbamatos presentan efectos neurológicos centrales atenuados en comparación con otros grupos de plaguicidas

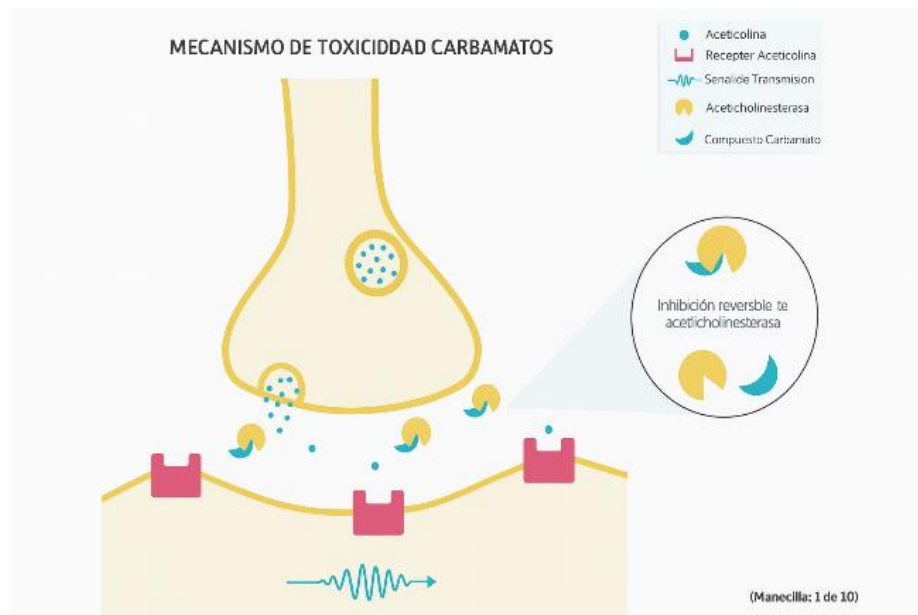


Gráfico 2. Mecanismo de toxicidad de los carbamatos

Fuente: Moreno, Gabriela. Prevalencia de intoxicaciones ocupacionales agudas con plaguicidas químicos de uso agrícola en el Ecuador durante el periodo 2015 – 2018.

2.2.2.2. Toxicocinética y Toxicodinámica

Absorción: Presentan una excelente farmacocinética de absorción por vía oral, inhalatoria, cutánea y de mucosas. El tiempo para alcanzar la concentración sérica máxima tras la ingesta es de 30 a 40 minutos (27).

Metabolismo: El metabolismo principal de los carbamatos tiene lugar tanto en el hígado como en la pared intestinal. Este

proceso de biotransformación consta de tres etapas esenciales: hidrólisis, hidroxilación y conjugación (27).

Eliminación La eliminación completa del compuesto se logra en unos tres días, siendo la orina la vía principal de excreción (27).

2.2.3. Manifestaciones clínicas

Los síntomas manifestados dependen directamente de la severidad o el grado de la intoxicación (27):

- **Leve:** La condición se manifiesta con síntomas gastrointestinales (diarrea, náuseas, vómito y dolor estomacal), síntomas del sistema nervioso (mareo, dolor de cabeza, visión borrosa) y un incremento en las secreciones (sudoración y salivación), acompañado de fatiga.
- **Moderado:** Los síntomas iniciales se agravan y se suman la constricción de las pupilas, malestar en

el pecho y una debilidad tan marcada que dificulta o imposibilita la marcha.

- **Grave:** Los síntomas más graves incluyen dificultades respiratorias, exceso de secreciones (salivación y secreción nasal) y calambres musculares. A nivel ocular, se presenta constricción pupilar severa. Estos signos preceden a la pérdida de conciencia, el coma y la muerte.

2.2.4. Presentaciones

La presentación en polvo es común para los carbamatos, ya que son solubles en disolventes orgánicos, una característica esencial de los compuestos más significativos de este grupo. Los carbamatos más trascendentales son (24):

- **Carbaryl (Dicarban®):** Es un polvo cristalino de color tenue y sin olor. Es esencialmente insoluble en agua (hidrófobo) pero miscible con disolventes orgánicos.

- **Propoxur (Baygon®):** Se trata de un polvo blanco, cristalino, con un aroma tenue (o suave) a fenol.
- **Metomilo (Lannate®):** Es un sólido cristalino blanquecino caracterizado por un olor penetrante parecido al sulfuro. Muestra alta solubilidad en agua y, aunque es estable en condiciones normales, sufre una fácil descomposición (hidrólisis) cuando se expone a medios alcalinos.
- **Carbofuran (Furadan®):** Es un sólido cristalino blanco (a menudo disponible en gránulos) que emite un ligero aroma a fenol. Aunque solo es moderadamente soluble en agua, su persistencia media en el suelo y alta movilidad le confieren el potencial de contaminar las aguas subterráneas.
- **Aldicarb (Temik®):** Es un cristal incoloro que se comercializa habitualmente en gránulos de color blanco. Posee una alta solubilidad acuosa y es estable en condiciones de pH neutro o levemente modificado (ácido o básico).

2.2.5. Colinesterasa

Para regular la transferencia nerviosa en la unión neuromuscular y las sinapsis, ciertas enzimas llamadas colinesterasas se encargan de desactivar la acetilcolina y otros ésteres de colina mediante hidrólisis. Las dos formas conocidas son la acetilcolinesterasa y la Butirilcolinesterasa (28,29).

2.2.5.1. Acetilcolinesterasa

La acetilcolinesterasa (colinesterasa verdadera o eritrocitaria) es la encargada de descomponer la acetilcolina en la placa motora para regular la función nerviosa. Se halla en los glóbulos rojos y las terminaciones nerviosas. Su actividad insuficiente, a menudo relacionada con el metabolismo de la succinilcolina, puede resultar en apneas después de la anestesia (30).

Los niveles de acetilcolinesterasa (AChE) son altos en los glóbulos rojos recién formados; sin embargo, esta concentración disminuye progresivamente a medida que la

célula madura. Esto establece una correlación directa entre la cantidad de AChE y el número de reticulocitos (eritrocitos jóvenes) (30).

2.2.5.2. Butirilcolinesterasa

Llamada también pseudocolinesterasa, esta enzima no es altamente específica (hidroliza ésteres acil) y se localiza principalmente en el hígado y otros tejidos. Una insuficiencia de esta enzima puede inhibir la actividad de la colinesterasa sérica, lo que a su vez provoca problemas de visión acompañados de confusión o turbación mental (26).

La distinción fundamental entre las dos formas de colinesterasa reside en su selectividad de sustrato: la acetilcolinesterasa (AChE) tiene una gran afinidad y descompone la acetilcolina; en contraste, la butirilcolinesterasa (BChE) actúa prioritariamente sobre la butirilcolina. Además, la AChE se elige como el marcador biológico para diagnosticar intoxicaciones crónicas, mientras que la BChE se usa para diagnosticar casos agudos (26).

2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS

- **Plaguicidas**

Sustancia química o agente biológico diseñado para controlar, prevenir o eliminar plagas, que son organismos que causan daño a cultivos agrícolas, plantas, animales o seres humanos (31).

- **Carbamatos**

son compuestos químicos que derivan de los ácidos dimetilcarbámico o N-metilcarbámico (son ésteres de estos ácidos). Su aplicación principal es como plaguicidas; se utilizan ampliamente como nematocidas (contra nematodos), fungicidas (contra hongos), herbicidas (contra malezas) e insecticidas (contra insectos) (25).

- **Colinesterasa**

Son las enzimas cuya tarea es regular la transmisión del impulso nervioso en la unión neuromuscular y las sinapsis neuronales, logrando esto mediante la hidrólisis de la acetilcolina y otros ésteres de colina (28).

- **Tiempo de exposición**

Duración en la que un individuo o grupo de personas ha estado en contacto con plaguicidas carbámicos durante el desempeño de sus actividades agrícolas(32).

- **Concentración**

Se mide generalmente en términos de la cantidad de sustancia activa del carbamato en relación con el volumen, el peso o la superficie en la que se encuentra. La concentración puede variar dependiendo de la formulación del pesticida, la dosis aplicada y otros factores ambientales (31).

- **Tipos de carbamatos**

Diferentes clases o marcas de plaguicidas que contienen compuestos carbámicos como ingredientes activos. Estos compuestos tienen nombres químicos específicos y pueden variar en su toxicidad, persistencia en el medio ambiente y aplicaciones agrícolas específicas (33).

CAPITULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1. TIPO, DISEÑO Y NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN

3.1.1. Tipo de investigación

Observacional: Porque que el registro y la recolección de los datos de las variables se lleva sin que se influya o se manipule a los sujetos o a las variables de estudio (34).

Cuantitativa: Porque que se recopila información numérica de las variables de interés y usa métodos estadísticos (descriptivos e inferenciales) para revelar a las preguntas de la indagación. Su propósito es estimar los factores asociados a la exposición a plaguicidas carbámicos, cuantificando dicha exposición mediante el análisis de los niveles de colinesterasa sérica (34).

Básica: Porque que se pretende crear y aumentar el conocimiento sobre los niveles séricos de colinesterasa y sus factores asociados en agricultores expuesto a plaguicidas

carbámicos. Asimismo, no se aplica una intervención específica para alteara la naturaleza de la variable dependiente (34).

3.1.2. Diseño de investigación

Transversal: Porque la medición de la exposición a plaguicidas carbámicos a través de la determinación de colinesterasa sérica y los factores asociados se realizaron en un momento puntual del tiempo, sin implicar un seguimiento longitudinal (34).

3.1.3. Nivel de investigación

Relacional: Porque se pretende evaluar los factores que están significativamente asociados a la inhibición enzimática de colinesterasa, en agricultores expuestos a plaguicidas carbámicos (34).

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1. Población

De acuerdo al CENSO 2017 la población de La Yarada Los Palos, es de 5559 habitantes (35). No obstante, la población objetivo del estudio corresponde a los agricultores activos que estén expuestos directamente al uso de plaguicidas. En ese sentido, un Informe del Servicio Nacional de Certificación Ambiental para las Inversiones Sostenibles (SENACE) señala que la agricultura en el distrito La Yarada Los Palos emplea a 2411 habitantes (36).

3.2.2. Muestra

A través de una técnica probabilística, se realizó un cálculo de tamaño de muestra para la estimación de una media y para estimación de una proporción, ambas ajustadas por población finita.

3.2.1.1. Para estimar una media (KU/L de colinesterasa \pm DS)

$$n_0 = \frac{Z^2 \cdot \sigma^2}{E^2}$$

Donde:

- Z** : 1,96, para un nivel de confianza de 95% (IC95%)
 σ : 1,97 KU/L, desviación estándar referencial
tomada del estudio de Obregón (11)
E : 0,5, como margen de error

Reemplazando:

$$n_0 = \frac{1,96^2 \cdot 1,97^2}{0,5^2} = 60 \text{ agricultores}$$

Ajustando por población finita (N = 2411 agricultores según SENACE):

$$n = \frac{n_0}{1 + \frac{n_0 - 1}{N}}$$

Reemplazando:

$$n = \frac{60}{1 + \frac{60 - 1}{2411}} = 58 \text{ agricultores}$$

3.2.1.2. Para estimar una proporción (% de agricultores con niveles no normales de colinesterasa)

$$n_0 = \frac{Z^2 \cdot p(1 - p)}{E^2}$$

Donde:

Z : 1,96, para un nivel de confianza de 95% (IC95%)

p : 58,5%, prevalencia de agricultores con niveles no normales de colinesterasa, tomada del estudio de Thetkathuek et al. (21)

E : 0,1, margen de error

Reemplazando:

$$n_0 = \frac{1,96^2 \cdot 0,585(1 - 0,585)}{0,1^2} = 93 \text{ agricultores}$$

Ajustando por población finita (N = 2411 agricultores según SENACE):

$$n = \frac{n_0}{1 + \frac{n_0 - 1}{N}}$$

Reemplazando:

$$n = \frac{93}{1 + \frac{93 - 1}{2411}} = 90 \text{ agricultores}$$

En ese sentido, se necesitó como mínimo 58 agricultores para estimar la media de colinesterasa sérica y un umbral máximo de 90 para estimar la proporción de agricultores que tengan valores no normales de la enzima. El umbral máximo garantiza suficiente potencia estadística para el alcance de los objetivos del presente estudio.

3.2.3. Criterios de selección

Para garantizar una participación adecuada en nuestra investigación, se consideraron criterios de inclusión y exclusión que permitieron identificar de forma precisa a los agricultores que formarían parte del estudio.

3.2.3.1. Inclusión

- Agricultores adultos de ambos sexos (mayores de 18 años).
- Agricultores residentes en el distrito La Yarada Los Palos, al momento de la recolección de datos.
- Agricultores activos que se dediquen directamente a labores agrícolas. Por ejemplo: siembra, fumigación, cosecha u otras actividades relacionadas, que evidencien manejo y exposición a plaguicidas.
- Aceptación voluntaria y otorgamiento del consentimiento informado, garantizando la autonomía del agricultor.

3.2.3.2. Exclusión

- Agricultores que se encuentren en tratamiento médico por enfermedades hepáticas, renales o neurológicas que puedan afectar los niveles de colinesterasa.
- Agricultores que estén usando medicamentos anticolinesterásicos.
- Agricultores que se desempeñan en funciones administrativas o indirectas.
- Negación de firma al consentimiento informado.

3.3. TÉCNICAS, INSTRUMENTOS Y PROCEDIMIENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

3.3.1. Técnicas

Determinación de colinesterasa sérica por espectrofotometría UV – visible

La colinesterasa sérica, también conocida como butirilcolinesterasa, es una enzima que se encuentra en el plasma y cuya actividad puede verse afectada por contacto o interacción con plaguicidas inhibidores de colinesterasa. Para su cuantificación, se utiliza una técnica basada en espectrofotometría UV-visible, específicamente mediante un método cinético que permite evaluar la velocidad de la reacción enzimática en función del cambio de absorbancia.

Fundamento del método

El principio metodológico se fundamenta en la actividad hidrolítica de la colinesterasa sobre un sustrato específico, el cual es la butiriltiocolina. En presencia de la enzima, este compuesto es hidrolizado para liberar ácido tiocolínico (tiocolina). La tiocolina actúa como agente reductor y reacciona con un compuesto oxidante, como el ferriocianuro potásico (hexacianoferrato III), dando lugar a una disminución en la absorbancia de la solución.

La cuantificación del nivel de actividad enzimática en la muestra biológica se lleva a cabo mediante el uso de la espectrofotometría. Esta técnica implica medir la variación de absorbancia lumínica que se produce a una longitud de onda predeterminada de 405 nanómetros. El valor de lectura resultante, capturado por el instrumento, mantiene una proporcionalidad directa con la cantidad de enzima que se encuentra activamente funcional en ese momento en la muestra biológica.

3.3.2. Instrumentos

3.3.2.1. Ficha de recolección de datos

Se manipuló una ficha de recolección de datos con el fin de recolectar información sobre los factores asociados a la exposición a plaguicidas carbámicos en agricultores del distrito La Yarada Los Palos. Estuvo compuesto por cuatro secciones: datos sociodemográficos, condiciones laborales, exposición a plaguicidas y síntomas de intoxicación. El instrumento fue diseñado a partir de la revisión de literatura

científica y adaptado al contexto local. Contenía preguntas cerradas, mayoritariamente dicotómicas y de opción múltiple, redactadas en un lenguaje claro.

Ficha de recolección de datos se encuentra explicitado en el Anexo 3 del presente trabajo.

3.3.3. Procedimientos para la recolección de información

3.3.3.1. Aplicación de la ficha de recolección de datos y recolección de muestras de sangre

Para la ejecución del trabajo de campo, se coordinó previamente con el personal del Centro de Salud 28 de Agosto, ubicado en el distrito La Yarada Los Palos, con el propósito de organizar una campaña de salud dirigida a los agricultores, orientada a facilitar su convocatoria y participación voluntaria. Esta campaña permitió informar adecuadamente a los trabajadores agrícolas sobre los objetivos del estudio y las actividades a desarrollar.

Durante la jornada, se solicitó a los participantes su autorización, explicándoles los motivos del estudio y garantizando la entrega de los resultados conseguidos. Cada persona firmó un consentimiento informado, en cumplimiento con el principio ético de la investigación. A cada colaborador se le asignó un número identificador registrado en la ficha de recolección de datos, con fines de organización y posterior reconocimiento.

La aplicación ficha de recolección de datos y la toma de muestras sanguíneas se realizaron de manera presencial en dicho establecimiento de salud, el día 26 de enero de 2025. La recolección de sangre se efectuó mediante punción venosa en el antebrazo.

Una vez obtenidas, las muestras sanguíneas fueron transportadas en envases térmicos a temperatura controlada inferior a 6 °C, garantizando la integridad de las mismas. El traslado hacia el Laboratorio de Análisis Clínicos de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann se

realizó en un tiempo no mayor a dos horas tras la extracción, a fin de asegurar la calidad del análisis correspondiente.

3.3.3.2. Análisis de muestras de sangre para la determinación de colinesterasa sérica

Preparación de las muestras:

- Las muestras fueron centrifugadas a 2500 revoluciones por minuto (RPM) durante 10 minutos. Se procedió a la separación del suero de los componentes celulares, siendo el primero utilizado posteriormente para el ensayo.
- Las muestras de suero que no se iban a procesar próximamente se almacenaron a -20°C.

Reactivos utilizados (según el fabricante DiaSys):

- **R1 (reactivo principal):** tampón fosfato con hexacianoferrato (III).

- **R2 (sustrato):** butiriltiocolina ioduro.

Se utiliza butiriltiocolina ioduro (BTCl) como sustrato, el cual es hidrolizado por la colinesterasa para producir ácido butírico y tiocolina.

Ensayo de colinesterasa:

- En una cubeta de cuarzo o plástico, se agregó una cantidad medida de suero sanguíneo (20 μ L).
- Se añadió 1000 μ L del reactivo de colinesterasa (R1) a la muestra y se mezcló uniformemente.
- Se incubó la mezcla a 37°C durante 3 minutos, para permitir que la colinesterasa en el suero reaccione con el reactivo.
- Luego de la incubación, se añadió 250 μ L del reactivo sustrato (R2), y se mezcló cuidadosamente.
- Posteriormente, Se empleó un espectrofotómetro para registrar la absorbancia de la mezcla de reacción a 405 nanómetros, registrando la disminución de absorbancia cada minuto durante un periodo de 3 minutos. La lectura

inicial, así como la velocidad de cambio de absorbancia por minuto ($\Delta A/\text{min}$), es directamente proporcionada a la actividad enzimática de la colinesterasa en la muestra.

Registro de datos y análisis:

- Se registró los datos de absorbancia y el tiempo de incubación.
- Se calculó la velocidad de reacción (generalmente $\Delta\text{Abs}/\text{min}$) utilizando las lecturas de absorbancia a diferentes intervalos de tiempo.
- Se comparó la velocidad de reacción con valores de referencias para determinar la actividad de la colinesterasa sérica.

Interpretación de resultados:

- Los resultados del ensayo se expresan generalmente en kilo unidades de actividad de colinesterasa por litro de suero (KU/L).

- El valor por debajo del rango de referencia indica inhibición de la colinesterasa posiblemente asociado a la exposición de plaguicidas carbámicos.

Materiales y/o instrumentos

- Gradillas
- Agujas de vacutainer
- Cápsula de vacutainer
- Algodón
- Torniquete
- Caja térmica
- Alcohol 70°
- Suero sanguíneo de la muestra
- Reactivo de colinesterasa
- Reactivo de sustrato (butiriltiocolina)
- Espectrofotómetro
- Tubos de ensayo
- Pipetas y puntas de pipeta
- Baño María
- Centrifuga

3.4. ANÁLISIS DE DATOS

3.4.1. Procesamiento de datos

Los niveles de colinesterasa sérica, junto con las variables recolectadas mediante ficha de recolección de datos, fueron ingresados en el programa Microsoft Excel. En dicha plataforma se construyó y depuró la base de datos, estandarizando los registros para garantizar su calidad y consistencia. Posteriormente, la base limpia fue exportada al software estadístico STATA versión 18.0, en el cual se llevaron a cabo los análisis estadísticos descriptivos e inferenciales correspondientes.

3.4.2. Análisis estadístico

Estadística descriptiva

Las variables cualitativas o categóricas se presentarán mediante frecuencias absolutas (n) y relativa (porcentaje), complementadas con representaciones gráficas como diagramas de barras o gráficos de sectores.

Por su parte, las variables cuantitativas se describirán utilizando medidas de tendencia central y dispersión, tal como la media y la desviación estándar.

Estadística inferencial

Para responder al objetivo principal del estudio — identificar factores asociados a la exposición a plaguicidas carbámicos— se realizó un contraste de hipótesis mediante pruebas estadísticas bivariadas de asociación. Se utilizaron la prueba de chi cuadrado de independencia y la prueba exacta de Fisher, considerando como variable dependiente dicotómica los niveles séricos de colinesterasa (normal/no normal) y como variables independientes los factores analizados, todos tratados como variables categóricas. La prueba exacta de Fisher fue aplicada en aquellos casos donde las frecuencias esperadas en alguna celda del análisis fueron inferiores a 5.

Todos los contrastes se realizaron con un nivel de significancia estadística del 5% ($\alpha = 0,05$).

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

Tabla 4. Estadísticos descriptivos de los niveles de colinesterasa en los agricultores del distrito La Yarada Los Palos, 2025 (n = 88)

Parámetro	Colinesterasa (KU/L)
Media	4,01
Mediana	3,44
Desviación estándar	2,14
Valor mínimo	0,86
Valor máximo	10,13

Fuente: Resultados del Laboratorio de Análisis Clínicos - UNJBG

Interpretación:

En la muestra de agricultores del distrito La Yarada Los Palos, 2025, el promedio de colinesterasa sérica fue de $4,01 \pm 2,14$ KU/L. Asimismo, el menor valor de colinesterasa encontrado fue de 0,86 KU/L mientras que el mayor fue de 10,13 KU/L, estando este último, dentro de los valores normales.

Tabla 5. Distribución de los niveles de colinesterasa en los agricultores del distrito La Yarada Los Palos, 2025, según sexo y los valores referenciales.

Sexo	Normal		No normal		Total	
	n	%	n	%	n	%
Femenino	24	52,17	22	47,83	46	100
Masculino	14	33,33	28	66,67	42	100
Total	38	43,18	50	56,82	88	100

Fuente: Elaboración propia

Interpretación:

Según los valores de referencia establecidos, el 56,82% de los 88 agricultores del distrito de La Yarada Los Palos evaluados presentó niveles de colinesterasa fuera del rango normal. Esto indica que la actividad de la colinesterasa se vio alterada en más de la mitad de los agricultores.

Asimismo, se evidenció que la mayor parte de los trabajadores del campo de sexo masculino (66,67%) arrojaron resultados no normales en la medición de la colinesterasa sérica.

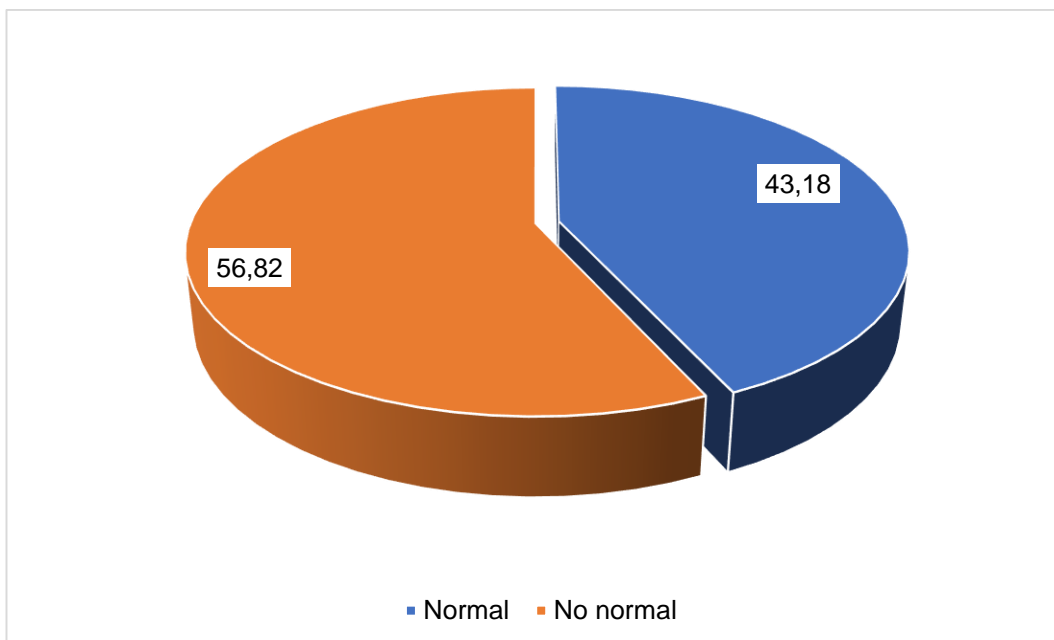


Gráfico 3. Porcentajes de los niveles de colinesterasa en los agricultores del distrito La Yarada Los Palos, 2025, según los valores referenciales

Fuente: Tabla 5

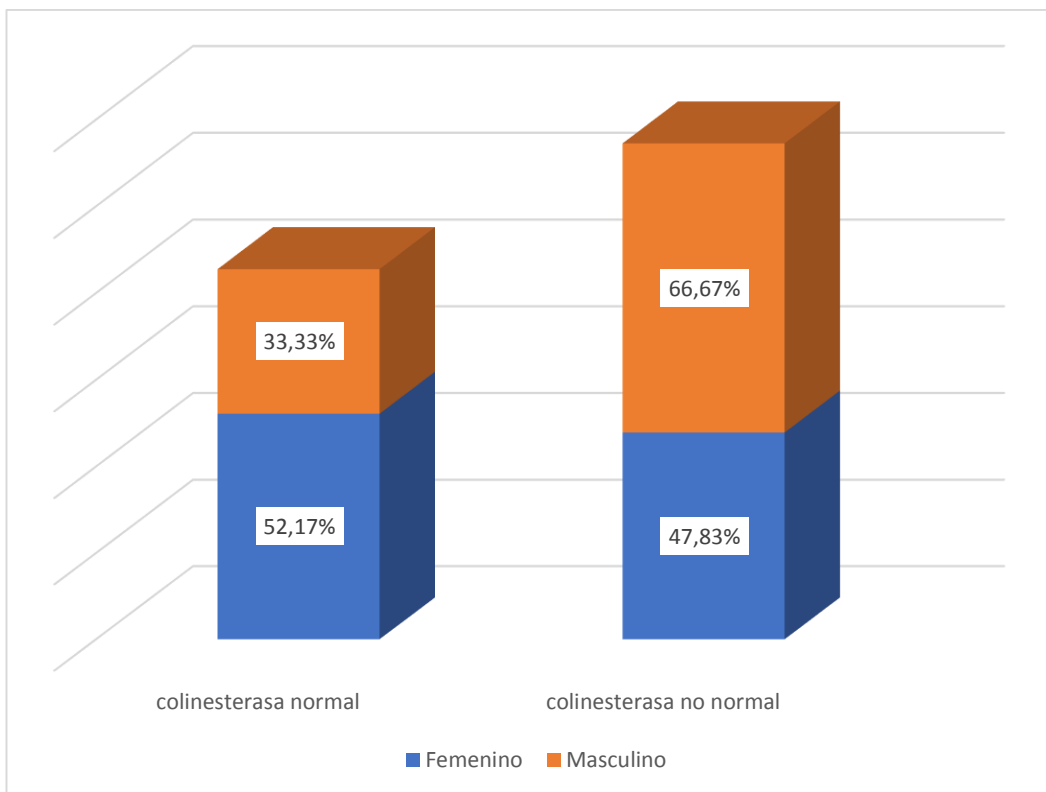


Gráfico 4. Porcentajes de los niveles de colinesterasa en los agricultores del distrito La Yarada Los Palos, 2025, según sexo

Fuente: Tabla 5

Tabla 6. Características demográficas de los agricultores del distrito La Yarada Los Palos, Tacna 2025.

Característica demográfica	n	%
Sexo		
<i>Femenino</i>	46	52,27
<i>Masculino</i>	42	47,73
Edad (años)		
<i>De 20 a 40 años</i>	4	4,55
<i>De 41 a 60 años</i>	8	9,09
<i>De 61 a más años</i>	76	86,36
Nivel de instrucción		
<i>Primaria completa</i>	24	27,27
<i>Primaria incompleta</i>	40	45,45
<i>Secundaria completa</i>	6	6,82
<i>Secundaria incompleta</i>	15	17,05
<i>Superior completa</i>	2	2,27
<i>Superior incompleta</i>	1	1,14
Total	88	100

Fuente: Elaboración propia

Interpretación:

La muestra de agricultores del distrito La Yarada Los Palos., 2025, está compuesta mayoritariamente por mujeres (52,27%). Asimismo, Existe un claro predominio de personas adultas mayores. El 86,36% de los agricultores tiene más de 61 años, mientras que solo el 9,09% se encuentra entre los 41 y 60 años, y un mínimo 4,55% tiene entre 20 y 40 años. Respecto al nivel educativo, el 72,72% de los agricultores tiene educación

primaria (completa o incompleta), siendo más frecuente la primaria incompleta (45,45%). Solo el 6,82% culminó la secundaria y apenas el 3,41% alcanzó estudios superiores.

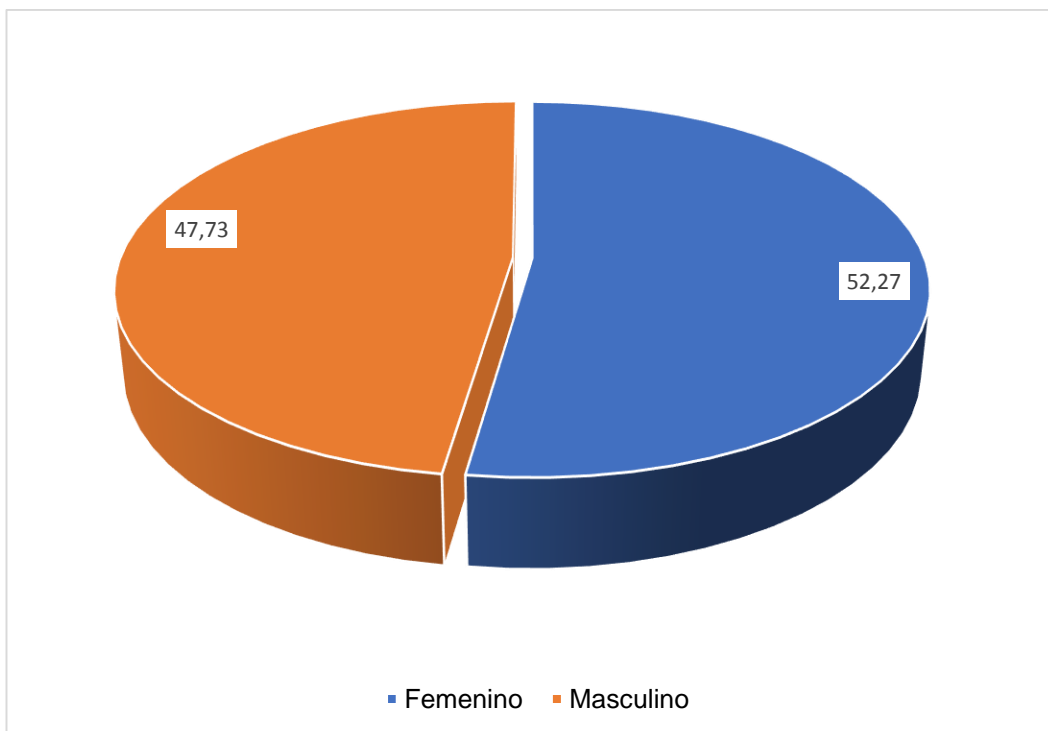


Gráfico 5. Porcentajes de los agricultores del distrito La Yarada los Palos, Tacna 2025, según sexo

Fuente: Tabla 6

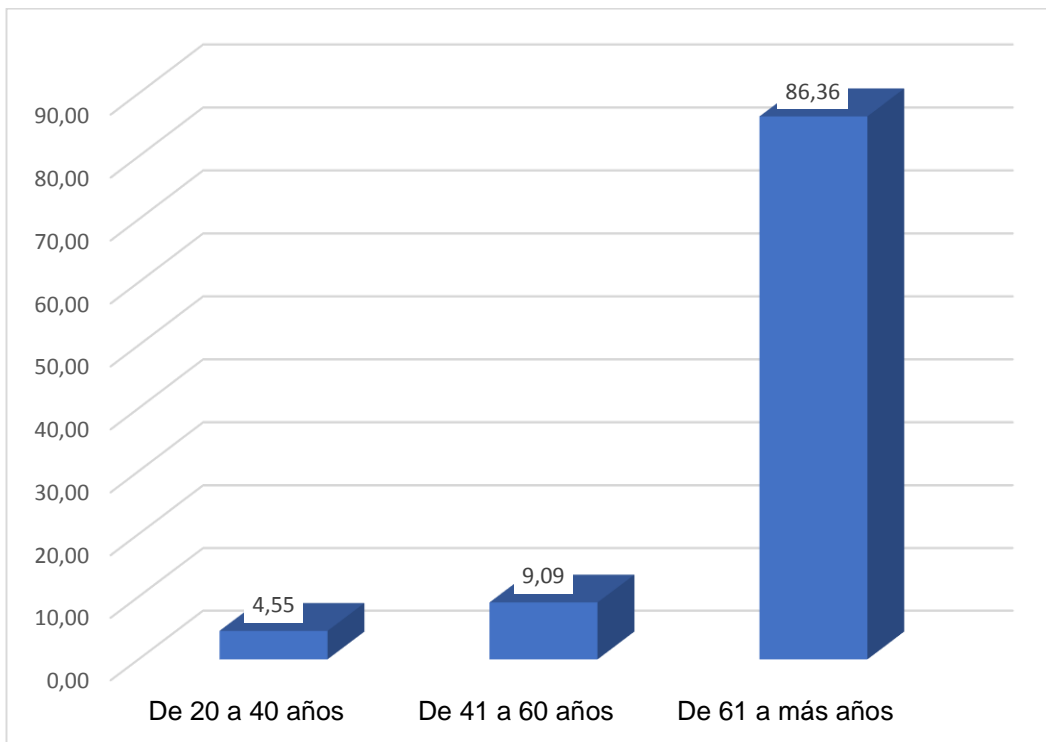


Gráfico 6. Porcentajes de los agricultores del distrito La Yarada los palos, Tacna 2025, según edad

Fuente: Tabla 6

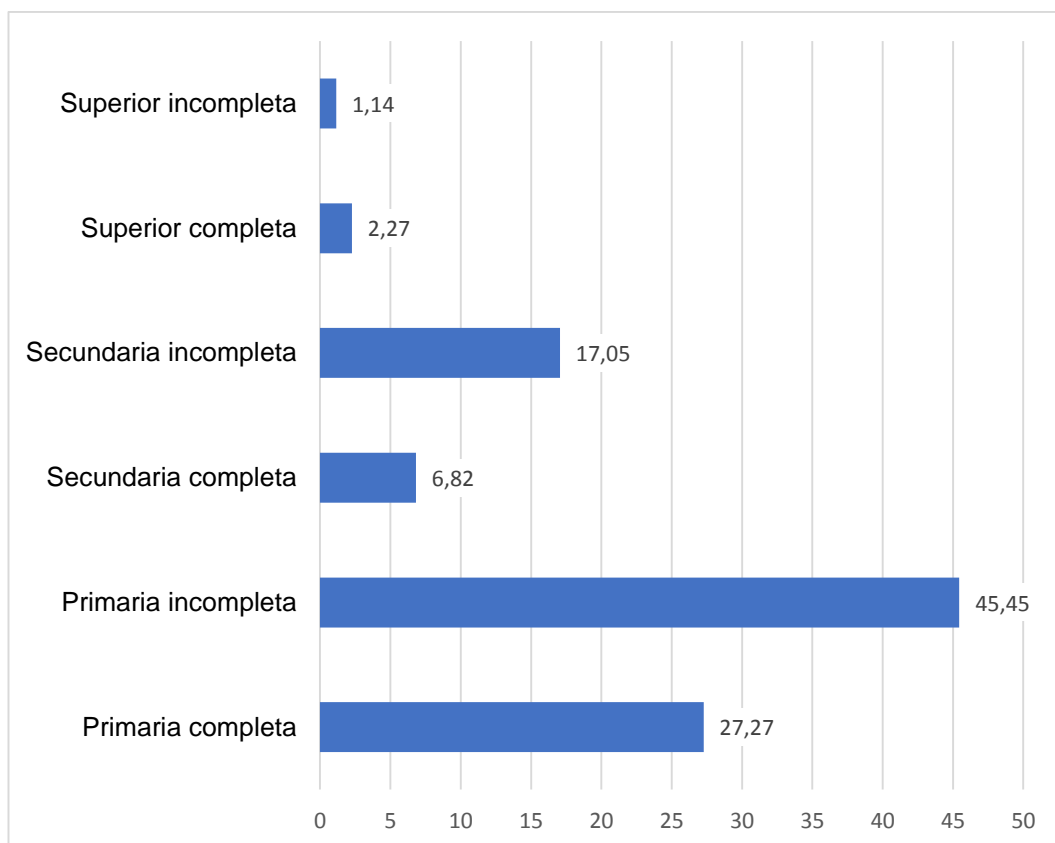


Gráfico 7. Porcentajes de los agricultores del distrito La Yarada Los Palos, según grado de instrucción.

Fuente: Tabla 6

Tabla 7. Presencia de síntomas al momento de la exposición a plaguicidas en agricultores del distrito La Yarada Los Palos, 2025.

Síntomas	n	%
No presentaron	55	62,5
Presentaron	33	37,5
<i>Dolor de cabeza</i>	22	19,82
<i>Irritación en la piel</i>	18	16,22
<i>Mareos</i>	10	9,01
Total	88	100

Fuente: Ficha de recolección de datos.

Interpretación:

De los 88 agricultores evaluados, el 62,5% no reportó síntomas al momento de la exposición a plaguicidas, mientras que el 37,5% sí presentó al menos uno. Las sintomatologías más frecuentes fueron: dolor de cabeza (19,82%) e irritación en la piel (16,22%).

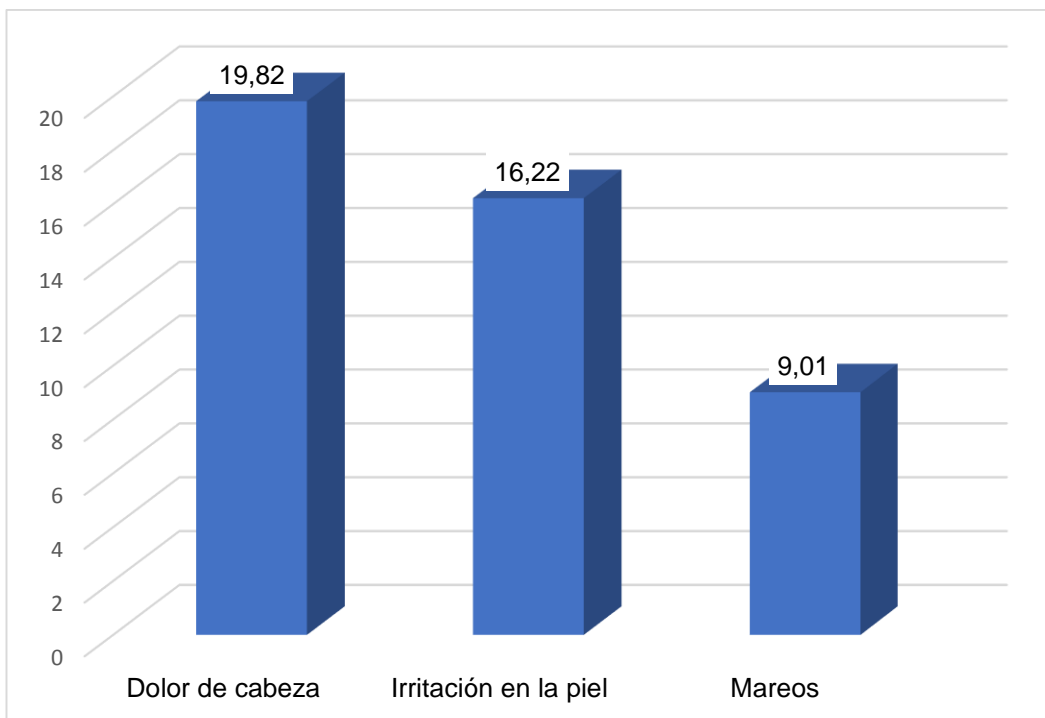


Gráfico 8. Porcentaje de síntomas presentados durante la exposición a plaguicidas en agricultores del distrito La Yarada Los Palos, 2025.

Fuente: Tabla 7

Tabla 8. Tiempo de exposición en años a plaguicidas carbámicos de los agricultores del distrito La Yarada Los Palos, 2025

Tiempo de exposición	n	%
Años		
<i>De 1 a 5 años</i>	5	5,68
<i>Más de 5 años</i>	71	80,68
<i>Menos de 1 año</i>	12	13,64
Total	88	100

Fuentes: Ficha de recolección de datos.

Interpretación:

El 80,68% de los agricultores del distrito de La Yarada Los Palos, ha estado expuesto a plaguicidas carbámicos por más de 5 años, evidenciando una exposición crónica.

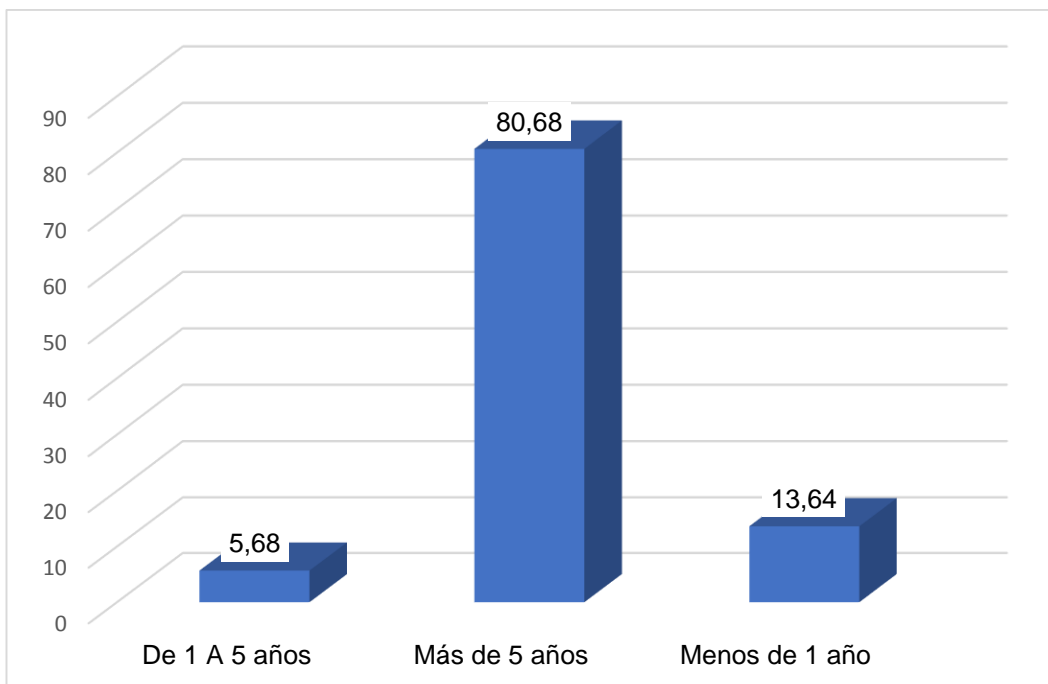


Gráfico 9. Porcentaje de agricultores según años de exposición a plaguicidas carbámicos en el distrito La Yarada Los Palos, 2025.

Fuente: Tabla 8

Tabla 9. Tiempo de exposición en horas diarias a plaguicidas carbámicos en los agricultores del distrito La Yarada Los Palos, 2025

Tiempo de exposición	n	%
Horas diarias		
<i>Entre 4 y 8 horas</i>	17	19,32
<i>Más de 8 horas</i>	21	23,86
<i>Menos de 4 horas</i>	50	56,82
Total	88	100

Fuente: Ficha de recolección de datos.

Interpretación:

En cuanto a la duración diaria de exposición a plaguicidas, el 56,82% estuvo expuesto menos de 4 horas al día, mientras que un 23,86% superó las 8 horas, lo que representa un grupo con potencial riesgo por exposición prolongada tanto en años como en horas diarias.

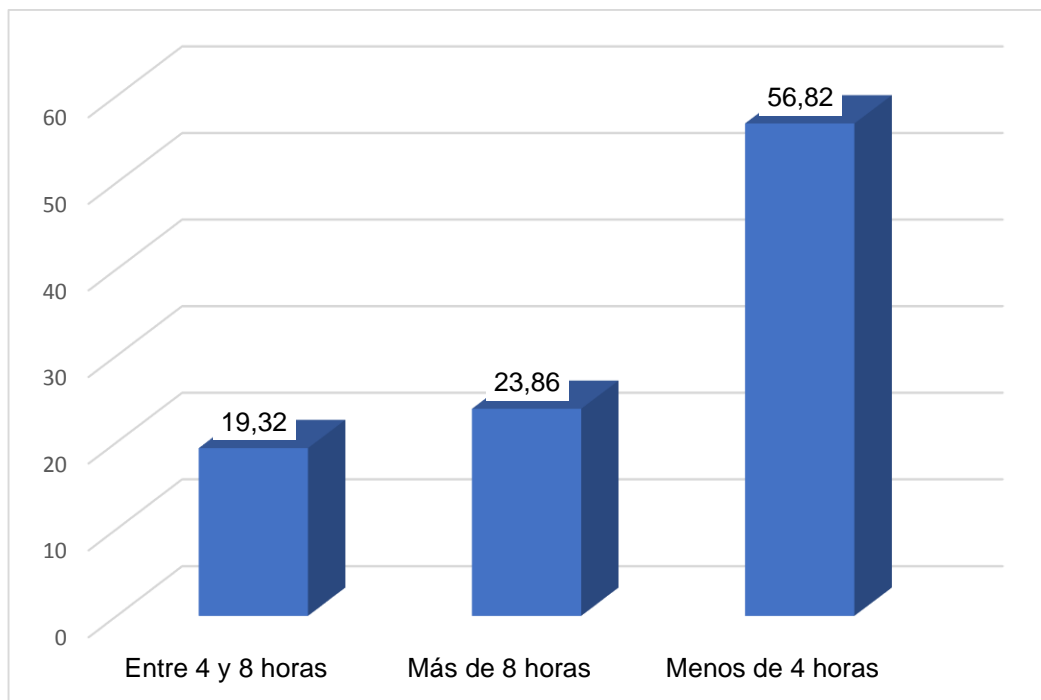


Gráfico 10. Porcentaje de agricultores según horas diarias de exposición a plaguicidas carbámicos en el distrito La Yarada Los Palos, 2025.

Fuente: Tabla 9

Tabla 10. Principios activos de plaguicidas carbámicos empleados por los agricultores del distrito La Yarada Los Palos, 2025

Principio activo	n	%
Metomilo (*)	75	85,23
Metomilo + carbofurano	1	1,14
Otros	12	13,64
Total	88	100

Fuente: Ficha de recolección de datos.

(*) *Metomilo solo o metomilo + otro principio activo no carbámico*

Interpretación:

El tipo de plaguicida carbámico más utilizado por los agricultores del distrito La Yarada Los Palo fue el metomilo (85,23%), seguido por una formulación conjunta de dos carbámicos: metomilo + carbofurano (1,14%), lo que evidencia un amplio uso de compuestos altamente tóxicos.

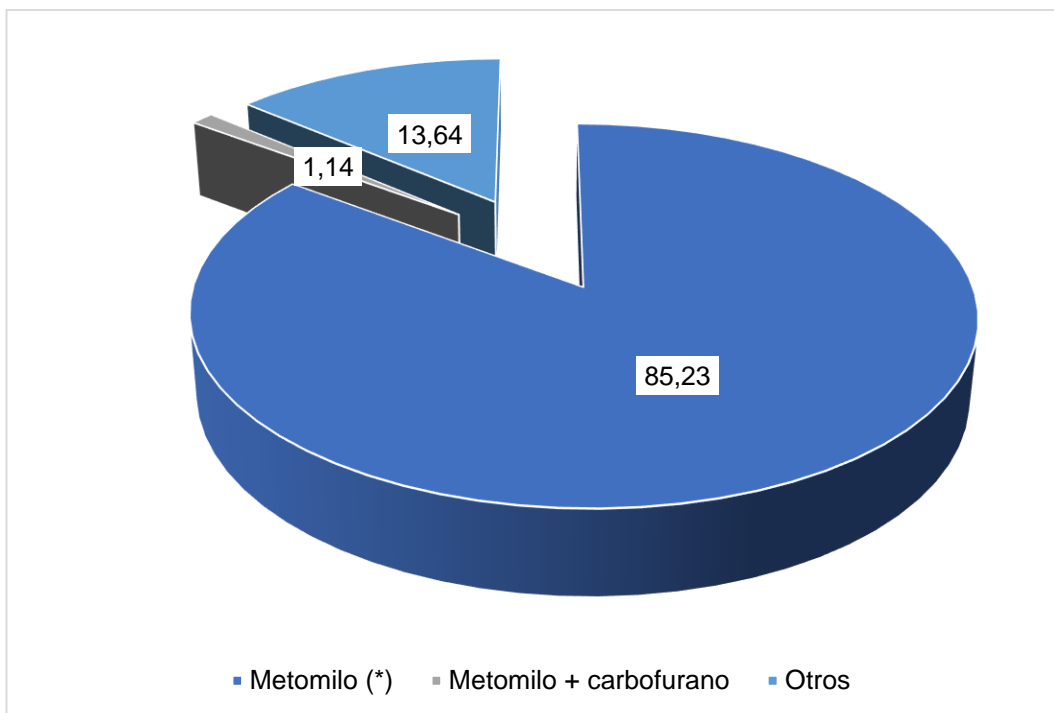


Gráfico 11. Porcentajes de tipos de plaguicidas carbámicos empleados por los agricultores del distrito La Yarada Los Palos, 2025

Fuente: Tabla 10

Tabla 11. Uso de equipos de protección personal (EPP) empleados por los agricultores de La Yarada Los Palos, 2025

Uso de EPP	n	%
Algunas veces	23	26,14
Nunca	41	46,59
Siempre	24	27,27
Total	88	100

Fuente: Ficha de recolección de datos.

Interpretación:

El 27,27% de los agricultores de La Yarada Los Palos encuestados, aseguran usar siempre equipos de protección personal cuando emplean plaguicidas durante sus actividades agrícolas. Por otra parte, un poco menos de la mitad de los pobladores (46,59%), nunca usan EPP.

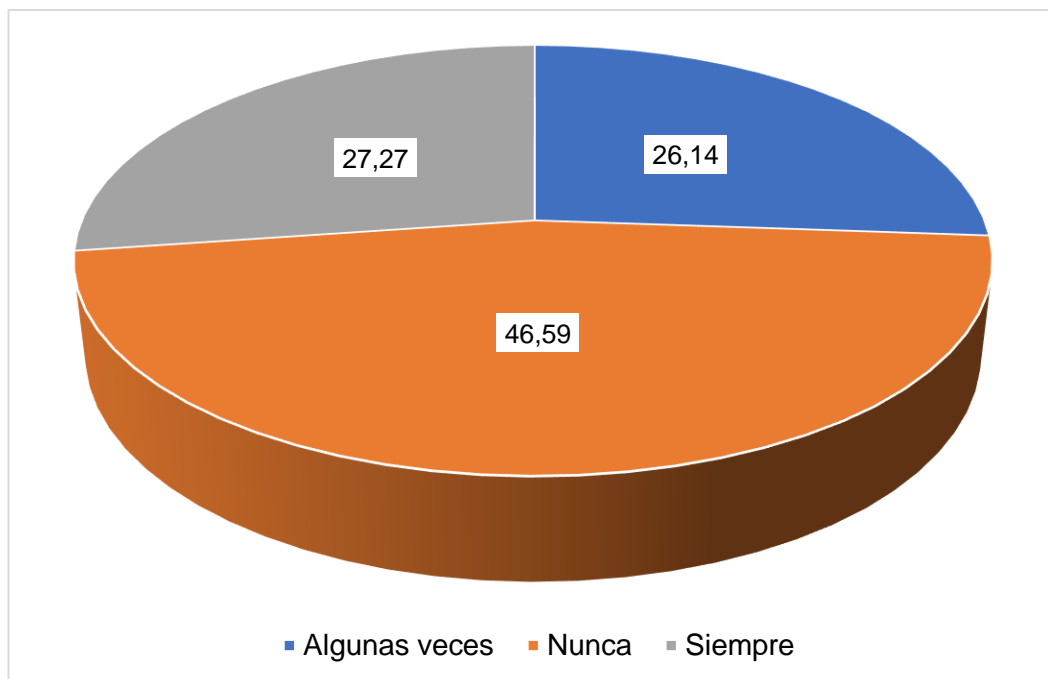


Gráfico 12. Porcentaje de pobladores que usan equipos de protección personal (EPP), en La Yarada Los Palos, 2025.

Fuente: Tabla 11

Evaluación del objetivo general: Determinar factores asociados a la exposición a plaguicidas carbámicos en agricultores del distrito La Yarada los Palos, 2025.

Formulación de hipótesis:

- **Hipótesis alterna:** Existen factores asociados estadísticamente a los niveles de colinesterasa en agricultores del distrito La Yarada Los Palos, 2025
- **Hipótesis nula:** No existen factores asociados estadísticamente a los niveles de colinesterasa en agricultores del distrito La Yarada Los Palos, 2025

Prueba estadística y nivel de significancia:

- Prueba de Chi cuadrado de Independencia y Prueba Exacta de Fisher en caso de frecuencias esperadas menor a 5.
- Nivel de significancia estadística de 0,05

Obtención del valor p:

Tabla 12. Factores asociados a los niveles de colinesterasa en agricultores del distrito La Yarada Los Palos, 2025

Factores	Normal		No normal		Total		X ²	Valor p
	n	%	n	%	n	%		
Sexo								
<i>Femenino</i>	24	52,17	22	47,83	46	100	3,17	0,075 ^s
<i>Masculino</i>	14	33,33	28	66,67	42	100		
Edad								
<i>De 20 a 40 años</i>	3	75	1	25	4	100	1,97	0,349 ^B
<i>De 41 a 60 años</i>	4	50	4	50	8	100		
<i>De 61 a más años</i>	31	40,79	45	59,21	76	100		
Frecuencia de uso de plaguicidas								
<i>Algunas veces a la semana</i>	10	41,67	14	58,33	24	100	0,71	0,778 ^B
<i>Al menos una vez a la semana</i>	26	42,62	35	57,38	61	100		
<i>Todos los días</i>	2	66,67	1	33,33	3	100		
Horas expuestas al día								
<i>Entre 4 y 8 horas</i>	6	35,29	11	64,71	17	100	8,97	0,011^s
<i>Más de 8 horas</i>	15	71,43	6	28,57	21	100		
<i>Menos de 4 horas</i>	17	34	33	66	50	100		
Años expuestos								
<i>De 1 a 5 años</i>	4	80	1	20	5	100	9,55	0,008^B
<i>Más de 5 años</i>	25	35,21	46	64,79	71	100		
<i>Menos de 1 año</i>	9	75	3	25	12	100		
Contacto directo con el plaguicida durante la mezcla								
<i>No</i>	19	57,58	14	42,42	33	100	4,45	0,046^s
<i>Sí</i>	19	34,55	36	65,45	55	100		
Cambio de ropa después del uso de plaguicida								
<i>Algunas veces</i>	5	50	5	50	10	100	0,49	0,808 ^B
<i>Nunca</i>	5	50	5	50	10	100		
<i>Siempre</i>	28	41,18	40	58,82	68	100		
Usa EPP								
<i>Algunas veces</i>	11	47,83	12	52,17	23	100	2,64	0,266 ^s
<i>Nunca</i>	20	48,78	21	51,22	41	100		
<i>Siempre</i>	7	29,17	17	70,83	24	100		
Manejo de envases vacíos								
<i>Los almacena</i>	8	66,67	4	33,33	12	100	4,13	0,253 ^B
<i>Los descarta en la basura común</i>	6	30	14	70	20	100		

<i>Los entierra o quema</i>	22	43,14	29	56,86	51	100		
Después de fumigar los cultivos, espera un tiempo antes de ingresar al área								
<i>No</i>	12	44,44	15	55,56	27	100	0,02	0,874 [§]
<i>Sí</i>	26	42,62	35	57,38	61	100		
Capacitación sobre uso de plaguicidas								
<i>No</i>	30	47,62	33	52,38	63	100	1,77	0,182 [§]
<i>Sí</i>	8	32	17	68	25	100		
Conoce el riesgo del uso de plaguicidas								
<i>No</i>	20	40,82	29	59,18	49	100	0,25	0,616 [§]
<i>Sí</i>	18	46,15	21	53,85	39	100		

Fuente: Elaboración propia

β: Prueba Exacta de Fisher

§: Prueba de Chi cuadrado de Independencia

Interpretación:

Los resultados obtenidos indican que los agricultores de sexo masculino (66,67%) y los mayores de 61 años (59,21%) registraron una proporción más elevada de inhibición de la actividad colinesterásica sérica. No obstante, dichas diferencias carecieron de significancia estadística, ya que los valores de p obtenidos (0,075 y 0,349) indican que la evidencia no es suficiente para confirmar una asociación real entre estas características y la inhibición enzimática observada.

De manera similar, se identificó un hallazgo de interés con relación al uso de equipos de protección personal EPP; no obstante, esta asociación no logró alcanzar la significancia estadística (el valor de p fue de 0,266).

Esto quiere decir que, a pesar de la tendencia observada en los datos, la diferencia o relación encontrada podría ser producto del azar y no puede considerarse concluyente ni generalizable a toda la población. Sorprendentemente, los agricultores que declararon utilizar siempre EPP mostraron una mayor proporción de inhibición colinesterásica (70,83%) en comparación con aquellos que lo usan esporádicamente o nunca. Este resultado sugiere posibles deficiencias en la calidad, el uso correcto del EPP o un sesgo de autoinforme.

Por otro lado, se evidenció una asociación estadísticamente significativa entre la inhibición de colinesterasa y tres factores ocupacionales: la exposición diaria a plaguicidas carbámicos por un periodo de 4 a 8 horas (64,71%; $p = 0,011$), la exposición prolongada superior a cinco años (64,79%; $p = 0,008$) y el contacto directo con el plaguicida durante su preparación y mezcla (65,45%; $p = 0,046$). Dado que los valores p fueron menores a 0,05, se rechaza la hipótesis nula y se concluye que estas variables constituyen factores asociados de manera significativa con la inhibición de colinesterasa sérica en los agricultores del distrito La Yarada Los Palos.

DISCUSIÓN

La presente investigación se realizó con la participación de 88 agricultores del distrito La Yarada Los Palos, provincia de Tacna, con la finalidad de evaluar la exposición a plaguicidas carbámicos a través de la medición enzimática de colinesterasa sérica. Este análisis se realizó en el Laboratorio de Análisis Clínico de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann mediante espectrofotometría UV-visible -que presenta una sensibilidad estimada de 0,1 KU/L- utilizando el método colorimétrico basado en Ellman, con longitud de onda de 405 nm. Asimismo, se administró una encuesta con un diseño estructurado con el objetivo de identificar y determinar los diversos factores y variables que están intrínsecamente ligados a la inhibición de la mencionada enzima (colinesterasa sérica) en los participantes. Esta encuesta incluyó variables sociodemográficas, variables ocupacionales como tiempo de exposición, frecuencia de contacto con plaguicidas, manejo y preparación de estos productos, tipo de compuesto utilizado y uso de equipo de protección personal (EPP).

El promedio de actividad colinesterásica sérica en los agricultores fue de $4,01 \pm 2,14$ KU/L, mostrando una alta variabilidad compatible con

distintos grados de exposición a plaguicidas. Este resultado es coherente con estudios nacionales como el de Obregón (11), que reportó inhibición significativa en el 42,9% de agricultores en Lima, y con Aguilar et al. (13) en Junín, que encontró una prevalencia del 42,5%. Sin embargo, en nuestro estudio la proporción fue aún mayor (56,82%), probablemente atribuible a la exposición crónica reportada en el 80,68% de los participantes, debido al uso prolongado -mayor a 5 años- y constante de plaguicidas carbámicos.

A nivel internacional, nuestros hallazgos guardan semejanza con la publicación de Chalén et al. (19) en Ecuador, donde halló un 55,1% de agricultores con niveles disminuidos de colinesterasa. No obstante, difieren elocuentemente de los resultados de Holguín et al. (20), también en Ecuador, donde la prevalencia fue de solo 8,40%. Esta discrepancia puede explicarse por diferencias metodológicas relevantes, como el tamaño muestral reducido, el tipo de colinesterasa analizada (solo butilcolinesterasa [BChE]), y las condiciones estacionales del muestreo (la recolección se realizó en tiempo de post-luvia). Estos elementos subrayan la importancia de estandarizar protocolos de evaluación que incluyan la medición simultánea de acetilcolinesterasa [AChE] y BChE, puntos de corte uniformes y calendarios de muestreo consistentes.

La muestra de agricultores de La Yarada Los Palos estuvo conformada mayoritariamente por mujeres (54,76%) y adultos mayores de 61 años (90,48%). Este perfil contrasta con otras investigaciones realizadas en el mismo tipo de población, como la de Thetkathuek et al. (21) en Tailandia, que evaluó una población mayoritariamente masculina y joven, con edad promedio de 30,3 años. En el contexto nacional, Aguilar et al. (13) reportaron solo un 18% de mujeres agricultoras, y Heredia et al. (2019) en Cajamarca, un 30,62%. Esta composición etaria y de género podría influir en la susceptibilidad biológica, aunque en nuestro estudio no se hallaron asociaciones significativas entre estas variables y la colinesterasa.

A pesar que la mayoría de agricultores en nuestro estudio fueron mujeres, se evidenció que el 66,67% de los varones presentó niveles bajos de colinesterasa. Sin embargo, el valor $p=0,075$ indicó una tendencia no significativa. Del mismo modo, el 59,21% de adultos mayores de 61 años mostró inhibición enzimática, pero sin asociación estadísticamente significativa ($p=0,349$). Esta falta de asociación también ha sido reportada por Cervantes et al. (2021) y Aguilar et al. (2022), quienes concluyen que la intensidad de la exposición laboral puede sobreponerse a las diferencias biológicas atribuibles a edad o género.

Respecto al uso de EPP, el 27,27% de los agricultores aseguraron usar siempre estos equipos mientras manipulan los plaguicidas, pero casi el doble de agricultores nunca los ha utilizado (46,59%). Por otra parte, resultó llamativo que el 70,83% de quienes reportaron uso constante presentaron niveles bajos de colinesterasa, sin significancia estadística ($p=0,266$). Este hallazgo ha sido descrito también por Chalén et al. (2021) y Holguín et al. (2020). Una posible explicación radica en la calidad del EPP utilizado (mascarillas de tela, guantes inapropiados y overol en mal estado) y su colocación incorrecta, que podrían generar una falsa percepción de protección. Asimismo, debe considerarse el sesgo de autoinforme, pues los agricultores podrían sobredeclarar el uso de EPP por motivos sociales o de deseabilidad.

En cuanto a la capacitación, el 52,38% de los agricultores sin entrenamiento reportaron inhibición de colinesterasa, sin que esta asociación fuera estadísticamente significativa. Obregón (2024) reportó hallazgos similares, lo cual sugiere que los programas actuales podrían ser insuficientes en calidad, frecuencia o pertinencia técnica. Este aspecto refuerza la necesidad de implementar en La Yarada Los Palos capacitaciones con supervisión práctica y evaluación periódica del conocimiento adquirido.

Por el contrario, se hallaron factores asociados estadísticamente significativos entre la inhibición de colinesterasa y variables ocupacionales como las horas de exposición diaria (mayores de 4 horas), los años acumulados de exposición (más de 5 años), y el contacto directo con plaguicidas (valores $p=0,011$, $0,008$ y $0,046$, respectivamente). Estas asociaciones han sido reportadas previamente por Thetkathuek et al. (21) y Holguín et al. (20), y son congruentes con el mecanismo de acción de los carbamatos, que inhiben reversiblemente la enzima acetilcolinesterasa. Esta inhibición genera acumulación de acetilcolina en sinapsis colinérgicas, causando sobreestimulación de receptores muscarínicos y nicotínicos. La exposición repetida sin recuperación enzimática adecuada lleva a síntomas como fatiga, debilidad, cefaleas, náuseas y alteraciones gastrointestinales (16).

En esa misma línea, nuestros hallazgos muestran que el 37,5% de los agricultores reportaron síntomas compatibles con exposición a plaguicidas, principalmente cefalea y mareos. Estos datos concuerdan con lo hallado por Obregón (11) y Tarazona (12), quienes documentaron síntomas similares en trabajadores agrícolas. No obstante, el carácter autodeclarado de esta información puede inducir sesgos de memoria o subestimación de la verdadera prevalencia sintomática. Asimismo, nuestra

encuesta recogió esta información mediante una pregunta de opción múltiple cerrada, pudiendo haber limitado el universo real de alternativas sintomatológicas.

Finalmente, se evidenció que el patrón de uso de plaguicidas carbámicos en los agricultores de La Yarada Los Palos estuvo marcado por una clara predominancia del principio activo metomilo (85,23%) frente a otros tipos de plaguicidas, en concordancia con los hallazgos reportados por Suárez et al. (16) en Colombia. Esta preferencia podría explicarse por las propiedades toxicológicas favorables de los carbamatos, que incluyen una menor persistencia ambiental, menor toxicidad crónica y una inhibición reversible de la enzima acetilcolinesterasa. Esta característica les confiere una menor probabilidad de generar intoxicaciones severas y facilita la recuperación neurológica en casos de exposición aguda, a diferencia de otros plaguicidas, que se unen de forma irreversible a la enzima, prolongando sus efectos neurotóxicos. Asimismo, los carbamatos presentan una degradación más rápida en el ambiente, lo que contribuye a reducir la acumulación residual en suelos y fuentes hídricas. No obstante, a pesar de su perfil toxicológico relativamente menor, su uso continuo sin un monitoreo clínico y bioquímico adecuado puede generar efectos adversos acumulativos. Por ello, se hace imprescindible implementar

estrategias de vigilancia biológica y seguimiento de los niveles de colinesterasa sérica para garantizar una intervención oportuna y prevenir daños permanentes en la salud de los trabajadores agrícolas (37).

En conclusión, esta investigación confirma la relevancia del monitoreo periódico de colinesterasa como herramienta de vigilancia en salud ocupacional agrícola. La duración e intensidad de la exposición, más que las características demográficas, constituyen factores determinantes en la inhibición enzimática. Es indispensable promover medidas de prevención efectivas, capacitación adecuada, mejora en la calidad del EPP y reforzar el control sanitario en zonas de alta exposición como La Yarada Los Palos, alineando estos esfuerzos con las directrices nacionales e internacionales de salud ocupacional.

CONCLUSIONES

- PRIMERA:** Existen factores asociados a la exposición de plaguicidas carbámicos en agricultores del distrito La Yarada Los Palos, 2025. Estos son los años expuestos (valor $p=0,008$), las horas expuestas al día (valor $p=0,011$) y el contacto directo con el plaguicida durante la mezcla (valor $p=0,046$).
- SEGUNDA:** En la muestra de agricultores del distrito La Yarada Los Palos, 2025, el promedio de colinesterasa sérica fue de $4,01 \pm 2,14$ KU/L. Asimismo, el 56,82% de los agricultores tuvieron valores inferiores a los normales de colinesterasa.
- TERCERA:** La mayoría (80,68%) de agricultores del distrito La Yarada Los Palos, está expuesto a plaguicidas carbámicos por más de cinco años.
- CUARTA:** El tipo de plaguicida carbámico más utilizado por los agricultores de La Yarada Los Palos fue el metomilo (85,23%).

RECOMENDACIONES

Para futuras investigaciones se recomienda incluir un mayor número de una cohorte de participantes significativamente más extensa, y ampliar la cobertura geográfica dentro del distrito, considerando también zonas agrícolas adyacentes. Esto permitirá mejorar la precisión estadística y explorar variabilidad interregional.

Asimismo, se recomienda diseñar estudios longitudinales o de cohorte, para identificar efectos acumulativos y crónicos de la exposición a plaguicidas carbámicos, incluyendo evaluaciones periódicas de la función hepática y neurológica.

También se recomienda incluir validación directa del uso de EPP, es decir, complementar los autoinformes de los agricultores con observación directa o validación mediante listas de chequeo, para mejorar la objetividad del dato sobre protección personal y minimizar sesgos de deseabilidad social.

En cuanto a las autoridades sanitarias y distritales, se recomienda implementar un sistema de monitoreo periódico de colinesterasa en

trabajadores agrícolas, especialmente en distritos de alta exposición como parte de los controles sanitarios rutinarios.

Asimismo, fortalecer la capacitación práctica y continua en uso seguro de plaguicidas. Para ello, los programas de formación deben incluir no solo sesiones teóricas, sino también prácticas supervisadas, certificación anual y evaluaciones de conocimientos, priorizando agricultores de mayor edad o con largos años de exposición.

Por último, se recomienda reglamentar y fiscalizar el uso de EPP de calidad adecuada. Para ello, se deben establecer estándares técnicos mínimos para el EPP agrícola (ej. guantes impermeables, respiradores con filtros certificados, overoles en correcto estado), y promover su distribución subvencionada o gratuita para poblaciones vulnerables.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Verjel Álvarez M. Evaluación del efecto genotóxico inducido por exposición laboral a pesticidas en agricultores del municipio de ábrego, Norte de Santander. 2019 [citado 26 de marzo de 2025]; Disponible en: <http://repositoriodspace.unipamplona.edu.co/jspui/handle/20.500.12744/5943>
2. Leroy D. Riesgos relacionados con el uso de pesticidas: prácticas, percepciones y consecuencias sanitarias en los páramos colombianos y venezolanos. *Soc Ambiente*. 17 de julio de 2020;(23):1-35.
3. Cohecha Cárdenas AK, Niño Martínez SV, De Arco- Canoles O. Efectos en la salud de los agricultores latinoamericanos expuestos a plaguicidas: una revisión sistemática 1991 – 2018. *Rev Toxicol*. 2021;26-32.
4. Cazares Cobo DR. Identificación de pesticidas utilizados en los principales cultivos, su frecuencia de aplicación y la apreciación de los agricultores en la afectación de su salud, parroquia García Moreno, cantón Bolívar [Internet] [bachelorThesis]. El Angel:UTB,2019; 2019 [citado 27 de marzo de 2025]. Disponible en: <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/6404>
5. Cortés-Genchi P, Villegas-Arrizón A, Aguilar-Madrid G, Paz-Román M del P, Maruris-Reducindo M, Juárez-Pérez CA. Síntomas ocasionados por plaguicidas en trabajadores agrícolas. *Rev Médica Inst Mex Seguro Soc*. 2008;46(2):145-52.
6. Badii MH, Landeros Flores J. Plaguicidas que afectan a la salud humana y la sustentabilidad. *CULCyT Cult Científica Tecnológica*. 2007;4(19):21-34.
7. Dirección Regional de Agricultura de Tacna — DRAT [Internet]. [citado 27 de marzo de 2025]. Disponible en: <https://agritacna.gob.pe/>

8. Residuos de plaguicidas en los alimentos [Internet]. [citado 27 de marzo de 2025]. Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/pesticide-residues-in-food>
9. Pesticide residues in food [Internet]. [citado 25 de junio de 2025]. Disponible en: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/pesticide-residues-in-food>
10. Boedeker W, Watts M, Clausing P, Marquez E. RETRACTED ARTICLE: The global distribution of acute unintentional pesticide poisoning: estimations based on a systematic review. BMC Public Health. 7 de diciembre de 2020;20(1):1875.
11. Obregon Mautino LA. Niveles de colinesterasa sérica en agricultores expuestos a plaguicidas en la comisión de usuarios del subsector hidráulico – irrigación Santa Rosa – Sayán, 2023. 2 de junio de 2024 [citado 23 de junio de 2025]; Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.13053/11973>
12. Tarazona Tineo JF. Evaluación y consecuencias de los plaguicidas en la salud de los pobladores de Mala - Perú, 2021. 8 de julio de 2022 [citado 28 de marzo de 2025]; Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.13053/7284>
13. Aguilar Caceres YK. Niveles de marcadores enzimáticos séricos en agricultores expuestos a plaguicidas en el anexo de Palmeiras del distrito de Río Tambo, Junín, 2022. Univ Cont [Internet]. 2024 [citado 6 de mayo de 2025]; Disponible en: <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/14514>
14. Heredia Castillo N, Zurita García JC. Niveles de Colinesterasa Sérica en Agricultores de una Asociación de Arroceros de Jaén Expuestos a Plaguicidas Organofosforados, 2019. Univ Nac Jaén [Internet]. 10 de julio de 2019 [citado 23 de junio de 2025]; Disponible en: <http://repositorio.unj.edu.pe/jspui/handle/UNJ/316>

15. Prenatal and Childhood Exposure to Organophosphate Pesticides and Behavior Problems in Adolescents and Young Adults in the CHAMACOS Study - PMC [Internet]. [citado 25 de junio de 2025]. Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10259762/>
16. Ramírez-Santana M, Zúñiga-Venegas L, Corral S, Roeleveld N, Groenewoud H, van der Velden K, et al. Association between cholinesterase's inhibition and cognitive impairment: A basis for prevention policies of environmental pollution by organophosphate and carbamate pesticides in Chile. *Environ Res.* julio de 2020;186:109539.
17. Peláez Corredor JA. Evaluación de la exposición a plaguicidas organofosforados y carbamatos en población ambiental y ocupacionalmente expuesta de los municipios de Aránzazu (Caldas) y Nechí (Antioquia), Colombia, 2023. [Trabajo de Grado en Internet]. Bogotá: Universidad del Rosario; 2023 [citado 28 de marzo de 2025]; Disponible en: <https://repository.urosario.edu.co/handle/10336/40784>
18. Suárez Quiñones ÁRJ. Evaluación de la exposición a mezclas de plaguicidas en población del municipio de Montelíbano (Córdoba) en Colombia, 2021. 10 de febrero de 2022 [citado 28 de marzo de 2025]; Disponible en: <https://repository.urosario.edu.co/handle/10336/33651>
19. Chalén Benites NI, Demera Sánchez JA. Estudio bibliográfico de los niveles de colinesterasa como biomarcador de exposición a plaguicidas organofosforados y carbamatos en agricultores [Internet]. Universidad de Guayaquil. Facultad de Ciencias Químicas; 2021 [citado 28 de marzo de 2025]. Disponible en: <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/58413>
20. Holguín Cedeño LA, García Muñoz GY. "FACTORES LABORALES ASOCIADOS A LA INTOXICACIÓN POR INHIBIDORES DE COLINESTERASA EN ASOCIACIONES DE AGRICULTORES DE SECTORES ALEDAÑOS AL CANTÓN ROCAFUERTE. [Internet] [bachelorThesis]. Jipijapa.UNESUM; 2020 [citado 28 de marzo de 2025]. Disponible en: <http://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/2197>

21. Thetkathuek A, Yenjai P, Jaidee W, Jaidee P, Sriprapat P. Pesticide Exposure and Cholinesterase Levels in Migrant Farm Workers in Thailand. *J Agromedicine*. 2017;22(2):118-30.
22. Cervantes Alejo EJ, Crispin Hualpa MDR. Niveles de colinesterasa y actividad laboral en trabajadores agrícolas que se atienden en la Clínica Finlay Medical Center, Ica, 2021. *Univ Cont* [Internet]. 2023 [citado 14 de mayo de 2025]; Disponible en: <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/12820>
23. Padilla G, M A. Manejo de plaguicidas en cultivos de *Zea mays* L. «maíz» (Poaceae), *Brassica cretica* Lam. «brócoli» (Brassicaceae), *Apium graveolens* L. «apio», *Coriandrum sativum* L. "cilantro" (Apiaceae), *Allium fistulosum* L. «cebolla china» (Amaryllidaceae) en la campaña de Moche, Trujillo, Perú. *Arnaldoa*. enero de 2018;25(1):159-78.
24. Abal Inti HA. Determinación de aldicarb por cromatografía líquida acoplada a masas LC/MS en fresas obtenidas de los principales mercados de abasto de Lima Metropolitana. 2019.
25. Viteri Bonilla FJ. Estudio Bioquímico Clínico de la exposición a plaguicidas organofosforados y carbamatos sobre el perfil Hepático en agricultores de la parroquia de San Luís cantón Riobamba provincia de Chimborazo [Internet] [bachelorThesis]. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo; 2015 [citado 29 de marzo de 2025]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/4015>
26. Caro-Gamboa LJ, Forero-Castro M, Dallo-Báez AE. Inhibición de la colinesterasa como biomarcador para la vigilancia de población ocupacionalmente expuesta a plaguicidas organofosforados. *Cienc Tecnol Agropecu*. 2 de julio de 2020;21(3):1-23.
27. Vaca Miranda ÁL. Determinación del perfil Hepático y Colinesterasa en agricultores expuestos a plaguicidas organofosforados y carbamatos de la comunidad Corazón de Jesús de la parroquia San Luis del cantón Riobamba. [Internet] [bachelorThesis]. Escuela Superior Politécnica de

Chimborazo.; 2015 [citado 29 de marzo de 2025]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/4618>

28. Zambrano SMA, Zavala AMM. Intoxicación por inhibidores de colinesterasa y su efecto en la salud de agricultores. Rev Científica FIPCAEC Fom Investig Publ Científico-Téc Multidiscip ISSN 2588-090X Polo Capacit Investig Publ POCAIP. 24 de noviembre de 2022;7(4):1487-515.
29. Figueroa Peña DM, Manrique Gómez CJ. Niveles de colinesterasa sérica en agricultores expuestos a plaguicidas de la Asociación FOMUDEP Cantón Paján [Internet] [bachelorThesis]. JIPIJAPA-UNESUM; 2019 [citado 29 de marzo de 2025]. Disponible en: <http://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/1784>
30. (PDF) Concentraciones Séricas de la Enzima Acetilcolinesterasa en Agricultores Expuestos a Organofosforados. ResearchGate [Internet]. 9 de diciembre de 2024 [citado 29 de marzo de 2025]; Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/354943751_Concentraciones_Sericas_de_la_Enzima_Acetilcolinesterasa_en_Agricultores_Expuestos_a_Organofosforados
31. Polanco López-de-Mesa Y, Hernández-Carmona D, Escobar-Pérez ML, Aguirre-Acevedo DC, Parra-Hernández Á, Polanco López-de-Mesa Y, et al. Medición de niveles de colinesterasas eritrocitarias en agricultores usuarios de plaguicidas y en practicantes de agroecología, San Cristóbal, Medellín, Colombia. Rev Fac Nac Salud Pública. diciembre de 2019;37(3):25-33.
32. Richter ED, Chuwers P, Levy Y, Gordon M, Grauer F, Marzouk J, et al. Health effects from exposure to organophosphate pesticides in workers and residents in Israel. Isr J Med Sci. 1992;28(8-9):584-98.
33. Sánchez BFR, Fajardo FJU. Niveles de colinesterasas como biomarcador de intoxicación por organofosforados y carbamatos en toxicología forense. Cienc Digit. 2023;7(3):38-58.

34. SampieriLasRutas.pdf [Internet]. [citado 29 de marzo de 2025]. Disponible en: http://www.biblioteca.cij.gob.mx/Archivos/Materiales_de_consulta/Drogas_de_Abuso/Articulos/SampieriLasRutas.pdf

35. Instituto Nacional de Estadística e Informatica(INEI). Censos Nacionales 2017: XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas. Lima: INEI [Internet]. 2018 [citado 29 de marzo de 2025]. Disponible en: <https://www.inei.gob.pe>

36. Gallegos CAB, Peña LDV, Champac WJG, Tafur VG, Illesca FFS, Velasquez KDR, et al. A : SILVIA LUISA CASTILLO CUBA.

37. The WHO Recommended Classification of Pesticides by Hazard and guidelines to classification, 2019 edition [Internet]. [citado 26 de junio de 2025]. Disponible en: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240005662>

ANEXOS

ANEXO 1: Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA	TECNICAS INSTRUMENTOS
PROBLEMA PRINCIPAL	OJETIVO GENERAL		Variable dependiente	<u>Tipo de investigación</u>	
¿Cuáles son los factores asociados a la exposición a plaguicidas carbámicos en agricultores del distrito la Yarada los Palos, 2025?	Determinar los factores asociados a la exposición a plaguicidas carbámicos en agricultores del distrito La Yarada Los Palos, Tacna 2025	<p>Hipótesis alterna (Ha): Existen factores asociados estadísticamente a los niveles de colinesterasa en agricultores del distrito La Yarada Los Palos, 2025</p> <p>Hipótesis nula (Ho): No existen factores asociados estadísticamente a los niveles de colinesterasa en agricultores del distrito La Yarada Los Palos, 2025</p>	<p>Exposición a plaguicidas carbámicos</p> <p>- Nivel de colinesterasa sérica</p>	<p>Observacional, cuantitativa y básica.</p> <p><u>Diseño de investigación</u></p> <p>Transversal</p> <p><u>Nivel de investigación</u></p> <p>Relacional</p>	<p>Determinación de colinesterasa sérica mediante Espectrofotometría UV-visible en el Laboratorio de Análisis Clínicos de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann.</p>
PROBLEMAS SECUNDARIOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS		Variable independiente	Población de estudio	
a) ¿Cuáles son los efectos de los plaguicidas carbámicos sobre los niveles la colinesterasa sérica en los agricultores del distrito La Yarada Los Palos, 2025?	a) Evaluar los efectos de los plaguicidas carbámicos en la colinesterasa sérica de los agricultores del distrito la Yarada Los Palos, 2025		Factores asociados	De acuerdo al CENSO 2017 la población de La Yarada Los Palos, es de 5559 habitantes (37). No obstante, la población objetivo del estudio corresponde a los agricultores activos que estén expuestos directamente al uso de plaguicidas. En ese sentido, un Informe del Servicio Nacional de	
b) ¿Cuál es el tiempo de exposición a plaguicidas	b) Describir el tiempo de exposición a plaguicidas				

carbámicos en los agricultores del distrito La Yarada Los Palos, 2025?

c) ¿Cuáles son los principios activos de plaguicidas carbámicos empleados por los agricultores del distrito La Yarada Los Palos, 2025?

carbámicos en agricultores del distrito La Yarada Los Palos, 2025

c) Identificar los principios activos de plaguicidas carbámicos empleados por los agricultores del distrito La Yarada Los Palos, 2025

Certificación Ambiental para las Inversiones Sostenibles (SENACE) señala que la agricultura en el distrito La Yarada Los Palos, emplea a 2411 habitantes (38).

Muestra

Se realizó un muestreo probabilístico para estimar una media y una proporción, con ajuste por población finita. En ese sentido, se necesitó como mínimo 58 agricultores para estimar la media de colinesterasa sérica y un umbral máximo de 90 para estimar la proporción de agricultores que tengan valores no normales de la enzima.

ANEXO 2: Ficha de recolección de datos

INSTRUCCIONES:

- Señalar una de las alternativas de cada una de las preguntas presentadas.
- La información que usted consigne en la encuesta es de carácter confidencial y será utilizada exclusivamente como referente en la investigación.

DATOS PERSONALES

1. Edad

()Años

2. Sexo

() Masculino

() Femenino

3. Grado de instrucción:

() Primaria incompleta

() Primaria completa

() Secundaria incompleta

() Secundaria completa

() Superior incompleta

() Superior completa

4. Tiempo dedicado a la agricultura:

Menos de 1 año

1 a 5 años

Más de 5 años

5. ¿Qué tipo de cultivo trabaja principalmente? (Marque todas las opciones que correspondan)

Olivo

Cítricos (naranjas, limones, etc.)

Vid

Hortalizas (tomates, cebollas, etc.)

Otros: _____

6. ¿Qué tipos de plaguicidas carbámicos utiliza?

Respuesta: _____

7. ¿Con qué frecuencia utiliza plaguicidas carbámicos en sus actividades agrícolas?

Todos los días

Algunas veces a la semana

al menos una vez al mes

8. ¿Cuántas horas por día está expuesto a los plaguicidas durante su jornada laboral?

Menos de 4 horas

Entre 4 y 8 horas

Más de 8 horas

9. ¿Durante cuántos años ha trabajado con plaguicidas?

Menos de 1 año

1 a 5 años

Más de 5 años

10. ¿Tiene contacto directo con los plaguicidas durante la mezcla o aplicación?

Sí

No

11. ¿Después de usar plaguicidas se asea y cambia de ropa?

Siempre

Algunas veces

Nunca

12. ¿Ha presentado alguno de los siguientes síntomas tras manipular plaguicidas? (Marque todas las opciones que correspondan)

- Náuseas
- Mareos
- Dolor de cabeza
- Irritación de la piel
- Ninguno

13. **¿Alguna vez algún tipo de plaguicida le ha causado una reacción alérgica?**

- Sí
- No

14. **¿Utiliza equipo de protección personal al manipular plaguicidas?**

- Siempre
- Algunas veces
- Nunca

15. **Si usa equipo de protección personal, ¿cuáles utiliza regularmente? (Marque todas las opciones que correspondan)**

- Guantes
- Mascarilla
- Gafas de protección
- Overol impermeable

Otros: _____

No utilizo ningún equipo

16. ¿Dónde mezcla los plaguicidas antes de la aplicación?

En el campo de cultivo

En un lugar específico preparado para ello

Otros: _____

17. ¿Qué hace con los envases vacíos de plaguicidas?

Los descarta en la basura común

Los entierra o quema

Los almacena

Otros: _____

18. ¿Después de fumigar los cultivos espera un tiempo antes de ingresar al área?

Sí

No

19. ¿Recibió alguna capacitación sobre el uso seguro de plaguicidas?

Sí

No

20. ¿Conoce los riesgos para la salud asociados a la exposición a plaguicidas carbámicos?

Sí

No

ANEXO 3: Consentimiento Informado

Yo, identificado/a con DNI N° declaro haber sido debidamente informado/a acerca de los objetivos, procedimientos y la importancia del estudio, el cual tiene fines estrictamente académicos. La investigación está relacionada con: FACTORES ASOCIADOS A LA EXPOSICIÓN A PLAGUICIDAS CARBÁMICOS EN AGRICULTORES DEL DISTRITO LA YARADA LOS PALOS, 2025.

Declaro:

- Participar de manera **libre, voluntaria y anónima** en este estudio, con la seguridad de que la información que proporcione será manejada de forma confidencial y utilizada únicamente para los fines académicos de la investigación.
- Comprender que, en calidad de participante, tengo el derecho de dejar de participar en cualquier momento que lo considere propicio.
- Entender que no se otorgará, ni recibiré compensación económica por mi participación

Con mi firma, confirmo que comprendo plenamente la información proporcionada y doy mi consentimiento para participar en este proyecto de investigación.

.....

Firma del participante

Fecha: 26/01/2025

ANEXO 4: Niveles de actividad de la colinesterasa sérica en agricultores expuestos a plaguicidas carbámicos en el distrito La Yarada Los Palos, 2025.

N° Muestra	Edad	Sexo	Lectura			$\Delta A/min$	Actividad de la colinesterasa en KU/L
			1 min	2 min	3 min		
1	52	M	1.151	1.089	1.018	0.067	4.555
2	83	F	1.221	1.187	1.157	0.032	2.192
3	66	F	1.195	1.148	1.121	0.037	2.535
4	65	F	1.060	0.099	0.900	0.080	5.480
5	64	M	1.123	1.077	1.022	0.051	3.459
6	77	M	1.068	0.935	0.822	0.123	8.426
7	53	F	1.163	1.127	1.085	0.039	2.672
8	66	M	1.074	1.000	0.954	0.060	4.110
9	62	M	1.135	1.105	1.070	0.033	2.226
10	63	M	1.075	1.006	0.922	0.077	5.240
11	75	M	1.098	1.043	0.978	0.060	4.110
12	85	M	1.282	1.235	1.217	0.033	2.226
13	86	M	1.128	1.099	1.058	0.035	2.397
14	71	F	1.089	1.028	0.953	0.068	4.658
15	65	F	1.113	1.059	1.005	0.054	3.699
16	66	F	1.068	0.989	0.915	0.077	5.240

Leyenda:

$\Delta A/min$: Promedio de la diferencia de absorbancia por minuto.

VALORES DE REFERENCIA	
Mujeres	3,93 – 10,8 KU/L
Hombres	4,62 – 11,5 KU/L

Niveles de actividad de la colinesterasa sérica en agricultores expuestos a plaguicidas carbámicos en el distrito La Yarada Los Palos, 2025

N° Muestra	Edad	Sexo	Lectura			$\Delta A/min$	Actividad de la colinesterasa en KU/L
			1 min	2 min	3 min		
17	76	F	1.058	0.963	0.859	0.100	6.816
18	75	M	1.090	1.03	0.968	0.061	4.179
19	71	M	1.106	1.046	0.984	0.061	4.179
20	82	F	1.146	1.028	0.942	0.102	6.987
21	60	F	1.299	1.158	1.121	0.089	6.097
22	66	F	1.088	1.042	0.973	0.058	3.939
23	83	M	1.196	1.170	1.110	0.043	2.946
24	66	M	1.167	1.133	1.102	0.033	2.226
25	78	M	1.147	1.096	1.057	0.045	3.083
26	72	F	1.231	1.200	1.175	0.028	1.918
27	74	M	1.175	1.138	1.109	0.033	2.261
28	63	M	1.209	1.176	1.154	0.028	1.884
29	65	M	1.191	1.148	1.113	0.039	2.672
30	72	F	1.186	1.125	1.101	0.043	2.911
31	75	M	1.123	1.104	0.981	0.071	4.864
32	76	M	1.191	1.161	1.126	0.033	2.226
33	87	F	1.231	1.199	1.181	0.025	1.713
34	61	M	1.162	1.136	1.117	0.023	1.541
35	63	F	1.195	1.138	1.073	0.061	4.179
36	59	F	1.221	1.193	1.172	0.025	1.678
37	63	F	1.177	1.146	1.118	0.030	2.021
38	77	F	1.227	1.198	1.177	0.025	1.713
39	79	M	1.007	0.889	0.794	0.107	7.295
40	88	M	1.129	1.090	1.056	0.037	2.500

Leyenda:

$\Delta A/min$: Tasa promedio de la variación de la absorbancia por minuto

Niveles de actividad de la colinesterasa sérica en agricultores expuestos a plaguicidas carbámicos en el distrito La Yarada Los Palos, 2025.

N° Muestra	Edad	Sexo	Lectura			$\Delta A/min$	Actividad de la colinesterasa en KU/L
			1 min	2 min	3 min		
65	73	M	1.087	1.036	0.978	0.055	3.733
66	76	F	1.136	1.089	1.042	0.047	3.220
67	61	M	1.099	1.047	1.003	0.048	3.288
68	66	F	1.131	1.086	1.068	0.032	2.158
69	77	F	1.108	1.044	0.966	0.071	4.864
70	76	M	0.954	0.747	0.658	0.148	10.138
71	67	M	1.127	1.078	1.036	0.046	3.117
72	72	M	1.026	0.932	0.863	0.082	5.583
73	69	F	0.992	0.850	0.737	0.128	8.734
74	71	F	1.064	0.989	0.94	0.062	4.247
75	74	F	1.193	1.129	1.079	0.057	3.905
76	76	M	1.029	0.927	0.85	0.090	6.131
77	68	F	0.956	0.807	0.679	0.139	9.487
78	64	M	1.187	1.028	0.978	0.105	7.158
79	60	F	1.089	0.995	0.914	0.088	5.994
80	64	F	1.221	1.164	1.124	0.049	3.322
81	73	M	1.224	1.189	1.158	0.033	2.261
82	71	M	1.283	1.24	1.224	0.03	2.021
83	62	F	0.93	0.742	0.685	0.123	8.391
84	31	F	1.023	0.92	0.818	0.103	7.021
85	29	M	1.189	1.147	1.124	0.033	2.226
86	44	F	1.246	1.172	1.131	0.058	3.939
87	23	F	1.181	1.162	0.952	0.115	7.843
88	36	M	1.021	0.927	0.843	0.089	6.097

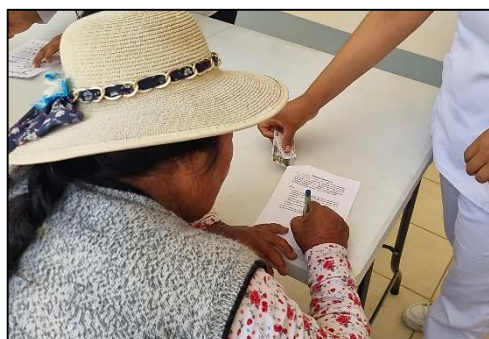
ANEXO 5: Presentación y entrega del consentimiento informado



Presentación del proyecto a los agricultores de La Yarada Los Palos durante la campaña realizada en el Centro Salud 28 de Agosto.



Participación de agricultores del distrito La Yarada Los Palos en la campaña realizada el 26 de enero de 2025.



Entrega y firma del consentimiento informado previo a la toma de muestra.

ANEXO 6: Toma y conservación de muestras de sangre



Registro de los pobladores participantes y aplicación de entrevistas a agricultores del distrito.



Toma de muestra sanguínea



Rotulación y asignación de códigos de las muestras de sanguíneas.



Conservación de muestras de sangre en cajas térmicas, a una temperatura no superior a 6 °C.

**ANEXO 7: Análisis de colinesterasa sérica en Laboratorio de Análisis
Clínicos de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann**



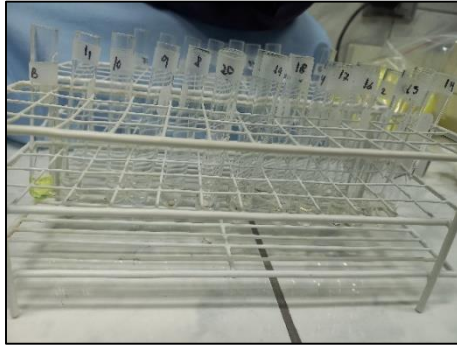
Muestras de sangre recolectadas de agricultores del distrito La Yarada Los Palos



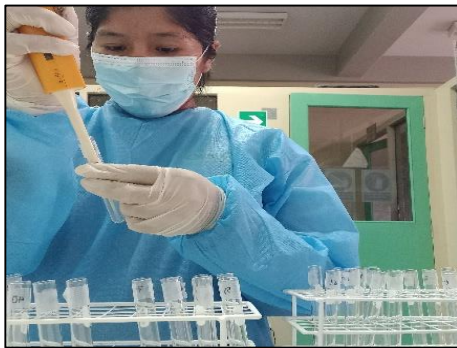
Centrifugación de muestras de sangre a 405 RPM



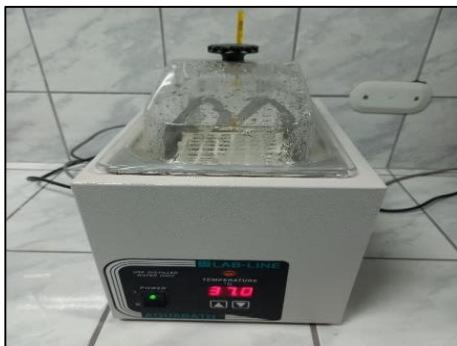
Muestras de suero obtenidas tras centrifugación de sangre total



Muestras de suero separadas en tubos



Añadir 1 000 μ L del reactivo de colinesterasa (R1) al suero.



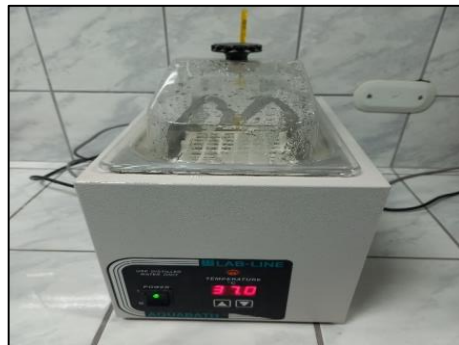
Incubar a 37°C por 3 minutos.



Espectrofotómetro Jenway 6300 utilizado para la lectura de absorbancia



Centrífuga marca K, modelo Harmonic Series



Baño María SLAB LINE – WB 12 utilizado para la incubación

ANEXO 8: Flujograma del procedimiento para determinar niveles de actividad de la colinesterasa sérica

