

ESCUELA DE SEGURIDAD LABORAL E HIGIENE AMBIENTAL
UNIVERSIDAD NACIONAL, COSTA RICA
INSTITUTO REGIONAL DE ESTUDIOS EN SUSTANCIAS TÓXICAS

PROYECTO DE GRADUACIÓN PARA OPTAR POR EL GRADO DE MÁSTER EN
SALUD OCUPACIONAL
CON MENCIÓN EN HIGIENE AMBIENTAL

NOMBRE DEL PROYECTO:

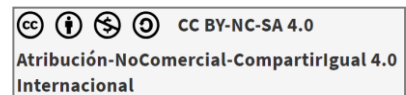
PROPUESTA PARA LA MITIGACIÓN DE LOS FACTORES DE RIESGO
LABORALES RELACIONADOS CON EL USO DE PLAGUICIDAS DEL
PERSONAL OCUPACIONALMENTE EXPUESTO DEL MANEJO INTEGRADO DE
VECTORES DEL MINISTERIO DE SALUD, AREA RECTORA DE SALUD
ALAJUELA 1

REALIZADO POR: JORGE DAVID VALENCIANO GRANADOS

PROFESORA ASESORA: PhD. AURORA ARAGÓN BENAVIDES

LECTOR: MSC. DOUGLAS BARRAZA RUIZ

OCTUBRE, 2023



PROPUESTA PARA LA MITIGACIÓN DE LOS FACTORES DE RIESGO LABORALES RELACIONADOS CON EL USO DE PLAGUICIDAS DEL PERSONAL OCUPACIONALMENTE EXPUESTO DEL MANEJO INTEGRADO DE VECTORES DEL MINISTERIO DE SALUD, AREA RECTORA DE SALUD ALAJUELA 1 © 2023 por JORGE DAVID VALENCIANO GRANADOS tiene licencia CC BY - NC -SA 4.0. Para ver una copia de esta licencia, visite <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

**Unidad Interna de Posgrado
Escuela de Ingeniería en Seguridad Laboral e Higiene Ambiental
Maestría en Salud Ocupacional**

TEC-MSO-ATFG -04-2023

**ACTA DE PRESENTACIÓN PÚBLICA DE TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN
DE MAESTRÍA**

(documento 2)

Sesión del Tribunal Examinador de la presentación pública de trabajo final de graduación celebrada a las 10:00 horas, del 27 de octubre de 2023 bajo modalidad virtual, por medio de la plataforma TEAMS, con el objeto de recibir el informe de la persona sustentante:

| Nombre de la persona sustentante | Carné | Ubicación geográfica durante la defensa |
|----------------------------------|------------|---|
| Jorge David Valenciano Granados | 2020426374 | Guácima, Alajuela |

Quién se acoge a la Normativa de Trabajos Finales de Graduación en Posgrado y al Reglamento de la Maestría en Salud Ocupacional, bajo la modalidad profesional, para optar al grado de Master en Salud Ocupacional con Énfasis en Higiene Ambiental con el trabajo de graduación titulado: "Propuesta para la mitigación de los factores de riesgo laborales relacionados con el uso de plaguicidas del personal ocupacionalmente expuesto del manejo integrado de vectores del Ministerio de Salud, área rectora de salud Alajuela 1".

Están presentes los siguientes miembros del Tribunal Examinador:

| Grado académico | Nombre completo | Puesto | Ubicación geográfica durante la defensa |
|-----------------|-----------------|------------------------------------|---|
| Máster | Lourdes Medina | Representante por la UIP (preside) | Santo Domingo, Heredia |
| Dra., Ph.D. | Aurora Aragón | Profesor tutor | Miami, Florida |
| Máster | Douglas Barraza | Profesor lector | San Rafael, Heredia |

Una vez realizada la presentación del Trabajo final de graduación y realizada la deliberación correspondiente, se le asigna una nota de 100 sin observaciones, por lo que el Presidente del Tribunal Examinador declara a la persona sustentante Jorge David Valenciano Granados, acreedor al grado de Master en Salud Ocupacional con Énfasis en Higiene Ambiental.

Se da lectura al acta que firman los miembros del Tribunal Examinador y la persona sustentante, a las 11:35 horas del 27 de octubre de 2023.

Aurora Aragón
Digitally signed
by Aurora Aragón
Date: 2023.10.27
13:48:20 -04'00'
Dra. Aurora Aragón, Ph.D.
Tutor

TEC Desarrollando el talento humano
Firmado digitalmente por
MAYRA DE LOURDES
MEDINA ESCOBAR (FIRMA)
Fecha: 2023.10.27 11:40:48
-05'00'

Máster Lourdes Medina
Representante UIP

UNA
UNIVERSIDAD
NACIONAL
COSTA RICA

Firmado digitalmente por
DOUGLAS ANTONIO
BARRAZA RUIZ (FIRMA)
Fecha: 2023.10.27 11:57:54
-06'00'

Máster Douglas Barraza
Miembro del Comité Asesor

**JORGE DAVID
VALENCIANO
GRANADOS (FIRMA)**
Firmado digitalmente por
JORGE DAVID VALENCIANO
GRANADOS (FIRMA)
Fecha: 2023.10.27 13:43:20
-06'00'

Jorge David Valenciano Granados
Sustentante

AGRADECIMIENTOS

Mi sincero agradecimiento a Aurora, Douglas, Berna, María Lourdes y a Clemens, quienes de manera especial fueron ayuda, motivación y con su incansable paciencia, calidez humana y su comprensión me facilitaron llegar hasta aquí. Por supuesto a la Dra. Karina Garita, Dr. Carlos Arguedas, Tatiana Herrera y a todos los funcionarios del MIV DARS-A1, mi agradecimiento, admiración y respeto.

DEDICATORIA

A mi señor Jesucristo quien siempre ha tenido gracia y favor para mi vida, quien me ha dado la motivación y fuerza. A mi grande tesoro y verdadero amor; mi familia, a quienes también se lo dedico, mi amada Emily y mis preciosos José Daniel y Débora.

Dios no mira solo lo que has hecho, si no también todo lo que puedes hacer. Sueña, que para el que cree todo le es posible.

EPIGRAFES

Exposición ocupacional, plaguicidas, DREAM, Marcador fluorescente, factores de riesgo, equipo de protección personal.

RESUMEN

El manejo o control de vectores, especialmente en países tropicales, expone a los trabajadores a sustancias químicas que pueden provocar síntomas leves, moderados o incluso enfermedades graves, dependiendo del tipo de contacto, tiempo de exposición y equipo de protección utilizado (Lema Cachinell et al., 2021).

El estudio tiene como objetivo desarrollar un protocolo de trabajo para el personal del Manejo Integrado de Vectores (MIV) expuesto a plaguicidas, basado en la evaluación de la exposición dérmica y el porcentaje de contacto con los plaguicidas. Esto busca prevenir accidentes y enfermedades, mejorando las condiciones laborales.

Se utilizaron dos métodos de evaluación semicuantitativos; el DREAM (*Dermal Exposure Assessment Method*) y el sistema de puntaje visual con el Marcador Fluorescente, así como un cuestionario para recopilar información relevante.

El estudio evaluó la peligrosidad de las tareas de aplicar plaguicidas en el MIV, destacando altos niveles de exposición dérmica, especialmente en trabajadores con ausencia de uso de Equipo de Protección Personal (EPP) y prácticas riesgosas. Las principales rutas de exposición son la transferencia y emisión, destacando exposición en manos, cabeza/cuello y brazo inferior.

Los resultados de esta evaluación permitieron desarrollar un protocolo de trabajo que establece los lineamientos para la mitigación de los factores de riesgo laborales relacionados con la exposición dérmica y el uso de plaguicidas del personal de Manejo Integrado de Vectores del Ministerio de Salud, Área Rectora de Salud Alajuela 1.

ÍNDICE

| | | |
|------|--|----|
| I. | INTRODUCCIÓN | 14 |
| A. | Identificación de la Institución | 14 |
| | <i>Visión/Misión</i> | 14 |
| | <i>Antecedentes históricos</i> | 14 |
| | <i>Ubicación Geográfica</i> | 14 |
| | <i>La organización:</i> | 15 |
| | <i>Número de empleados;</i> | 15 |
| | Organigrama Dirección Regional de Rectoría de la Salud Central Norte (DRRSCN) Ministerio de Salud de Costa Rica. | 16 |
| | <i>Tipos de productos y proceso a cargo</i> | 17 |
| B. | Justificación del proyecto de graduación | 18 |
| | Pregunta de investigación | 20 |
| C. | Objetivos del proyecto de graduación | 20 |
| | Objetivo general | 20 |
| E. | Vinculación a objetivos de desarrollo sostenible (ODS) | 21 |
| II. | REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA | 22 |
| | Vías de entrada y equipo de protección personal | 22 |
| | Métodos de evaluación de la exposición a plaguicidas | 23 |
| | Manejo Integrado de Vectores y exposición ocupacional a plaguicidas | 27 |
| III. | METODOLOGÍA | 30 |
| | Diseño y población de estudio | 30 |
| | Métodos, estrategias, técnicas e instrumentos de recolección de datos | 31 |
| | <i>Estrategia de medición de métodos (semi)cuantitativos</i> | 31 |
| | <i>Método DREAM: Método de evaluación de la exposición dérmica</i> | 31 |
| | <i>Marcador fluorescente</i> | 32 |
| | <i>Análisis estadístico de los datos</i> | 35 |
| IV. | ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL..... | 36 |
| | Caracterización básica | 36 |
| | <i>Proceso</i> | 36 |
| | <i>Personal trabajador</i> | 37 |

| | |
|---|--------------------------------------|
| <i>Entorno Laboral</i> | 38 |
| <i>Prácticas laborales</i> | 39 |
| <i>Producto</i> | 40 |
| <i>Equipo de Protección Personal</i> | 40 |
| <i>Higiene Personal</i> | 42 |
| Rutas y niveles de exposición | ¡Error! Marcador no definido. |
| <i>DREAM (Dermal Exposure Assessment Method)</i> | 43 |
| <i>Marcador fluorescente</i> | 43 |
| <i>Comparación entre método DREAM y Marcador Fluorescente</i> | 47 |
| V. ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN | 49 |
| PROTOCOLO PARA LA MITIGACIÓN DE LOS FACTORES DE RIESGO LABORALES RELACIONADOS CON LA EXPOSICIÓN DÉRMICA Y EL USO DE PLAGUICIDAS DEL PERSONAL DE MANEJO INTEGRADO DE VECTORES DEL MINISTERIO DE SALUD, ÁREA RECTORA DE SALUD ALAJUELA 1 | |
| | 51 |
| 1. INTRODUCCIÓN. | 53 |
| 2. OBJETIVOS..... | 54 |
| 2.1 OBJETIVO GENERAL | 54 |
| 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS..... | 54 |
| 3. ALCANCE. | 55 |
| 4. DEFINICIONES..... | 55 |
| 5. MARCO DE REFERENCIA LEGAL..... | 56 |
| 6. PROCESO DE CONTROL DE VECTORES..... | 57 |
| 7. EQUIPOS QUE SE UTILIZAN EN LA FUMIGACIÓN. | 59 |
| 8. PLAGUICIDAS UTILIZADOS. | 60 |
| 9. PELIGROS Y RIESGOS LABORALES RELACIONADOS EL USO DE PLAGUICIDAS EN EL MIV DARS-A1 | 81 |
| 10. EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL EN EL USO DE PLAGUICIDAS EN EL MIV DARS-A1..... | 62 |
| 11. PRACTICAS LABORALES E HIGIENE PERSONAL..... | 69 |
| 12. MONITOREO Y SEGUIMIENTO | 71 |
| 13. MANEJO, ALMACENAMIENTO Y DISPOSICIÓN DE RESIDUOS. | 74 |

| | | |
|------|---------------------------------------|----|
| 14. | DESARROLLO DE COMPETENCIAS..... | 78 |
| 15. | EVALUACIÓN DEL PROTOCOLO..... | 80 |
| 16. | RESPONSABILIDADES..... | 80 |
| VI. | CONCLUSIONES | 83 |
| VII. | RECOMENDACIONES | 84 |
| | BIBLIOGRAFÍA..... | 85 |
| | Anexo 1 | 89 |
| | CONSENTIMIENTO INFORMADO | 89 |

INDICE DE CUADROS

| | |
|---|----|
| Cuadro 1. Número de funcionarios de Manejo Integrado de Vectores del Ministerio de Salud de Alajuela..... | 16 |
| Cuadro 2. Principales técnicas de muestreo aplicables a la exposición dérmica (NTP 895) | 27 |
| Cuadro 3. Clasificación de la exposición según el DREAM..... | 32 |
| Cuadro 4. Esquema comparativo de los métodos DREAM y Marcador Fluorescente | 35 |
| Cuadro 5. Preparación y aplicación de plaguicidas por parte técnicos DARS-A1..... | 37 |
| Cuadro 6. Distribución de variables sociodemográficas y laborales de la población de estudio..... | 37 |
| Cuadro 7. Equipo de protección personal y uso MIV. DARS-A1 | 40 |
| Cuadro 8. Equipo de protección utilizado por el personal al momento del estudio. MIV. DARS-A1, 2022. | 42 |
| Cuadro 10. Exposición potencial de la piel por parte del cuerpo (Skin_P.PB)..... | 41 |
| Cuadro 11. Niveles de exposición real por parte del cuerpo | 42 |
| Cuadro 12. Distribución de los puntajes DREAM según las rutas de exposición, puntaje total por parte del cuerpo | 42 |
| Cuadro 13. Partes del cuerpo observadas | 43 |
| Cuadro 14. Distribución del Total VS / Puntajes promedio por segmentos según el método de marcador fluorescente | 46 |
| Cuadro 15. Distribución porcentaje contaminado por área del cuerpo según el método de marcador fluorescente | 46 |

INDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1. Regiones de Planificación del Ministerio de Salud de Costa Rica. | 15 |
| Figura 2. Organigrama Dirección Regional de Rectoría de la Salud Central Norte (DRRSCN) Ministerio de Salud de Costa Rica..... | 16 |
| Figura 3. Puntaje visual de Fenske con modificaciones | 33 |
| Figura 4. Marcador fluorescente en manos..... | 45 |
| Figura 5. Proceso operativo fumigación y recarga. | 46 |
| Figura 6. Preparación de plaguicida y lavado de manos en campo..... | 48 |
| Figura 7. Rótulo para área de almacenamiento de plaguicidas..... | 75 |

LISTA DE ABREVIATURAS

| | |
|---------|--|
| MS | Ministerio de Salud de Costa Rica |
| MIV | Manejo Integrado de Vectores |
| DRRSCN | Dirección Regional de Rectoría de la Salud Central Norte |
| DARS-A1 | Dirección de Área Rectora de Salud Alajuela 1 |
| DREAM | <i>Dermal Exposure Assessment Method</i> |
| ODS | Objetivos de Desarrollo Sostenible |
| IRET | Instituto Regional de Estudios de Sustancias Tóxicas |
| BOHS | <i>British Occupational Hygiene Society</i> |
| VS | <i>Visual Score</i> |
| NTP | Normas Técnicas de Prevención |
| EPP | Equipo de Protección Personal |

I. INTRODUCCIÓN

A. Identificación de la Institución

Visión/Misión: El Ministerio de Salud de Costa Rica (MS), tiene como visión ser la institución que dirige y conduce a los actores sociales para el desarrollo de acciones que protejan y mejoren el estado de salud físico, mental y social de los habitantes. Además, tiene como misión ser la autoridad sanitaria respetada a nivel nacional e internacional, que ejerce la rectoría del Sistema Nacional de Salud con capacidad técnica y resolutive, liderazgo y participación social.

Antecedentes históricos: El Ministerio de Salud fue creado en virtud del Decreto Ley No. 24 de junio de 1927, que estableció la Secretaría de Estado en el Despacho de Salubridad y nombró al Dr. Solón Núñez Frutos como primer secretario. En 1938, se inició la lucha contra la malaria y en 1949 se lanzó la campaña de lucha contra el mosquito *Aedes aegypti* en 104 localidades, utilizando el insecticida DDT (diclorodifeniltricloroetano). En los años siguientes, se continuó trabajando en el control de vectores y desde la década de 1990 hasta la actualidad, se ha mantenido la vigilancia de la salud y el control de vectores que transmiten enfermedades como el dengue, el zika y la chikungunya (Organización Panamericana de la Salud y Ministerio de Salud Pública de Costa Rica, 2022).

Ubicación Geográfica: El Ministerio de Salud (MS) es el ente responsable de la dirección y supervisión del Sector Salud y del Sistema Nacional de Salud en todo el territorio de Costa Rica. Como se muestra en la Figura 1, el MS tiene su nivel central, 9 regiones de planificación y 82 áreas rectoras de salud a nivel local, lo que le permite ejercer su liderazgo en todo el país. En este estudio, se llevará a cabo la evaluación en la Dirección de Área Rectora de Salud de Alajuela 1, que se encuentra en el centro del cantón de Alajuela.

La organización: El MS establece los lineamientos y directrices con el objetivo de proteger y mejorar el estado de salud físico, mental y social de los habitantes. Una de las acciones específicas que tiene, es la provisión de servicios para el manejo integrado de vectores (MIV). Dentro de las acciones concretas de este servicio es el control químico de vectores basado en la utilización y aplicación de insecticidas, por medio de la fumigación empleada por el personal técnico.

Número de empleados; El Ministerio de Salud (MS) cuenta con una población trabajadora de alrededor de 2,250 funcionarios en todo el país, de los cuales 732 son personal técnico encargado de diversas actividades, incluyendo la aplicación de plaguicidas. De estos, 388 funcionarios se dedican específicamente a la fumigación en todo el territorio nacional en el marco del programa de Manejo Integrado de Vectores (MIV). En la Tabla 1 se muestra la distribución del personal del MIV según las diferentes Direcciones Regionales.

Figura 1. Regiones de Planificación del Ministerio de Salud de Costa Rica.



Fuente: Ministerio de Salud de Costa Rica, 2022.

Cuadro 1. Número de funcionarios de Manejo Integrado de Vectores del Ministerio de Salud de Alajuela

| Dirección Regional | TOTAL |
|--------------------|-------|
| Central Norte | 10 |
| Central Este | 11 |
| Central Norte | 24 |
| Central Occidente | 4 |
| Huetar Caribe | 105 |
| Huetar Norte | 37 |
| Chorotega | 71 |
| Pacífico Central | 91 |
| Brunca | 38 |

Fuente: Ministerio de Salud de Costa Rica (2022)

Organigrama Dirección Regional de Rectoría de la Salud Central Norte (DRRSCN) Ministerio de Salud de Costa Rica.

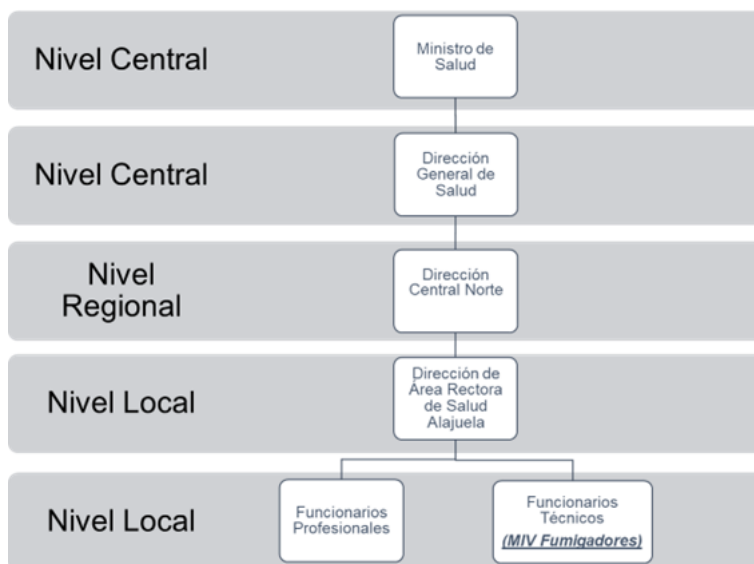


Figura 2. Organigrama Dirección Regional de Rectoría de la Salud Central Norte (DRRSCN) Ministerio de Salud de Costa Rica.

La DRRSCN se encuentra en la región central de Costa Rica, específicamente en las provincias de Heredia y Alajuela. Según el Instituto Nacional de Estadística y Censo del 2021, la densidad poblacional en estas provincias es de 200,6 y 106,9 habitantes por km², respectivamente. Además, el contexto socioeconómico de la zona muestra que el 18,1% de los hogares se encuentran en condición de pobreza.

En cuanto a la rectoría en salud, es importante destacar el enfoque social, ambiental y económico que se le da a la salud en la región, abordando los determinantes mediante estrategias y acciones de promoción y, de manera trascendental, a través de la educación sanitaria (de la Guardia Gutiérrez et al., 2020).

El Plan Nacional de Acción de Entomología y Control de Vectores. Costa Rica 2022-2024 señala que el 71,1% de las Áreas Rectoras de Salud (ARS) a nivel nacional consideran la gestión de residuos sólidos como un desafío entre alto y medio para el control de los insectos vectores. En el caso de la DRRSCN, se considera que el nivel de desafío es alto, con un 33%. Por lo tanto, una gestión adecuada de los residuos sólidos como determinante ambiental de la salud debe ser considerada uno de los retos para disminuir posibles criaderos de insectos vectores en la zona.

Tipos de productos y proceso a cargo

El departamento de MVI de la DARS-A1 utiliza el Aqua Reslin Super, un insecticida piretroide a base de permetrina y esbiol en emulsión acuosa, para eliminar los criaderos del mosquito transmisor y controlar los insectos vectores voladores que representan un riesgo para la salud pública.

El proceso implica la aplicación de plaguicidas químicos por parte del personal encargado, quienes recorren casas, comercios y otros lugares donde se puedan encontrar criaderos de vectores para aplicar el insecticida de manera efectiva.

B. Justificación del proyecto de graduación

El Ministerio de Salud de Costa Rica ha estado realizando actividades de prevención, vigilancia y control de vectores mediante el Manejo Integrado de Vectores (MIV) desde los años 80. Durante los años 90, se logró controlar la población de mosquitos como *Aedes aegypti* y *Anopheles sp.* Sin embargo, la aparición de virus emergentes como Chikungunya y Zika ha requerido un esfuerzo continuo y, en algunos casos, ha sido necesario aumentar las fumigaciones (Organización Panamericana de la Salud y Ministerio de Salud Pública de Costa Rica, 2022).

En 2016, el MIV aplicó fumigación en 759.234 viviendas para eliminar los sitios de cría de *A. aegypti*, empleando a 388 trabajadores técnicos. Sin embargo, esta labor de fumigación ha expuesto a los trabajadores a plaguicidas durante aproximadamente 65 horas al año. A medida que las actividades del personal involucrado en el MIV han aumentado en los últimos años, también ha aumentado el riesgo de exposición ocupacional a los agentes químicos utilizados para el control de plagas.

El 25 de febrero de 2022, el Ministerio de Salud y la Organización Panamericana de la Salud presentaron el primer Plan Nacional de Acción para la Vigilancia Entomológica y Control Vectorial en Costa Rica 2022-2024. El objetivo de este plan es fortalecer el control de enfermedades transmitidas por insectos como Dengue, Zika, Chikungunya, Malaria, Leishmaniasis y Chagas. Sin embargo, este plan no aborda la capacitación del personal técnico encargado de la aplicación de los plaguicidas en términos de riesgos, medidas de control y protección, a pesar de su exposición a los plaguicidas durante las fumigaciones.

El artículo 66 de la Constitución Política de Costa Rica, así como el artículo 282 del Código de Trabajo y el Reglamento General de Seguridad e Higiene del Trabajo, establecen la responsabilidad y obligación legal de evaluar los riesgos laborales. Esta evaluación tiene como objetivo estimar la magnitud de los riesgos

que no se han podido evitar y obtener la información necesaria para adoptar medidas preventivas apropiadas con el fin de proteger la vida y la salud de los trabajadores.

Estas disposiciones legales confieren responsabilidad y obligatoriedad para garantizar las condiciones apropiadas para todos los trabajadores del Ministerio de Salud de Costa Rica.

En un estudio llevado a cabo en Colombia en 2013, se evaluó la exposición a plaguicidas en el personal técnico de MIV y se encontró una asociación entre el uso de organofosforados y los síntomas presentados por el personal, como cefalea, mareo, disminución de fuerza en miembros superiores y síntomas neuropsiquiátricos (Malagón et al., 2014). Estudios epidemiológicos indican que el uso de plaguicidas está relacionado con diferentes tipos de cáncer, patologías neurológicas, síntomas respiratorios, problemas hormonales y anomalías reproductivas (Fabian y Binder, 2015).

Un estudio llevado a cabo en Nicaragua en 2004 para identificar los factores determinantes de la exposición dérmica a plaguicidas entre los agricultores de subsistencia mostró que las prácticas laborales, el equipo de rociado y los determinantes relacionados con el lugar de trabajo explicaron la variabilidad de la exposición. Las prácticas laborales explicaron más del 50% de la variabilidad de la exposición. El estudio concluyó que un programa de capacitación para este grupo de agricultores debería enfatizar en el mantenimiento del equipo, la técnica correcta de aspersión, el tipo de ropa a usar durante las aplicaciones y la frecuencia de contacto con el plaguicida (Aragón et al., 2005).

Por lo tanto, es importante tener en cuenta los factores determinantes de la exposición a plaguicidas, como las características fisicoquímicas de la sustancia, la tarea realizada por el trabajador, el equipo y procedimiento de trabajo, las medidas de control de la exposición y las características del trabajador y del lugar

de trabajo. Identificar los niveles de exposición que justifiquen la necesidad de desarrollar un protocolo para monitorear y consultar las medidas de prevención es fundamental para garantizar un manejo con el mínimo de riesgos en una institución cuya rectoría es la promoción de la salud de las personas (Porcel Muñoz et al., 2001).

Pregunta de investigación

¿Qué medidas de protección pueden adoptarse para prevenir la absorción de plaguicidas a través de la piel y reducir el riesgo de accidentes y enfermedades en trabajadores de MIV expuestos ocupacionalmente a estos productos químicos?

C. Objetivos del proyecto de graduación

Objetivo general

Desarrollar una propuesta de protocolo de trabajo para el personal ocupacionalmente expuesto a plaguicidas del MIV a partir de la evaluación de la exposición dérmica, con el fin de prevenir accidentes, enfermedades y contribuir al mejoramiento de las condiciones de trabajo.

Objetivos específicos

1. Estimar la peligrosidad de las tareas que realizan los funcionarios de MIV que aplican plaguicidas, por medio de la evaluación de la exposición dérmica a través del método DREAM (*Dermal Exposure Assessment Method*);
2. Observar, a través del marcador fluorescente las posibles vías de exposición dérmica y el porcentaje de contacto de los plaguicidas con la piel de funcionarios de MIV que aplican plaguicidas.

3. Elaborar una propuesta de protocolo de trabajo, para el personal ocupacionalmente expuesto a plaguicidas del MIV, a partir de los resultados de la evaluación a la exposición dérmica, que prevenga los accidentes y enfermedades y contribuya al mejoramiento de las condiciones de trabajo.

D. Alcances y limitaciones del trabajo

Alcances: El objetivo de la propuesta de protocolo de trabajo es evaluar la exposición dérmica del personal ocupacionalmente expuesto a plaguicidas en el MIV y obtener resultados sobre las prácticas laborales que representan mayor peligrosidad y pueden aumentar la exposición, incluso con los controles existentes. Estos resultados permitirán identificar alternativas para disminuir los factores de riesgo y establecer mecanismos que prevengan enfermedades a largo plazo, a través de la sensibilización de los trabajadores y jefaturas en con relación con a las prácticas laborales y los mecanismos de control.

Limitaciones: Debido a la naturaleza de la institución, el MS tiene la responsabilidad de velar por la salud de la población en general, lo que significó que el contexto pandémico actual de COVID-19 pudo afectar la logística, operatividad y estrategia en la ejecución del estudio. La dinámica laboral que surgió debido a la pandemia generó algunas restricciones que limitaron las prioridades, autorizaciones o la facilitación de la ejecución del proyecto, esto según el escenario epidemiológico ocurrido en el país.

E. Vinculación a objetivos de desarrollo sostenible (ODS)

Esta investigación se encuentra directamente vinculada con tres de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) establecidos por la Organización de las Naciones Unidas. En primer lugar, con el ODS 3 Salud y Bienestar, específicamente el inciso 3.9, que busca reducir significativamente el número de muertes y enfermedades causadas por sustancias químicas peligrosas y la contaminación

del aire, agua y suelo. En segundo lugar, con el ODS 8 Trabajo Decente y Crecimiento Económico, en particular el inciso 8.8, que busca proteger los derechos laborales y promover un entorno de trabajo seguro y saludable para todos los trabajadores. Por último, con el ODS 16 Paz, Justicia e Instituciones Sólidas, inciso 16.6, que busca crear instituciones transparentes que rindan cuentas y puedan dar a conocer las condiciones laborales y las oportunidades de mejora en esa materia.

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Según el Manual de Plaguicidas de Centroamérica del Instituto Regional de Estudios de Sustancias Tóxicas (IRET) de la Universidad Nacional de Costa Rica, así como la NTP 595: Plaguicidas: riesgos en las aplicaciones del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo de España (Obiols y López, 2001), las vías comunes de penetración de plaguicidas en el organismo son inhalatoria, por contacto (dérmica) y por ingesta. La vía inhalatoria ocurre cuando el producto se encuentra en el ambiente como cualquier otro agente químico. La vía por contacto sucede cuando el producto está presente en superficies contaminadas o tratadas y entra en contacto directo con la piel. La vía por ingesta se produce indirectamente a través del contacto mano-boca.

Vías de entrada y equipo de protección personal

La cuantificación de la exposición del trabajador usuario de los plaguicidas es esencial para evaluar el riesgo. La absorción dérmica y la inhalación son las vías de entrada más comunes para los plaguicidas, siendo la dérmica reconocida como la principal vía para los trabajadores agrícolas (So et al., 2014). So indica que, durante la manipulación de plaguicidas, la exposición dérmica tiene lugar en áreas del cuerpo que quedan descubiertas por la ropa protectora, como la cara y las manos.

En un estudio realizado en China en 2018, se evaluó la exposición dérmica y por inhalación al plaguicida imidacloprid en trabajadores agrícolas que aplicaban fumigación. La exposición dérmica fue del 0,21% de la cantidad aplicada, mientras que la exposición por inhalación contribuyó a <0,1% de la exposición total. Las partes superiores del cuerpo fueron las más expuestas (Cao et al., 2018).

En 2020, la Sociedad Británica de Higiene Ocupacional (BOHS) realizó un estudio que demostró que la idoneidad, disponibilidad y uso adecuado de la ropa protectora son factores críticos que determinan la exposición dérmica real de los trabajadores agrícolas a los plaguicidas. Los datos de exposición mostraron que solo el 2,3-2,6% de los plaguicidas presentes en la ropa o los guantes migraron a través de las prendas. Los antebrazos, las piernas y las áreas del pecho de la ropa tendieron a tener la mayor migración de plaguicidas. Se necesita precaución en la selección de la ropa de protección adecuada para situaciones específicas (Spaan et al., 2020).

Un estudio realizado en 2018 en el Área Rectora de Salud de Carrillo Guanacaste para el personal de MIV, demostró que los niveles de exposición dérmica a los plaguicidas varían dependiendo del uso correcto del EPP y las prácticas seguras de fumigación y manejo de plaguicidas. Los resultados mostraron niveles altos de exposición en las manos, antebrazos, brazos y cabeza de los trabajadores de vectores, lo cual coincide con las partes corporales identificadas con mayor incidencia en este trabajo (Morera Guzmán et al., 2018).

Métodos de evaluación de la exposición a plaguicidas

Los métodos de evaluación del riesgo de los plaguicidas en la salud humana es un proceso complejo dado que debe considerar las diferencias en los períodos y niveles de exposición, los tipos de plaguicidas utilizados (en cuanto a toxicidad y persistencia), y las características ambientales de las zonas donde habitualmente se aplican plaguicidas. Además, el número de criterios utilizados y el método de su

implementación para evaluar los efectos adversos de los plaguicidas en la salud humana podría afectar la evaluación de riesgos (Christos y Eleftherohorinos, 2011).

Existen múltiples situaciones de exposición que pueden conducir a una exposición dérmica. El modelado de esta multitud de escenarios de exposición, cada uno con relaciones potencialmente diferentes entre la exposición dérmica y sus determinantes, son resumidas en los modelos de exposición dérmica basados en tareas para la evaluación de riesgos por (Warren et al., 2006) en seis unidades de operación de exposición dérmica;

1. La manipulación de objetos (contaminados), incluye la transferencia de productos de un objeto (o contenedor) a otro (por ejemplo, mezclar, llenar);
2. Dispersión manual de productos, sobre una superficie. La exposición se debe principalmente al contacto directo (inmersión) y al contacto con superficies contaminadas;
3. Dispersión de productos con una herramienta de mano. Exposición por contacto con superficies contaminadas, pero también puede ocurrir algún contacto directo (salpicaduras, goteo);
4. Dispersión por aspersion de un producto. La exposición se debe a la deposición de aerosoles y debido al contacto con superficies contaminadas;
5. Inmersión de objetos en un producto. La exposición se debe al contacto directo (inmersión) y al contacto con superficies contaminadas;
6. Tratamiento mecánico de objetos sólidos. La exposición se debe a la deposición de aerosoles y al contacto con superficies contaminadas.

Medir los niveles de exposición a los químicos a menudo se considera demasiado costoso, lleva mucho tiempo o, en el caso de encuestas retrospectivas, es imposible (B. Van Wendel De Joode et al., 2005b). El método semicuantitativo de la evaluación dérmica de la exposición DREAM (*Dermal Exposure Assessment Method*) (van-Wendel-de-Joode et al., 2003), exploró la precisión en varios

entornos laborales en el 2005, observando a los trabajadores que realizaban una determinada tarea, cuya exposición a agentes químicos en la piel o la ropa se midió cuantitativamente de forma simultánea, y cumplieron el cuestionario DREAM.

Como resultados generales, los niveles de exposición en se predijeron de manera significativa el método DREAM, por lo que se pueda aplicar con éxito para la evaluación semicuantitativa de la exposición dérmica en encuestas epidemiológicas y de higiene ocupacional de grupos de trabajadores con un contraste considerable en los niveles de exposición dérmica (van Wendel de Joode et al., 2005a).

En un estudio realizado en el 2005 sobre exposición dérmica a plaguicidas en Nicaragua a un grupo de agricultores de subsistencia, mostró que, durante la aplicación, los trabajadores estaban muy expuestos a los plaguicidas en áreas del cuerpo como manos, espalda, pies y piernas en ese orden. La evaluación de la exposición realizó mediciones cualitativas (observación) y semicuantitativas (marcador fluorescente) y cuantitativas (análisis de residuos de plaguicidas de las manos y áreas seleccionadas según la intensidad de la fluorescencia comparando resultados de observación (manipulación de concentrado y de la solución), los puntajes visuales y el análisis cuantitativo de los residuos.

Las imágenes fluorescentes observadas en la piel de los agricultores reflejaron las prácticas de trabajo como aplicar en contra del viento, o caminar en el cultivo recién fumigado o manipular las mezclas sin protección, el mal estado de los equipos de aplicación (como fuga de la mezcla por rotura de las mangueras). Entre otros determinantes encontrados fue el sellado de las tapas de los tanques con un paño y la limpieza del sudor de la cara después de manipulación del plaguicida con las manos son protección. El sistema de puntuación visual fue muy consistente (Cronbach alfa = 0,96) y razonablemente fiable (0,75; IC del 95%: 0,62-0,83), siendo la puntuación de extensión más confiable que la puntuación de

intensidad. El agricultor con el Puntaje visual total más alto obtuvo el 60% del máximo posible. Las manos estaban contaminadas con mayor frecuencia y la espalda tenía el puntaje de segmento corporal más alto. El contacto con las manos fue con mayor frecuencia indirecto al tocar superficies contaminadas. Todos los agricultores tenían residuos cuantificables de plaguicidas en sus manos. Los coeficientes de correlación de Spearman entre las puntuaciones de contaminación observacional, puntaje visual y los residuos de plaguicidas oscilaron entre 0,65 a 0,74 para el clorpirifos y de 0,62 a 0,87 para el metamidofos consideradas ambas entre moderada y fuerte (Aragón A, 2005).

Los productos químicos peligrosos pueden ingresar al cuerpo por inhalación, ingestión, inyección o absorción dérmica. Los modelos de exposición dérmica, como una herramienta pueden proveer componentes didácticos para la sensibilización de la población expuesta, además presentan facilidad al usar y accesibilidad económica para predecir la absorción dérmica, especialmente cuando hay pocos o ningún dato real disponible.

Una combinación de observaciones y visualización y puntuación de marcadores fluorescentes puede proporcionar información valiosa sobre los determinantes de la exposición a plaguicidas, mientras que los métodos cuantitativos confirmarán la presencia del contaminante (Aragon A, 2005).

Cuadro 2. Principales técnicas de muestreo aplicables a la exposición dérmica (NTP 895)

| Técnica de muestreo | Método de muestreo |
|--------------------------------------|---|
| Técnica sustitutiva de la piel | Parches Cuerpo completo Guantes absorbentes |
| Técnica de retirada del contaminante | Lavado de manos Limpieza con disolvente Retirada del contaminante con cinta adhesiva |
| Técnica de recuperación in situ | Video imagen ATR - FTIR Sonda luminosa PXRF |
| Técnica de muestreo de superficies | Aspirado de superficies, limpieza con disolvente, determinación del residuo foliar desprendible, otros. |

Fuente. Muñoz et al. (2011)

Manejo Integrado de Vectores y exposición ocupacional a plaguicidas

Los plaguicidas han sido usados a nivel mundial como una de las principales herramientas para el control de vectores debido a su bajo costo y amplio espectro de acción. Un estudio realizado a la exposición de trabajadores en programas de control de malaria, indica que las particularidades como las regiones o los tamaños de las viviendas, la altura de los techos y paredes son elementos influyentes, ya que la exposición para los técnicos encargados de la fumigación tiende a disminuir o aumentar con relación a este punto (Wassie et al., 2012). Existe una asociación entre la exposición ocupacional a plaguicidas y las enfermedades respiratorias crónicas, como el asma, la enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC) y el cáncer de pulmón (Sanborn et al., 2002).

En el estudio, Wassie et al. (año), se relacionan la tasa de exposición de los aplicadores por volumen de casa y por tiempo ya es mayor durante la pulverización de casas con techo donde no se facilita la adherencia del plaguicida. El estudio relaciona, además, los aspectos de exposición con la ventilación y el

procedimiento de pulverización. Sin embargo, es posible considerar que las exposiciones ocupacionales a plaguicidas ocurren también en etapas de manipulación como, transporte y preparación en el lugar de trabajo (Damalas , 2011).

Los organofosforados como el Temephos, son utilizados como larvicida en el control de mosquitos en criaderos de agua estancada, que puede causar irritación y sensibilización dérmicas en casos de exposición prolongada. Se presenta en forma granulada y líquida concentrada, siendo la forma granulada la más comúnmente utilizada. Los organofosforados, incluido el Temephos, pueden ser absorbidos a través de la piel, especialmente con exposiciones prolongadas (OMS, 2011).

Temephos, no ofrecen más información sobre la biotransformación en humanos, y se considera que tiene baja toxicidad en mamíferos (Reyes-Chaparro et al., 2020). Los estudios en modelos animales han reflejado la toxicidad en el desarrollo neurológico, mientras que, a nivel molecular la exposición ha producido efectos genotóxicos, sin embargo, no existe definición estandarizada o consensuada sobre las habilidades cognitivas específicas afectadas (Muñoz-Quezada et al., 2016). También se considera un contaminante ambiental y la acumulación en el suelo y el agua ha causado toxicidad para los organismos acuáticos (Satriawan et al., 2019).

El Lambda Cihalotrina (piretroide sintético no sistémico) es un insecticida utilizado en agricultura y control de plagas urbanas para combatir moscas, mosquitos, cucarachas, pulgas y garrapatas. Es un irritante dérmico que se presenta en forma líquida concentrada. La absorción dérmica puede ocurrir, especialmente con exposiciones prolongadas (EPA, 2022). Se ha evidenciado que puede inducir estrés oxidativo en eritrocitos humanos (Deeba et al., 2017). Además, el Aqua Reslin Super, otro de los insecticidas tiene el potencial genotóxico para humanos de una formulación comercial de permetrina. Los datos demostraron que una

mezcla de permetrina y aletrina indujo daño citotóxico y genotóxico dependiente de la concentración y del tiempo en linfocitos de sangre periférica (Ramos-Chavez et al., 2014). En países como Alemania se ha debatido el potencial de daño neurológico crónico debido a la exposición a piretroides a largo plazo (Kolaczinski y Curtis, 2004).

En un estudio realizado en 2017 a 120 rociadores del programa de vectores de salud pública de Bolivia, determinaron mediante una entrevista estructurada, la exposición a plaguicidas y los síntomas del sistema nervioso central, además se evaluó el comportamiento del rendimiento neuromotor y neurocognitivo. El estudio demostró que la exposición prolongada a los piretroides puede afectar negativamente al sistema nervioso central, y deterioro del rendimiento neurocognitivo. El estudio sugiere que los plaguicidas piretroides son una causa de la enfermedad de Parkinson y otras enfermedades neurodegenerativas (Hansen et al., 2017).

En Ecuador un estudio en el 2021 evidencia la falta de preocupación con relación al tema de las enfermedades ocasionadas por la manipulación y contacto con los plaguicidas en el Programa de Control de Vectores de ese país, así como también se constata la falta de conocimiento previo de los trabajadores en cuanto a los riesgos derivados de dicha exposición (Lema Cachinell et al., 2021).

La absorción de los plaguicidas en el organismo humano puede causar desde afecciones leves, que muchas veces pasan inadvertidas y cuyos efectos posteriores no se conocen completamente, hasta intoxicaciones agudas, cuyos efectos pueden ser fatales (Tobergte y Curtis, 2013). Por lo tanto, considerando los niveles de riesgo que existen con el uso de plaguicidas, es necesario que los trabajadores deban estar instruidos en los riesgos del plaguicida a utilizar y sobre el correcto uso de los equipos de protección personal, pulverizadores, su mantención y regulación para evitar posibles derrames del producto y exposiciones perjudiciales.

III. METODOLOGÍA

Esta propuesta se compuso de dos etapas, la primera consistió en responder a los objetivos 1 y 2 para conocer la situación actual de exposición dérmica a los plaguicidas usados en el control de vectores, y la segunda, la más importante, responde al objetivo 3 que referirá a los aspectos relacionados con las alternativas de solución.

A continuación, se describe el procedimiento metodológico a ser empleado en cada etapa para analizar y resolver los problemas detectados.

Diseño y población participante

El diseño de esta investigación se planteó como un estudio de casos, donde se pretendió estudiar un número reducido de población del Manejo Integrado de Vectores de la Dirección Regional de Rectoría de Salud Central Norte (DRRSCN) del Ministerio de Salud, Dirección de Área Rector de Salud Alajuela 1 (8 funcionarios técnicos), que realizan labores de fumigación. Se excluyeron aquellos trabajadores del programa que no utilizaron plaguicidas, para asumir eventualmente que otros casos del mismo tipo tendrán probablemente características similares (Kogan, 2014), es decir, los demás funcionarios de MIV presentes a lo largo del país.

Se coordinó y presentó el trabajo de investigación y desarrollo con las jefaturas, además, se realizó una presentación los objetivos y alcances de la investigación a los trabajadores que aplican plaguicidas como parte de sus labores, para invitarlos a participar. A partir de su aceptación se les brindó el consentimiento informado para explicarles que la participación iba a ser voluntaria, además se abordaron todas las dudas que surgieron.

Métodos, estrategias, técnicas e instrumentos de recolección de datos

Estrategia de medición de métodos (semi)cuantitativos

Las observaciones y la aplicación de las herramientas se realizaron en el mes de noviembre de 2022, aplicando de manera simultánea los métodos DREAM (van Wendel de Joode et al., 2003, 2005^a, 2005b) y Marcador fluorescente (Aragón et al., 2004) para estimar la exposición dérmica de forma semi-cuantitativa.

Método DREAM: Método de evaluación de la exposición dérmica

El Método DREAM (*Dermal Exposure Assessment Method*) permite la evaluación estructurada de la exposición dérmica de forma semicuantitativa a agentes químicos y biológicos (van Wendel de Joode et al., 2005). Este método tiene dos etapas, la primera de recolección de información de los trabajadores mediante observación y aplicación de un cuestionario que recopila la información de la institución, fuentes de exposición, agente químico o biológico, prácticas laborales, duración y frecuencia de la tarea, así como datos sobre la probabilidad e intensidad de la exposición de acuerdo con las tres rutas de exposición (emisión, deposición y transferencia) (Rodríguez-González, 2019).

En la segunda etapa el método estima por medio de un algoritmo, la exposición dérmica potencial (exposición en ropa y piel descubierta), exposición dérmica real (sobre la piel) y la exposición real ponderada, que se obtiene multiplicando la exposición real por el factor de superficie corporal (van-Wendel-de-Joode et al., 2003). La exposición estima nueve segmentos del cuerpo, los cuales son; cabeza, brazos, antebrazos, manos, tronco anterior, espalda, muslos, piernas y pies. El puntaje que genera el método permite caracterizar la exposición dérmica de forma semicuantitativa (van Wendel de Joode et al., 2003). De acuerdo con este método, la exposición dérmica se puede clasificar en 7 categorías según el puntaje total obtenido (Cuadro 3). Se contó con el uso de la herramienta de *Excel Dermal Exposure Assessment Method* versión 3. 2022.

Cuadro 3. Clasificación de la exposición según el DREAM

| Puntaje | Categoría |
|----------|---------------------|
| 0 | Sin exposición |
| 0-10 | Exposición muy baja |
| 10-30 | Exposición baja |
| 30-100 | Exposición moderada |
| 100-300 | Exposición alta |
| 300-1000 | Exposición muy alta |
| >1000 | Exposición extrema |

Fuente: van Wendel de Joode et al., 2003

El método DREAM evalúa las siguientes rutas de exposición dérmica:

- Emisión: contacto directo con el plaguicida (inmersión de manos, salpicaduras);
- Deposición: el plaguicida que se encuentra en el aire entra en contacto con la ropa o la piel;
- Transferencia: contacto con superficies contaminadas.

Marcador fluorescente

Se utilizó simultáneamente el método semi-cuantitativo de Marcador fluorescente, el cual se utiliza para evaluar la exposición dérmica a plaguicidas aplicados de forma líquida. El marcador fluorescente, fue añadido y mezclado con el producto plaguicida (en estado líquido) antes de iniciar la aplicación, e inmediatamente después de finalizarla, se fotografió la deposición de imágenes fluorescentes sobre la piel. Lo anterior realizado en un espacio oscuro y con la ayuda de una lámpara UV (Aragón et al., 2006).

El método evaluó la exposición dividiendo el cuerpo en; cara, cuello, tórax, brazos, antebrazos, manos, muslos, piernas y pies. Cada parte del cuerpo se subdivide en anverso y reverso, a excepción de la cara, que se divide en tres secciones, la frente y los lados izquierdo y derecho, según Fenske (1988), para un total de 31 partes del cuerpo para calificar en cada trabajador expuesto (Aragón et al., 2005). El método indica que, por razones éticas, los glúteos y el área genital, se mantiene cubierta, por lo que no se evalúa ni se puntúa. Mediante la ecuación establecida

por Aragón et al. (2004), se debe calcular el puntaje de extensión ponderado (WES).

$$WES = \%BS \times \frac{ESF}{5}$$

Donde:

%BS = Porcentaje del segmento del cuerpo (Aragón, 2004)

ESF= Puntaje de extensión de Fenske (Tabla 3)

Puntaje visual de Fenske*. Con modificaciones

| <i>Extension</i> | <i>Puntajes</i> | | | | | |
|------------------|-------------------|------|--------------------|----------|--------------------|------|
| 81 – 100 % | 5 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 |
| 61 – 80 % | 4 | 4 | 8 | 12 | 16 | 20 |
| 41 – 60 % | 3 | 3 | 6 | 9 | 12 | 15 |
| 21 – 40 % | 2 | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 |
| 1– 20 % | 1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 0 % | | | | | | |
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| | 0 Limpio | Bajo | Bajo a moderado | Moderado | Moderado a alto | Alto |
| | <i>Intensidad</i> | | | | | |

* Basado en la matriz de evaluación de exposición de Fenske (1988)

Fuente: (Aragón et al., 2006)

Figura 3. Puntaje visual de Fenske con modificaciones

La metodología utilizada por Aragón et al., 2006 establece la intensidad según la escala (Baja-1, Moderada-3, Alta-5), además indica que de acuerdo con el tipo de contacto (salpicaduras, niebla o fricción) se debe asignar la puntuación indicada anteriormente, considerando además si la imagen es opaca, lechosa o brillante.

Puntaje del Segmento del Cuerpo se desprende de la multiplicación del puntaje de la extensión ponderada por la intensidad, los cuales deben sumarse para obtener el Puntaje Total.

Materiales utilizados de la técnica de Marcador fluorescente

- Tinopal como Marcador;
- Cuarto oscuro acondicionado en la DRRSCN en Alajuela 1;
- Lámpara de mano UV;
- Cámara fotográfica;
- Guantes de nitrilo;
- Anteojos de seguridad contra luz ultravioleta;
- Conexión y adaptadores eléctricos.

Procedimiento de aplicación de método Marcador fluorescente (Aragón et al., 2004)

1. Antes del trabajo de campo con la aplicación, se preparó la cantidad de Marcador fluorescente requerida;
2. Al inicio de cada aplicación, se añadió 260 mg/l del marcador en cada equipo de fumigación que utilizó cada trabajador;
3. Se le indicó al trabajador realizar la tarea de aplicación con la misma regularidad de siempre;
4. Finalizada la tarea de fumigación con aplicación del plaguicida, se solicitó al trabajador ingresar al cuarto oscuro, donde fue fotografiado, primero con el EPP que estaba utilizando y posteriormente, se solicitó que se quite la camisa y arrollarse el pantalón hasta las rodillas, para identificar la mayor parte del cuerpo que podría estar expuesta. La distancia de la cámara y la lámpara con respecto al trabajador debe ser entre 30 y 50 cm;

5. Posteriormente se estableció el grado de extensión e intensidad del fluorescente en el cuerpo. La puntuación total correspondió a la suma de los puntajes de cada zona del cuerpo;
6. A partir de la observación de los resultados del marcador fluorescente en la ropa y luego en las partes del cuerpo, se refleja la presencia del marcador por tanto el plaguicida que han estado aplicando.

Cuadro 4. Esquema comparativo de los métodos DREAM y Marcador Fluorescente

| Metodología | Tipo de Método | |
|--|----------------|-----------------------|
| | DREAM | Marcador Fluorescente |
| Cuestionario | X | |
| Algoritmo | X | |
| Sustancias químicas | X | X |
| Cualquier entorno laboral | X | X |
| Exposición dérmica | X | X |
| Tareas y prácticas laborales | X | X |
| Partes del cuerpo más y menos expuestas | X | X |
| Compresión de vías de exposición dérmica | X | X |
| Eficacia equipos de protección personal | | X |

Fuente: Elaboración propia a partir de la comparación de los métodos.

Análisis estadístico de los datos

Debido a las limitaciones en términos de tamaño de muestra, el estudio no contó con suficiente poder estadístico para realizar modelos multivariados. Por lo tanto, se utilizó el análisis estadístico descriptivo para examinar el comportamiento general de los datos, es decir, un análisis cualitativo de los resultados a partir de los procesos. Se analizaron variables categóricas como la edad, la antigüedad en el puesto y el nivel educativo, entre otras, y se presentaron los valores absolutos de ocurrencia y los porcentajes correspondientes. Además, para los dos métodos semicuantitativos, se emplearon herramientas validadas en Excel para calcular los resultados. En el caso de DREAM (*Dermal Exposure Assessment Method*), se utilizó la herramienta desarrollada por el Instituto Regional de Estudios en Sustancias Tóxicas de la Universidad Nacional (IRET-UNA).

IV. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL

Caracterización básica

Proceso

Fue realizado un total de 42 observaciones de preparación y aplicación de plaguicidas en 8 trabajadores; en una jornada de sector de Barrio San José de Alajuela en noviembre de 2022. En la totalidad de las observaciones, fueron aplicados los dos métodos de recolección de datos (*Dermal Exposure Assessment Method* y Marcador Fluorescente). Tal y como se observa en el cuadro 5, “*Preparación y aplicación de plaguicidas por parte técnicos...*” son 7 trabajadores responsables de aplicar la fumigación, estos realizaron durante la jornada un total 3 tandas de aplicación. En cuanto al trabajador responsable de la mezcla y recarga, tuvo que realizar el proceso de relleno de los equipos en las 3 fumigaciones de todos los trabajadores, para un total de 21 observaciones en este proceso y 42 en total global a todos los trabajadores.

El proceso inicia con la asignación semanal de las jornadas de fumigación, las cuales responden a factores de programación de vigilancia de la salud y aspectos epidemiológicos. Las etapas de trabajo secuencial son:

1. Definición de roles de trabajo. Fumigadores, preparador y recargador del producto. En el caso del preparador y recargador puede variar según circunstancias meramente logísticas;
2. Preparación de materiales, equipos, preparación y recarga de la mezcla;
3. Salida y traslado a las zonas de fumigación (comunidades, barrios y/o sitios específicos);
4. Preparación de los fumigadores (uso de EEP y equipos);
5. Fumigación y recorrido de la zona;
6. Recarga del producto;
7. Hidratación y alimentación en campo;

8. Lavado de manos en campo;
9. Finalización y retorno a la DARS-A1;
10. Retiro de los EPP y regreso a los hogares.

Cuadro 5. Preparación y aplicación de plaguicidas por parte técnicos DARS-A1.

| Objetivo de la tarea | Cantidad de observaciones | Cantidad de trabajadores observadas |
|--|---------------------------|-------------------------------------|
| Mezcla del plaguicida para la aplicación. | 21 | 1 |
| Aplicación. Control de vectores (enfermedades arbovirosis) | 3 | 7 |

Personal trabajador

Cuadro 6. Distribución de variables sociodemográficas y laborales de la población de estudio.

| Variables | | N (%) |
|--------------------|---------------------------------|---------|
| Edad | 30-34 | 3 (37%) |
| | 35-39 | 3 (37%) |
| | 45-49 | 1 (13%) |
| | 60-64 | 1 (13%) |
| Años en fumigación | 0-5 | 3 (37%) |
| | 6-10 | 1 (13%) |
| | 11-15 | 2 (25%) |
| | 16-20 | 1 (13%) |
| | 36-40 | 1 (13%) |
| Escolaridad | Bachillerato en educación media | 6 (75%) |
| | Universitaria incompleta | 1 (13%) |
| | Universidad completa | 1 (13%) |

| Variables | | N (%) |
|--------------------|------------------------------|----------|
| Sexo | M | 8 (100%) |
| Edad | 30-34 | 3 (37%) |
| | 35-39 | 3 (37%) |
| | 45-49 | 1 (13%) |
| | 60-64 | 1 (13%) |
| Años en fumigación | 0-5 | 3 (37%) |
| | 6-10 | 1 (13%) |
| | 11-15 | 2 (25%) |
| | 16-20 | 1 (13%) |
| | 36-40 | 1 (13%) |
| Escolaridad | Bachillerato educación media | 6 (75%) |
| | Unversitaria incompleta | 1 (13%) |
| | Universidad completa | 1 (13%) |

En cuanto a la distribución según las variables sociodemográficas, se observa un a predominio absoluto del sexo masculino en este proceso, representando el 100% (N8) de los trabajadores. Con relación al grupo etario, el 75% (N6) se encuentra en el rango de 30 a 40 años. En cuanto a la experiencia en este proceso, el 37% de los trabajadores tiene un período reciente de 0 a 5 años, mientras que un colaborador ha estado involucrado en este proceso durante 36 a 40 años. Por último, en términos de escolaridad, el 100% de los trabajadores posee un título de bachillerato en educación media, y el 25% ha alcanzado estudios universitarios.

Entorno laboral

El Manejo Integrado de Vectores se lleva a cabo principalmente en comunidades donde se han registrado casos de enfermedades transmitidas por vectores, lo cual hace necesaria la fumigación. Por lo tanto, el entorno laboral en esta actividad es muy diverso. Esto significa que los trabajadores pueden estar expuestos a los procesos de fumigación en lugares que van desde espacios cerrados con poca ventilación, como una habitación en un hogar, hasta espacios abiertos, como calles o avenidas.

Los técnicos disponen de una oficina en la institución donde pueden ubicarse al comienzo de la jornada. Sin embargo, durante las labores de campo, no cuentan con instalaciones adecuadas para lavarse las manos. Además, en la DARS-A1 no hay duchas ni un centro de lavado de ropa, por lo que los fumigadores y el personal encargado llevan su ropa de trabajo a sus hogares.

Prácticas laborales

Los técnicos reciben la orden de trabajo de sus superiores y comienzan retirando el producto Aqua Reslin Super de la bodega de almacenamiento ubicada en la misma DARS-A1. Este producto es el único utilizado durante las observaciones, sin embargo, se ha mantenido en uso durante un período considerable como el único plaguicida utilizado en la fumigación. El plaguicida se almacena en un espacio compartido con materiales e insumos de diversa naturaleza, así como herramientas y equipos, lo que significa que no se dispone de una bodega exclusiva para almacenar el plaguicida.

Para preparar los materiales e insumos necesarios para el control de vectores, se mezcla el producto en una proporción del 2% de concentración por cada litro. Esto se realiza en envases tipo pichingas de 20 litros, donde parte de la preparación se descarga en los equipos termonebulizadores desde la DARS-A1, pero también se transporta contenido adicional para recargas en el campo.

La aplicación se lleva a cabo utilizando el equipo IGEBA TF34 y TF35, una termonebulizadora de 78 cm de longitud y un peso de 6,6 kg sin carga. La frecuencia de trabajo se sitúa entre 80 y 100 Hz. En la nebulización de mezclas acuosas, se produce una niebla húmeda, cuyas gotitas son considerablemente más grandes que 10 micrómetros de VMD (VMD=Diámetro Medio de Volumen).

La preparación del producto para la fumigación es realizada principalmente por un único operario, quien ocasionalmente recibe asistencia de otro compañero antes

de salir al campo. Sin embargo, no existe un rol claramente definido. Para la observación en campo, una sola persona se encargó de esa tarea, preparando la mezcla en el área de estacionamiento de la institución y recargando cada equipo en el campo.

Producto

Como se mencionó anteriormente, el único producto que se ha utilizado de manera prolongada y que se utilizó durante el trabajo de campo fue el Aqua Reslin Super. Se trata de un insecticida piretroide (Permetrina + Esbioaletrina + Butóxido de piperonilo) en forma de solución acuosa. Este insecticida tiene una etiqueta azul y se considera ligeramente tóxico, con un potencial de peligro para el medio ambiente. La permetrina y esbioaletrina son ligeramente liposolubles y principalmente hidrosoluble, lo que quiere decir es que tiene una buena capacidad para disolverse en agua y formar soluciones acuosas. El butóxido de piperonilo es un sinergista para mejorar la eficacia de los piretroides.

Equipo de Protección Personal

Durante las observaciones de trabajo de campo, se pudo evidenciar la disponibilidad del Equipo de Protección Personal (EPP), así como su uso, sin embargo, no hubo una estandarización, uniformidad o supervisión del uso de cada uno de los EPP. En la siguiente tabla se muestra el EPP utilizado durante la observación.

Cuadro 7. Equipo de protección personal y uso MIV. DARS-A1

| Equipo de protección personal utilizado | | | | | | | | |
|--|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | MIV-05 | MVI-01 | MVI-02 | MVI-03 | MVI-04 | MVI-06 | MVI-07 | MVI-08 |
| Kimono manga larga | No | Sí | Sí | Sí | Sí | Sí | Sí | Sí |
| Zapato impermeable | No | No | No | No | No | No | No | No |
| Respirador con filtro | No | Sí | Sí | Sí | Sí | Sí | Sí | Sí |
| Guantes impermeables | No | Sí | No | Sí | Sí | Sí | Sí | Sí |
| Delantal impermeable | No | No | No | No | No | No | No | No |
| Gafas de ventilación | No | Sí | Sí | Sí | Sí | Sí | Sí | Sí |

| | | | | | | | | |
|-----------------------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| indirecta | | | | | | | | |
| Gorra con protección cuello | No | Sí | Sí | No | Sí | Sí | Sí | Sí |
| Protección auditiva Orejera | No | Sí | Sí | Sí | Sí | Sí | Sí | Sí |
| Total Uso (%) | (0/8) 0% | (6/8) 75% | (5/8) 63% | (5/8) 63% | (6/8) 75% | (6/8) 75% | (6/8) 75% | (6/8) 75% |





Como se puede observar en el cuadro 7, el trabajador (MIV-05), encargado de la preparación y recarga del plaguicida, no utilizó Equipo de Protección Personal (EPP) durante todo el proceso y período de observación 0% (0/8). Este trabajador prepara y recarga el plaguicida durante las labores de campo, es decir, cuando el plaguicida ha sido fumigado en su totalidad, él es el responsable de recargar nuevamente las termonebulizadoras.

En cuanto a los fumigadores, todos utilizaron EPP, aunque con variaciones en el porcentaje de uso. Los trabajadores (MIV-02/03) utilizaron el EPP en un 63% (5/8), mientras que los demás trabajadores lo utilizaron en un 75% (6/8) de las ocasiones. Al finalizar el período de fumigación, los trabajadores se retiran parte del EPP, manteniendo puesto el calzado y el kimono.

De manera generalizada, se observó que todos los trabajadores no utilizaron delantal y zapatos de seguridad impermeables, lo cual según lo consultado a ellos al finalizar el trabajo de campo, indicaron que no se contaba al momento con disponibilidad de uso. Además, todos los trabajadores utilizaron protección auditiva tipo orejeras. Según la especificación y recomendación del fabricante (IGEBA Geraetebau GmbH) el termonebulizador utilizado TF-34 y TF-35, puede llegar a exceder el nivel acústico de 90 dBA.

A continuación, se muestra el cuadro con el tipo de EPP utilizado durante el proceso de fumigación en las observaciones realizadas.

Cuadro 8. Equipo de protección utilizado por el personal al momento del estudio. MIV. DARS-A1, 2022.

| | |
|--|---|
| Kimono de trabajo manga larga |  |
| Respirador con filtro para vapores orgánicos o plaguicidas (el remplazo de los filtros al final de su vida útil es fundamental). |  |
| Guantes de cuero e impermeables |  |
| Gafas de ventilación indirecta. |  |

Higiene personal

Durante el proceso de trabajo de campo, los trabajadores se limpian el sudor de la cara con las manos descubiertas o las mangas del kimono. Ocasionalmente se lavan las manos con jabón y agua que llevan en galones, además utilizan alcohol líquido como método de desinfección. Al finalizar el proceso, los trabajadores no se quitan el kimono por completo, sino que lo ajustan en forma de pantalón y le hacen un nudo a la altura de la cintura. Los zapatos que utilizan son los mismos que usan de manera personal. Dado que no disponen de una ducha ni de un centro de lavado de ropa, los trabajadores se quitan el Equipo de Protección Personal (EPP) y se retiran de inmediato hacia sus hogares, llevándose consigo el kimono para lavarlo en sus casas

Resultados de la evaluación de la exposición

A. DREAM (Dermal Exposure Assessment Method)

A la totalidad de 42 (N8) observaciones de las tareas de preparación y aplicación de plaguicidas; se aplicó la herramienta (*formulario de Excel programado*) DREAM del Instituto Regional de Estudios en Sustancias Tóxicas (IRET), Universidad Nacional. Una observación corresponde a un ciclo completo de ejecución de una de tarea; sea preparación y recarga o fumigación, tal y como se muestra en el “Cuadro 9. Observaciones realizadas al personal técnico de MIV”. En cada uno de esos ciclos de trabajo se completa una observación. El proceso fue realizado en una jornada, sin variaciones en la forma de ejecución, producto utilizado o tipo de equipo de protección personal utilizado, por lo tanto, se unificó la aplicación del formulario para cada trabajador. La herramienta consolida y evalúa según la tarea, el agente y la exposición detallando las rutas y el equipo de protección utilizado. Además, se realiza una segmentación de exposición por 9 partes del cuerpo entre miembros inferiores y superiores, ver cuadro 11.

Cuadro 9. Observaciones realizadas al personal técnico de MIV.

| Observaciones realizadas al personal MIV | | | |
|--|-----------------------|------------|----------------------|
| ID | Tareas observadas | | Segmentos estudiados |
| | Preparación y recarga | Fumigación | |
| MIV-05 | 21 | 0 | 9 |
| MVI-01 | 0 | 3 | 9 |
| MVI-02 | 0 | 3 | 9 |
| MVI-03 | 0 | 3 | 9 |
| MVI-04 | 0 | 3 | 9 |
| MVI-06 | 0 | 3 | 9 |
| MVI-07 | 0 | 3 | 9 |
| MVI-08 | 0 | 3 | 9 |

Se puede desprender como resultado los niveles de exposición real ponderada (Skin_W-A_TASK), la exposición potencial de la piel por parte del cuerpo (SKIN_P.PB), los niveles de exposición real por parte del cuerpo (Skin_A.PB) y la

distribución de los puntajes DREAM según las rutas de exposición, puntaje total por parte del cuerpo.

Los niveles de exposición real ponderada muestran una categoría muy alta (544) para el trabajador MIV-05 y (339) para el trabajador MIV-03, en quienes, además, se pudo evidenciar una ausencia total del uso de Equipo de Protección Personal (EPP) durante las observaciones para el trabajador MIV-05 y ausencia de uso de zapatos, delantal impermeable y gorra o protección de cuello, para el trabajador MIV-03 tal y como se muestra en cuadro 7; *"Equipo de protección personal y uso. MIV. DARS-A1, 2022"*.

El resto de los trabajadores se encuentran en la categoría de exposición alta, con una media de 238. En cuanto a la exposición real de la piel en diferentes partes del cuerpo, se observa una detección en las manos, cabeza/cuello y brazo inferior en el 100% de los trabajadores, siendo las manos el nivel de exposición muy alto de 304 (MIV-02/05), seguido por el abdomen y los muslos/piernas con nivel alto (158) en un 88% de los trabajadores. Por otro lado, la espalda, el brazo superior y los pies no presentan detección en ningún caso. Sin embargo, solamente en uno de los casos (MVI-05) se detecta un nivel alto (162) para el pecho.

La media de exposición se sitúa en la categoría de muy alta, con un valor de 825. De manera consistente la exposición real por parte del cuerpo muestra los mismos porcentajes de detección en las diferentes partes del cuerpo, siendo las manos un nivel muy alto (303,9) y la cabeza/cuello nivel alto (166,9), sin embargo, la media de exposición disminuye en un 60% con respecto a la exposición real ponderada a 342, pero manteniendo exposición de categoría muy alta. Por evaluación individual, los trabajadores (MIV-02/03/05) son los que reflejan una exposición muy alta, aún por encima de la media, al igual que la real ponderada.

Las rutas de exposición se dividen en tres áreas: emisión, deposición y transferencia. El puntaje total consolida los niveles de exposición, mostrando que la ruta de contaminación más importante para los trabajadores fue la transferencia,

con un nivel de exposición muy alto de 768. Le siguen con una gran disminución los niveles de emisión, que alcanzan nivel bajo (54), y deposición muy bajo (3).

La exposición por transferencia se produce cuando los trabajadores entran en contacto directo con plaguicidas que se transfieren desde superficies contaminadas, como el piso, las mesas de trabajo, las máquinas, las herramientas, entre otros, hacia su piel. Según lo evidenciado se puede establecer una asociación con lo observado en el campo, ya que los trabajadores que han presentado niveles más altos de exposición son aquellos que han utilizado parcial o totalmente EPP. Además, el 100% de los trabajadores carece de mecanismos adecuados de lavado de manos en el campo y continúan usando el kimono, gorras o anteojos hasta llegar a la oficina, lo que prolonga el tiempo de exposición incluso después de finalizado el proceso de fumigación.

Por otro lado, dado que los trabajadores se mantuvieron en movimiento, no hubo períodos de estancia prolongados en cada sitio de fumigación ya que se realiza una sola fumigación en 3 ciclos de aplicación cubriendo aproximadamente 2,5 Km² con diferentes espacios (casas, locales comerciales, vía pública, entre otros), usando en cada ciclo de aplicación la protección respiratoria. Durante el proceso, mediante la observación se pueden estimar niveles moderados de deposición y emisión.

Para minimizar la posibilidad de una sobre estimación de la exposición, se aplicó un enfoque prudente y basado en la evidencia al interpretar los resultados de la evaluación de exposición. Esto implicó considerar no solo los datos obtenidos mediante el método de evaluación, sino también otros factores relevantes, como las observaciones in situ, las prácticas de trabajo reales, así como la capacitación y experiencia de expertos en el uso del método.

Cuadro 10. Niveles de exposición real ponderada (Skin_W-A_TASK)

| Evaluación según el modelo DREAM Niveles de Exposición Real Ponderada (Skin_W-A_TASK) | | | | | | | | | | |
|---|-----------------------|------------|---------|----------|---------|---------|---------|---------|-----------------|-------|
| Categorías de exposición | Tarea | | | | | | | | Detectado n (%) | Media |
| | Preparación y Recarga | Fumigación | | | | | | | | |
| | | MIV-05 | MVI-01 | MVI-02 | MVI-03 | MVI-04 | MVI-06 | MVI-07 | | |
| 0 = Sin exposición | | | | | | | | | | |
| 0 - 10 = Exposición muy baja | | | | | | | | | | |
| 10 - 30 = Exposición baja | | | | | | | | | | |
| 30 - 100 = Exposición moderada | 544,46175 | 142,065 | 210,908 | 339,8535 | 142,065 | 142,065 | 142,065 | 142,065 | 100% | 238 |
| 100 - 300 = Exposición alta | | | | | | | | | | |
| 300 - 1000 = Exposición muy alta | | | | | | | | | | |
| >1000 = Exposición extrema | | | | | | | | | | |

Cuadro 9. Exposición potencial de la piel por parte del cuerpo (Skin_P.PB)

| Exposición potencial de la piel por parte del cuerpo (Skin_P.PB) | | | | | | | | | | |
|--|-----------------------|------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-----------------|-------|
| Parte del cuerpo | Preparación y Recarga | Fumigación | | | | | | | Detectado n (%) | Media |
| | MIV-05 | MVI-01 | MVI-02 | MVI-03 | MVI-04 | MVI-06 | MVI-07 | MVI-08 | | |
| Skin_A.HA (Manos) | 304 | 158 | 304 | 158 | 158 | 158 | 158 | 158 | 100% | 194 |
| Skin_A.HE (Cabeza/Cuello) | 167 | 158 | 158 | 301 | 158 | 158 | 158 | 158 | 100% | 177 |
| Skin_A.UA (Brazo Superior) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0% | 0 |
| Skin_A.FA (Brazo Inferior) | 167 | 158 | 158 | 158 | 158 | 158 | 158 | 158 | 100% | 159 |
| Skin_A.TF (Pecho) | 162 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 13% | 20 |
| Skin_A.TB (Espalda) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0% | 0 |
| Skin_A.LB (Abdomen y Muslos) | 0 | 158 | 158 | 158 | 158 | 158 | 158 | 158 | 88% | 138 |
| Skin_A.LL (Piernas) | 0 | 158 | 158 | 158 | 158 | 158 | 158 | 158 | 88% | 138 |
| Skin_A.FE (Pies) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0% | 0 |
| Skin-A.TASK | 800 | 788 | 934 | 931 | 788 | 788 | 788 | 788 | 100% | 825 |

Cuadro 10. Niveles de exposición real por parte del cuerpo

| Evaluación según el modelo DREAM Niveles de Exposición real por parte del cuerpo (Skin_A.PB) | | | | | | | | | | |
|--|-----------------------|------------|---------|---------|--------|--------|--------|--------|-----------------|-------|
| | Preparación y Recarga | Fumigación | | | | | | | | |
| Parte del cuerpo | MIV-05 | MVI-01 | MVI-02 | MVI-03 | MVI-04 | MVI-06 | MVI-07 | MVI-08 | Detectado n (%) | Media |
| Skin_A.HA (Manos) | 303,975 | 157,5 | 303,975 | 157,5 | 157,5 | 157,5 | 157,5 | 157,5 | 100% | 194 |
| Skin_A.HE (Cabeza/Cuello) | 166,95 | 14,175 | 14,175 | 300,825 | 14,175 | 14,175 | 14,175 | 14,175 | 100% | 69 |
| Skin_A.UA (Brazo Superior) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0% | 0 |
| Skin_A.FA (Brazo Inferior) | 166,95 | 14,175 | 14,175 | 14,175 | 14,175 | 14,175 | 14,175 | 14,175 | 100% | 33 |
| Skin_A.TF (Pecho) | 162,225 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 13% | 20 |
| Skin_A.TB (Espalda) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0% | 0 |
| Skin_A.LB (Abdomen y Muslos) | 0 | 14,175 | 14,175 | 14,175 | 14,175 | 14,175 | 14,175 | 14,175 | 88% | 12 |
| Skin_A.LL (Piernas) | 0 | 14,175 | 14,175 | 14,175 | 14,175 | 14,175 | 14,175 | 14,175 | 88% | 12 |
| Skin_A.FE (Pies) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0% | 0 |
| Skin-A.TASK | 800,1 | 214,2 | 360,675 | 500,85 | 214,2 | 214,2 | 214,2 | 214,2 | 100% | 342 |

Cuadro 11. Distribución de los puntajes DREAM según las rutas de exposición, puntaje total por parte del cuerpo

| Distribución de los puntajes DREAM según las rutas de exposición, puntaje total por parte del cuerpo | | | | | | | | | | |
|--|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-----------------|-------|
| Rutas de exposición | MIV-05 | MVI-01 | MVI-02 | MVI-03 | MVI-04 | MVI-06 | MVI-07 | MVI-08 | Detectado n (%) | Media |
| Emisión | 151 | 0 | 142 | 142 | 0 | 0 | 0 | 0 | 38% | 54 |
| Deposición | 19 | 0 | 5 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 38% | 3 |
| Transferencia | 630 | 788 | 788 | 788 | 788 | 788 | 788 | 788 | 100% | 768 |

B. Marcador fluorescente

Se realizaron un total de 42 (N8) observaciones de las tareas de preparación y aplicación de plaguicidas. La metodología analiza 11 áreas del cuerpo y 31 segmentos, proporcionando la distribución y extensión del área contaminada (según el método de Fenske), la intensidad de la contaminación, los totales de resultados visuales (VS) y los porcentajes de cada parte del cuerpo contaminada.

Cuadro 12. Partes del cuerpo observadas

| Área del Cuerpo | Segmento | Área del Cuerpo | Segmento |
|-----------------|--------------------|-----------------|--------------------|
| Cara | Derecho | Manos | Derecho Adelante |
| | Frente | | Derecho Atrás |
| | Izquierdo | | Izquierdo Adelante |
| | | | Izquierdo Atrás |
| Cuello | Frente | Muslos | Derecho Adelante |
| | Atrás | | Derecho Atrás |
| Tórax | Frente | | Izquierdo Adelante |
| | Atrás | | Izquierdo Atrás |
| Brazo | Derecho Adelante | Piernas | Derecho Adelante |
| | Derecho Atrás | | Derecho Atrás |
| Antebrazo | Izquierdo Adelante | | Izquierdo Adelante |
| | Izquierdo Atrás | | Izquierdo Atrás |
| Brazo | Derecho Adelante | Pies | Derecho Adelante |
| | Derecho Atrás | | Derecho Atrás |
| Antebrazo | Izquierdo Adelante | | Izquierdo Adelante |
| | Izquierdo Atrás | | Izquierdo Atrás |

Los datos muestran que según la distribución del total (VS) de los puntajes promedio por segmentos según el método de marcador fluorescente que se detectó el contacto del plaguicida con la piel, (54%) de las áreas del cuerpo en cara, manos, tórax, brazo, antebrazo y pies y en un 12 de los segmentos evaluados (39%), evidenciándose en algunas de las áreas para la totalidad de los trabajadores estudiados.

Las partes del cuerpo con la menor puntuación visual por segmento son el brazo, el antebrazo y los pies. En promedio, estas tres partes del cuerpo tienen una puntuación visual de 0,4. Sin embargo, obtiene el promedio por segmento más bajo, con un valor de 0,1, y solo el individuo MIV-01 obtiene una puntuación visual de 1 en esta área, los demás individuos resultan en 0.

El antebrazo obtiene la puntuación visual promedio por segmento de 0,6. Los individuos MIV-01 (5) y MIV-05 (4) son los que obtienen las puntuaciones visuales más altas. El individuo MIV-01 obtiene una puntuación visual de 3 en cada pie, los demás individuos resultan en 0.

El tórax por su parte tiene una puntuación visual promedio por segmento de 2,3. En esta área se destaca los individuos MIV-03/04/05 que obtuvieron la mayor puntuación visual de 6.

Las manos, tanto la derecha como la izquierda en la parte delantera, resultan con puntuación visual promedio por segmento de 3,8 y 4,1 respectivamente. En términos individuales, los trabajadores MIV-05/07/08 obtuvieron las puntuaciones visuales más altas, con valores de 15, 10 y 10 respectivamente.

Por último, el área del cuerpo con la puntuación visual promedio por segmento más alta es la cara (frente), con un valor de 4,5. En esta área, los individuos MIV-03/04/06 obtuvieron la puntuación visual más alta (10) en esta área del cuerpo, MIV-08 con (5) y MIV-02 con (1).

En el total de individuos, se puede observar que existe siempre un promedio de 4 segmentos del cuerpo contaminados, sin embargo, el 100% de los trabajadores dieron como resultado con al menos una parte del cuerpo. El trabajador que muestra la mayor cantidad de segmentos contaminados es el MIV-01 (6).. Por otro lado, el individuo MIV-01 muestra la menor cantidad de segmentos

contaminados (1) con puntuación visual, pero comparte con otros trabajadores uno de los valores más altos (10), correspondiente a la cara (frente).



Figura 4. Marcador fluorescente en manos.

Datos de investigación DARS-A1, 2022.

Con respecto a la distribución del porcentaje de contaminación por área del cuerpo, en el 75% de los individuos las manos son las que presentan el mayor porcentaje de contaminación. Se registra un 9,3% de contaminación en la mano izquierda y un 8,5% en la mano derecha. Es importante considerar el proceso y el equipo utilizado para la fumigación, ya que el termo-nebulizador se coloca generalmente en el lado derecho del cuerpo. Aunque también puede colocarse en cualquier lado, puede haber una tendencia operativa hacia la destreza manual predominante, lo que hará que la mano izquierda quede libre y tenga un mayor movimiento hacia el frente del aspersor del equipo. Esto también puede estar asociado a la hora de mezclar o recargar el equipo con el plaguicida.



Figura 5. Proceso operativo fumigación y recarga.

Datos de investigación DARS-A1, 2022.

La cara es una de las áreas del cuerpo que presenta un alto porcentaje de contaminación, con un 75% de los individuos afectados. Se destaca el trabajador MIV-03, quien registra el mayor porcentaje de contaminación en esta área con un 16%, seguido por MIV-04 y MIV-06 con un 13% cada uno. En el caso de MIV-03, fue el único que registró ausencia total de protección de cara y cuello durante el proceso de fumigación. En promedio, el porcentaje de contaminación para la cara en todos los individuos es del 7%.

Para finalizar y de manera consistente con los datos observados, las áreas con menor porcentaje de contaminación son los brazos, antebrazos, pies y cuello, siendo el brazo quien muestra el menor porcentaje de todos con un 0,2% promedio, donde el individuo MIV-01 es el único que es afectado con un 2% de contaminación.

Cuadro 13. Distribución del Total VS / Puntajes promedio por segmentos según el método de marcador fluorescente

| Distribución del Total VS / Puntajes promedio por segmento | | | | | | | | | | |
|--|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|----------------------|
| | | MIV-05 | MIV-01 | MIV-02 | MIV-03 | MIV-04 | MIV-06 | MIV-07 | MIV-08 | VS Promedio/Segmento |
| Cara | Derecho | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,4 |
| | Frente | 0 | 0 | 1 | 10 | 10 | 10 | 0 | 5 | 4,5 |
| | Izquierdo | 0 | 0 | 1 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0,6 |
| | Atrás | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0,4 |
| Torax | Frente | 6 | 0 | 0 | 6 | 6 | 0 | 0 | 0 | 2,3 |
| Brazo | Der Adel | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,1 |
| Antebrazo | Der Adel | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,5 |
| | Izq Atrás | 0 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,6 |
| Manos | Der Adel | 15 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 5 | 6 | 3,8 |
| | Izq Adel | 10 | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 10 | 10 | 4,1 |
| Pies | Der Adel | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,4 |
| | Izq Adel | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,4 |
| (VS) Promedio/Trabajador | | 3,2 | 1,3 | 0,5 | 1,6 | 1,6 | 0,8 | 1,3 | 1,8 | |

Cuadro 14. Distribución porcentaje contaminado por área del cuerpo según el método de marcador fluorescente

| Porcentaje Contaminada por parte del cuerpo | | | | | | | | | | | |
|---|----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-----------------|--|
| Área | Segmento | MIV-05 | MIV-01 | MIV-02 | MIV-03 | MIV-04 | MIV-06 | MIV-07 | MIV-08 | Detectado n (%) | Media (%) contaminada por parte del cuerpo |
| Cara | Derecho | 4% | 0% | 3% | 16% | 13% | 13% | 0% | 7% | 75% | 7,0% |
| Cuello | Frente | 0% | 0% | 2% | 2% | 0% | 0% | 0% | 0% | 25% | 0,5% |
| Torax | Frente | 12% | 0% | 0% | 12% | 0% | 0% | 0% | 0% | 25% | 3,0% |
| Brazo | Der Adel | 0% | 2% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 13% | 0,2% |
| Antebrazo | Der Adel | 8% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 13% | 1,0% |
| Antebrazo | Izq Adel | 0% | 10% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 13% | 1,3% |
| Manos | Der Adel | 30% | 4% | 4% | 0% | 8% | 0% | 10% | 12% | 75% | 8,5% |
| | Izq Adel | 20% | 4% | 2% | 0% | 8% | 0% | 20% | 20% | 75% | 9,3% |
| Pies | Der Adel | 0% | 6% | 0% | 0% | 6% | 0% | 0% | 0% | 25% | 1,5% |
| | Izq Adel | 0% | 6% | 0% | 0% | 6% | 0% | 0% | 0% | 25% | 1,5% |
| (%) equivalente total cuerpo | | 5,2% | 1,1% | 3,1% | 4,1% | 1,4% | 0,5% | 0,8% | 1,1% | | |

Comparación entre método DREAM y Marcador Fluorescente

Se observa que los resultados obtenidos mediante ambos métodos son consistentes, de acuerdo con su metodología, en comparación con cada uno de los individuos. Es decir, aquellos individuos que presentaron categorías más altas de exposición en el método DREAM (MIV-02/03/05), también obtuvieron una mayor puntuación visual total o un mayor porcentaje de área del cuerpo contaminada en el método del marcador fluorescente. Del mismo modo, los individuos que mostraron valores más bajos son consistentes y similares en ambos métodos.

Estos resultados pueden asociarse, como se ha discutido, a la ausencia total o parcial de equipo de protección personal (EPP), como la falta de protección en la cara, manos o el uso de zapatos personales en lugar de zapatos de seguridad que brinden una mayor protección, así como las prácticas laborales durante y después de los procesos (preparación, fumigación y recarga). Esta asociación de consistencia proporciona características de combinación (datos cualitativos) que permiten obtener resultados comparables entre los métodos, los cuales son similares para todos los individuos, ya sea en la categoría de exposición o en la puntuación visual de exposición.

Cuadro 16. Comparación de extremos de valoración de exposición por medio del DREAM y Marcador fluorescente.

| ID | Valoración del resultado | DREAM Exposición real ponderada | Marcador fluorescente Promedio (VS) | Uso EPP (%) |
|--------|--------------------------|---------------------------------|-------------------------------------|-------------|
| MIV-05 | Más Alto | 544,46 | 3,2 | 0% (0/8) |
| MVI-06 | Más Bajo | 142,07 | 0,8 | 75% (5/8) |

A partir de la comparación de extremos en el resultado de la exposición dérmica a plaguicidas del personal (MIV) se pudo evaluar la posible variabilidad en los niveles de exposición como resultado de ambos métodos. Los resultados obtenidos de los valores extremos, es decir, los valores máximos y mínimos muestran la invariabilidad en los individuos, es decir, MIV-05 está como sujeto de mayor nivel de exposición (DREAM) y mayor puntaje visual (VS-Marcador fluorescente), de igual manera MVI-06 muestra la valoración de resultados más bajos en ambos métodos.

Se identifica, además, una asociación de los escenarios de exposición más altos o bajos respecto al uso de EPP para cada individuo. El trabajador MIV-05 no usa del todo EPP en ninguno de los ciclos de trabajo observados, por otro lado, el individuo MIV-06 es de los que en un 75% (5/8) utiliza en mayor medida el EPP recomendado para tareas expuestas a plaguicidas.

Los resultados obtenidos son consistentes y similares entre ambos métodos para los individuos evaluados. Aquellos con mayores niveles de exposición en el método DREAM también presentaron una mayor puntuación visual o un mayor porcentaje de área del cuerpo contaminada en el método del marcador fluorescente, mientras que los individuos con valores más bajos mostraron consistencia en ambos métodos. Es posible sugerir, a partir de lo observado que; la falta de equipo de protección personal y las prácticas laborales durante y después de la fumigación pueden influir en los resultados de exposición. La comparación de extremos revela la invariabilidad en los individuos evaluados, y se destaca la asociación entre los escenarios de exposición más altos o bajos y el uso de equipo de protección personal. En resumen, ambos métodos proporcionan resultados consistentes y pueden utilizarse de manera complementaria para evaluar la exposición dérmica a plaguicidas, considerando factores como el uso de equipo de protección personal y las prácticas laborales para una evaluación más precisa.



Figura 6. Preparación de plaguicida y lavado de manos en campo.

Datos de investigación DARS-A1, 2022.

V. ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN

Con base en los resultados obtenidos, se desarrolló el protocolo para la mitigación de los factores de riesgo laborales relacionados con la exposición dérmica y el uso de plaguicidas del personal de manejo integrado de vectores del Ministerio de Salud, del Área Rectora de Salud Alajuela 1. Este protocolo incluye medidas de protección y uso adecuado de EPP, así como pautas para la higiene personal y la prevención de accidentes y enfermedades relacionadas con la exposición dérmica a plaguicidas. El protocolo incluye una serie de apartados, temas específicos, así como el abordaje que podrá ser detallada según se muestra a continuación.

Cuadro 17. Resumen del protocolo para la mitigación de los factores de riesgo laborales relacionados con la exposición dérmica y el uso de plaguicidas.

| Apartado | Tema | Abordaje |
|----------|--|--|
| 1. | Introducción | El uso de plaguicidas conlleva riesgos para la salud de los trabajadores, especialmente en lo que respecta a la exposición dérmica. |
| 2. | Objetivos | Establecimiento de los lineamientos para la mitigación de los factores de riesgo laborales relacionados con la exposición dérmica y el uso de plaguicidas. |
| 3. | Alcance | Dirigido hacia los funcionarios del Ministerio de Salud, del Manejo Integrado de Vectores del Ministerio de Salud, Área Rectora de Salud Alajuela 1 |
| 4. | Definiciones | Indicadas de forma general, relacionadas con el fondo del tema. |
| 5. | Marco de referencia legal | Fundamentos y base jurídica legal aplicable a Costa Rica en materia de exposición ocupacional a plaguicidas. |
| 6. | Proceso de control de vectores | Técnicas de fumigación. |
| 7. | Equipos que se utilizan en la fumigación | Equipos utilizados y eventualmente disponibles. |
| 8. | Plaguicidas utilizados | Indicación de los productos químicos utilizados |
| 9. | Descripción del puesto de trabajo | Definición de tareas |
| 10. | Riesgo laboral relacionado con la exposición dérmica y el uso de plaguicidas en el MIV DARS-A1 | Riesgos asociados con el uso de plaguicidas en el MIV |

| | | |
|-----|--|--|
| 11. | Equipo de protección personal en el uso de plaguicidas en el MIV DARS-A1 | Diferentes tipos de EPP y su importancia en la protección de los trabajadores. Potencial de exposición a partir del uso. |
| 12. | Prácticas laborales e higiene personal | Identificación de prácticas de higiene adecuadas para minimizar la absorción dérmica y la contaminación cruzada en el manejo y control de vectores con plaguicidas |
| 13. | Monitoreo y seguimiento | Propuesta de implementación de un sistema de monitoreo regular para evaluar la exposición dérmica y la salud de los trabajadores |
| 14. | Manejo, almacenamiento y disposición de residuos | Lineamientos generales y específicos para el adecuado manejo, almacenamiento y disposición de residuos de plaguicidas |
| 15. | Desarrollo de competencias | Definición de la línea base para la capacitación adecuada sobre el manejo seguro de plaguicidas |
| 16. | Evaluación del manual | Recomendación de vigencia y revisión colegiada. |
| 17. | Responsabilidades | Responsabilidades para la implementación y cumplimiento. |
| 18. | Bibliografía | Referencias bibliográficas. |

**PROTOCOLO PARA LA MITIGACIÓN DE LOS FACTORES DE RIESGO LABORALES
RELACIONADOS CON LA EXPOSICIÓN DÉRMICA Y EL USO DE PLAGUICIDAS DEL
PERSONAL DE MANEJO INTEGRADO DE VECTORES DEL MINISTERIO DE SALUD,
ÁREA RECTORA DE SALUD ALAJUELA 1**

INDICE PROTOCOLO

| | | |
|-----|--|-----------|
| 1. | INTRODUCCIÓN. | 53 |
| 2. | OBJETIVOS. | 54 |
| 2.1 | OBJETIVO GENERAL..... | 54 |
| 2.2 | OBJETIVOS ESPECÍFICOS. | 54 |
| 3. | ALCANCE. | 55 |
| 4. | DEFINICIONES. | 55 |
| 5. | MARCO DE REFERENCIA LEGAL. | 56 |
| 6. | PROCESO DE CONTROL DE VECTORES. | 57 |
| 7. | EQUIPOS QUE SE UTILIZAN EN LA FUMIGACIÓN. | 59 |
| 8. | PLAGUICIDAS UTILIZADOS. | 60 |
| 9. | EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL EN EL USO DE PLAGUICIDAS EN EL MIV DARS-A1 | 62 |
| 10. | PRACTICAS LABORALES E HIGIENE PERSONAL | 69 |
| 11. | MONITOREO Y SEGUIMIENTO. | 71 |
| 12. | MANEJO, ALMACENAMIENTO Y DISPOSICIÓN DE RESIDUOS. | 74 |
| 13. | DESARROLLO DE COMPETENCIAS. | 78 |
| 14. | EVALUACIÓN DEL PROTOCOLO | 80 |
| 15. | RESPONSABILIDADES. | 80 |
| 16. | PELIGROS Y RIESGOS LABORALES RELACIONADOS EL USO DE PLAGUICIDAS EN EL MIV DARS-A1 | 81 |

1. INTRODUCCIÓN.

El Manejo Integrado de Vectores (MIV) es una estrategia utilizada por el Ministerio de Salud Pública de Costa Rica para controlar y prevenir la propagación de enfermedades transmitidas por vectores, como los mosquitos, que son responsables de enfermedades como el dengue, la malaria, el Zika y el chikungunya.

El personal involucrado en el MIV desempeña un papel crucial en la implementación de medidas de control de vectores, lo que implica el uso de plaguicidas para combatir las poblaciones de insectos por parte de este personal.

Desde el punto de vista de la Salud y Seguridad en el Trabajo, el uso de plaguicidas conlleva riesgos para la salud de los trabajadores, especialmente en lo que respecta a la exposición dérmica. La piel puede absorber sustancias químicas presentes en los plaguicidas, lo que puede tener efectos nocivos para la salud a corto y largo plazo.

Por lo tanto, el objetivo de este protocolo es ser un recurso de uso interno de la institución para reducir y mitigar estos riesgos laborales y garantizar la seguridad y el bienestar del personal de MIV. Así mismo, identificar los factores de posibles riesgos ocupacionales, definiendo un adecuado control médico preventivo o correctivo para vigilar la salud de los funcionarios.

En cada una de las secciones del protocolo se incluye un análisis de la situación del estado actual, de los procesos, producto, equipos y prácticas, desprendiendo como resultado un lineamiento específico para la reducción de la exposición dérmica en el uso de plaguicidas.

2. OBJETIVOS.

2.1 OBJETIVO GENERAL.

Establecer los lineamientos para la mitigación de los factores de riesgo laborales relacionados con la exposición dérmica y el uso de plaguicidas del personal de Manejo Integrado de Vectores del Ministerio de Salud, Área Rectora de Salud Alajuela 1.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- 2.2.1 **Identificación de riesgos:** Realizar una identificación exhaustiva de los riesgos asociados con el uso de plaguicidas, considerando el producto químico utilizado, las actividades realizadas y las condiciones de trabajo específicas para la aplicación de controles generales.
- 2.2.2 **Uso de EPP:** Establecer lineamientos claros sobre el uso de EPP, para reducir la exposición dérmica y la inhalación de vapores tóxicos;
- 2.2.3 **Prácticas laborales e higiene personal:** Promover prácticas laborales y de higiene adecuadas, para minimizar la absorción dérmica y la contaminación cruzada;
- 2.2.4 **Capacitación:** Proporcionar una línea base de capacitación adecuada sobre el manejo seguro de plaguicidas, incluyendo el uso correcto de equipos de protección personal (EPP), técnicas de aplicación seguras, almacenamiento y eliminación adecuados de los productos químicos, y procedimientos de respuesta a emergencias;
- 2.2.5 **Monitoreo y seguimiento:** Definir una base de monitoreo regular para evaluar la exposición dérmica y la salud de los trabajadores, y realizar seguimiento médico periódico para detectar cualquier efecto adverso;
- 2.2.6 **Manejo, almacenamiento y disposición de residuos:** Establecer directrices claras para el manejo seguro y la disposición adecuada de los residuos de plaguicidas, evitando así la contaminación ambiental y la exposición innecesaria.

3. ALCANCE.

Este manual está dirigido hacia los funcionarios del Ministerio de Salud, del Manejo Integrado de Vectores del Ministerio de Salud, Área Rectora de Salud Alajuela 1.

4. DEFINICIONES.

- **Aedes aegypti:** Es un mosquito que puede ser portador de virus como el dengue y la fiebre amarilla, así como otras enfermedades como el chikungunya;
- **Almacenamiento:** Acción de almacenar, reunir, conservar, guardar o depositar sustancias o equipos en áreas exclusivas;
- **Aplicación:** Aplicar o esparcir las mezclas con plaguicidas en las comunidades afectadas por el vector transmisor de enfermedades como el dengue y el chikungunya;
- **Equipo de protección personal:** Todos aquellos artículos necesarios para la realización de las diferentes actividades laborales, en forma segura, los cuales serán proporcionados por el patrono a sus trabajadores en forma gratuita;
- **Exposición:** Situación en la que un individuo está expuesto a agentes externos propios del entorno laboral, algunos de estos agentes pueden generar accidentes laborales;
- **Factores de riesgo:** Elementos ambientales o producto de acciones humanas que tienen la capacidad de generar enfermedades u accidentes laborales, así como daños materiales;
- **Fumigación:** Acción que busca combatir plagas, en este caso los mosquitos transmisores de enfermedades (dengue y chikungunya), por medio de agentes de químicos y equipos especiales de fumigación;
- **Hoja Técnica de Seguridad o MSDS (MATERIAL SAFETY DATA SHEET):** Documento emitido por el fabricante, el formulador o el titular del registro del químico en cuestión y que no debe tener más de tres años desde su fecha de emisión o desde su última revisión. La información de la Hoja Técnica de Seguridad debe concordar con las características propias de los componentes del químico.

Tendrá carácter de Fe Pública y certifica el grado de riesgo y peligrosidad para la salud humana y del ambiente que el plaguicida pueda provocar;

- **Intoxicación:** Producida por exposición, ingestión, inyección o inhalación de una sustancia tóxica de composición química;
- **Medidas preventivas:** Acciones orientadas de disminuir la probabilidad de ocurrencia de enfermedades y accidentes laborales;
- **Nebulizadora:** Equipo utilizado para la fumigación, este equipo divide las mezclas líquidas en muy pequeñas gotas generando una nube que permite expandir el nivel de acción de los agentes exterminadores. Cuando el mecanismo utilizado para formar la nube es el calor se les llama termonebulizadoras;
- **Plaguicida:** Cualquier sustancia o mezcla de sustancias químicas destinada a prevenir, destruir o controlar cualquier plaga, incluyendo los vectores de enfermedades humanas o las especies de plantas y animales indeseables que causan perjuicio o que interfieren de cualquier otra forma en la producción, elaboración, almacenamiento, transporte o comercialización de bienes de consumo;
- **Productos químicos:** Formado por uno o más compuestos químicos que le permiten cumplir con una determinada función;
- **Reacciones alérgicas:** Conjunto de síntomas que desarrolla el cuerpo en respuesta a una sustancia o elemento extraño;
- **Riesgo:** Es la probabilidad de ocurrencia de un evento o suceso no deseado.

5. MARCO DE REFERENCIA LEGAL.

Con respecto a la normativa nacional, existen leyes y reglamentos relacionados con el tema que son los siguientes:

- **Código de Trabajo (Ley N° 2 de 1943):** Establece los derechos y obligaciones de los trabajadores y empleadores en Costa Rica. Si bien no aborda específicamente la exposición dérmica y el uso de plaguicidas, es la base legal para la protección de los trabajadores en general;
- **Reglamento General sobre Higiene y Seguridad en el Trabajo (Decreto Ejecutivo N° 2393 de 1985):** Este reglamento establece las normas y disposiciones para la

prevención de riesgos laborales en diversos aspectos, incluyendo la exposición a sustancias químicas peligrosas;

- **Reglamento Técnico para el Registro, Control y Uso de Plaguicidas de Uso Doméstico y de Uso Agrícola (Decreto Ejecutivo N° 36013-S de 2010):** Este reglamento establece las regulaciones específicas para el registro, control y uso de plaguicidas tanto en el ámbito doméstico como en el agrícola. Incluye requisitos para la manipulación segura de plaguicidas y el uso de equipos de protección personal;
- **Reglamento de Protección y Seguridad del Trabajo Agrícola (Decreto Ejecutivo N° 20664-MAG de 1991):** Este reglamento se enfoca en la protección y seguridad de los trabajadores agrícolas y aborda específicamente los riesgos asociados con el uso de plaguicidas y la exposición a sustancias químicas en el sector agrícola;
- **Reglamento de Salud Ocupacional y Seguridad en el Trabajo en Actividades de Salud (Decreto Ejecutivo N° 37035-S de 2012):** Este reglamento se aplica a los trabajadores del sector salud y establece requisitos para la prevención de riesgos ocupacionales, incluyendo la exposición a sustancias químicas y plaguicidas utilizados en la desinfección y limpieza de áreas de atención médica.

6. PROCESO DE CONTROL DE VECTORES.

El control de vectores se lleva a cabo en todo el país, priorizando las zonas de alto riesgo basándose en el historial de brotes anteriores y en los nuevos casos que se reportan. La DARS-A1 da cobertura en el cantón central del Alajuela y según sea requerido por la Dirección de Rectoría de Salud Central Norte para cubrir los territorios con brotes.

Técnicas de fumigación:

- **Nebulizadoras:** Se utilizan para generar una neblina ascendente que elimina al vector de manera inmediata;
- **Aspersores:** Se emplean para rociar las paredes y edificaciones con el objetivo de dejar un efecto residual que permita eliminar al vector cuando este se posa en la superficie tratada;

- Equipo tipo LECO: Este método consiste en la utilización de un generador de aerosol motorizado, que permite realizar fumigaciones espaciales en áreas urbanas con acceso a carreteras para el transporte del equipo.

Puesto de trabajo:

Los funcionarios técnicos del programa manejo integrado de vectores son los responsables de dirigirse hasta las zonas reportadas con brotes y aplicar los procesos de fumigación de plaguicidas, con el fin de eliminar al vector.

Las principales etapas de trabajo son:

- Preparación y recarga del plaguicida. Esta etapa se da previamente en las instalaciones de la DARS-A1 y es donde uno o varios trabajadores realizan la mezcla de producto plaguicida con el agua que es cargada en cada uno de los equipos, así como envases de mayor capacidad (pichingas de 20 L) para la recarga en el campo;
- Fumigación y recorrido de la zona. Esta tarea se desarrolla en el campo, es decir, en la zona reportada por brote, donde el personal técnico debe realizar el recorrido de aplicación, logrando la cobertura territorial reportada. Los ciclos de aplicación están limitados por la capacidad de carga del plaguicida en el equipo, además las repeticiones de estos ciclos están relacionadas con la disponibilidad de recarga del plaguicida en campo (previamente preparada en la DARS-A1) o eventualmente la mezcla en el campo;

A nivel de exposición dérmica, las tres técnicas de fumigación pueden hacer que los trabajadores estén en proximidad directa con las partículas de plaguicidas presentes en el aire, paredes o superficies tratadas, aumentando el riesgo de que los plaguicidas entren en contacto con la piel y sean absorbidos. Sin embargo, la exposición dérmica no solo se da para el proceso de fumigación, puesto que para el personal de preparación y recarga existe igual o mayor riesgo de exposición, si estos no consideran el uso de técnicas adecuadas, así como de equipo de protección personal.

Lineamiento de proceso:

- Asegurar despejar por medio de la técnica de fumigación las áreas más cercanas a la nebulización y/o la deriva del aerosol respecto a la zona de proximidad del cuerpo del trabajador.
- Establecer la obligatoriedad de uso de equipo de protección personal para el personal a cargo de la preparación, mezcla y recarga del plaguicida, ya sea en la primera preparación previo a salir de las instalaciones del MS o durante las funciones en el campo (mezcla y recarga).

7. EQUIPOS QUE SE UTILIZAN EN LA FUMIGACIÓN.

Los equipos de fumigación utilizados en el programa de MIV DARS-A1 son el IGEBA TF34 y 35, su detalle a continuación en el cuadro 18.

Cuadro 18. Equipos de fumigación utilizados

| Nombre | Descripción | Imagen zona de proximidad | Valoración |
|------------|---|--|--|
| Igeba TF34 | Es una termonebulizadora de 78 cm de longitud y 6,6 kg de peso sin carga, productora de gotas más grandes que 10 micrómetros, con capacidad de carga de plaguicida de 5,7 litros. |  | Menor distanciamiento a la zona de proximidad del cuerpo del trabajador.  |
| Igeba TF35 | Es una termonebulizadora de 137,5 cm de longitud y 7,9 kg de peso sin carga productora de gotas más grandes que 10 micrómetros, con capacidad de carga de plaguicida de 5,7 litros. |  | Mayor distanciamiento a la zona de proximidad del cuerpo del trabajador.  |

Según el cuadro 18, se puede observar que el TF34 se encuentra en la zona de proximidad más cercana al cuerpo, lo que podría resultar en un menor factor de protección durante la aplicación del plaguicida. Esta cercanía se evidencia en la imagen de referencia, donde el IGEBA TF34 se encuentra dentro de la zona de proximidad más

cercana, puesto que la medida del equipo es 78 cm, el cual, debido a su colocación y postura del trabajador, se encuentra aún más cercano al cuerpo.

Por otro lado, el TF35 se sitúa a una distancia mayor del punto de salida del plaguicida en relación con la zona de proximidad del cuerpo, con una separación aproximada de 60 centímetros, dado que este equipo tiene una medida mayor (137,5 cm) respecto al TF34. Esto podría brindar un factor de protección más amplio, actuando como un distanciamiento seguro.

Lineamiento de equipos:

- Dar prioridad de uso a los equipos como el IGEBA TF-35, los cuales pueden dar mayor distanciamiento entre el punto de descarga y salida del plaguicida y la zona de proximidad del cuerpo del trabajador.
- Establecer una movilidad administrativa/financiera de cambio y renovación hacia equipos que provean mayor distanciamiento (salida de plaguicida y cuerpo del trabajador) como elemento de protección a la exposición dermal ocupacional a la zona de proximidad.

8. PLAGUICIDAS UTILIZADOS

El producto químico utilizado para la eliminación de los criaderos del mosquito transmisor en la DARS-A1 es principalmente el **Aqua Reslin Super** un insecticida piretroide (Permetrina y Esbioaletrina) en forma de solución acuosa.

La Permetrina y la Esbioaletrina son plaguicidas piretroides sintéticos, ambos liposolubles, por lo que presentan mayor una afinidad por las grasas y se disuelven fácilmente en lípidos y aceites. A nivel de riesgos de exposición ocupacional, la liposolubilidad de este plaguicida puede asociarse con:

- Mayor persistencia en el organismo debido a que pueden acumularse en los tejidos grasos del cuerpo, lo que puede prolongar su presencia en el organismo.
- Mayor potencial de absorción dérmica, pues pueden atravesar la barrera de la piel con más facilidad y ser absorbidos por el cuerpo, aumentando el riesgo de exposición dérmica y sus efectos asociados.

Esta capacidad de acumulación, aunado a factores como alta frecuencia de uso y antigüedad en las tareas de fumigación; puede dar lugar a posibles riesgos a largo plazo incluyendo toxicidad acumulativa sistémica, efectos en el sistema nervioso, impacto en la salud reproductiva y posibles riesgos cancerígenos.

Lineamiento de plaguicida:

- Planificación y reconocimiento del área a fumigar: Antes de comenzar cualquier tarea de fumigación con plaguicidas, asegurar tener un plan claro de las áreas a tratar, la cobertura máxima por día, así como las rutas de recorrido, optimizando la eficiencia de los tiempos de ejecución de la tarea, para disminuir la exposición.
- Establecer un calendario de rotación para el personal, dividiendo las dos tareas (Recarga y fumigación).
- Si es posible, evitar que un trabajador esté expuesto a los plaguicidas en días consecutivos. Idealmente, habrá un período de tiempo entre exposiciones para permitir una recuperación adecuada.

9. EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL EN EL USO DE PLAGUICIDAS EN EL MIV DARS-A1

Para reducir la exposición dérmica en el manejo y control de vectores, se deben establecer requisitos claros sobre el uso de EPP, como guantes, trajes de protección, gafas de seguridad y mascarillas respiratorias. Proporcionar EPP adecuado y capacitar a los trabajadores sobre su uso correcto garantizará una protección efectiva y promoverá un entorno laboral seguro en el manejo de plaguicidas.

A continuación, se detallan los diferentes tipos de EPP y su importancia en la protección de los trabajadores.

9.1. Guantes: Los guantes son un componente fundamental del EPP para reducir la exposición dérmica a plaguicidas. Una de las áreas con mayor incidencia de exposición son las manos, esto evidenciado en el estudio realizado de exposición dermal en los trabajadores de la DARS-A1, por lo que la consideración de EPP debe ser de uso estrictamente obligatorio. Es esencial seleccionar guantes adecuados que sean resistentes a productos químicos y que ofrezcan una barrera efectiva contra la penetración de los plaguicidas utilizados.

Lineamiento guantes:

- Utilizar guantes de nitrilo, neopreno o caucho butílico.
- Los guantes deben ser lo suficientemente largos para cubrir las muñecas y deben ser inspeccionados regularmente para detectar cualquier daño o desgaste.
- Retirarse los guantes inmediatamente finalizada la tarea de fumigación y/o mezcla y recarga.
- Realizar un proceso de lavado diariamente.

9.2. Trajes de protección (kimono): Los trajes de protección son prendas especiales diseñadas para cubrir todo el cuerpo y proporcionar una barrera adicional contra la exposición dérmica. Estos trajes deben ser resistentes a productos químicos y cubrir completamente la piel expuesta, incluyendo los brazos, piernas y torso.

Lineamiento kimono:

- Asegurarse de que los trajes de protección estén correctamente ajustados y sean de la talla adecuada para evitar la entrada de plaguicidas en el interior del traje.
- Inspeccionar y reemplazar los trajes de protección dañados o desgastados.
- Retirarse el kimono inmediatamente (en el campo) finalizada la tarea de fumigación y/o mezcla y recarga. Es decir, no dejarse el traje puesto hasta regresar a las instalaciones de la DARS-1.
- Realizar un proceso de lavado exclusivo solo para el traje y de manera diaria.

9.3. Gafas de seguridad: Las gafas de seguridad son esenciales para proteger los ojos de los trabajadores de salpicaduras, aerosoles y vapores tóxicos.

Lineamiento gafas:

- Las gafas deben ser resistentes a productos químicos y proporcionar un ajuste adecuado alrededor de los ojos para evitar la entrada de plaguicidas, (protección lateral).
- Se debe asegurar que las gafas se limpien regularmente y se inspeccionen para detectar cualquier daño que pueda comprometer su efectividad.

9.4. Mascarillas respiratorias: Las mascarillas respiratorias son fundamentales para proteger a los trabajadores de la inhalación de vapores tóxicos de los plaguicidas.

Lineamiento mascarillas:

- Se deben utilizar mascarillas con filtros adecuados para vapores orgánicos o partículas, según corresponda al tipo de plaguicida utilizado.
- Que las mascarillas se ajusten correctamente al rostro del trabajador para evitar fugas de aire y asegurar una protección efectiva.
- Las mascarillas deben ser inspeccionadas y reemplazadas regularmente de acuerdo con las recomendaciones del fabricante.

9.5. Zapatos de seguridad: Para evitar la exposición dérmica a plaguicidas en trabajadores de fumigación, es fundamental considerar el calzado adecuado como parte del equipo de protección personal (EPP).

Lineamiento zapatos:

- Resistencia a productos químicos: Los zapatos deben ser resistentes a la penetración y absorción de plaguicidas u otros productos químicos.
- Impermeabilidad: Deben ser impermeables para evitar que líquidos, como plaguicidas derramados, entren en contacto con los pies del trabajador.
- Diseño cerrado y ajuste adecuado: Los zapatos deben cubrir completamente el pie y ofrecer un ajuste cómodo para evitar la entrada de plaguicidas desde la parte superior y brindar comodidad durante el uso prolongado.
- Evitar el uso de zapatos con materiales de tela o absorbentes.
- Se debe asegurar que los zapatos se limpien regularmente y se inspeccionen para detectar cualquier daño que pueda comprometer su efectividad.

A continuación, se muestra una guía de recomendación de Equipo de Protección Personal recomendado para el MIV. Son de carácter ilustrativo, por lo que el personal profesional a cargo, en conjunto con el área de compras deberá validar, marcas, especificaciones técnicas y respaldo de protección.

Cuadro 20. Guía de recomendación de EPP para el personal de MIV.

| EPP | Ilustración referencia | EPP | Ilustración referencia |
|--|---|---------------------------------|---|
| Kimono de trabajo manga larga |  | Guantes de neopreno o nitrilo |  |
| Zapatos de seguridad (botas de hule). |  | Delantal impermeable. |  |
| Respirador con filtro para vapores orgánicos o plaguicidas |  | Gafas de ventilación indirecta. |  |
| Gorra protección cuello |  | Protección auditiva orejera |  |

Es esencial capacitar a los trabajadores sobre el uso correcto de los EPP, incluyendo la forma de ponerse, ajustar, quitar y desechar adecuadamente los equipos de protección. Esto garantizará que los trabajadores estén conscientes de los riesgos asociados con la exposición dérmica y la inhalación de vapores tóxicos, y sepan cómo protegerse de manera efectiva. A partir de los resultados obtenidos en el estudio de exposición dermal a plaguicidas y el uso de EPP, a continuación, se presenta la **“Guía de protección al potencial grado de exposición a plaguicidas a partir del uso EPP para el personal del MIV del Ministerio de Salud, DARS-A1”**.

Cuadro 21. Guía de protección al potencial del grado de exposición a plaguicidas

| Guía de protección al potencial grado de exposición a plaguicidas a partir del uso EPP para el personal del MIV del Ministerio de Salud, DARS-A1 | | | | | |
|--|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------|----------|
| Porcentaje de uso de EPP | 100% | 75% | 50% | 25% | 0% |
| EPP | Kimono manga larga | | | | |
| | Zapato impermeable | Kimono manga larga | | | |
| | Respirador con filtro | Respirador con filtro | Kimono manga larga | | |
| | Guantes impermeables | Guantes impermeables | Respirador con filtro | Kimono manga larga | |
| | Delantal impermeable | Delantal impermeable | Gafas ventilación indirecta | Respirador con filtro | |
| | Gafas ventilación indirecta | Gafas ventilación indirecta | Protección auditiva orejera | | |
| | Gorra protección cuello | Protección auditiva orejera | | | |
| | Protección auditiva orejera | | | | |
| Categoría de exposición a plaguicida | Muy baja | Baja | Moderada | Alta | Muy Alta |

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de investigación del personal ocupacionalmente expuestos a plaguicidas del MIV DARS-A1.

Nota: Esta guía toma como referencia los datos semicuantitativos generados en la investigación por medio de la evaluación de la exposición dérmica y pretende ser una ayuda visual que permita a los trabajadores identificar la importancia del uso de EPP.

10. PRACTICAS LABORALES E HIGIENE PERSONAL

Promover prácticas de higiene adecuadas es fundamental para minimizar la absorción dérmica y la contaminación cruzada en el manejo y control de vectores con plaguicidas. Al fomentar el lavado regular de manos, duchas después de la exposición, cambio de ropa, uso de instalaciones adecuadas y prohibición de actividades de consumo en áreas de trabajo, se contribuye a garantizar la seguridad y protección de los trabajadores involucrados.

- 10.1. **Lavado de manos:** El lavado regular de manos es una medida fundamental para reducir la exposición dérmica a plaguicidas y prevenir la contaminación cruzada.

Lineamiento lavado de manos:

- Los trabajadores deben lavarse las manos adecuadamente antes y después de manipular plaguicidas, así como antes de comer, beber o fumar.
- Se recomienda usar agua y jabón, frotar las manos durante al menos 20 segundos, prestando especial atención a las áreas entre los dedos y debajo de las uñas. Después del lavado, es importante secar las manos con toallas desechables.
- Nunca tocarse con las manos el resto de las partes del cuerpo como la cara, aún si es para el retiro de sudor, si éstas no se han lavado previamente.

- 10.2. **Duchas después de la exposición:** Tomar una ducha inmediatamente después de la aplicación de (exposición) plaguicidas es una medida efectiva para minimizar la absorción dérmica y eliminar los residuos de plaguicidas de la piel.

Lineamiento duchado:

- En caso de que exista limitante para el duchado inmediato, se recomienda habilitar el retiro inmediato a los hogares de los trabajadores para que puedan hacerlo en el menor tiempo posible.
- Se recomienda utilizar agua y jabón suave para lavar todo el cuerpo, prestando atención especial a las áreas expuestas durante la aplicación o manipulación de plaguicidas que de acuerdo con la evaluación, las más expuestas son las manos y la cara

10.3. **Cambio de ropa:** Es importante que los trabajadores se cambien de ropa después de la exposición a plaguicidas, especialmente si la ropa está contaminada. El cambio de ropa ayuda a prevenir la contaminación cruzada y reduce el riesgo de absorción dérmica posterior.

Lineamiento cambio de ropa:

- Se recomienda tener ropa de trabajo específica para el manejo de plaguicidas, que debe ser lavada regularmente y almacenada por separado de la ropa personal.
- Al finalizar la aplicación del plaguicida, los trabajadores deberán retirar de inmediato en el campo todo el EPP que tengan puesto y no permanecer con el EPP que está expuesto directamente al plaguicida.

10.4. **Uso de instalaciones adecuadas:** Proporcionar instalaciones adecuadas, como lavamanos con agua, jabón y toallas desechables, así como duchas, es fundamental para fomentar prácticas de higiene adecuadas. Estas instalaciones deben estar fácilmente accesibles para los trabajadores y se deben mantener limpias y en buen estado de funcionamiento.

10.5. **Prohibición de comer, beber o fumar en áreas de trabajo o entre los ciclos de trabajo:** Se debe establecer una estricta prohibición de comer, beber o fumar en las áreas de trabajo donde se manipulan o aplican plaguicidas. Estas actividades aumentan el riesgo de ingestión de plaguicidas y contaminación cruzada.

10.6. **Almacenamiento adecuado de alimentos y bebidas:** Es esencial almacenar alimentos y bebidas en áreas separadas y alejadas de los lugares donde se manipulan o aplican plaguicidas. Esto reduce el riesgo de contaminación de alimentos y bebidas con plaguicidas y evita la ingestión accidental.

11. MONITOREO Y SEGUIMIENTO

La implementación de un sistema de monitoreo regular para evaluar la exposición dérmica y la salud de los trabajadores, junto con el seguimiento médico periódico, es fundamental para garantizar la seguridad y protección de los trabajadores expuestos a plaguicidas en el manejo y control de vectores. Esto permitirá la identificación temprana de riesgos, la toma de acciones correctivas oportunas y la mejora continua de las medidas de control para mantener un entorno laboral seguro y saludable.

11.1. **Medidas de control.** A continuación, se detallan los aspectos clave a considerar para los responsables superiores del proceso de MIV:

11.1.1. **Monitoreo de la exposición dérmica:** Es fundamental establecer un sistema de monitoreo regular para evaluar la exposición dérmica de los trabajadores que manipulan o aplican plaguicidas. Esto implica realizar mediciones periódicas de los niveles de plaguicidas en la piel de los trabajadores utilizando métodos y equipos adecuados. El monitoreo debe llevarse a cabo durante las tareas de aplicación de plaguicidas y en diferentes momentos del día para capturar posibles variaciones en los niveles de exposición. Estos datos permitirán evaluar la eficacia de las medidas de

control implementadas y tomar acciones correctivas si se detectan niveles de exposición inaceptables.

11.1.2. Seguimiento de la salud de los trabajadores: Además del monitoreo de la exposición dérmica, se debe realizar un seguimiento médico periódico de los trabajadores expuestos a plaguicidas. Esto implica la evaluación regular de su salud para detectar posibles efectos adversos asociados con la exposición a largo plazo. El seguimiento médico puede incluir exámenes físicos periódicos que se enfoquen en examinar el sistema respiratorio que incluya pruebas de función pulmonar, el sistema neurológico que incluya pruebas neuroconductuales periódicas, análisis de sangre y orina, y estar atentos a signos de irritación o sensibilización de la piel. Estos exámenes ayudarán a identificar cualquier signo temprano de efectos adversos, la comparación de sus pruebas en diferentes momentos de exposición lo que permitirá la intervención médica oportuna.

11.1.3. Análisis de datos y acciones correctivas: Los datos recopilados a través del monitoreo de la exposición dérmica y el seguimiento médico deben ser analizados de manera regular y sistemática. Estos análisis permitirán identificar tendencias, patrones o cambios significativos en la exposición o la salud de los trabajadores. Si se detectan niveles de exposición inaceptables o efectos adversos en la salud, se deben tomar acciones correctivas de inmediato. Esto puede implicar la revisión y mejora de las medidas de control existentes, la implementación de nuevas medidas de protección, la capacitación adicional de los trabajadores o incluso la reevaluación de los plaguicidas utilizados.

11.1.4. Registro y documentación: Es esencial mantener registros detallados de todo el monitoreo de la exposición dérmica, el seguimiento médico y las acciones correctivas tomadas. Estos registros y documentos deben incluir información sobre los productos químicos utilizados, los resultados de los análisis de exposición y salud, las fechas y los detalles de las acciones

correctivas, entre otros datos relevantes. Mantener un registro adecuado permitirá un seguimiento continuo de la exposición y la salud de los trabajadores a lo largo del tiempo, así como la documentación necesaria para futuras referencias y cumplimiento normativo.

Según la normativa en Costa Rica, los tipos de exámenes de salud periódicos que deben realizarse para los trabajadores que aplican plaguicidas pueden variar dependiendo de varios factores, como el tipo de plaguicidas utilizados, la frecuencia y duración de la exposición, y los riesgos específicos asociados con el trabajo.

11.2. Exámenes de salud periódicos. A continuación, se mencionan algunos de los exámenes de salud periódicos que podrían ser requeridos:

11.2.1. Exámenes médicos generales: Estos exámenes pueden incluir evaluaciones de la salud general del trabajador, como la presión arterial, pulso, función respiratoria y análisis de sangre y orina. Estos exámenes pueden ayudar a identificar posibles efectos adversos de la exposición a los plaguicidas en el organismo.

11.2.2. Exámenes de función hepática y renal: Los plaguicidas pueden afectar los órganos como el hígado y los riñones. Los exámenes de función hepática y renal pueden ayudar a detectar posibles daños o disfunciones en estos órganos debido a la exposición a los plaguicidas.

11.2.3. Exámenes de función neurológica: Algunos plaguicidas pueden tener efectos neurotóxicos. Los exámenes neurológicos pueden evaluar la función del sistema nervioso y detectar posibles síntomas o signos de daño neurológico asociado con la exposición a los plaguicidas.

11.2.4. Exámenes dermatológicos: La exposición dérmica a plaguicidas puede causar irritaciones, alergias o dermatitis. Los exámenes dermatológicos

pueden ayudar a identificar posibles problemas de la piel relacionados con la exposición a los plaguicidas.

11.2.5. **Exámenes oftalmológicos:** Algunos plaguicidas pueden causar irritación ocular o tener efectos adversos en la visión. Los exámenes oftalmológicos pueden evaluar la salud ocular y detectar posibles problemas visuales relacionados con la exposición a los plaguicidas.

12. MANEJO, ALMACENAMIENTO Y DISPOSICIÓN DE RESIDUOS.

Establecer directrices claras para el manejo seguro, almacenamiento y disposición adecuados de los residuos de plaguicidas es esencial para prevenir la contaminación ambiental y la exposición innecesaria. Al seguir estas directrices, se contribuye a mantener un entorno laboral seguro y saludable, proteger el medio ambiente y cumplir con las regulaciones y normativas vigentes.

Para el manejo seguro, almacenamiento y disposición adecuada de los residuos de plaguicidas. Se detallan los lineamientos clave a considerar:

12.1.1. **Manejo seguro de los plaguicidas:** Es esencial establecer directrices claras para el manejo seguro de los plaguicidas desde su adquisición hasta su uso y disposición final.

- Asegurarse de que los trabajadores estén capacitados en el manejo adecuado de los plaguicidas, siguiendo las instrucciones del fabricante, utilizando los equipos de protección personal recomendados y evitando derrames y fugas durante las operaciones de manipulación y aplicación.
- Realizar una revisión del equipo de aplicación, identificar anomalías como fugas. Reportar y reparar cualquier anomalía antes de utilizar el equipo.
- Utilizar el todo el EPP para la preparación y mezcla del plaguicida, la manipulación de los equipos, la recarga de plaguicida a los equipos y durante todo el proceso de fumigación.

- Nunca durante la manipulación de los plaguicidas estos deben estar cerca de artículos de consumo como alimentos.

12.1.2. **Almacenamiento adecuado de los plaguicidas:** Los plaguicidas deben almacenarse de forma segura para evitar la contaminación ambiental y la exposición innecesaria.

- Se deben establecer áreas designadas y adecuadas para el almacenamiento de plaguicidas, lejos de fuentes de ignición, productos alimenticios y agua potable.
- Los plaguicidas deben almacenarse en envases originales debidamente etiquetados y mantenerse fuera del alcance de personas no autorizadas.
- Además, es importante asegurarse de que los plaguicidas no se almacenen por períodos prolongados más allá de su vida útil recomendada.
- Debe ubicarse un extintor ABC (polvo químico), de al menos 10 libras.
- El espacio para el almacenamiento de los plaguicidas utilizados, así como de los equipos utilizados para su manipulación directa deben estar en un espacio independiente y separado del comedor, servicios sanitarios, duchas, oficinas, áreas destinadas para el lavado y almacenamiento de uniformes.
- Estos espacios de almacenamiento de plaguicidas deberán estar rotulados indicando que ahí se almacenan plaguicidas.



Figura 7. Rótulo para área de almacenamiento de plaguicidas.

- El lugar de almacenamiento debe mantenerse seco y bien ventilado.
- Dentro del área de almacenamiento de plaguicidas se dispondrá de arena, pala y escoba para recolectar derrames, una vez utilizada la arena se dispondrá en un recipiente cerrado y rotulado. Estos implementos se utilizarán únicamente para este fin y se almacenarán junto a los plaguicidas.

- Dentro del área de almacenamiento y en poder del coordinador de la cuadrilla debe haber copias de las MSDS (hojas de seguridad), de los productos químicos utilizados, especialmente los plaguicidas.
- Todas las sustancias químicas deben mantenerse en sus recipientes originales, en su defecto se debe rotular el nuevo recipiente, indicando el nombre del producto y su nivel de toxicidad e inflamabilidad.
- El acceso al área de almacenamiento debe ser restringido a solo personal autorizado.
- Cerca al área de almacenamiento se ubicará un extintor tipo ABC (polvo químico), de al menos 10 libras.

12.1.3. Disposición adecuada de los residuos de plaguicidas: La disposición adecuada de los residuos de plaguicidas es esencial para prevenir la contaminación ambiental y la exposición innecesaria.

- Esto puede incluir el uso de servicios de recolección y eliminación de residuos especializados o la participación en programas de recogida de residuos de plaguicidas.
- Los envases de desecho deben ser almacenados en contenedores cerrados e impermeables y dentro de bolsas plásticas y rotuladas, estas bolsas con los recipientes contaminados deben ser devueltos al proveedor de estos, para su adecuada gestión.

12.1.4. Transporte:

- No transportar el plaguicida, en la misma sección del vehículo que las personas.
- Los vehículos utilizados para transportar los plaguicidas y los equipos de distribución deben ser exclusivos para este fin (para otros usos debe ser lavado previamente con abundante agua).
- Dentro del vehículo debe haber copias de las MSDS (hojas de seguridad), de los productos químicos utilizados, especialmente los plaguicidas. En caso de una emergencia donde estén o se puedan relacionar los plaguicidas, las

MSDS serán presentadas a los cuerpos de ayuda externa (bomberos, cruz roja) para la adecuada atención de la emergencia.

- En los vehículos donde se transportan plaguicidas debe ubicarse un extintor ABC (polvo químico), de al menos 10 libras.
- Los funcionarios(as) estarán capacitados en el uso de extintores.
- Los envases, tanto del plaguicida puro, los utilizados para la mezcla, así como el vehículo de transporte deben rotularse con la advertencia de material peligroso.
- Todos los productos para aplicar deben transportarse en envases cerrados herméticamente.

.1.2. **Educación y concientización:** Es importante educar y crear conciencia entre los trabajadores sobre la importancia del manejo seguro, almacenamiento y disposición adecuados de los plaguicidas y sus residuos. Esto puede incluir la capacitación regular sobre prácticas seguras de manejo de plaguicidas, la promoción de buenas prácticas de almacenamiento y la sensibilización sobre la importancia de la responsabilidad ambiental en el manejo de los residuos de plaguicidas.

.1.3. **Cumplimiento normativo:** Es fundamental cumplir con todas las regulaciones y normativas aplicables en cuanto al manejo, almacenamiento y disposición de los plaguicidas y sus residuos. Esto incluye conocer y seguir las leyes y regulaciones locales, estatales o nacionales relacionadas con el uso y manejo de plaguicidas, así como con la eliminación de residuos peligrosos.

13.DESARROLLO DE COMPETENCIAS.

Esta sección permite definir y proporcionar la línea base para la capacitación adecuada sobre el manejo seguro de plaguicidas, incluyendo el uso correcto de equipos de protección personal (EPP), técnicas de aplicación seguras, almacenamiento y eliminación adecuados de los productos químicos, y procedimientos de respuesta a emergencias, necesarios para establecer medidas de reducción y mitigación de riesgos laborales y garantizar la seguridad y el bienestar del personal de MIV

Es importante tener en cuenta que los tiempos de duración recomendados son aproximados y pueden variar dependiendo del nivel de conocimiento y experiencia del personal técnico. Además, se recomienda combinar presentaciones teóricas con actividades prácticas y oportunidades de discusión para un aprendizaje más efectivo. Ver cuadro 22.

Cuadro 22. Matriz para el desarrollo de competencias del personal MIV para la reducción factores de riesgo labora y el uso de plaguicidas.

| Tema | Contenido necesario | Tiempo de duración recomendado | Competencia para desarrollar |
|--|---|---------------------------------------|--|
| Introducción | - Importancia del manejo seguro de plaguicidas | 15 minutos | Comprender la importancia del manejo seguro de plaguicidas |
| Legislación y normas | - Regulaciones y legislación aplicable al uso de plaguicidas | 30 minutos | Conocer y cumplir las regulaciones y normas relacionadas con el uso de plaguicidas |
| Clasificación de riesgos | - Identificación y clasificación de los riesgos asociados a los plaguicidas | 45 minutos | Identificar y clasificar los riesgos relacionados con el uso de plaguicidas |
| Equipos de protección personal (EPP) | - Tipos de EPP y su uso adecuado | 1 hora | Comprender la importancia y utilizar correctamente el EPP adecuado |
| Técnicas de aplicación segura | - Técnicas de mezcla, dilución y aplicación de plaguicidas | 1 hora | Aplicar capacitación por medio del marcador fluorescente para optimizar los procesos a partir de prácticas seguras y mejorar el aprendizaje. |
| Almacenamiento y eliminación de plaguicidas | - Procedimientos adecuados para el almacenamiento y la eliminación de plaguicidas | 45 minutos | Almacenar y eliminar de forma segura los plaguicidas |
| Procedimientos de respuesta a emergencias | - Plan de respuesta a emergencias y acciones a tomar en caso de incidentes | 1 hora | Saber cómo responder de manera adecuada en situaciones de emergencia relacionadas con plaguicidas |

14.EVALUACIÓN DEL PROTOCOLO

Se recomienda que el protocolo tenga una vigencia de dos años para su próxima evaluación. Durante la valoración se sugiere analizar la validez de cada sección, considerando la normativa nacional existente al momento de evaluar. Se recomienda ser evaluado por un equipo de funcionarios donde al menos se considere a un técnico del programa de MIV, el encargado del programa de MIV a nivel nacional, el encargado de salud ocupacional del Ministerio de Salud, un representante de la Dirección de Vigilancia de la Salud, un representante de la Dirección Regional, así como un representante de la Dirección de Área Rectora.

15.RESPONSABILIDADES.

La definición de responsabilidades para el cumplimiento del manual es:

- Oficina de Salud Ocupacional de Ministerio: Participar en la evaluación y actualización del presente manual.
- Dirección de Vigilancia de la Salud: Validar e implementar todas las medidas indicadas en este manual y realizar los controles necesarios que les compete.
- Encargado del Programa Control de Vectores a nivel nacional: Implementar todas las medidas indicadas en este manual y realizar los controles necesarios que les compete.
- Consultorio Médico Institucional: Realizar los registros y control médico, de acuerdo con este manual, a los funcionarios pertenecientes al programa de control de vectores.
- Funcionarios del programa de vectores (inspectores): Cumplir con todas las especificaciones que le corresponden dentro del manual.
- Jefaturas inmediatas de los funcionarios de MIV responsables de la fumigación: Verificar la implementación de este protocolo y gestionar las medidas de control, mitigación y verificación del riesgo de exposición dérmica a plaguicidas.

16. PELIGROS, RIESGOS Y CONTROLES LABORALES RELACIONADOS EL USO DE PLAGUICIDAS EN EL MIV DARS-A1

En el proceso de manejo integrado de vectores se pueden identificar de manera general peligros y riesgos adicionales a la exposición dérmica, los cuales se detallan a continuación.

Cuadro 23. Identificación de peligros y riesgos en el uso de plaguicidas en el MIV DARS-A1.

| Peligro | Riesgo | Medida de Control |
|---|---|--|
| Exposición por inhalación | Irritación respiratoria, efectos en el sistema nervioso, daño pulmonar | - Implementación de buena ventilación en áreas de trabajo. - Uso de mascarillas y respiradores durante la fumigación. |
| Contaminación de alimentos y bebidas | Ingestión accidental | - Aplicación de medidas de higiene adecuadas. |
| Manipulación y almacenamiento incorrectos | Mayor riesgo de exposición accidental | - Almacenamiento adecuado de Aqua Reslin Super y evitar mezclas inadecuadas con otros productos. |
| Espacios confinados | Mayor concentración del plaguicida | - Evaluar la necesidad de fumigar en espacios confinados y tomar medidas para reducir la exposición. |
| Ventilación inadecuada | Acumulación de vapores y partículas | - Mejorar la ventilación en el área de trabajo. |
| Equipos de protección personal inadecuado | Mayor riesgo de contacto dérmico y exposición por inhalación | - Proporcionar EPP adecuado y asegurar su uso adecuado por parte de los trabajadores. |
| Capacitación insuficiente | Mayor probabilidad de errores en la manipulación y aplicación, aumentando la exposición | - Brindar capacitación completa sobre el uso seguro de Aqua Reslin Super y medidas de control de riesgos. |

Cuadro 24. Jerarquía de Controles de Riesgos según ISO 45001.

| Jerarquía de Controles de Riesgos | | |
|-----------------------------------|------------------------|----------------|
| Prioridad | Control | Efectividad |
| 1 | Eliminación | Más efectivo |
| 2 | Sustitución | |
| 3 | Control Ingenieril | |
| 4 | Control Administrativo | |
| 5 | EPP | Menos efectivo |

A partir de los lineamientos generales recomendados y fundamentados en la jerarquización y prioridad de medidas se proponen los siguientes controles a la exposición dérmica de manera consolidada. En cuanto a la jerarquía de eliminación del

plaguicida, su viabilidad y valoración, el Ministerio de Salud se acoge estrictamente a las recomendaciones y evaluaciones de uso emitidas por la OMS, de conformidad con la información epidemiológica y entomológica local.

Cuadro 25. Identificación de peligros y riesgos en el uso de plaguicidas en el MIV DARS-A1

| Jerarquía de controles a la exposición dérmica a plaguicidas para el personal MIV con nivel de prioridad | | | |
|---|---|--------------------------|--------------------------|
| Nivel Prioridad | Medida | Proceso | Jerarquía Control |
| 3 | Prioridad de uso y recambio de equipo IGEBA TF-35, por dar mayor distanciamiento a la zona de proximidad del cuerpo del trabajador. | Fumigación | Ingenieril |
| 4 | Asegurar despejar deriva del aerosol de la proximidad del cuerpo del trabajador. | Fumigación | Administrativo |
| 4 | Establecer obligatoriedad de uso de EPP en mezcla, recarga y fumigación | Preparación y Fumigación | Administrativo |
| 4 | Planificación y reconocimiento previo del área a fumigar para dar eficiencia para disminuir la exposición. | Fumigación | Administrativo |
| 4 | Establecer un calendario de rotación para el personal (entre recarga y fumigación). | Preparación y Fumigación | Administrativo |
| 4 | Limpiar e inspeccionar regularmente los zapatos y reemplazar cuando comprometa la protección. | Preparación y Fumigación | Administrativo |
| 4 | Habilitar el retiro inmediato a los hogares de los trabajadores para ducharse en el menor tiempo posible. | Preparación y Fumigación | Administrativo |
| 4 | Usar ropa exclusiva de trabajo, evitando el lavado o permanencia con ropa de uso regular. | Preparación y Fumigación | Administrativo |
| 4 | Retirar de inmediato en el campo todo el EPP al finalizar los procesos. | Preparación y Fumigación | Administrativo |
| 4 | Retirarse los guantes al finalizar la tarea de fumigación y/o preparación y lavar el equipo al final del día. | Preparación y Fumigación | Administrativo |
| 4 | Aplicar lavado de manos al finalizar cada proceso de trabajo y antes de comer o tocarse el rostro. | Preparación y Fumigación | Administrativo |
| 4 | Ajuste y uso de kimono según talla, revisión y remplazado al tener deterioro. | Fumigación | Administrativo |
| 4 | Retirarse el kimono inmediatamente (en el campo) finalizada la tarea de fumigación y/o mezcla y recarga. | Fumigación | Administrativo |
| 4 | Lavar diariamente el kimono exclusivamente y separándolo de cualquier otra prenda. | Fumigación | Administrativo |
| 4 | Limpiar e inspeccionar la protección visual (gafas) diariamente. | Preparación y Fumigación | Administrativo |
| 4 | Inspeccionar y reemplazar las mascarillas regularmente de acuerdo con las recomendaciones del fabricante. | Preparación y Fumigación | Administrativo |
| 5 | Utilizar guantes de nitrilo, neopreno o caucho butílico. | Preparación y Fumigación | EPP |
| 5 | Proporcionar protección visual (gafas) con ajuste que evite ingreso de plaguicida. | Preparación y Fumigación | EPP |
| 5 | Utilizar mascarillas con filtros adecuados para vapores orgánicos o partículas | Preparación y Fumigación | EPP |
| 5 | Utilizar zapatos de protección resistentes a la penetración y absorción de plaguicidas u otros productos químicos. | Preparación y Fumigación | EPP |

VI. CONCLUSIONES

Se ha estimado la peligrosidad de las tareas realizadas por los trabajadores del Manejo Integrado de Vectores (MIV) que aplican plaguicidas mediante la evaluación de la exposición dérmica utilizando el método DREAM. Los niveles de exposición real ponderada mostraron categorías muy altas para algunos trabajadores, especialmente el MIV-05 y MIV-03, quienes además no utilizaron parcial o totalmente el equipo de protección personal (EPP) durante las observaciones. Las rutas de exposición más importantes fueron la transferencia, seguida de la emisión y la deposición. La transferencia mostró niveles de exposición muy altos.

Se observó la presencia de posibles vías de exposición dérmica y el porcentaje de contacto de los plaguicidas con la piel de los trabajadores mediante el uso de un marcador fluorescente. Se detectó exposición en las manos, cabeza/cuello y brazo inferior en todos los trabajadores, siendo las manos la zona con mayor nivel de exposición del puntaje visual.

Los dos métodos utilizados para estimar la peligrosidad, las vías y niveles de exposición al uso de plaguicidas; el DREAM y el Marcador Fluorescente se complementan para la investigación-acción, no solo porque evidencian la consistencia en los resultados, si no que ofrece además dos grandes recursos. El DREAM facilita la aplicación de criterio de experto del higienista, estructurando las condiciones y valoraciones de las tareas, prácticas y niveles de exposición y el Marcador Fluorescente provee un valor perceptivo de efecto inmediato para el propio trabajador que tiene que ser valorado, es decir, él como involucrado principal, de primera mano evidencia su nivel de exposición facilitado por el marcador en extensión e intensidad. Sin duda son dos herramientas complementarias, consistentes y funcionales.

El entorno laboral en el Manejo Integrado de Vectores es diverso, ya que la fumigación se lleva a cabo en diferentes tipos de espacios, desde espacios cerrados hasta espacios abiertos en comunidades y barrios. Se identificaron prácticas laborales como

la mezcla del plaguicida en envases tipo pichingas, la aplicación utilizando una termonebulizadora y la falta de un rol claramente definido para la preparación del producto. El Aqua Reslin Super fue el único plaguicida utilizado, y se almacenó en un espacio compartido sin una bodega exclusiva.

El uso del Equipo de Protección Personal (EPP) varió entre los trabajadores, y no hubo estandarización ni supervisión del uso de cada uno de los elementos del EPP. Algunos trabajadores no utilizaron EPP en todo el proceso de observación. En términos de higiene personal, se observó que los trabajadores se limpiaban el sudor de la cara con las manos o las mangas del kimono, y ocasionalmente se lavaban las manos con jabón y agua. Dado que el trabajo realizado no es estacionario, no existe la posibilidad de disponer en el campo de elementos fijos para la higienización, además, en la oficina de la DARS-A1 no se cuenta con duchas de lavado de ropa en el lugar de trabajo.

En la supervisión del personal técnico, existió una ausencia total desde el punto de vista profesional de la gestión de los riesgos a los que los trabajadores están expuestos, las medidas de control y mitigación, siendo estos, los responsables directos de los controles o factores para reducir o mitigar el posible impacto en su salud. Lo anterior, dado que la DARS-A1 no cuenta con un profesional en materia de salud y seguridad en el trabajo que pueda de manera directa realizar procesos de intervención en los factores de riesgos.

En resumen, el estudio revela que existen riesgos significativos de exposición dérmica relacionados con el uso de plaguicidas en el MIV. Es necesario establecer un protocolo de trabajo adecuado y promover el uso correcto del Equipo de Protección Personal para prevenir accidentes y enfermedades. Además, se deben mejorar las prácticas de higiene personal y garantizar un entorno laboral seguro para los trabajadores.

VII. RECOMENDACIONES

Por medio de la capacidad interna de gestión del personal profesional de la DARS-A1, asignar un rol de supervisión a los compañeros de regulación de la salud (Profesional en saneamiento ambiental-Profesional del servicio civil 1B) que cuentan con la competencia de realizar intervenciones de control, gestión y reducción del riesgo del personal técnico de MIV ocupacionalmente expuesto al uso de plaguicidas. Por lo tanto, se recomienda implementar un sistema de supervisión y control del uso de EPP para asegurar su adecuada utilización por parte de los trabajadores durante todas las etapas del proceso de trabajo.

Establecer un programa de capacitación y sensibilización para los trabajadores del MIV sobre los riesgos asociados con la exposición dérmica a plaguicidas y la importancia de utilizar correctamente el equipo de protección personal. Mejorar las condiciones de higiene en el entorno laboral, proporcionando instalaciones adecuadas para lavarse las manos y duchas para los trabajadores al finalizar la jornada. En el campo, dotar de kits de emergencia portátiles, uso de toallas húmedas para limpiarse las manos cuando hacen pausas, cargar con un contenedor de agua, jabón y toallas desechables para lavarse las manos y la cara cada vez que se realiza una pausa de recarga. Promover la importancia del uso de EPP para todas las tareas, tanto la fumigación, como el propio proceso de preparación y recarga del producto según los ciclos de trabajo.

Realizar evaluaciones periódicas de la exposición dérmica a plaguicidas utilizando métodos como el DREAM y el marcador fluorescente para monitorear los niveles de exposición y verificar la efectividad de las medidas de control implementadas.

Promover la investigación y desarrollo de alternativas de plaguicidas menos tóxicos y más seguros para reducir los riesgos asociados con la exposición dérmica en el trabajo del MIV.

Divulgar los resultados de la evaluación de la exposición dérmica a plaguicidas a través de informes y capacitaciones, con el objetivo de concientizar a la comunidad y promover buenas prácticas en el manejo de plaguicidas.

Establecer mecanismos de monitoreo y seguimiento para evaluar la efectividad de las medidas implementadas y realizar ajustes o mejoras según sea necesario.

BIBLIOGRAFÍA

- Aragon, A. (2005). *Dermal exposure to pesticides in Nicaragua: a qualitative and quantitative approach*.
- Aragón, A., Blanco, L. E., Funez, A., Ruepert, C., Lidén, C., Nise, G., & Wesseling, C. (2006). Assessment of dermal pesticide exposure with fluorescent tracer: A modification of a visual scoring system for developing countries. *Annals of Occupational Hygiene*, 50(1), 75–83. <https://doi.org/10.1093/annhyg/mei027>
- Aragón, A., Blanco, L. E., Lundberg, I., Lidén, C., Wesseling, C., & Nise, G. (2005). Determinants of dermal exposure among Nicaraguan subsistence farmers during pesticide applications with backpack sprayers. *Annals of Occupational Hygiene*, 49(1), 17–24. <https://doi.org/10.1093/annhyg/meh084>
- Cao, L., Zhang, H., Li, F., Zhou, Z., Wang, W., Ma, D., Yang, L., Zhou, P., & Huang, Q. (2018). Potential dermal and inhalation exposure to imidacloprid and risk assessment among applicators during treatment in cotton field in China. *The Science of the Total Environment*, 624, 1195–1201. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2017.12.238>
- Christos, D., & Eleftherohorinos, I. (n.d.). *Pesticide Exposure, Safety Issues, and Risk Assessment Indicators | Enhanced Reader*. Retrieved March 12, 2021, from 10.3390/ijerph8051402
- De La Guardia Gutiérrez, M. A., Ruvalcaba Ledezma, J. C., De La Guardia Gutiérrez, M. A., & Ruvalcaba Ledezma, J. C. (2020). La salud y sus determinantes, promoción de la salud y educación sanitaria. *Journal of Negative and No Positive Results*, 5(1), 81–90. <https://doi.org/10.19230/JONNPR.3215>
- Deeba, F., Raza, I., Muhammad, N., Rahman, H., Ur Rehman, Z., Azizullah, A., Khattak, B., Ullah, F., & Daud, M. K. (2017). Chlorpyrifos and lambda cyhalothrin-induced oxidative stress in human erythrocytes: In vitro studies. *Toxicology and Industrial Health*, 33(4), 297–307. <https://doi.org/10.1177/0748233716635003>
- Environmental Protection Agency (EPA). (2022). Lambda-cyhalothrin Factsheet. Recuperado de <https://www.epa.gov/safepestcontrol/lamba-cyhalothrin>
- Fabian, C. L., & Binder, C. R. (2015). Dermal exposure assessment to pesticides in farming systems in developing countries: Comparison of models. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 12(5), 4670–4696. <https://doi.org/10.3390/ijerph120504670>
- Hansen, M. R. H., Jørs, E., Lander, F., Condarco, G., Debes, F., Tirado Bustillos, N., &

- Schlünssen, V. (2017). Neurological Deficits After Long-term Pyrethroid Exposure. *Environmental Health Insights*, 11. <https://doi.org/10.1177/1178630217700628>
- Kogan, L. (2014). El lugar de las cosas salvajes: paradigmas teóricos, diseños de investigación y herramientas. *Investigaciones Sociales*, 8(13), 325–334. <https://doi.org/10.15381/is.v8i13.6935>
- Kolaczinski, J. H., & Curtis, C. F. (2004). Chronic illness as a result of low-level exposure to synthetic pyrethroid insecticides: A review of the debate. In *Food and Chemical Toxicology* (Vol. 42, Issue 5, pp. 697–706). Food Chem Toxicol. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2003.12.008>
- Lema Cachinell, B., Delgado Saeteros, E. Z., Lema, A. N., Jessica Ivonne Navas Román, & Joselyn Melissa Gutiérrez Bermúdez. (2021). *Exposición ocupacional a insecticidas en el control de vectores Aedes en Ecuador | Lema Cachinell | Boletín de Malariología y Salud Ambiental*.
- Llorca, F. (2017). *Memoria Institucional Ministerio de Salud 2016*. <https://doi.org/ISBN1659-3596>
- Malagón, J. N., Garrote, C., & Varona, M. (2014). *Artículo científico A debt from the past: effects of organochlorines in workers of vector control program-Colombia* (Vol. 46).
- Manterola, C., Pineda, V., Vial, M., & Grande, Y. L. (2007). ¿Cómo presentar los resultados de una investigación científica? I. La comunicación oral. *Cirugía Española*, 81(1), 12–17. [https://doi.org/10.1016/S0009-739X\(07\)71250-2](https://doi.org/10.1016/S0009-739X(07)71250-2)
- Mirón Canelo, J. A., Alonso Sardón, M., & Iglesias de Sena, H. (2010). Metodología de investigación en Salud Laboral. *Medicina y Seguridad Del Trabajo*, 56(221), 347–365. <https://doi.org/10.4321/s0465-546x2010000400009>
- Morera Guzmán, J., Vargas Ramírez, S., & Vargas Rodríguez, T. (2018, June). *Evaluación de la Exposición a Plaguicidas en Los Funcionarios del Equipo de Control de Vectores en el Área Rectora de Salud de Carrillo, Guanacaste*. Proyecto de Investigación Para Optar Por El Grado de Licenciatura En Ingeniería En Salud Ocupacional y Ambiente. <http://repositorio.utn.ac.cr/bitstream/handle/123456789/168/TFG.FINALJorge.Sergio.Tatiana.25-06-2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Obiols, J. y López, F. (2001). NTP 595 Plaguicidas: riesgos en las aplicaciones. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. España. https://www.insst.es/documents/94886/327064/ntp_595.pdf/54d86a4f-5530-4085-8184-5f77cc41561e&sa=U&ved=2ahUKEwjZ5P4jPOAAxXySjABHWgTDIsQFnoECAEQA

- Organización Panamericana de la Salud y Ministerio de Salud Pública de Costa. (2022). *PLAN NACIONAL DE ACCIÓN CONTROL DE VECTORES*.
- Organización Mundial de la Salud. (Junio, 2011). Who specifications and evaluations for public health pesticides.
https://extranet.who.int/pqweb/sites/default/files/vcp-documents/WHOVC-SP_Temephos_2010.pdf
- Porcel Muñoz, J., Delgado, P., Isaac, C., & Muñoz, A. (2001). *NTP 697: Exposición a contaminantes químicos por vía dérmica Exposition dermique aux substances chimiques Dermal exposure to chemicals Vigencia Actualizada por NTP Observaciones Válidas ANÁLISIS Criterios legales Criterios técnicos*.
- Ramos-Chavez, L. A., Sordo, M., Calderon-Aranda, E., Castañeda-Saucedo, E., Ostrosky-Wegman, P., & Moreno-Godinez, M. E. (2014). A Permethrin/Allethrin Mixture Induces Genotoxicity and Cytotoxicity in Human Peripheral Blood Lymphocytes. *Http://Dx.Doi.Org/10.1080/15287394.2015.956025*, 78(1), 7–14.
<https://doi.org/10.1080/15287394.2015.956025>
- Reyes-Chaparro, A., Verdín-Betancourt, F. A., & Sierra-Santoyo, A. (2020). Human Biotransformation Pathway of Temephos Using an In Silico Approach. *Chemical Research in Toxicology*, 33(11), 2765–2774.
<https://doi.org/10.1021/ACS.CHEMRESTOX.0C00105>
- Rodríguez-González, N. (2019). *Evaluación de la exposición a plaguicidas y el uso de equipos de protección personal (EPP) en trabajadores agropecuarios y jardineros del campus Omar Dengo y Benjamín Núñez de la Universidad Nacional*. Instituto Tecnológico de Costa Rica.
- Sanborn, M. D., Abelsohn, A., Campbell, M., & Weir, E. (2002). Identifying and managing adverse environmental health effects: 3. Lead exposure. In *CMAJ* (Vol. 166, Issue 10, pp. 1287–1292).
- Satriawan, D., Sindjaja, W., & Richardo, T. (2019). Toxicity of the Organophosphorus Pesticide Temephos. *Indonesian Journal of Life Sciences*, 01(02), 67–76.
- So, J., Ahn, J., Lee, T. H., Park, K. H., Paik, M. K., Jeong, M., Cho, M. H., & Jeong, S. H. (2014). Comparison of international guidelines of dermal absorption tests used in pesticides exposure assessment for operators. *Toxicological Research*, 30(4), 251–260. <https://doi.org/10.5487/TR.2014.30.4.251>

- Spaan, S., Glass, R., Goede, H., Ruiter, S., & Gerritsen-Ebben, R. (2020). Performance of a Single Layer of Clothing or Gloves to Prevent Dermal Exposure to Pesticides. *Annals of Work Exposures and Health*, 64(3), 311–330. <https://doi.org/10.1093/annweh/wxaa002>
- Tobergte, D. R., & Curtis, S. (2013). Prevención de riesgos en el uso de plaguicidas. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699.
- Van-Wendel-De-Joode, B., Brouwer, D. H., Vermeulen, R., Van Hemmen, J. J., Heederik, D., & Kromhout, H. (2003). DREAM: A method for semi-quantitative dermal exposure assessment. *Annals of Occupational Hygiene*, 47(1), 71–87. <https://doi.org/10.1093/annhyg/meg012>
- Van Wendel De Joode, B., Vermeulen, R., Van Hemmen, J. J., Fransman, W., & Kromhout, H. (2005a). Accuracy of a semiquantitative method for Dermal Exposure Assessment (DREAM). *Occupational and Environmental Medicine*, 62(9), 623–632. <https://doi.org/10.1136/oem.2004.018564>
- Van Wendel De Joode, B., Vermeulen, R., Van Hemmen, J. J., Fransman, W., & Kromhout, H. (2005b). Accuracy of a semiquantitative method for Dermal Exposure Assessment (DREAM). *Occupational and Environmental Medicine*, 62(9), 623–632. <https://doi.org/10.1136/oem.2004.018564>
- Van Wendel De Joode, Berna, Van Hemmen, J. J., Meijster, T., Major, V., London, L., & Kromhout, H. (2005). Reliability of a semi-quantitative method for dermal exposure assessment (DREAM). *Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology*, 15(1), 111–120. <https://doi.org/10.1038/sj.jea.7500369>
- Vidal, M. A., & Bestratén, M. (2000). *Nota Técnica de Prevención. NTP 560 : Sistema de gestión preventiva : procedimiento de elaboración de las instrucciones de trabajo.*
- Warren, N. D., Marquart, H., Christopher, Y., Laitinen, J., & Van Hemmen, J. J. (2006). Task-based Dermal Exposure Models for Regulatory Risk Assessment. *Ann. Occup. Hyg*, 50(5), 491–503. <https://doi.org/10.1093/annhyg/mel014>
- Wassie, F., Spanoghe, P., Tessema, D. A., & Steurbaut, W. (2012). Exposure and health risk assessment of applicators to DDT during indoor residual spraying in malaria vector control program. *Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology*, 22, 549–558. <https://doi.org/10.1038/jes.2012.45>

ANEXOS

Anexo 1

CONSENTIMIENTO INFORMADO

Trabajadores de Manejo Integrado de Vectores de la Dirección Regional de Rectoría de Salud Central Norte (DRRSCN) del Ministerio de Salud, que realizan labores de fumigación

Título del proyecto: PROPUESTA PARA LA MITIGACIÓN DE LOS FACTORES DE RIESGO LABORALES RELACIONADOS CON EL USO DE PLAGUICIDAS DEL PERSONAL OCUPACIONALMENTE EXPUESTO DEL MANEJO INTEGRADO DE VECTORES DEL MINISTERIO DE SALUD, AREA RECTORA DE SALUD ALAJUELA 1

Fecha formulación del protocolo: Mayo, 2022.

¿Quiénes son los responsables del estudio?

La investigación actual se propone para elaborar la tesis del programa de la Maestría de Salud Ocupacional de Higiene Ambiental de la Universidad Nacional y el Instituto Tecnológico de Costa Rica. Su coordinación corresponde Jorge David Valenciano Granados, estudiante investigador. Además, como tutora de la investigación está Ph.D. Aurora Aragón, como lector el MSc. Douglas Barraza Ruiz.

La fuente de financiamiento de la investigación será asumida por el coordinador investigador, es decir, Jorge David Valenciano Granados.

¿Cuál es el propósito de este estudio?

1. Estimar la peligrosidad de las tareas que realizan los funcionarios de MIV que aplican plaguicidas, por medio de la evaluación de la exposición dérmica a través del método DREAM (Dermal Exposure Assessment Method).
2. Observar a través del marcador fluorescente las posibles vías de exposición dérmica y el porcentaje de contacto de los plaguicidas con la piel de funcionarios de MIV que aplican plaguicidas.
3. Elaborar una propuesta de protocolo de trabajo, para el personal ocupacionalmente expuesto a plaguicidas del MIV y difundir los resultados de la evaluación a la exposición dermal con el fin de prevenir accidentes, enfermedades y contribuir al mejoramiento de las condiciones de trabajo.

A partir de la evaluación a la exposición dermal a plaguicidas en los trabajadores, la evaluación de las vías de ingreso y niveles de exposición a plaguicidas la efectividad del EPP utilizado, se pretende obtener resultados que permitan identificar alternativas que disminuyan la exposición a plaguicidas, así como establecer mecanismos que prevengan enfermedades a largo plazo, convirtiendo a los mismos funcionarios responsables del proceso, los principales responsables de las prácticas y disposiciones relacionadas con la exposición a plaguicidas.

¿Quiénes pueden participar en este estudio?

Se espera contar con la participación de los trabajadores de Manejo Integrado de Vectores de la Dirección Regional de Rectoría de Salud Central Norte (DRRSCN) del Ministerio de Salud, Área Rectora de Salud Alajuela 1, que realizan labores de fumigación.

¿Qué pasará durante este estudio?

- Se realizarán observaciones de las aplicaciones de plaguicidas.
- El periodo de los trabajos de campo en los que se participará abarcará los meses de mayo de 2022 a noviembre de 2022, siendo programadas y específicas las actividades que se coordinarán previamente.
- Previo a la aplicación del plaguicida, se incorporará a la mezcla del plaguicida a aplicar, un marcador fluorescente. Este marcador quedará impregnado en la ropa y las partes del cuerpo, en donde haya logrado traspasar, lo cual quiere decir que el plaguicida también lo habrá hecho.
- Le pediremos, al finalizar la aplicación de plaguicidas, entrar en un espacio oscuro (bodega o cuarto privado) para que, con una lámpara ultravioleta, esta logre mostrar las partes del cuerpo impregnadas con el marcador fluorescente. Este proceso se realizará primeramente con todo el equipo de protección personal que porta durante la aplicación. Posteriormente, se solicitará arrollarse el pantalón hasta la rodilla y quitarse la camisa, para verificar si existe marcador fluorescente directamente en la piel y se tomarán fotografías para registrar el resultado.
- Por último, se le invitará a participar en la divulgación de los resultados el cuál pretender aumentar el conocimiento acerca de la exposición dermal y brindar recomendaciones para la reducción de los factores de riesgos.

¿Qué pasará luego con la información del cuestionario y con las muestras?

- La información del cuestionario será guardada en un servidor privado en la nube, al cual solamente los investigadores tendrán acceso. Los datos personales (nombre apellidos, dirección, número de teléfono) serán guardados en un archivo electrónico por aparte. En el resto de los archivos, su nombre y apellido serán reemplazados por un número. Todos los archivos tendrán una clave de acceso para proteger su contenido.

- No se mostrarán las fotografías de la cara del trabajador para guardar la confidencialidad.

¿Existen riesgos al participar en el estudio?

- No existen riesgos para usted al participar en este estudio. Todos los procedimientos que vamos a utilizar son seguros. Recuerde que no tiene que responder a las preguntas que no quiera contestar. En todo momento se estará en la disposición de contestar sus dudas o inquietudes.

¿Cuáles son los beneficios de participar en este estudio?

- Los resultados del estudio le permitirán que usted conozca qué tanto contacto tiene con el plaguicida que usó y posteriormente será útil para identificar alternativas que disminuyan la exposición a plaguicidas, así como establecer mecanismos que prevengan enfermedades a largo plazo.

¿Qué pasa con la confidencialidad?

- Se hará todo lo posible por proteger su privacidad. Toda la información que usted brinde durante las entrevistas, serán identificadas por medio de un número y no su nombre. Únicamente el investigador, tendrá acceso a los documentos que incluirán sus nombres. Todo lo que usted diga es confidencial. En las publicaciones de los resultados de la investigación, su información permanecerá como confidencial.

La participación voluntaria

Usted puede negarse a participar o dejar de participar en el estudio en cualquier momento. Su participación es voluntaria. Si decidiera retirarse, o indique que ya no quiere que se utilicen sus datos, esto no le afectaría de ninguna manera.

Su decisión de participar en esta investigación

Antes de dar su consentimiento de participar en esta investigación, usted debe haber entendido en qué consiste su participación y nosotros debemos haberle contestado satisfactoriamente todas sus preguntas. Si quisiera tener más información en el futuro, puede obtenerla llamando a Jorge David Valenciano Granados al número de teléfono 8832-8301. Usted también puede consultar sobre sus derechos como participante de este estudio, o cómo ha sido tratado en este estudio y contactar al Comité Ético Científico de la Universidad Nacional al teléfono 2277-3515, los lunes y miércoles por la mañana (8 am a 12 md) o martes, jueves y viernes por la tarde (1 a 5 p.m.). Usted recibirá una copia de este documento firmado para su uso personal.

Devolución de resultados

Al finalizar el proyecto se invitará a los participantes a una charla informativa sobre los resultados obtenidos. Esta información será brindada de forma general sin detallar información personal de los participantes.

También le comunicaremos nuestras conclusiones preliminares a las autoridades competentes (Dirección Regional, Salud y Seguridad en el Trabajo), con el objetivo del aprovechamiento de la investigación para el mejoramiento de las condiciones de trabajo. Esta información será expuesta de forma general sin detallar información personal de los participantes.

Por lo tanto, ¿Usted está de acuerdo con...?

- Ser observado mientras realiza la aplicación de plaguicidas Sí No
- Quitarse la camisa posterior a la aplicación de plaguicidas Sí No
- Ser fotografiado Sí No
- Participar de los talleres que se organicen Sí No
- Compartir los datos que se van a recolectar con otros investigadores siempre y cuando no se compartan datos personales Sí No

He leído la información sobre este estudio. He hablado con el estudiante investigador y me ha contestado todas mis preguntas en un lenguaje comprensible para mí. Entiendo que mi participación es voluntaria y que tengo derecho a retirarme cuando así lo desee en cualquier momento, sin que esto me perjudique de ninguna manera. Participo voluntariamente en el estudio.

He recibido una copia de este consentimiento para mi uso personal.

Fecha Hora

Nombre No. cédula

Firma

Jorge David Valenciano Granados 12020438 _____
Nombre del estudiante investigador No. cédula del estudiante investigador Firma del estudiante investigador

Soy testigo de que este formulario de consentimiento se le ha leído en voz alta al participante, él ha expresado su comprensión del contenido y se le ha dado la oportunidad de hacer preguntas.

Nombre del testigo No. cédula del testigo Firma del testigo