



UNIVERSIDAD PERUANA  
**CAYETANO HEREDIA**

# SALUD OCUPACIONAL ENFOCADO A AGROQUÍMICOS

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA  
OPTAR EL GRADO DE MAESTRA EN  
MEDICINA OCUPACIONAL Y DEL MEDIO  
AMBIENTE

MARGGIE LIZBETH CARPIO PACHECO

LIMA – PERÚ

2024



**ASESOR**

Dra. María Del Carmen Gastañaga Ruiz

**CO ASESOR**

Lic. Angie Kimberly Borjas Felix

**JURADO DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN**

Mg. Mirko Pezoa Villanueva

PRESIDENTE

Mg. Cinthia Cruz Meza

VOCAL

Mg. Gabriel Acurio Salazar

SECRETARIO (A)

### **DEDICATORIA.**

A mi madre Marghot, quien me ha brindado su amor y apoyo incondicional a lo largo de mi vida y en cada paso de mi camino académico. A mi compañero de vida quien me ha brindado su amor, apoyo y comprensión durante todo este proceso. A mi hermana por estar siempre a mi lado y ser mi ancla en tiempos de incertidumbre. Gracias por ser parte de mi vida.

### **AGRADECIMIENTOS.**

A mi familia, quien me ha apoyado incondicionalmente durante todo este tiempo.

A mis asesoras, por su orientación y apoyo durante todo el proceso de investigación. Su experiencia y conocimiento en el tema me permitieron profundizar en el estudio y culminar con mis objetivos.

### **FUENTES DE FINANCIAMIENTO.**

Trabajo de investigación Autofinanciado



UNIVERSIDAD PERUANA  
CAYETANO HEREDIA

## SALUD OCUPACIONAL ENFOCADO A AGROQUÍMICOS

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA  
OPTAR EL GRADO DE MAESTRA EN  
MEDICINA OCUPACIONAL Y DEL MEDIO  
AMBIENTE

MARGGIE LIZBETH CARPIO PACHECO



Informe estándar

Informe en inglés no disponible Más

### 9% Similitud estándar

#### Fuentes

Mostrar las fuentes solapadas

1 Internet

ciencialatina.org

14 bloques de texto 226 palabras que coinciden

2 Trabajos del estudiante

Universidad Peruana Cayetano

5 bloques de texto 148 palabras que coinciden

3 Internet

www.coursehero.com

8 bloques de texto 119 palabras que coinciden

4 Internet

icru.com

## TABLA DE CONTENIDOS

|   |    |
|---|----|
| INTRODUCCIÓN .....  | 1  |
| I. DESARROLLO DE LOS TRABAJOS .....   | 2  |
| 1.1. Capítulo I: Exposición ocupacional a agroquímicos .....  | 2  |
| 1.2. Capítulo II: Evaluación médica ocupacional del trabajador expuesto a agroquímicos .....            | 15 |
| 1.3. Capítulo III: Diagnóstico de enfermedad ocupacional en trabajadores expuestos a agroquímicos ..... | 26 |
| II. CONCLUSIONES .....  | 41 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....   | 42 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|   |    |
|---|----|
| Tabla 1. Tipos de riesgo laboral en asociación con la repercusión en salud. ....                                      | 12 |
| Tabla 2. Pasos de acción a seguir en una emergencia por contacto con el agroquímico según la vía de adquisición. .... | 24 |
| Tabla 3. Sintomatología de intoxicación según tipo de plaguicida .....  | 32 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| Figura 1. Correcto uso del equipo de protección personal..... | 23 |
|---|----|

## **RESUMEN**

Los agroquímicos son productos químicos usados en el área de la agricultura para la protección de cultivos ante la presencia de maleza, enfermedades y plagas, así como para mejorar la producción y el crecimiento de estos, se pueden clasificar en plaguicidas y fertilizantes. A pesar de su importancia, la exposición a estos productos químicos puede traer consecuencias de daño en la salud de quienes los manipulan, por lo que implica la implementación de medidas de seguridad en el manejo de los mismos, desde su fabricación y manipulación, como el uso idóneo de los equipos de protección personal, la capacitación en el manejo seguro de los productos químicos entre otros. Es así como desde el punto de vista de la salud ocupacional, este tema toma importancia por los impactos significativos en la salud de los trabajadores. Por tanto, este portafolio aborda la importancia de la salud ocupacional en torno al uso de agroquímicos a partir de la realización de una revisión exhaustiva del tema, resumida en tres portafolios.

Para el portafolio 1, se aborda acerca de la exposición ocupacional a agroquímicos, que comprenderá el uso en el tiempo desde su descubrimiento, la industrialización de estos productos y los países que presentan mayor producción e importación, las instituciones que regulan su compra y manipulación a nivel nacional a partir del acápite acerca de las regulaciones en Perú, la clasificación de los agroquímicos y la definición de riesgo ocupacional hacia los mismos.

Para el portafolio 2, se aborda acerca de los exámenes médicos ocupacionales en los trabajadores expuestos a agroquímicos, considerando la evaluación médica ocupacional en general, la evaluación específica con los exámenes complementarios para los grupos ocupacionales expuestos, la interpretación de resultados y seguimiento del trabajador contaminado, así como la prevención, seguridad y vigilancia.

Para el portafolio 3, se aborda acerca del diagnóstico de las enfermedades ocupacionales en relación a agroquímicos, donde se realiza una exploración acerca de las vías de exposición del agroquímico al organismo, los casos de intoxicación aguda y crónica, la evaluación de síntomas y daños, los centros de tratamiento, los métodos diagnósticos disponibles, las enfermedades ocupacionales relacionadas, el manejo y la prevención del trabajador enfermo.

Los resultados del portafolio resumen la importancia en el manejo y manipulación del uso de agroquímicos en grupos ocupacionales expuestos con la finalidad de exponer los riesgos asociados respecto a la salud del trabajador y prevenir desenlaces mayores a partir del

reconocimiento de las medidas de seguridad, vigilancia en salud, protección personal, medidas de prevención y seguimiento en casos de accidentes.

Este portafolio concluye que la exposición ocupacional a agroquímicos representa un riesgo significativo para la salud de los trabajadores rurales, pudiendo ingresar al organismo por diversas vías enfatizando en el uso de la medicina ocupacional como punto clave en la prevención de enfermedades laborales, con énfasis en la detección temprana de intoxicaciones. Además, se reconoce que el seguimiento regular de la exposición es primordial para proteger a los trabajadores y al medio ambiente de los impactos nocivos de los agroquímicos.

**PALABRAS CLAVE:** AGROQUÍMICOS, CARBAMATOS, ORGANOFOSFORADOS, FERTILIZANTES, EXPOSICIÓN OCUPACIONAL

## **ABSTRACT**

Agrochemicals are chemical products used in agriculture to protect crops from weeds, diseases and pests, as well as to improve their production and growth; they can be classified into pesticides and fertilizers. Despite their importance, exposure to these chemicals can have harmful consequences on the health of those who handle them, which implies the implementation of safety measures in their handling, from their manufacture and handling, such as the proper use of personal protective equipment, training in the safe handling of chemicals, among others. Thus, from the point of view of occupational health, this issue is important because of the significant impacts on the health of workers. Therefore, this portfolio addresses the importance of occupational health in relation to the use of agrochemicals based on an exhaustive review of the subject, summarized in three portfolios.

For portfolio 1, occupational exposure to agrochemicals is addressed, which will include the use over time since their discovery, the industrialization of these products and the countries with the highest production and importation, the institutions that regulate their purchase and handling at national level from the section on regulations in Peru, the classification of agrochemicals and the definition of occupational risk to them.

Portfolio 2 deals with occupational medical examinations of workers exposed to agrochemicals, considering occupational medical evaluation in general, specific evaluation with complementary examinations for exposed occupational groups, interpretation of results and follow-up of the contaminated worker, as well as prevention, safety and surveillance.

Portfolio 3 deals with the diagnosis of occupational diseases related to agrochemicals, where an exploration of the routes of exposure of agrochemicals to the organism, cases of acute and chronic intoxication, evaluation of symptoms and damage, treatment centers, available diagnostic methods, related occupational diseases, management and prevention of the sick worker is carried out.

The results of the portfolio summarize the importance of handling and manipulating the use of agrochemicals in occupationally exposed groups in order to expose the associated risks regarding the worker's health and prevent major outcomes from the recognition of safety measures, health surveillance, personal protection, prevention measures and follow-up in case of accidents.

This portfolio concludes that occupational exposure to agrochemicals represents a significant risk to the health of rural workers, as they can enter the organism by various routes, emphasizing the use of occupational medicine as a key point in the prevention of occupational

diseases, with emphasis on the early detection of intoxications. In addition, it is recognized that regular monitoring of exposure is essential to protect workers and the environment from the harmful impacts of agrochemicals.

**KEYWORDS:** AGROCHEMICALS, CARBAMATES, ORGANOPHOSPHATES, ORGANOPHOSPHATES, FERTILIZERS, OCCUPATIONAL EXPOSURE

## INTRODUCCIÓN

Los agroquímicos, dentro de los que se incluyen a los fertilizantes y a los plaguicidas, son compuestos químicos que se destinan a reducir, eliminar o controlar organismos considerados perjudiciales para la producción agrícola. Estas sustancias han suscitado debates multidisciplinares sobre sus consecuencias en la salud de los agricultores, así como de quienes participan en su producción, distribución y aplicación. A pesar de que estas sustancias son útiles para la estabilidad económica y la seguridad alimentaria en muchos lugares, también plantean una serie de riesgos inherentes a quienes están expuestos a ellas, tanto de manera directa como indirectamente.

La exposición ocupacional a agroquímicos no es un fenómeno uniforme. Su magnitud y naturaleza varían dependiendo de las sustancias específicas, el método de aplicación, las medidas de bioseguridad utilizadas y las condiciones laborales. Por ende, es imperativo comprender estos matices para poder evaluar, prevenir y tratar adecuadamente los efectos que causan estos agroquímicos en la salud de quienes se encuentran en exposición constante a ellos.

La exposición a este tipo de productos en el ámbito laboral no es constante, varía dependiendo de los compuestos usados para su elaboración, la técnica de aplicación, la dosificación, la frecuencia de aplicación, las precauciones de bioseguridad y el entorno de trabajo; su alcance y carácter cambian, estas características propias son útiles para llegar a detectar, prevenir y manejar los problemas de salud de los individuos expuestos.

## I. DESARROLLO DE LOS TRABAJOS

### 1.1. Capítulo I: Exposición ocupacional a agroquímicos

Para abordar este primer capítulo se ha enfatizado en las palabras clave siguientes:

("Pesticides"[Mesh] OR "Pesticides" [Pharmacological Action] OR "Pesticide Synergists"[Mesh] OR "Pesticide Residues"[Mesh] OR "Agrochemicals"[Mesh] OR "Biological Control Agents"[Mesh] OR "Herbicides"[Mesh] OR "Insecticides"[Mesh] )AND ("Environmental Exposure"[Mesh] OR "Inhalation Exposure"[Mesh] OR "Occupational Exposure"[Mesh] OR "Post-Exposure Prophylaxis"[Mesh]) OR "History"[Mesh] OR "Government Regulation"[Mesh] OR "prevention and control" [Subheading])

#### A. Definiciones importantes

- **Fertilizantes:** Cualquier sustancia de tipo de material orgánico o inorgánico, que al adicionarse al suelo o sobre una planta o cultivo, cumple la función de suplir la cantidad de nutrientes necesarias para el crecimiento de estas (1)
- **Plaguicidas:** Son sustancias elaboradas con elementos químicos que causan destrucción y/o control de plagas (2)
- **Enfermedad ocupacional:** Enfermedades contraídas durante la exposición laboral o agravadas por esta (3).
- **Enfermedad profesional:** Enfermedades originadas por el trabajo de forma directa. Por ejemplo, en el uso de sustancias químicas o biológicas del mismo o ante la carga de un peso respectivo (4).
- **Riesgo químico:** Posibilidad de daño como resultado de la exposición no controlada de una sustancia química (5).
- **Peligro químico:** Capacidad de un agente químico para causar daño (5).

#### B. Un poco de historia

Acerca de los agroquímicos:

Los sumerios emplearon azufre hace 4500 años para combatir insectos y ácaros; los chinos emplearon plaguicidas a base de plantas 1300 años después; y posteriormente usaron otros métodos para alejar a las plagas como la modificación de las fechas de plantación. Con la revolución agrícola de los siglos XVII y XVIII, las plagas se volvieron un problema serio, por lo que las estrategias de reducción de plagas se propagaron a tal punto de obtener una mejor

que otra, es ahí, donde se usaron productos como el jabón, el aceite mineral y el arsénico, el mismo que fue descubierto por Plinio El Viejo durante el siglo I, a partir de la observación de su eficacia en el alejamiento de las plagas (6) .

El verdadero cambio, fue realizado con la introducción en la posguerra del dicloro-difenil-tricloroetano (DDT), cuya acción contra los insectos que devoraban las telas fue descubierta por el científico suizo Paul Hermann Müller, esta sustancia fue vital en el esfuerzo militar para acabar con enfermedades como el tifus y la malaria (7). Desde su introducción tras la Segunda Guerra Mundial, el DDT pasó a ser parte del control de plagas, lo cual representó un hito importante para la salud pública y para el desarrollo agrícola (8) .

Hacia el año 1960, la bióloga Rachel Carson, con la publicación de su libro "Primavera silenciosa", demostró una evaluación minuciosa de los plaguicidas y resaltó el efecto que ocasionan en el deterioro del ecosistema y en la irrupción de la cadena alimentaria, esto hizo que los ecologistas lucharan por leyes más estrictas (8). Con este libro y otros dos sobre evaluación de plaguicidas, Carson evidencia que la exposición a ciertas dosis de estas sustancias puede alterar el comportamiento reproductivo de las especies, además sugiere métodos de control sostenibles, haciendo un llamado sobre regulaciones más estrictas en cuanto a la educación de los riesgos de los agroquímicos (8,9).

El efecto tan profundo que ocasionó este libro en la población en general, llevó a que los plaguicidas fueran un tema muy debatido a nivel mundial en cuanto a su seguridad, algunos estaban de acuerdo con Carson y otros aseguraban que esto iba a desencadenar epidemia de enfermedades, sin embargo hacia la década de los 70s comenzaron a entrar en vigor leyes que regulan el uso de los plaguicidas y los químicos comenzaron a crear elementos que controlan plagas a partir de un punto de vista sostenible como las proteínas biodegradables (9–11).

Acerca de la salud ocupacional y la industrialización de productos .

La Medicina Ocupacional es una rama especializada de la medicina que se enfoca en la prevención, diagnóstico y tratamiento de enfermedades y lesiones relacionadas con el trabajo. Su objetivo principal es proteger la salud de los trabajadores y promover entornos laborales seguros. En este campo, se analizan los riesgos laborales, se realizan evaluaciones médicas ocupacionales y se implementan medidas preventivas para garantizar la salud y el bienestar de los empleados en su entorno laboral; su importancia radica en su capacidad para identificar y abordar los riesgos laborales específicos de cada industria, contribuyendo así a la reducción de accidentes laborales, enfermedades ocupacionales y ausentismo laboral. Además, esta

disciplina juega un papel fundamental en la promoción de la salud en el lugar de trabajo, fomentando la ergonomía, la higiene laboral y la salud mental de los trabajadores (2).

En la antigüedad, durante la Edad de Bronce, el ser humano comenzó a realizar actividades artesanales y agrícolas que lo exponían a riesgos laborales, aunque las lesiones más graves solían ser resultado de las guerras. A pesar de esto, la conciencia colectiva de protección laboral era limitada, enfocándose más en la protección grupal que individual (2).

Civilizaciones como la de Mesopotamia mostraron avances en salud ocupacional y seguridad laboral. Por ejemplo, asociaban las cataratas con la manufactura y tenían códigos legales, como el de Hammurabi, que sancionaban daños causados en contextos laborales. Los esclavos desempeñaban labores arduas y riesgosas, siendo el trabajo asociado con la esclavitud y el esfuerzo físico (2).

El trabajo manual se consideraba propio de esclavos o de estratos socioeconómicos bajos, mientras que la filosofía y la política eran actividades más prestigiosas. Se implementaron normas en lugares como Mesopotamia, Israel y Egipto para prevenir enfermedades, destacándose Egipto por sus innovaciones en seguridad y salud ocupacional, como el uso de arneses y andamios en la construcción de pirámides (2).

En Egipto, Ramsés II mostraba preocupación por el bienestar de los esclavos que construían sus estatuas, creyendo que un trato especial mejoraría su desempeño. En cuanto a la medicina ocupacional, textos antiguos como la 'Sátira de los Oficios' y el 'Papiro Quirúrgico' mencionaban las implicaciones de posturas incómodas en el trabajo, así como enfermedades asociadas a ocupaciones específicas, como afecciones oculares y parasitarias descritas en el documento "El papiro quirúrgico", el cual data en el siglo XVIII (2).

En Grecia, entre los siglos VI y IV a.C., se produjeron avances significativos para los trabajadores, especialmente durante la construcción de la Gran Acrópolis, donde se implementó un trabajo diferenciado; Hipócrates, escribió tratados sobre las enfermedades de los mineros, describiendo los síntomas de intoxicación por mercurio y plomo y recomendando medidas para evitar la sobredosis de estos elementos, como el uso de los baños higiénicos, asimismo, este personaje también observada la relación entre los tipos de trabajo que presentaban sus pacientes y familiares con la salud que presentaba cada uno de ellos, siendo uno de los aportes más importantes en medicina ocupacional, Aristóteles por su parte también se interesó en los efectos de la intoxicación por plomo y fue en Roma donde se comenzaron a adaptar las normativas regulatorias para los trabajos en base a recomendaciones para la prevención de daños en la

salud de la población, uno de los personajes más resaltantes fue Galeno, quien realizó seguimiento a las enfermedades de los gladiadores, los mineros y curtidores (2).

En el renacimiento surgieron las primeras leyes sobre salud laboral y con la creación de las universidades y de las imprentas hacia el año 1450, estas se generalizaron, dedicando mayor énfasis en la protección de la salud de los trabajadores; hacia el año 1700 apareció Bernardino Ramazzini con uno de los trabajos más importantes de la salud ocupacional, el libro “De morbis artificum diatriba” el cual abordaba un análisis de las enfermedades resultantes de la exposición de más de 100 enfermedades entre las dos ediciones del libro (2).

Posteriormente, llegó el boom de la revolución industrial, lo cual conllevó a mayor cantidad de trabajos y por tanto, mayor migración de las personas del campo a la ciudad, lo que hizo que la sobrepoblación y el hacinamiento fueran puntos de inflexión a considerar dentro de las leyes de protección, es así como hacia los años 1800 se elaboraron legislaciones que regulaban supervisiones a las industrias así como también la formalización de estas y la presencia de garantía de higiene y salud (2).

### **C. Industrialización de productos agroquímicos**

A nivel mundial, la producción de agroquímicos se ha convertido en una industria clave. China, al igual que Canadá, Estados Unidos, Rusia y Bielorusia es uno de los países que presenta mayor producción de estas sustancias, tanto en importación como en exportación según lo reportado por la OEC (Observatorio de complejidad económica), los destinos principalmente son de extensa agricultura como Brasil o India (12).

La exportación de agroquímicos es una parte esencial del comercio internacional, sin embargo, en los últimos años se dirige hacia un enfoque conservacionista (12) La exportación de agroquímicos está sujeta a regulaciones internacionales, existe una normativa vigente de suma importancia; el **Convenio de Róterdam** adoptado en Róterdam, Países Bajos, en 1998 y entrado en vigencia desde el 2004, es un tratado internacional que surge con el objetivo de promover la responsabilidad en el intercambio de productos químicos, en su disposición menciona al Consentimiento Fundamentado Previo (CFP), el cual se usa entre las partes importadora y exportadora para facilitar la acción sobre los productos en cuestión, y enfatiza en cuidados, traslado y recibimiento de estos mismos, para asegurar un uso seguro dentro del comercio (12).

Este convenio se encarga de la regulación de las normativas para la protección de salud de los agentes y/o funcionarios encargados de importar y exportar químicos y a pesar de que señala

evitar aquellos cuya exposición es altamente dañina, no regula el etiquetado y la producción de estos elementos, lo que sí se realiza a partir del **Convenio de Estocolmo**, este fue adoptado en 2001 en Suecia y el objetivo es buscar la reducción del uso y producción de los productos químicos que contengan contaminantes orgánicos persistentes (14).

Asimismo, existen otras regulaciones que dependen de los países de forma específica, como, por ejemplo, en caso de Estados Unidos donde se implantó una política del etiquetado para organismos genéticamente modificados, además del Convenio de Rotterdam y Estocolmo (15).

América Latina desempeña un papel crucial en la industria de agroquímicos, tanto como consumidor y productor, ello porque estos países tienden a tener gran extensión de cultivos y optan en muchos casos en la reprimarización de sus recursos, lo que causa una agricultura diversa, estas importaciones se encuentran reguladas por los tratados bilaterales de libre comercio realizados entre naciones, los cuales señalan los derechos de importación, el pago de impuestos, los subsidios y la protección de patentes de agroquímicos (Naciones Unidas, 2005). Como se evidenció anteriormente uno de los países con mayor uso de agroquímicos es Brasil con el 19% de importación, lo que ha llevado a la protección de cultivos debido a su amplia diversidad agrícola (12).

Brasil al tener gran cantidad de cultivos, se encarga de importar productos que usan para sus plaguicidas agrícolas, generalmente, estos provienen de países como China, igualmente, la industria brasileña ha crecido en los últimos años llegando a obtener una mejora económica a raíz de ello según SINDIVEG (Sindicato Nacional de la Industria de Productos de Defensa Vegetal) con la comercialización y uso de herbicidas, fungicidas y plaguicidas, en ese orden que surgen a partir de los productos derivados de las patentes de agroquímicos importados; esta acción es regulada por la empresa multinacional IBAMA (Instituto Brasileño del Medio Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables) Otra empresa involucrada dentro de las políticas agrícolas es Bayer y asociados, quienes han demostrado interés por hacer frente a la sequía que se ocasiona debido a las condiciones climáticas, a partir de la creación de productos híbridos con uso de sustancias químicas alternativas para permitir mayor cosecha (17).

#### **D. Entidades regulatorias en Perú**

El Perú cuenta con entidades que regulan estos productos, se encuentra al Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI); la cual es una entidad gubernamental clave encargada de impulsar y regular el desarrollo sostenible del sector agrícola y la gestión de recursos hídricos, forestales y de fauna a nivel nacional, ello a través de la Política Nacional Agraria, normativa

que se enfoca en orientar a una agricultura sostenible con la inclusión y el desarrollo de la población rural, con el aprovechamiento de recursos ambientales de forma responsable (18).

La ley N°2957 conocida como "Ley general de la Sanidad Agraria" desarrollada por MINAGRI enfatiza en el control de plagas y enfermedades que podrían dañar seriamente la salud de los animales y de las personas, además de la promoción de los acondicionamientos de lugares adecuados para el favorecimiento del desarrollo sostenible de la agricultura y la exportación de los productos y regular la producción, comercialización y disposición final de cada uno de los insumos agrícolas. Esta ley se modificó en 2018 a partir del Decreto Legislativo 1083, que incluye regulaciones sobre el procesamiento primario de estos productos, desde las regulaciones del comportamiento de los agricultores, desde la imposición de sanciones en condiciones desfavorables o procesos no inocuos (18,19).

El MINAGRI se encarga específicamente del sector agrario, pero los agroquímicos pueden llevar a enfermedades en otros grupos de trabajadores expuestos siempre y cuando se encuentren dentro de un área donde se aplicó, se usa o se almacena agroquímicos, es ahí donde entran a tallar otras entidades como el caso de la SENASA, la cual se encarga de hacer cumplir las disposiciones y normativas acerca de la protección en cada paso del uso y/o contacto con el agroquímico, además de la realización de capacitaciones y del control de plagas. Por otro lado, trabaja en conjunto con la Dirección General de Salud Ambiental e Inocuidad Alimentaria (DIGESA), quien es el órgano de línea del Ministerio de Salud, encargada de establecer políticas y orientar acciones de vigilancia en el contexto de la salud ambiental, asegurando los estándares de seguridad y calidad sean cumplidos para preservar la inocuidad en los seres humanos y animales expuestos (19, 20).

### **E. Clasificación de los agroquímicos**

Los agroquímicos se clasifican en plaguicidas y fertilizantes. Respecto a los plaguicidas, estas son sustancias químicas o biológicas que se usan para prevenir, mitigar, repeler o destruir plagas, mientras que los fertilizantes son sustancias que apoyan el crecimiento de las plantas, por lo que aportarán nutrientes para su desarrollo.

Los plaguicidas se clasifican según su toxicidad aguda, vida media, uso y estructura química. La Organización Mundial de la Salud (OMS/WHO) clasificó a los plaguicidas por la toxicidad en 1975 y desde ahí se adapta a esta clasificación, en el documento del 2021, se hace una recapitulación del Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación y Etiquetado de Productos Químicos, que no tuvo modificaciones sino hasta 2009, los criterios de clasificación

se enfocan en los productos químicos activos y la dosis letal de los ingredientes en experimentación animal, específicamente en ratas. Dentro de esta clasificación también se indica el etiquetado adecuado de los productos, enfocando las figuras de representación para “VENENO” o “Tóxico” tales como calaveras o señales de peligro dentro de la consideración del rotulado (21).

Las categorías que se gestionan son: (21,22)

- ✓ Ia, sumamente peligroso; con etiqueta roja, su dosis letal al 50% es de <5 para vía oral y dérmica y hasta 100 para vía de gases.
- ✓ Ib, muy peligroso; con etiqueta roja, son aquellos con una dosis letal al 50% de 5-50 para vía oral, 5-200 para dérmica y 100 a 500 para gases.
- ✓ II, moderadamente peligroso; de color amarillo, son aquellos con una dosis letal al 10% entre 50 a 300 para vía oral, 200 a 1000 para vía dérmica y 500 a 2500 para gases.
- ✓ III, poco peligroso; de color azul, son aquellos con una dosis letal de 50% entre 300 a 2000 para vía oral, entre 1000 a 2000 para vía dermal y entre 2500 a 20000 para gases.
- ✓ U como poco probable de peligro agudo; de Color verde, son aquellos con una dosis letal oral aguda muy baja, requieren dosis de 2000 a 5000 para llegar a colocar en riesgo al ser vivo.

Además, en el documento de clasificación se visualizan las sustancias que se han dejado de comercializar por la fatalidad con la que se relacionan y por tanto su uso está discontinuado, y se encuentra la lista de productos que requiere del consentimiento fundamentado para su exportación y uso, regulado bajo el Convenio de Rotterdam (21).

Otra clasificación es la indicada según su vida media, donde se consideran a los plaguicidas en permanentes cuando quedan de forma indefinida, persistentes, que permanecen hasta los 20 años, moderadamente persistentes, que permanecen hasta los 18 meses y no persistentes, que permanecen hasta 12 semanas (2,23).

Según su uso o por la composición de este, los plaguicidas se clasifican en formulaciones secas, líquidas y gases. Dentro de la formulación seca, se encuentran los polvos, que están listos para su aplicación directa, pero son susceptibles a las corrientes del viento, se usan sobre todo para saneamiento ambiental y cuidado del ganado; los cebos que son altamente tóxicos y se usan para controlar roedores, moluscos y aves; gránulos que son similares a los polvos pero con un

tamaño mayor de partículas; pellets, que presentan un tamaño mayor a los gránulos por lo que su distribución es más precisa. Dentro de la formulación líquida, se encuentran los concentrados que son muy versátiles, de fácil transporte y genera poco residuo, pero son altamente inflamables y corrosivos; las soluciones que son altamente diluibles; los micro encapsulados que, si bien generan más residuos, disminuye el riesgo para los aplicadores. Y, dentro de la formación gaseosa, que se usan en tratamiento de plantas debido a su alta penetrabilidad, pero su alta volatilización somete a los humanos a mayores riesgos (2).

Asimismo, los plaguicidas pueden clasificarse según su estructura química, en diversas familias que incluyen: (23,24):

- **Carbamatos (C)**, son derivados del ácido carbámico y actúan inhibiendo la enzima acetilcolinesterasa de manera reversible, similar a los fosforados, pero con menor toxicidad en vertebrados debido a su reversibilidad. Tienen baja penetración al sistema nervioso central y menor incidencia de intoxicaciones. El carbaril fue el primer carbamato comercializado en 1958, destacando por su eficacia contra insectos resistentes al DDT y su baja toxicidad. Aunque se han descubierto otros carbamatos activos y poco tóxicos, el carbaril sigue siendo ampliamente utilizado. Algunos carbamatos como aldicarb son altamente tóxicos y se emplean en gránulos para controlar insectos del suelo, así como nematodos y ácaros. Por otro lado, el butocarb es menos tóxico y se usa en veterinaria contra moscas de establos. La acetilación del grupo carbámico reduce la toxicidad sin afectar significativamente la actividad insecticida, promoviendo el desarrollo de nuevos carbamatos con esta modificación (26).
- **Organofosforados (OP)**, que se generan a partir de ésteres, amidas o tioles conectados a ácidos fosfóricos, fosfónicos y fosfortoicos. Mediante procesos de oxidación e hidrólisis, estos compuestos actúan inhibiendo la enzima acetilcolinesterasa de manera irreversible, a diferencia de los carbamatos cuya inhibición es reversible y tienden a descomponerse con mayor facilidad, dando lugar a productos hidrosolubles que, por lo general, son menos persistentes y tienen tendencia a acumularse en el medio ambiente. Junto con los carbamatos son los más usados en salud pública y en agricultura.
- **Piretroides (P)**, que son metabolitos secundarios de plantas que actúan de forma tóxica hacia los insectos, pueden ser sintéticos o naturales, siendo poco tóxicos por su descomposición fácil. Ejemplos incluyen la nicotina del tabaco, la rotenona de *Derris elliptica* y *Lonchocarpus nicou*, y el pelitre de *Chrysanthemum cinerariifolium*. Los más potentes son los derivados sintéticos del ácido crisantémico son más potentes que se

usan en agricultura, mientras que los más efectivos para plagas agrícolas son los piretroides sintéticos, como permetrina y fenvalerato, con baja toxicidad para mamíferos pero peligrosos para peces (26).

- **Organoclorados (OC):** Con una estructura química formada por hidrocarburos clorados, los OC se encuentran entre las clases de plaguicidas más empleadas. Esto les confiere una excelente estabilidad química y física. El hecho de que estos plaguicidas sean no volátiles, insolubles en agua o solubles en disolventes orgánicos, ayuda a explicar por qué permanecen en el medio ambiente. Estos compuestos tienen una semivida de unos cinco años, aunque la duración exacta dependerá del producto concreto. La vida media de la aldrina, el beta-hexaclorociclohexano y el DDT, por ejemplo, es de tres, seis y treinta años, respectivamente. Muchos tejidos humanos y mamíferos distribuyen la molécula o sus subproductos en general. Es probable que se acumulen en el tejido celular subcutáneo, la leche materna y en las fracciones grasas de la sangre. El DDT, la aldrina, la dieldrina, la endrina, el endosulfán y el lindano son miembros destacados de esta categoría; algunos de ellos, como el lindano y el endosulfán, siguen utilizándose en España mientras que los demás fueron parte de los 8 clorados declarados prohibidos por orden del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación en este país. Por otro lado, en el caso de Perú, los derivados del DDT se encuentran prohibidos según resolución ministerial N°164-99-EF/15 vigente desde el año 1999 por ser altamente tóxico para la salud humana.

Una de las formas más sencillas de clasificación de estos plaguicidas es justamente en base a las plagas a las que atacan; por ejemplo, los fungicidas, atacan a hongos, los insecticidas a insectos, entre otros. Sin embargo, un mismo producto puede atacar a diferentes tipos de plagas, lo cual causa confusión en la clasificación (22).

Por otra parte, los fertilizantes pueden clasificarse según su estructura en tres tipos disponibles (27):

- **Químicos;** a veces denominados sintéticos, como el fosfato monopotásico y la urea, se fabrican a partir de minerales y gases mediante procesos químicos.
- **Orgánicos;** la concentración de nutrientes de los fertilizantes orgánicos es menor que la de los minerales porque proceden de fuentes vegetales y animales.
- **Minerales;** conocidos como abonos minerales, se fabrican directamente a partir de depósitos minerales y tienen un alto contenido en nutrientes que las plantas pueden absorber fácilmente.

Además, los fertilizantes se presentan en forma líquida, gaseosa o sólida, cada una con ventajas únicas para su aplicación y almacenamiento; mientras que por su forma de aplicación pueden ser radicular o foliar y por su composición elemental puede dividirse en compuestos nitrogenados, microelementos y en compuestos fosfóricos. La clasificación de los fertilizantes es esencial para elegir el tipo adecuado en función de los objetivos del cultivo y las necesidades de las plantas (1).

## **B. Agroquímicos y riesgos laborales**

Para valorar el riesgo laboral de una sustancia se generan dos pasos sustanciales: La identificación de peligros y la valoración de riesgos; en el primer paso se describe y evidencia el peligro potencial que surge en cualquier ámbito laboral, este paso es de reconocimiento, mientras que la valoración de riesgos, surge del primer paso, a partir de la evaluación de los riesgos asociados a cada peligro y se evalúa la probabilidad de que sucedan consecuencias importantes para el establecimiento de daños en la salud de la persona expuesta al peligro (27).

En el caso de los agroquímicos, se debe diferenciar entre los tipos de obreros que manipulan estas sustancias, aquí se encuentran los productores cuya manipulación del agroquímico es mínima, los aplicadores cuya manipulación es alta y los productores que también son aplicadores cuya manipulación es muy alta, esto genera diferentes riesgos ante un solo peligro, asimismo queda en evidencia que la mayoría de los trabajadores en agricultura son productores que también son aplicadores. La dosis de aplicación de los plaguicidas y fertilizantes depende del área de cultivo, por lo que no se puede generalizar el nivel de riesgo (28).

El riesgo laboral se clasifica según las consecuencias para la salud de la persona expuesta a partir de peligros identificados, en la siguiente tabla se puede observar el tipo de riesgo con los peligros asociados y las consecuencias en la salud general de la persona (29):

**Tabla 1. Tipos de riesgo laboral en asociación con la repercusión en salud.**

| <b>Tipo de riesgo</b> | <b>Peligro asociado</b>   | <b>Repercusión en salud</b>   |
|-----------------------|---|---|
| Riesgo biológico      | Microorganismos<br>Secreciones  | Enfermedades infecciosas<br>Enfermedades por plagas   |
| Riesgo químico        | Exposición a sustancias químicas  | Intoxicación<br>Daño respiratorio<br>Daño en mucosas o en piel<br>Alergias                                    |
| Riesgo ambiental      | Contaminación<br>Contacto con aguas residuales<br>Radiación   | Daño visual<br>Afecciones dérmicas<br>Enfermedades gastrointestinales<br>Enfermedades respiratorias<br>Cáncer |
| Riesgo físico         | Ambientación del lugar de trabajo (temperatura, luz, radiación)<br>Equipo de protección no adecuado | Daño ótico<br>Daño visual<br>Cáncer<br>Sofocación/golpe de calor  |
| Riesgo psicosocial    | Organización<br>Sobrecarga de trabajo<br>Ambientación del lugar de trabajo<br>Clima laboral         | Estrés<br>Depresión<br>Ansiedad   |

|                   |  |  |
|-------------------|--|--|
| Riesgo ergonómico | Levantamiento de peso<br>Movimientos repetitivos<br>Tipo de trabajo<br>Postura no adecuada | Trastornos musculoesqueléticos<br>Alteraciones o daños a nervios periféricos |
|-------------------|--|--|

\*Elaboración propia del autor

En el caso de los agroquímicos, pueden presentar cualquiera de estos tipos de riesgos a diferentes niveles, por ejemplo, el aplicador tiene riesgo ergonómico ante el movimiento repetitivo de la colocación de los productos, riesgo físico y químico si no cuenta con un equipo de protección adecuados, riesgo biológico en caso de contacto con alguna plaga agrícola y riesgo psicosocial ante un clima laboral poco respetable.

En la agricultura, la exposición recae en el uso de los agroquímicos, en general de los plaguicidas y fertilizantes, todos estos productos no quedan de forma perenne en los cultivos por lo que se realiza periódicamente la aplicación de los mismos; son las condiciones climáticas las que llevan a su degradación y disminuyen su disponibilidad sobre las plantas generando migración de los productos hacia el medio ambiente (30).

En términos generales cuando se usa una pequeña cantidad de los agroquímicos se obtienen beneficios, sin embargo, ante cantidades mayores, el producto se puede dispersar por las condiciones climáticas y persistir en el ambiente de acuerdo a su grupo químico. Entre los cambios climáticos se encuentran temperatura, humedad, precipitación, radiación y rocío que pueden favorecer la propagación de esporas y zoosporas, así como la actividad de vectores, aumentando la tasa transmisión de hongos y ciertas bacterias como *Escherichia coli*, *Vibrio parahaemolyticus*, *Campylobacter jejuni*, *Salmonella spp.*, *Bacillus cereus*, norovirus, *Clostridium perfringens* y *Staphylococcus aureus*, que terminan generando enfermedades (30) (31).

Existen mecanismos que ayudan a la diseminación de los agroquímicos, se encuentran los siguientes (30):

1. Sorción: capacidad de absorberse en el suelo, lo que genera contaminación del mismo
2. Lixiviación: Cuando el producto es persistente va más allá del cultivo y del suelo y se infiltra en el subsuelo, lo que genera contaminación del mismo y de las aguas subterráneas.

3. Deriva de pulverización: El producto al aplicarse recae en sitios diferentes a las plantas y cultivos.
4. Volatilización: Posterior a su aplicación, el producto se gasifica, llegando a lugares diferentes al de su aplicación.

Escorrentía superficial: Cuando se aplica en corrientes de agua que pueden trasladar al producto hacia lugares diferentes

## **1.2. Capítulo II: Evaluación médica ocupacional del trabajador expuesto a agroquímicos**

Para este capítulo se dispuso de la siguiente estrategia de búsqueda:

("Pesticides"[Mesh] OR "Pesticides" [Pharmacological Action] OR "Pesticide Synergists"[Mesh] OR "Pesticide Residues"[Mesh] OR "Agrochemicals"[Mesh] OR "Biological Control Agents"[Mesh] OR "Herbicides"[Mesh] OR "Insecticides"[Mesh] OR "Fertilizers"[Mesh]) AND ("Occupational Medicine"[Majr] OR "Work"[Mesh] OR "Environmental Exposure"[Majr] OR "Diseases"\* [Tiab]) Mientras que para los tópicos de normativas nacionales y seguimientos se usó la búsqueda en Google con las palabras clave: (normativas OR regulaciones OR evaluación) AND (ocupacional OR laboral OR ambiental) AND (agroquímicos OR plaguicidas OR plaguicidas OR fertilizantes).

### **A. Importancia de los exámenes médicos ocupacionales de trabajadores expuestos a agroquímicos**

Los EMOS o exámenes médicos ocupacionales son aquellas evaluaciones médicas que se disponen durante la relación laboral con cierta institución, abarcando desde el ingreso, hasta el término del contrato vigente. Por lo cual, según el tiempo en el que se realiza, se clasifica según normativa nacional en (29,32):

#### **1. EMO al ingreso o conocido como pre-ocupacional:**

Se realiza al inicio de la contratación, este examen valora si el trabajador es apto para laborar en la empresa y sirve para el seguimiento del mismo, por ejemplo, en el caso de un trabajador expuesto a agroquímicos, se evaluará si su piel tiene algún problema previo o si su visión tiene algún problema previo para evitar la asociación de este problema con el riesgo laboral de la exposición al agroquímico.

#### **2. EMO Periódica:**

La evaluación médica periódica es una revisión regular realizada por el médico ocupacional a los trabajadores para monitorear su salud en relación con los riesgos laborales, en este punto se detectan los problemas de salud que están comenzando a iniciar por el riesgo laboral, ya sea debido directamente a la manipulación del agroquímico o indirectamente a partir de las condiciones del ambiente laboral, como un equipo de protección no adecuado, el no presentar la disposición de agua para la descontaminación efectiva o incluso el hecho de la instalación de un

comedor sin las medidas de higiene adecuadas que pueden promover a una mayor exposición y por tanto, el desencadenamiento de un problema de salud relacionado a la ocupación y al agroquímico en sí, si el EMO periódico resulta positivo después de un resultado de un EMO inicial negativo significa que se debe evaluar tanto a la empresa como al empleador el cumplimiento de las normas relacionadas a la disminución del riesgo de exposición.

3. EMO al egreso o de retiro:

La evaluación médica de retiro identifica problemas de salud laboral causados durante su jornada de trabajo en el tiempo indicado, esto es, aquí se pueden evaluar intoxicaciones crónicas o secuelas por causa de la exposición laboral, en caso de encontrarlas, se debe realizar un informe con las fechas de seguimiento de la salud del paciente a largo plazo.

4. Otros EMO:

La evaluación se realiza al cambiar de puesto en el trabajo o por re inserción laboral, esta se encarga de evaluar la capacidad del trabajador frente a nuevos riesgos laborales y garantizar su salud y seguridad. En este caso, el médico se encargará de una evaluación dirigida a las adaptaciones necesarias para el puesto laboral rescatando la implementación de medidas de seguridad adecuadas como el equipo de protección personal y/o disposiciones para el uso, almacenaje y disposición del agroquímico.

Las evaluaciones médicas ocupacionales no reemplazan las medidas preventivas en el entorno laboral, por lo que el empleador debe seguir cumpliendo las normativas y regulatorias para minimizar la exposición de riesgo a uso de agroquímicos, la importancia de la realización de estas evaluaciones es la evaluación del trabajador como un todo y la evaluación de sus riesgos ante el uso de ciertas sustancias químicas, así como valorar el riesgo mayor o menor dependiente de sus comorbilidades y uso de medicamentos previos, además de hacer seguimiento durante las actividades laborales para detectar algún problema de cumplimiento a las normativas establecidas y poder establecer la subsanación de las mismas a tiempo (29).

Dentro de los objetivos de la evaluación médica ocupacional, se encuentran (33):

- Diagnosticar y prevenir las lesiones profesionales
- Prevenir el desarrollo de una enfermedad ocupacional

- Prevenir el agravamiento de una condición médica preexistente
- Identificar factores de riesgo y peligros potenciales en el ámbito laboral
- Establecer la compensación para el asegurado.

En instituciones formales esto se logra con periodicidad, sin embargo, en casos de empresas no formales como la mayoría de las empresas agroindustriales, es difícil obtener un examen médico ocupacional de forma periódica, e incluso, no es obligatorio para los trabajadores y son los individuos que presentan mayor riesgo laboral por encargarse de más de una actividad física (32).

Para llevar a cabo una evaluación médica ocupacional precisa, es fundamental que el médico ocupacional comprenda a fondo tanto las exigencias físicas y mentales del puesto de trabajo como la exposición a riesgos laborales. Esta comprensión detallada le permite determinar la idoneidad del trabajador para desempeñar sus funciones y recomendar medidas de protección adicionales para salvaguardar su seguridad y bienestar laboral, por tanto, el perfil de la evaluación médica ocupacional varía según el tipo de trabajo, exposición laboral y normativas locales.

De forma específica, en el uso de agroquímicos, el EMO general incluye (29):

- Anamnesis: En esta entrevista, se hace énfasis en la presencia de uso de medicamentos, las enfermedades previas del paciente y los problemas de salud que puede tener para la colocación en un puesto con menor riesgo de exposición.
- Examen físico: En este caso se analizan los problemas orgánicos que puede tener el paciente y pueden resultar relacionados a la exposición laboral, como lesiones oculares, lesiones en piel, algún tipo de cáncer o problemas respiratorios.
- Exámenes complementarios: Pruebas adicionales como laboratoriales, de imágenes, que según se encuentran detallados en el subtítulo C del presente capítulo.
- Evaluación de riesgos laborales: Valoración de riesgos laborales como el área de trabajo, el tiempo de exposición, el uso adecuado del equipo de protección personal, los hábitos del trabajador, si realiza bien su higiene o su descontaminación posterior a la exposición, si se alimenta durante la jornada laboral o si realiza descansos.
- Análisis de resultados: El médico analiza los resultados y emite conclusiones y recomendaciones para proteger la salud del trabajador.

Posterior a la interpretación de los resultados, el médico ocupacional realiza un informe al empleador con los resultados sin especificar a detalle la enfermedad encontrada en el paciente, además de emitir un informe anual acerca de los resultados obtenidos de la vigilancia en salud de los trabajadores y en caso de detectar alguna lesión o enfermedad asociada al agroquímico, deberá notificar la misma a la Comisión de invalidez para su respectivo descanso, además de la notificación al empleador para evaluar la situación de riesgo de exposición (32).

### **B. Interpretación de resultados y seguimiento al trabajador expuesto**

Los resultados de dichos exámenes son confidenciales y son comunicados solamente al médico del Servicio de Seguridad y Salud en el Trabajo (34).

Durante la comunicación o informe a la empresa sobre la evaluación del trabajador, no se deben detallar los problemas de este, sino que debe aportar una conclusión general sobre la idoneidad del trabajador para el puesto, indicando su aptitud médica y cualquier restricción o recomendación necesaria para garantizar un entorno laboral seguro y saludable (29).

Los resultados abarcan tres tipos de conclusiones sobre la evaluación médica: apto, no apto y apto con restricciones, los cuales describen literalmente el destino de cada persona evaluada (32).

Igualmente, existen ocasiones donde el médico ocupacional no concluye un examen médico ocupacional y solicita una segunda opinión hacia un especialista para evaluar si su enfermedad es incapacitante en el ámbito laboral o para solicitar una segunda opinión acerca de una patología al respecto y con dichas sugerencias y/o comentarios, recién emite un resultado concluyente (32).

En casos de intoxicación detectada se indica la actuación inmediata con el diagnóstico y socorro de primeros auxilios, la aplicación del antídoto en caso sea pertinente y el tratamiento médico subsecuente, ello para evitar que se produzcan daños corporales permanentes tal como lo indica el reglamento para el uso de plaguicidas en el ámbito agrícola dispuesto según decreto supremo en el año 2015; el cual dispone que ante la presencia de intoxicación por el uso de plaguicidas se debe; así mismo se indica que el ente encargado de establecer las medidas regulatorias del uso, notificación, registro y almacenaje de estos tipos de productos es la SENASA y por lo tanto, es esta misma institución la encargada de autorizar las actividades ocupacionales, según lo declara el artículo 24 (35).

### **C. Exámenes complementarios en grupos expuestos a agroquímicos**

Los exámenes complementarios son usados para determinar la salud en general de la persona sin que necesariamente se encuentre asociado a la exposición laboral. Se realizan generalmente cada año y presentan varios segmentos de evaluación integral, los cuales abarca como mínimo según la normativa de la Dirección general de Salud, a los análisis de laboratorio tales como biometría y bioquímica en sangre, examen de orina y grupo y factor. Mientras que en una evaluación más amplia y según el grupo de edad, pueden intervenir otros exámenes como (32):

- Audiometría y espirometría
- Toxicología dependiendo de la empresa y la exposición de los trabajadores, se pueden realizar pruebas en orina, sangre o aire espirado.
- Radiografía de tórax
- Valoración músculo esquelética

En el caso de la agricultura, que es el sector donde existe mayor frecuencia de exposición a agroquímicos, se encuentra normado la realización de exámenes complementarios específicos debido a su alto riesgo de exposición sobre todo en actividades informales, entre las pruebas que deben solicitarse se encuentran la siguientes (32):

- Hemograma completo
- Determinación de la actividad de la colinesterasa plasmática
- Determinación del compuesto organofosforado y de organoclorados o de sus metabolitos en los materiales biológicos (orina, sangre).
- Medición seriada de la hiperactividad bronquial inespecífica
- Radiografía de tórax postero-anterior y lateral
- Espirometría basal
- Pruebas de sensibilidad en mucosas por riesgo de daño ocular y exámenes oftalmológicos periódicos.

### **D. Regulaciones para exámenes médicos ocupacionales**

El Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo (MTPE) establece pautas para que los empleadores realicen exámenes médicos ocupacionales cada dos años a sus trabajadores, según

el Decreto Supremo N° 016-2016-TR. Estas evaluaciones son obligatorias para empresas no dedicadas a actividades de alto riesgo y deben considerar la fecha de ingreso de los trabajadores, así como el último examen médico practicado (34).

La norma también establece sobre un examen médico de salud el cual es opcional, pero debe realizarse en caso el empleador o el empleado lo solicite, igualmente los costos de atención son cubiertos necesariamente por el empleador, considerando la lista de precios otorgada por el Ministerio de Salud (34).

### **E. Seguridad y vigilancia en salud ocupacional en grupos ocupacionales expuestos a agroquímicos**

Los grupos ocupacionales expuestos a agroquímicos son sobre todo, los trabajadores pertenecientes al sector agrario, en cuanto a este sector, existen ciertas obligaciones que debe tener el empleador para con sus trabajadores, entre las que se encuentran (36):

1. Traslado de personal: a partir de un transporte adecuado, con el espacio suficiente para sus herramientas de trabajo personales, el vehículo no debe ser camiones de carga y debe fijar al menos un asiento por cada trabajador.
2. Alimentación; en el cual se deje fijar un horario para el consumo de los alimentos, así como la adecuada implementación de un comedor que resulte encontrarse lejos de la aplicación de los agroquímicos y que presente una buena iluminación e higiene, además de un programa nutricional específico.
3. Agua; según decreto supremo 002- 2010A se debe disponer de agua potable para consumo durante toda la jornada laboral, así como también la disposición de baños para la descontaminación posterior a la exposición a pesar del traje de protección personal.
4. Áreas comunes imprescindibles; debido a la exposición solar en largas horas de trabajo, el empleador debe disponer siempre lugares con sombra a sus trabajadores, además de la disposición de servicios higiénicos diferenciados para hombre y mujer, la cantidad de estos servicios resulta de una evaluación por el ingeniero sanitario ante la creación de la empresa y considerando el número de trabajadores que existen.
5. Mantenimiento de equipos y maquinarias; el mantenimiento periódico es preventivo ante accidentes laborales y ayuda a minimizar el riesgo de exposición.

6. Disposición de equipo de protección

7. Almacenamiento y capacitación adecuadas; ante la presencia de agroquímicos, estos deben almacenarse en lugares idóneos donde el riesgo de derrames o volatilización sea mínimo, además se debe brindar información sobre el uso adecuado de estos productos para evitar accidentes.

Dentro del sistema de vigilancia, se debe realizar un sistema de vigilancia epidemiológica continua y periódica en relación con los riesgos de exposición e intoxicación por cada plaguicida, así como las medidas de seguridad en relación con la implementación de los mismos, regulado según la ley N.º 26842, el cual incluye la ambientación de los centros toxicológicos (35). Igualmente, los plaguicidas están sujetos a reducción de impuestos excepto en el caso de la clasificación IA y IB que se encuentran calificados como muy peligrosos, estos tampoco están sujetos a derechos de importación o de exportación (35).

Para que el sistema de vigilancia funcione, la empresa no es la única encargada de proteger a los trabajadores y consumidores acerca de la toxicidad de los productos, se involucran instituciones como DIGESA, SENASA y el Ministerio de Salud, los cuales pueden realizar inspecciones a estas empresas para verificar los riesgos y el almacenaje de los productos, igualmente se encargan de verificar los límites de los plaguicidas para evitar que un alimento sea tóxico para el consumo (35).

La empresa por su parte tiene que considerar realizar actividades de vigilancia tales como (35):

- Las capacitaciones y asistencias técnicas respectivas hacia los trabajadores que tienen contacto directo con los productos tales como aplicadores, agricultores, distribuidores y expendedores y deben abordar temas de protección para su manipulación, así como las acciones a tomar en casos de intoxicación humana, y los reglamentos consignados dentro del Plan de Manejo ambiental.
- Control sobre los envases vacíos o caducos, considerando la logística controlada sobre el número de elementos usados, un triple lavado adecuado para la desinfección de los envases vacíos, la disposición de un lugar de acopio para estos envases, y medidas de control para el cumplimiento adecuado de estas reglas.
- Facilitar la verificación de calidad de los productos a cargo de SENASA
- Control de comercialización, almacén y transporte, el comercio está penado y el transporte debe realizarse bajo la regulación de la ley N.º 28256, sin peligro de

derrames, igualmente se evita los trasvases del contenido y no se puede realizar publicidad sobre el mismo.

En caso de falla del cumplimiento de alguna de estas regulaciones, la SENASA puede obligar a la empresa a cancelar sus productos, a la multa de hasta 5 UIT o incluso hasta la suspensión de sus actividades (35).

## **F. Medidas de protección**

Para hablar sobre la protección ante el uso de los agroquímicos, se debe enfatizar en dos puntos de importancia: las obligaciones de los empleados y la obligación del empleador (36).

Entre las obligaciones de empleador, se presenta la disposición obligada del uso de un equipo de protección personal (EPP) adecuado para la jornada laboral y ante la exposición de los productos, además de las capacitaciones hacia el personal sobre la manipulación, almacenamiento y notificación de accidentes por uso de estas sustancias (36).

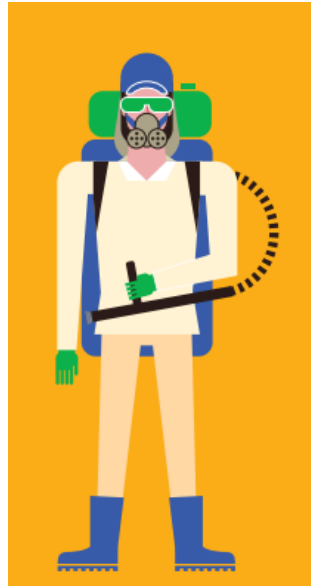
Mientras que dentro de las obligaciones de los empleados, se encuentra el respeto hacia las normativas y los reglamentos internos de la empresa ante la manipulación de productos, el uso del EPP ante la exposición, el no comer durante la aplicación del agroquímico, la notificación en el tiempo inmediato de surgir algún accidente o situación de riesgo, como fuga en las maquinarias o problemas con algún elemento de protección, derramamiento del producto, entre otras; así como la realización de lavado de manos antes y después de la manipulación y no llevar algún elemento contaminado con los productos como el caso del EPP o ropa de trabajo (36).

Asimismo, existen algunas especificaciones para ciertos productos, como por ejemplo, los fertilizantes vienen listos para su aplicación pero algunos plaguicidas no y debe realizarse una mezcla, para la cual, el trabajador deberá ser cuidadoso con respecto a los materiales que usará así como también el procedimiento a realizar posterior a su acción, dentro de lo que se debe cuidar se encuentra: uso alejado de personas y ganado, el uso de guantes, la lectura adecuada sobre la cantidad de concentración y diluciones que debe usar para la mezcla, el lavado y desinfección de los utensilios que se usaron en la mezcla, el etiquetado al terminar la mezcla y el lavado de manos post uso de la misma (37).

Uno de los puntos importantes de la protección del trabajador, es la forma adecuada de llevar un EPP ante el uso de agroquímicos, este debe llevar lentes protectores, casco que puede ser tipo sombrero en caso de exposición solar, uso de respirador que tape media cara, chaqueta y

pantalón impermeables, botas impermeables y guantes de protección tal como se evidencia en la figura 1 (38):

**Figura 1. Correcto uso del equipo de protección personal.**



\*Figura obtenida de Univ. estado Kentucky (38)

Las etiquetas de los plaguicidas señalan que mientras más tóxico es el producto, mayor protección debe llevar, es así como el uso de indumentario debe regularse justamente a esta medida, algunas reglas generales al uso de cada uno de los elementos de la indumentaria son (39):

1. Sobre los guantes, debe usarse el material dependiendo del producto siempre encima de las mangas y evitando tocarlos con las manos contaminadas.
2. Sobre los delantales, deben ser impermeables o resistentes a los plaguicidas.
3. Sobre las botas, deben ser impermeables, no forradas, por encima de la rodilla, el material no debe ser ni lona ni cuero.
4. Sobre la protección de la cabeza, el sombrero debe ser de ala ancha e impermeable, también se pueden usar sombreros de construcción.
5. Sobre los lentes, deben cubrir toda la visión, incluyendo los laterales, se usan aquellas gafas que forman un escudo de protección para la cara, si el aplicador usa lentes de contacto debe cambiarlos por lentes en físico.

6. Sobre los respiradores, se recomienda mezclar los plaguicidas, la elección de este, se determina según la composición del producto, media máscara para plaguicidas, humo, polen, contaminantes; máscara entera para productos altamente tóxicos.

El EPP puede ser desechable o reutilizable, el material de goma o plástico se puede reusar con la limpieza adecuada mientras que las telas deben ser desechadas, asimismo, si un material reusable está muy contaminado (39). En caso del lavado de los materiales se debe considerar las instrucciones específicas para ello, en el caso de ropa impermeable se considera el uso de detergentes fuertes con más de dos ciclos de lavado y tres enjuagues (39).

Otro punto importante para considerar en la seguridad, son los primeros pasos a seguir en caso de contacto con el agroquímico, los cuales incluyen los siguientes según la vía de adquisición (40):

**Tabla 2. Pasos de acción a seguir en una emergencia por contacto con el agroquímico según la vía de adquisición.**

| Vía de adquisición | Paso de acción a seguir  |
|--------------------|--|
| Ingestión          | Mostrar al médico la hoja de seguridad del producto para la identificación de las sustancias, no dar nada por la boca ni producir vómito |
| Inhalación         | Retirarla del contacto, llevarla al aire libre y acostarla de medio lado verificando su respiración continua                             |
| Contacto con ojos  | Lavarse por 15 minutos con agua abundante.   |
| Contacto con piel  | Alejarse de la ropa infectada y enjuagarse con agua de forma continua hasta que la irritación seda.                                      |

\* Elaboración propia del autor

## G. Prevención y calidad de vida posterior

Actualmente existen diversos métodos que hacen frente a los malos hábitos ocupacionales como el sedentarismo y la obesidad, con la globalización y el auge de la inteligencia artificial se han creado herramientas electrónicas que ayudan a las empresas a que sus trabajadores inserten en su día a día pausas que tengan el equilibrio adecuado para el manejo de sus incómodas posturas al trabajar, con la implementación de programas de ejercicios útiles para

mejorar el dolor, la rigidez, el peso y las posturas disergonómicas, asimismo, algunas empresas generan un seguimiento de sus trabajadores en cuanto a temas de salud importantes como hipertensión o nutrición (41).

El Instituto Nacional de Seguridad y Salud Ocupacional (NIOSH) lanzó en junio de 2011 el Programa Total Worker Health™ (TWH™), que representa la evolución natural de los esfuerzos previos centrados en la salud y seguridad laboral hacia un enfoque más integral que aborda tanto la salud física como mental de los trabajadores. Este programa busca promover ambientes laborales saludables mediante intervenciones que no solo se centran en la prevención de lesiones y enfermedades ocupacionales, sino que también consideran aspectos como el bienestar general, la calidad de vida y la productividad de los empleados. Esta iniciativa plantea una lista de chequeo con la dirección de la mitigación de riesgos de exposición considerando las regulaciones para cada tipo de trabajador anteriormente mencionadas y abordando programas de integración en donde se incluyen iniciativas tales como : reuniones periódicas dentro del horario laboral, grupos de trabajo conjuntos, protección ante el consumo de tabaco en áreas compartidas, prevención de problemas disergonómicos con disposición de cambios de ocupación en caso sea posible o en la reducción de jornadas ante exposición continua, esfuerzos por reducción de estrés laboral y la prevención de caídas a partir del abordaje adecuado de las medidas de seguridad en la institución así como la presencia adecuada de la atención primaria en salud con capacitaciones sobre primeros auxilios en el lugar de trabajo (42).

### 1.3. Capítulo III: Diagnóstico de enfermedad ocupacional en trabajadores expuestos a agroquímicos

Para este capítulo se dispuso de la siguiente estrategia de búsqueda:

("Pesticides"[Mesh] OR "Pesticides" [Pharmacological Action] OR "Pesticide Synergists"[Mesh] OR "Pesticide Residues"[Mesh] OR "Agrochemicals"[Mesh] OR "Biological Control Agents"[Mesh] OR "Herbicides"[Mesh] OR "Insecticides"[Mesh] OR "Fertilizers"[Mesh]) AND ("Disease"[Mesh] OR "Pathology"[Mesh] OR "pathology" [Subheading] OR "Pathology, Clinical"[Mesh] ) AND ("Diagnosis"[Mesh] OR "Early Diagnosis"[Mesh] OR "Delayed Diagnosis"[Mesh] OR "diagnosis" [Subheading] OR "Diagnosis, Differential"[Mesh] OR "Immunologic Tests"[Mesh] OR "diagnostic imaging" [Subheading] OR "Mandatory Testing"[Mesh])

#### A. Vías de exposición

La exposición a los agroquímicos puede producirse por diversos medios, como el uso profesional, agrícola, doméstico, y la dieta, con exposición indirecta por aplicaciones en zonas públicas como los campos de golf (31).

Las vías de exposición humana incluyen la cadena alimentaria, el aire, el agua, el suelo, la flora y la fauna, estos agroquímicos ingresan al organismo por vía dérmica, oral, ocular y respiratoria, se distribuyen por el torrente sanguíneo y se excretan a través de la orina, la piel y el aire exhalado. La toxicidad de los plaguicidas varía en función del tipo de exposición y la concentración (31):

- Vía dérmica: La exposición dérmica es común entre los aplicadores de plaguicidas, influida por factores como las propiedades de la formulación, la duración de la exposición, el equipo de protección y las zonas del cuerpo. Las formas sólidas se absorben menos fácilmente que las líquidas, y las formulaciones concentradas plantean mayores riesgos. Ciertas zonas del cuerpo son más susceptibles a la absorción, lo que afecta a la tasa de absorción dérmica (31).
- Vía oral: Cuando se ingiere un plaguicida, puede causar los peores síntomas de intoxicación, generalmente esto ocurre de forma inusitada a partir de la confusión por trasvase de plaguicidas en otros recipientes sin etiquetas, en el caso de trabajadores, pueden ser contaminados ante el no lavado de manos antes de comer o fumar (31).
-

- Vía respiratoria: Los herbicidas incluyen componentes volátiles que han inhalarse produce daños en nariz, garganta y pulmones, el riesgo es mayor cuando se usan equipos de bajo volumen y en aplicaciones realizadas en lugares cerrados, es por ello que la Agencia de Protección del Medio Ambiente de Estados Unidos no aconseja el uso de plaguicidas cuando la temperatura del aire es superior a 30 grados centígrados (31).
- Vía ocular: Las sustancias químicas para los tejidos oculares. Se ha informado de plaguicidas que suponen un riesgo importante de daño para el tejido ocular, la absorción surge de herramientas eléctricas para su aplicación que hacen rebotar los gránulos (31).

## **B. Intoxicación con agroquímicos**

A pesar de la importancia de tomar medidas preventivas para disminuir la exposición a sustancias agroquímicas, la intoxicación con estos productos no es infrecuente. La gravedad de la intoxicación varía dependiendo del tipo de agroquímico, la dosis absorbida, la vía de ingreso, los diluyentes que se usaron para la mezcla del plaguicida y la toxicidad del agente principal. Asimismo, existen algunos factores que pueden potenciar el efecto de la intoxicación tales como el estado nutricional del trabajador, el consumo de alcohol u otras sustancias durante la intoxicación y el consumo previo de alimentos (37). Se presentan dos tipos de intoxicación dependiendo del tiempo de aparición de los síntomas, considerados como(37,43):

### **- Intoxicación o envenenamiento agudo**

Las intoxicaciones agudas por plaguicidas, que representan una causa importante de mortalidad a nivel global, continúan siendo subregistradas. Cada año, se introducen al mercado nuevos productos para el control de plagas y malezas, con formulaciones adaptadas a las necesidades de los usuarios. El aumento en el consumo de plaguicidas a nivel mundial, según datos de la Organización Mundial de la Salud (OMS), se refleja en un incremento en los casos de intoxicación reportados entre 1998 y 2002, siendo Europa, el sureste asiático y el Pacífico oeste las regiones con mayor incidencia. En América Latina, incluyendo los países del Istmo centroamericano, se observa un aumento en los casos de intoxicación debido al uso intensivo de plaguicidas. Este incremento en los reportes puede atribuirse a una mejora en los sistemas de notificación.

El efecto en casos de intoxicación aguda es inmediato, se señala desde su contacto donde puede aparecer irritación en piel o mucosas hasta dos días posteriores a la exposición con una sintomatología variable dependiendo de la vía de exposición.

Este tipo de intoxicación puede ser ocupacional, es decir durante las actividades de la empresa y compromete sobre todo a los trabajadores con edades entre 15 a 60 años de edad; accidental, que generalmente es por exposición no intencionada como derramamientos o consumo de alimentos contaminados y aquí se desarrolla en cualquier grupo de edad con mayor énfasis en los niños; o intencional, la cual se realiza de manera premeditada como en los actos suicidas o en homicidios.

Mientras que los efectos de la intoxicación aguda en el caso de los fertilizantes dependen del contenido del mismo, los fertilizantes nitrogenados y los fosfatados pueden llevar a efectos irritativos en la piel y mucosas y en caso de ingesta, problemas gastrointestinales agudos como vómitos; los fertilizantes potásicos, puede ocasionar diarrea y trastornos de alteración de ritmo cardíaco.

- Intoxicación o envenenamiento crónico.

En este caso, los efectos demoran en aparecer y resulta complicado establecer su relación con la presencia del agroquímico, por lo que se hace necesaria la intervención médica para su identificación y, sobre todo, la especificación por parte del empleador acerca de los productos usados en la empresa. En caso de ser ocupacional, es obtenida a partir de la exposición repetitiva de los productos por largos periodos de tiempo o medioambiental, lo que ocurre por contacto con productos agrícolas, de forma accidental por derrames y vertimientos en aguas o en zonas industriales ante contacto con residuos y de forma intencional, ante el contacto directo con estos desechos.

Para los plaguicidas, la intoxicación crónica generalmente no ocurre pero en caso de los fertilizantes, la intoxicación crónica se evidencia cuando el fertilizante contiene algún tipo de metal pesado, con cambios de coloración a un color azul en el caso de exposición a plata, con problemas de largo plazo muy importantes como el riesgo de cáncer en el caso de exposición a fertilizantes con cadmio, o problemas de cognición y audición por exposición de plomo; igualmente en ambos casos, tanto plaguicidas como fertilizantes pueden causar alteraciones a nivel pulmonar cuando la intoxicación ocurre de forma inhalatoria.

Ante la presencia de algún tipo de intoxicación, se debe realizar una vigilancia activa de la salud del trabajador, en base a lo siguiente (37,43) :

- Vigilancia rutinaria

La vigilancia del evento se lleva a cabo mediante la notificación obligatoria semanal o individual de casos por ciudad y departamento, operando en las unidades primarias generadoras de datos del sistema de vigilancia en salud pública. En el caso de Perú, se notifica al empleador y a SENASA en caso de intoxicaciones individuales o en casos de brotes y alertas por algún accidente asociado.

- Vigilancia activa.

La búsqueda activa institucional de casos de intoxicación aguda por plaguicidas se realiza a partir de registros de consulta externa, de urgencias, de hospitalización, historias clínicas, certificados de defunción, registros del Instituto de Medicina Legal y reportes de accidentes de trabajo.

- Vigilancia centinela

Se diseñan investigaciones especializadas para la detección oportuna de casos, con el objetivo de prevenir o reducir las consecuencias fatales y secuelas de eventos no diagnosticados a tiempo. Para lograrlo se incluye la identificación de las fuentes de riesgo, la capacitación al personal de salud y a los trabajadores, y la realización de seguimientos de pruebas periódicas según reglamento nacional para la detección de intoxicación.

Igualmente, la notificación de la intoxicación ya sea individual o por brotes, debe abordarse de forma inmediata a su confirmación, en el caso de la intoxicación individual, se debe notificar el nombre del trabajador afectado así como sus datos personales, nombre del producto, esclarecer si pertenece a un brote o a un accidente personal, el estudio que confirma la intoxicación y el tipo de manejo que recibe, si es ambulatorio o si fue hospitalizado; por otro lado, para la intoxicación por brotes, se considera la recolección del producto, identificar a los grupos de población que se encuentran en mayor riesgo de exposición, determinar la fuente y establecer estrategias de control de riesgos (37,43) .

### C. Evaluación de síntomas y daños

Uno de los síntomas generales comunes a todo producto químico es la reacción anafiláctica ante algún producto o diluyente del producto o mezcla. Igualmente, existe sintomatología específica para cada tipo de intoxicación(44):

- Intoxicación por organofosforados (OP): El mecanismo de acción del OP al ingresar al organismo se caracteriza por la inhibición de la enzima acetilcolinesterasa (AChE) a través de la fosforilación, lo que conlleva a la aparición de diversos síntomas colinérgicos agudos. La inhibición de la acetilcolinesterasa provoca la acumulación de acetilcolina en las sinapsis de las uniones neuromusculares, lo que desencadena efectos nicotínicos como taquicardia, debilidad, hipertensión, midriasis y fasciculaciones, así como efectos muscarínicos como diarrea, miosis, broncoespasmo, bradicardia, náuseas, vómitos, lagrimeo, salivación y diaforesis(45). Este tipo de intoxicación puede originar síntomas muy graves e incapacitantes debido a su rápida diseminación en el organismo, sobre todo ante la presencia de agentes nerviosos como el sarín, el cual es causa de síntomas neurológicos como depresión del sistema nervioso central, convulsiones, coma o falla respiratoria, asimismo, se ha evidenciado síntomas a largo plazo como debilidad muscular que dura semanas o síntomas visuales tales como fotofobia y disminución de la agudeza visual, asimismo se han reportado anginas y dificultad respiratoria hasta en 25 días post descontaminación (46).

- Intoxicación por carbamatos:

En general, las intoxicaciones por carbamatos tienen un curso clínico menos grave en comparación con los organofosforados debido a la rápida recuperación de la actividad enzimática de la AChE. La mayoría de los pacientes se recuperan por completo en 24 horas, aunque aquellos con depresión del nivel de conciencia pueden tener un riesgo de mortalidad más alto. La observación y el tratamiento varían según la gravedad de los síntomas, con alta hospitalaria para casos leves y hospitalización para aquellos que requieren tratamiento con atropina (47)

La exposición puede ser crónica o aguda y puede ocurrir a través de la piel, los pulmones, la conjuntiva, las membranas mucosas, los pulmones y el tracto gastrointestinal. La absorción dérmica generalmente se considera baja, pero puede aumentar en presencia de lesiones cutáneas o exposición a carbamatos altamente peligrosos. Estudios en ratas han demostrado que la inhibición máxima de las

colinesterasas se produce aproximadamente 30 minutos después de la ingestión oral (47).

La metabolización de los carbamatos ocurre principalmente en el hígado a través de procesos de hidrólisis, hidroxilación y conjugación, y aproximadamente el 90% se elimina por la orina en unos pocos días. La capacidad de estos para penetrar en el sistema nervioso central y el líquido cefalorraquídeo ha generado resultados contradictorios. En adultos, la toxicidad del sistema nervioso central tiende a ser menor, mientras que, en exposiciones pediátricas, la depresión del sistema nervioso central suele ser más prominente. A diferencia de los organofosforados, los carbamatos no experimentan el proceso de "envejecimiento" que ocurre durante la fosforilación de la acetilcolinesterasa, debido a que el enlace carbamato-colinesterasa se hidroliza de forma espontánea en cuestión de horas (47).

En casos de exposiciones masivas, los pacientes pueden presentar síntomas en tan solo 5 minutos. El inicio de los síntomas varía según la dosis y la toxicidad del carbamato involucrado. Los carbamatos altamente lipofílicos tienden a redistribuirse rápidamente en los depósitos de grasa desde el líquido extracelular, lo que inicialmente puede reducir sus efectos clínicos (47).

- Intoxicación por fertilizantes:

Los fertilizantes se elaboran a partir de una combinación de varios elementos químicos, puede ser por nitrato de calcio, potasio, fósforo y nitrógeno. El problema con el uso de fertilizantes es el hecho de que, por la escorrentía, el agua en los lugares rurales suele estar contaminada debido al alto nivel de nitrato, lo que no sólo afecta a los agricultores o pastores, sino también a otros tipos de trabajadores que se desenvuelven en el lugar. Dependiendo del contenido, este puede ocasionar ciertos síntomas (48,49):

- a. Nitrato de calcio: la dosis recomendada es entre 45-50 mgNO<sub>3</sub>/L, por encima de ello puede causar hipercalcemia, acidosis metabólica, alteraciones en electrocardiograma.
- b. Fosfato: adormecimiento, cosquilleo, sensaciones anormales de las extremidades. El fosfato puede actuar como transportador para que el arsénico ingrese a las células del organismo, esto puede causar intoxicación por arsénico, el cual se caracteriza por síntomas neurológicos graves como cefaleas, parestesias, polineuropatías, convulsiones, letargia, entre otros o incluso inflamación de órganos internos tales como hígado, bazo o riñones.

- Otros agroquímicos son menos tóxicos, como el caso de los piretroides que mayormente producen síntomas irritativos, esto porque su capacidad de absorción a través de la piel en los mamíferos no es buena, solo se considera un 19%, sin embargo, actualmente se combinan con organofosforados que es lo que causa mayor toxicidad, rara vez ocasionan la muerte y entre los síntomas se encuentran en menos del 20% de presentación a la lesión renal aguda, la hipotensión, neumonía y convulsiones, lo que sí genera con frecuencia en más del 50% de casos es la hipoglicemia (50).
- En el caso de los plaguicidas, los síntomas inmediatos comunes de la intoxicación aguda incluyen mareos, dolores de cabeza, falta de coordinación, náuseas, vómitos, diarrea, sudoración, temblores y debilidad, sin embargo, ante dosis altas, el contacto puede provocar convulsiones, comportamiento errático o pérdida de conciencia (37).

**Tabla 3. Sintomatología de intoxicación según tipo de plaguicida**

|                    | Sintomatología   |  |  |
|--------------------|--|--|--|
| Tipo de plaguicida | Exposición leve  | Exposición moderada  | Exposición severa  |
| Organofosforado    | Cefalea, debilidad, ansiedad, mareos, taquicardia, visión borrosa. | Salivación, vómitos, ojos llorosos, náuseas, sudoración, pulso lento temblores o calambres musculares y abdominales. | Contracción pupilar con disminución de su reactividad, dificultad respiratoria, diarrea, cianosis en rostro y partes distales de extremidades, pérdida de control de esfínteres, convulsiones, coma, muerte. |
| Organoclorado      | Problemas gastrointestinales                                       | Taquicardia, escalofríos, sensación  | Falla respiratoria, convulsiones, coma y muerte  |

|            |   |   |                                   |
|------------|---|---|-----------------------------------|
|            | como diarrea, vómitos o náuseas   | de miedo y convulsiones   |                                   |
| Carbamato  | Contracción pupilar, diaforesis, salivación excesiva  | Debilidad muscular, problemas de coordinación, náuseas y vómitos. | Dolor abdominal, diarrea y angina |
| Piretroide | <p>Por inhalación puede causar exacerbación de asma o neumonitis por hipersensibilidad.</p> <p>Por contacto en piel puede causar irritación (ardor y eritema), hormigueo, parestesias o entumecimiento.</p> <p>Por contacto con ojos puede causar lesión corneal y queratitis.</p> <p>Por ingestión, según la cantidad ingerida, en ingestiones severas con dosis de 200 a 500 ml puede causar fallo respiratorio, convulsiones y coma.</p> |   |                                   |

#### **D. Centros de atención para intoxicaciones**

Los países han establecido centros de información sobre envenenamientos para satisfacer la creciente demanda de asesoramiento médico sobre productos agroquímicos y farmacéuticos. Estos centros brindan apoyo a médicos, servicios de emergencia y personal de salud que atienden casos de envenenamiento agudo. Su función principal es ofrecer asesoramiento basado en un extenso índice de sustancias que detalla su toxicidad, diagnóstico y tratamiento, generalmente respondiendo a llamadas urgentes. Algunos centros operan las 24 horas, todos los días del año. Además, estos centros pueden suministrar antídotos, coordinar expertos médicos, realizar análisis de laboratorio en muestras de sangre y venenos, y determinar las tendencias en envenenamientos (37).

A nivel nacional, se encuentran varios centros toxicológicos, el primero en ser creado es el centro toxicológico CITOTOX, el cual atiende las 24 horas del día y presenta una línea gratuita de llamadas, este centro se encuentra disponible para la atención y análisis de laboratorio ante problemas de intoxicaciones por sustancias peligrosas, entre las que se encuentra el uso de plaguicidas. Otros centros de importancia son las unidades toxicológicas que se encuentran ambientadas por algunos hospitales como el caso del hospital Loayza, el Hospital Nacional

Cayetano Heredia, la Clínica San Pablo; asimismo, existen algunos centros que solo tratan intoxicaciones agudas también de manejo multidisciplinario como el centro CETOX (51-53).

### **E. Métodos diagnósticos**

Los métodos diagnósticos dependen del tipo de agroquímico que se desea verificar en el organismo humano, en el caso de los plaguicidas, el sistema peruano sólo cuenta con el método diagnóstico para identificar carbamatos y organofosforados, a partir de la detección del nivel de colinesterasa con un análisis de sangre donde se evidencia esta sustancia por debajo de su nivel, en otros países se cuenta con la determinación cromatográfica de gases tales como carbofurano y sus metabolitos a partir de la presencia de metabolitos que presentan el grupo N-metilcarbamatos.

#### **- Sobre la colinesterasa:**

La colinesterasa es una proteína esencial en el cuerpo que regula el sistema nervioso y contribuye a su correcto funcionamiento. Los plaguicidas que pueden reducir los niveles de colinesterasa son los organofosforados y carbamatos, como el azinphos-methyl, clorpirifos, carbaryl, diazinon y fosmet. Cuando los niveles de colinesterasa son bajos debido a la exposición excesiva a estos plaguicidas, pueden surgir enfermedades como dolores de cabeza, mareos, dificultad para respirar e incluso la muerte en casos extremos. El programa de monitoreo de colinesterasa requiere que los empleadores registren las horas en las que los trabajadores manipulan plaguicidas peligrosos y aquellos con etiquetas de advertencia. Los trabajadores expuestos durante 30 horas o más en 30 días deben participar en un programa que incluye consultas médicas y pruebas de sangre para detectar cambios en los niveles de colinesterasa (54,55).

La actividad de las colinesterasas en el ser humano puede variar debido a factores individuales como la etnia, la genética, edad, el sexo, el estado reproductivo, el uso de medicamentos y la presencia de enfermedades. Los niveles de colinesterasa pueden aumentar en condiciones como hipertensión arterial, trastornos tiroideos, artritis, asma, obesidad, alcoholismo, hepatitis y diabetes, o disminuir en casos de cirrosis, tuberculosis, cáncer, epilepsia, desnutrición, anemia, insuficiencia hepática y parasitismo intestinal. En mujeres, las variaciones en los niveles de colinesterasa están relacionadas con su ciclo ovulatorio y la gestación (54,55).

Tanto estos factores como los OP y los plaguicidas, pueden disminuir la actividad de las colinesterasas, por lo que se debe considerar en la interpretación de los exámenes. Entre los plaguicidas relacionados, se encuentran el dimetoato y fosmet que afectan principalmente la

colinesterasa butirilcolinesterasa, mientras que mevinfós y clorpirifós afectan principalmente la colinesterasa acetilcolinesterasa (54).

La disminución de la actividad de las colinesterasas aumenta el riesgo de intoxicación por PO y la manifestación de síntomas que afectan la salud. La composición química de los plaguicidas y los solventes utilizados, pueden influir en el tipo de colinesterasa afectada y en el nivel de disminución de su actividad. Aunque se conoce que ciertos plaguicidas afectan preferentemente una u otra colinesterasa, no se comprenden completamente los mecanismos biológicos responsables de este efecto (54,55).

Esta es detectada a través de un examen de orina o a partir de un análisis de sangre, en el caso de un examen de orina se determina la presencia de los metabolitos del grupo N-metilcarbamatos mientras que el análisis en sangre se realiza para medir los niveles de colinesterasa en el plasma y los glóbulos rojos, establecer un nivel basal y detectar cualquier disminución que pueda indicar sobreexposición a plaguicidas, asimismo existen biomarcadores medibles tales como:

- Acetilcolinesterasa (AChE) o conocida como colinesterasa específica, verdadera o eritrocítica. Se encuentra presente en las sinapsis neuronales, y en casos de intoxicación por carbamatos, los niveles de AChE en los glóbulos rojos tienden a normalizarse rápidamente, mientras que en situaciones de síntomas colinérgicos graves, los niveles de AChE en los glóbulos rojos pueden ser artificialmente bajos si la muestra no se procesa rápidamente o se enfría adecuadamente (47). Se dosa a partir de reactivos en base a una muestra de sangre.
- Las pseudolinesterasas o también conocidas como benzoilcolinesterasa o butirilcolinesterasa (BChE) o colinesterasa plasmática, se produce en el hígado y se libera en la sangre y es un indicador confiable de la depresión de la colinesterasa y define la disminución de la misma, por lo que es necesario el monitoreo y seguimiento en los trabajadores (54). Se dosa a partir de reactivos en base a una muestra de plasma.

El procesamiento de ambas es una misma metodología, es decir, con el uso de un espectrofotómetro y un mismo reactivo aunque en muestras diferentes, donde se puede disponer del uso del reactivo de Ellman, conocido como DTNB (5,5-ditiobis-(2-ácido nitrobenzoico) o la actividad catalítica de la enzima del suero. Sin embargo, existen diferencias marcadas entre ambas, mientras la AChE se metaboliza de forma lenta con una duración de

hasta 6 meses desde la exposición al agente químico, la BChE se metaboliza dentro de un periodo de 60 días, por lo cual, la primera se realizará cuando se requiere un diagnóstico crónico y la segunda, en el margen de una exposición aguda, además de reconocer que la BChE puede estar alterada ante el consumo de fármacos como antiarrítmicos, betabloqueantes, anticonceptivos, corticoides, estrógenos y ciclofosfamida (54).

Los valores son similares, se pueden encontrar rangos de normalidad de la colinesterasa entre 0,804 a 0,992  $\Delta$  pH/hora para hombres y entre 0,822 a 0,99  $\Delta$  pH/hora para mujeres y en el caso de Perú, se mide a partir de unidades por litro, considerando a valores normales entre 3200-9000U/L. Ante la detección de niveles bajos, se deben corregir las condiciones de exposición y retirar temporalmente al trabajador de tareas que impliquen manipulación de plaguicidas hasta que sus niveles vuelvan a ser seguros (54,55).

## **F. Enfermedades ocupacionales relacionadas con agroquímicos**

Enfermedades relacionadas según el agroquímico usado (31):

- Fertilizantes; relacionado con enfermedades tiroideas, cáncer de mamá, cáncer de vejiga, cáncer colorrectal y en caso de contaminación con arsénico, se considera a neuropatía periférica y lesión axonopática sensoriomotora.
- Plaguicidas; en caso de los OP y carbamatos, las enfermedades tienen relación a la depresión del sistema nervioso central y en caso de piretroides; las enfermedades son anafilaxia, síndrome hipoglicémico y enfermedades irritativas en piel.

De forma general, el uso de agroquímicos puede generar enfermedades por exposición crónica, tales como (31):

- Cáncer: Se han establecido conexiones entre la exposición a plaguicidas y la incidencia de varios tipos de cáncer, incluyendo vejiga, colon, cerebro, mama y pulmón. Ello por la hipótesis de que existe mayor riesgo de desarrollar estas enfermedades, respaldando hallazgos a nivel celular que explican cómo ciertos plaguicidas pueden desencadenar desequilibrios y efectos adversos que aumentan la probabilidad de cáncer. A pesar de que muchos de los agroquímicos aún no se consideran como carcinogénicos para los humanos, se han encontrado pruebas de carcinogenicidad en estudios con animales para varios de estos, respaldando así las asociaciones observadas en estudios epidemiológicos. Además, se han revelado la capacidad de los plaguicidas para inducir mutaciones genéticas y aumentar la expresión de genes relacionados con el cáncer, lo que subraya su impacto potencial

en la salud humana. Estudios adicionales han explorado los efectos genotóxicos a largo plazo de ciertos plaguicidas, como el imidacloprid, encontrando diferencias significativas en la frecuencia de células con anomalías genéticas.

- Diabetes: La investigación reciente sugiere que la diabetes puede ser influenciada por la exposición a contaminantes ambientales. Se ha observado que la exposición a ciertos plaguicidas, especialmente los organoclorados y sus metabolitos, aumenta el riesgo de desarrollar diabetes tipo 2 y sus complicaciones. Estudios han demostrado una relación positiva entre la presencia de diabetes y la concentración en suero de diversos contaminantes como dibenzodioxinas, dibenzofuranos policlorados (PCDD/F), PCB y varios plaguicidas organoclorados (DDT, DDE, oxiclordano, trans-nonacloro, hexaclorobenceno y hexaclorociclohexano). Aunque se han identificado asociaciones, muchos de estos estudios fueron transversales y presentaron limitaciones en la calidad de los datos, con poca consideración de sesgos y confusión. Metaanálisis han revelado que la exposición a contaminantes organoclorados está vinculada a un mayor riesgo de diabetes tipo 2, como los bifenilos policlorados (PCB) y el p,p'-DDE. Investigaciones epidemiológicas han corroborado estas asociaciones en diversas poblaciones. Estudios específicos han encontrado una mayor incidencia de regulación anormal de la glucosa en individuos expuestos a plaguicidas. En diferentes contextos, se ha observado que ciertos plaguicidas, como los organofosforados y el dieldrín, están relacionados con un mayor riesgo de diabetes. Además, se ha reportado un aumento en la prevalencia de diabetes gestacional en mujeres expuestas a plaguicidas agrícolas.
- Asma: Existe mayor presencia de síntomas de hiperreactividad bronquial y asma además de que puede agravar los cuadros preexistentes.
- Enfermedad de Parkinson (EP): Se ha observado una posible relación entre la mortalidad por EP y la exposición ocupacional a plaguicidas en estudios de cohortes, resaltando la importancia de la duración y la intensidad de la exposición en la aparición de la enfermedad. Específicamente, la exposición a productos como paraquat, maneb/mancozeb, organofosforados y organortiofosfatos han demostrado duplicar el riesgo de desarrollar EP.
- Leucemia: La causalidad no ha sido definitivamente establecida, sin embargo, en grupos ocupacionales expuestos se ha identificado un mayor riesgo de desarrollo de esta enfermedad.

- Efectos cognitivos: Se ha evidenciado la alteración neuroconductual de los trabajadores expuestos, asimismo, la exposición de bajo nivel a dos metabolitos de piretroides (3-PBA y cis-DBCA) se asocia con una disminución significativa del rendimiento cognitivo, particularmente en términos de comprensión verbal y memoria de trabajo.
- Alteración en la salud sexual y reproductiva: Se mencionan diversos efectos negativos de la exposición a plaguicidas en la salud reproductiva masculina, como la alteración de la actividad de los espermatozoides (recuentos, motilidad, viabilidad y densidad), la inhibición de la espermatogénesis, la disminución del peso testicular, el daño al ADN espermático y el incremento de espermatozoides anormales y de hipospadias.

### **G. Manejo y tratamiento**

El primer paso ante exposición con cualquier sustancia química y en este caso, agroquímicos es la **descontaminación**, la cual debe llevarse a cabo de inmediato. Es crucial que los proveedores de atención médica eviten la auto contaminación mediante el uso de equipo de protección personal (EPP). Los guantes de neopreno o nitrilo son efectivos para protegerse de la exposición cutánea, y se recomienda que los proveedores utilicen EPP completo, incluyendo bata, mascarilla y protector facial como mínimo. Los guantes de látex no ofrecen una protección adecuada contra los insecticidas. En casos de exposición, se debe quitar toda la ropa a los pacientes y lavar la piel tres veces con agua, seguido de agua y jabón, y finalmente enjuagar con agua. La ingestión gastrointestinal puede resultar en absorción cutánea a través del vómito y la diarrea, lo que afecta a los proveedores.

En situaciones de ingestiones masivas que ponen en peligro la vida, se puede considerar la descontaminación gastrointestinal si se cumplen ciertos criterios, como la ausencia de episodios de vómito, la ingestión dentro de la primera hora y la protección de las vías respiratorias del paciente. En tales casos, se puede iniciar un lavado nasogástrico. En presencia de toxicidad grave, los pacientes pueden experimentar convulsiones, parálisis respiratoria y coma. Es esencial asegurar la protección de las vías respiratorias antes de la descontaminación gastrointestinal en situaciones críticas. En el caso de carbamatos, la administración de carbón activado para adsorber su toxicidad es un tema debatido, y se recomienda consultar con un centro toxicológico antes de proceder con la descontaminación gastrointestinal.

Igualmente, en casos de inhalación de OP y carbamatos, la insuficiencia respiratoria y la hipoxemia son las principales causas de mortalidad tras la exposición a inhibidores de la AChE. Esto se debe a varios factores, como la broncorrea, la debilidad muscular con posible parálisis flácida y la depresión del impulso respiratorio del sistema nervioso central (47).

Posterior a la descontaminación, se considera el **tratamiento específico**:

- a. Para los carbamatos; (47).

Se considera a la atropina, la cual actúa competitivamente contra los niveles elevados de acetilcolina en los receptores muscarínicos, aliviando síntomas como lagrimeo, salivación, miosis, vómitos, diarrea, sudoración, incontinencia urinaria, broncoespasmo y secreciones respiratorias excesivas, su dosis es variable según la edad del paciente y se puede aumentar gradualmente si es necesario para obtener una respuesta adecuada. La monitorización continua es esencial para ajustar la dosis y mantener la estabilidad cardiorrespiratoria del paciente. Asimismo, puede utilizarse para tratar el aumento de las secreciones respiratorias al inhibir la excitación excesiva de los receptores muscarínicos.

- b. Para los organofosforados; también se considera a la atropina para revertir los síntomas propios de la reducción de acetilcolina, al igual que se considera a la oxima, la cual no se encuentra disponible en Perú, conocida como la pralidoxima, ésta se administra en casos de toxicidad por organofosforados para prevenir el "envejecimiento" de la AChE (47).

- c. Para fertilizantes; el manejo depende del contenido químico que presenta el fertilizante, el más frecuente es la inyección de una antitoxina botulínica que consta de la inyección de un vial de 10ml por única ocasión debido al aumento de los fertilizantes orgánicos conformados por desechos alimentarios, mientras que en caso de virus y bacterias se realiza el tratamiento de las infecciones oportunistas y , en términos generales, se realiza tratamiento de soporte manteniendo vía aérea permeable y verificando si es tributario para intubación, en caso de que el producto sea un metal ya que el más frecuente es el amoniaco (48).

En cualquier caso de intoxicación que llegue a gravedad, es decir, un choque anafiláctico, desorientación, estado mental alterado o debilidad muscular significativa, se debe considerar la intubación endotraqueal, así mismo se recomienda evitar los bloqueadores neuromusculares despolarizantes y optar por bloqueadores no despolarizantes como el rocuronio para inducir la

parálisis. Y, ante casos de convulsiones que son poco comunes en el caso de carbamatos, pero comunes en el caso de fertilizantes contaminados con arsénico, se debe tratar el síntoma con benzodiazepinas (47).

## **H. Prevención y control**

Respecto a los fertilizantes, estos pueden contaminar el medio ambiente, considerando sobre todo la emisión de gases y la presencia de desechos de aguas residuales por la escorrentía. Entre las prácticas de gestión propuestas, el artículo destaca la importancia de implementar medidas preventivas y correctivas en las instalaciones de producción de fertilizantes fosfatados. Se mencionan estrategias como la optimización de procesos para reducir la generación de desechos, el tratamiento adecuado de efluentes y la adopción de tecnologías más limpias y sostenibles (57).

Dentro de los métodos de control, se presenta a la adsorción como un método de protección de la contaminación de agua, este método es efectivo para eliminar nitratos del agua y se encarga de usar materiales sintéticos como carbón activado, zeolitas y polímeros, y actualmente, existen adsorbentes naturales y sostenibles que tienen grandes capacidades de adsorción como los adsorbentes a base de residuos de té (136,43 mg/g), nanotubos de carbono (142,86 mg/g), perlas de quitosano (104 mg/g) y cáscara de arroz modificada con bromuro de cetiltrimetilamonio (278 mg/g) (58).

## II. CONCLUSIONES

- 4.1.La exposición ocupacional a agroquímicos representa un riesgo significativo para la salud de los trabajadores rurales, especialmente aquellos que carecen de elementos de protección personal y cobertura de obra social y estos, pueden ingresar al organismo humano a partir de inhalación, contacto por piel, por ojos e ingestión.
- 4.2.Los principales grupos expuestos son los agricultores, aunque pueden ser todo tipo de trabajadores que se encuentran cerca de las zonas donde se realiza la aplicación de agroquímicos.
- 4.3.La medicina ocupacional se encarga de prevenir no sólo accidentes laborales sino también enfermedades ocupacionales y profesionales, con el objetivo de mantener la protección del trabajador ante su condición existente en salud y la prevención de la agregación de una nueva enfermedad asociada a la exposición que representa a nivel laboral.
- 4.4.Los exámenes médicos ocupacionales lo deben realizar un médico ocupacional encargado, el mismo que ante cualquier hallazgo positivo de intoxicación o lesión ocupacional debe informar tanto al empleador como a la entidad correspondiente, que a nivel nacional es la SENASA.
- 4.5.La intoxicación por agroquímicos puede darse de forma aguda y crónica, los síntomas dependen del tipo de agroquímico al que fue expuesto y de la dosificación de la aplicación.
- 4.6.Los organofosforados los agroquímicos que representan sintomatología más grave y letal, mientras que los piretroides representan síntomas menos graves por su bajo nivel de absorción en los mamíferos.
- 4.7.El seguimiento de los resultados de las pruebas de exposición a agroquímicos es cada año o dos años dependiendo del grupo de exposición
- 4.8.El método de detección más usado a nivel nacional para la detección de agroquímicos es la detección de colinesterasa en sangre, se usa un rango normal objetivo entre 3.2 a 9 UI/ml .
- 4.9.Es fundamental abordar de manera integral la problemática de la exposición ocupacional a agroquímicos, considerando no solo los impactos en la salud humana, sino también en el medio ambiente y las comunidades que dependen de los recursos naturales afectados por estos productos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Méndez-Buenaventura L. Fertilizantes, clasificación, propiedades, almacenamiento y manejo. Colombia; 1989.
2. Instituto Nacional de tecnología agropecuaria. Capítulo 2: plaguicidas químicos, composición y formulaciones, etiquetado, clasificación toxicológica, residuos y métodos de aplicación. En: Aplicación eficiente de fitosanitarios. 2015.
3. López Narváez L. Enfermedades ocupacionales o relacionadas al trabajo. 2015; 6.
4. Superintendencia de seguridad nacional. ¿Qué es una enfermedad profesional? 2024. Disponible en: <https://www.suseso.cl/606/w3-article-40066.html>.
5. González-Bueno M. Riesgos químicos. España; 2014.
6. Ureta C, Espinosa A, Ureta E. El control de plagas agrícolas: pasado, presente y futuro. Revista ciencia. 2014 Mar 14;67(4):78–86.
7. Gobierno de Canadá. Guía para la Reglamentación de Plaguicidas, actualización de 2017. En: Una Breve historia de la reglamentación de los plaguicidas. 2017.
8. Gamboa- Fuentes N. DDT, una revisión histórica. Revista de Química PUCP. 2014;28(12):10–3.
9. Pollock C, DVM, AVP Dick. Primavera silenciosa revisitada: una mirada del siglo XXI al efecto de los plaguicidas en la vida silvestre. J Avian Med Surg. 2001;15(1):50–3.
10. American Chemical Society. El legado de Primavera silenciosa de Rachel Carson. 2012. Disponible en: <https://www.acs.org/education/whatischemistry/landmarks/historia-quimica/rachel-carson-primavera-silenciosa.html>.
11. Dean D. Biological Pesticides: Biotechnology's Answer to Silent Spring . Journal of the Iowa Academy of Science. 1989;96(2):68–70.
12. Observatorio de complejidad económica. Fertilizantes en China. [Internet]. 2024. [citado marzo 2024]. Disponible en: <https://oec.world/es>
13. Food and Agriculture Organization. Aspectos generales del Convenio de Rotterdam [Internet]. 2004. [citado marzo 2024]. Disponible en: <https://www.fao.org/3/a0137s/a0137s02.htm>.
14. Yarto M., Gavilán A., Barrera J. El Convenio de Estocolmo sobre contaminantes orgánicos persistentes y sus implicaciones para México. Gaceta ecológica. 2003;(69):7–28.

15. Food and Agriculture Organization. Los organismos modificados genéticamente, los consumidores, la inocuidad de los alimentos y el medio ambiente. 2001. Disponible en: <https://www.fao.org/3/x9602s/x9602s06.htm>.
16. Naciones Unidas. Inserción Comercial de América Latina y el Caribe y Acceso a los Mercados Internacionales Agroalimentarios. En: El nuevo patrón de desarrollo de la agricultura en América Latina y el Caribe. Panorama 2005. 2005.
17. Chavarro J. Brasil: un gigante de la agroindustria en crecimiento. 2022. Disponible en: <https://www.agribusinessglobal.com/es/agroquimicos/brasil-un-gigante-de-la-agroindustria-en-crecimiento/>.
18. Food and Agriculture Organization. Decreto Legislativo N° 1059 - Ley General de Sanidad Agraria [Internet]. 2008. [citado marzo 2024]. Disponible en: <https://www.fao.org/faolex/results/details/es/c/LEX-FAOC083495/>.
19. Food and Agriculture Organization. Decreto Legislativo N° 1387 - Decreto Legislativo que fortalece las competencias, las funciones de supervisión, fiscalización, sanción y la rectoría del Servicio Nacional de Sanidad Agraria (SENASA). 2018. Disponible en: <https://www.fao.org/faolex/results/details/es/c/LEX-FAOC182932>.
20. Gobierno del Perú. Plataforma digital única del estado [Internet]. 2024 [cited 2024 Feb 15]. Disponible en: <https://www.gob.pe/institucion/midagri/institucional>.
21. World health organization. Clasificación recomendada por la OMS de los plaguicidas por el peligro que presentan y directrices para la clasificación 2019. <https://www.who.int/es/publications/i/item/9789240005662>.
22. Servicio Nacional de Sanidad I y CA. Manual para el buen uso y manejo de plaguicidas en campo. 2019.
23. Arnold DJ. Basic Guide to Pesticides, their characteristics and hazards, by S. A. Briggs and The Staff of Rachel Carson Council, xvii + 283 pp. Washington: Taylor & Francis (1992). J Agric Sci. 1993 Aug 27;121(1):135–135.
24. López-Carrillo L. Exposición a plaguicidas organofosforados. Perspectivas en Salud Pública. 1993;83.
25. Sanz Tejedor A. Industria agroquímica [Internet]. 2023 [cited 2024 Mar 15]. Disponible en: <https://www.eii.uva.es/organica/qoi/tema-12.php>.
26. Arias GWL. Revisión histórica de la salud ocupacional y la seguridad industrial . Revista Cubana de Salud y Trabajo. 2012;13(3).

27. Jiménez Quintero CA, Pantoja Estrada AH, Leonel HF. Riesgos en la salud de agricultores por uso y manejo de plaguicidas, microcuenca “La Pila.” Univ Salud. 2016 Dec 20;18(3):417.
28. Ramirez-Mora E., Pérez-Vázquez A, Landeros-Sánchez C, Martínez-Dávila JP, Villanueva-Jiménez JA, Lagunés Espinoza LC. Exposición laboral a plaguicidas en el agroecosistema con caña de azúcar en la región central de Veracruz, México. Revista Bio Ciencias. 2019;6.
29. Benites Zevallos KP, Santa Cruz Pereda SR. Evaluación médica ocupacional. 2023; Disponible en: <https://repositorio.upch.edu.pe/handle/20.500.12866/15115>
30. Tudi M, Daniel Ruan H, Wang L, Lyu J, Sadler R, Connell D, et al. Agriculture Development, Pesticide Application and Its Impact on the Environment. Int J Environ Res Public Health. 2021 Jan 27;18(3):1112.
31. Kim KH, Kabir E, Jahan SA. Exposure to pesticides and the associated human health effects. Science of The Total Environment. 2017;575:525–35. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S004896971631926X>
32. Ministerio de Salud, Dirección general de Salud Ambiental. Documento técnico. Protocolos de exámenes médicos ocupacionales y guías de los diagnósticos de los exámenes médicos obligatorios por actividad. RM 312-2011-MINSA. Lima; 2011. p. 51.
33. Ayala LB. Vigilancia Médica Ocupacional [Internet]. 2023 [cited 2024 Feb 15]. Disponible en: [https://www.academia.edu/11875106/Vigilancia\\_M%C3%A9dica\\_Ocupacional](https://www.academia.edu/11875106/Vigilancia_M%C3%A9dica_Ocupacional)
34. El peruano. Exámenes médicos ocupacionales [Internet]. 2016 [cited 2024 Feb 15]. Disponible en: <https://elperuano.pe/noticia/49586-examenes-medicos-ocupacionales>.
35. Ministerio del ambiente. Decreto Supremo que aprueba el Reglamento del Sistema Nacional de Plaguicidas de Uso Agrícola | SINIA [Internet]. 2024 [cited 2024 Feb 15]. Disponible en: <https://sinia.minam.gob.pe/normas/decreto-supremo-que-aprueba-reglamento-sistema-nacional-plaguicidas-uso>.
36. Quiñones Infante S, Cannova Talledo K, Campos Dávila DM, Torres Rojas JC. Guía de seguridad y Salud en el trabajo para el sector agrario. Lima; 2021. Report No.: 1.

37. Organización internacional del trabajo (OIT). Guía sobre seguridad y salud en el uso de productos agroquímicos. 1993. Disponible en: [https://training.iteilo.org/actrav\\_cdrom2/es/osh/kemi/pest/pesti4.htm](https://training.iteilo.org/actrav_cdrom2/es/osh/kemi/pest/pesti4.htm).
38. Behmer SN, Di Prinzio AP, Magdalena JC, Striebeck GL. Eficiencia de un equipo de protección personal para aplicaciones fitosanitarias en huertos frutales. *Agricultura Técnica*. 2001;61(2):221–8.
39. Universidad del Estado de Kentucky E de A. Equipo protector personal para los aplicadores de plaguicidas [Internet]. 2024 [cited 2024 Feb 15] Disponible en: <https://entomology.ca.uky.edu/pat6esp>.
40. FAO. Manual de salud ocupacional para el trabajador en el sector bananero. Roma. [Internet]. 2020 [cited 2024 Feb 15]. Disponible en: <https://www.fao.org/3/ca7478es/CA7478ES.pdf>
41. Barati Jozan MM, Ghorbani BD, Khalid MS, Lotfata A, Tabesh H. Impact assessment of e-trainings in occupational safety and health: a literature review. *BMC Public Health*. 2023 Jun 20;23(1):1187.
42. Schill AL, Chosewood LC. The NIOSH Total Worker Health™ Program. *J Occup Environ Med*. 2013 Dec;55(Supplement 12):S8–11.
43. Grupo de vigilancia y control de factores de riesgo ambiental. Protocolo de vigilancia y control de intoxicaciones por plaguicidas. Chile; 2010. Report No.: 1.
44. Departamento de Seguros de Texas División de Compensación para Trabajadores Programas de Educación y Capacitación en la Seguridad. Envenenamiento con Plaguicidas. 2020. Disponible en: <https://www.tdi.texas.gov/pubs/videoresourcessp/spstppestpois.pdf>.
45. Hanson C, Huddle LN, Kockanowski J, Whaley KD. Acute Organophosphate Poisoning Case Review With Consideration of Off-Gassing During Postmortem Examination. *American Journal of Forensic Medicine & Pathology*. 2023;44(4):354–7.
46. Hulse EJ, Haslam JD, Emmett SR, Woolley T. Organophosphorus nerve agent poisoning: managing the poisoned patient. *Br J Anaesth*. 2019 Oct;123(4):457–63.
47. Silberman J TA. Carbamate Toxicity. [Actualizado 2023 May 1]. En: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls. 2024 [citado 2024 Mar 25]; Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK482183/>
48. Rendering H, Westerink J, Dekker D, De Lange DW, Kaasjager K. Nitrogen-Phosphorus-Potassium containing liquid fertilizer intoxication presenting with

- extreme hyperkalemia, metabolic acidosis and ECG changes. *Acute medicine*. 2023;22(3):163–4.
49. Ahmad N, Usman M, Ahmad HR, Sabir M, Farooqi ZUR, Shehzad MT. Environmental implications of phosphate-based fertilizer industrial waste and its management practices. *Environ Monit Assess*. 2023 Nov 16;195(11):1326.
  50. Ramchandra AM, Victor PJ. Pyrethroid Poisoning. *Indian Journal of Critical Care Medicine*. 2019 Dec;23(S4):0–0.
  51. Cetox [Internet]. [citado 2 de abril de 2024]. Cetox - Laboratorio De Ensayo y Análisis. Disponible en: <https://cetox.com.pe/>
  52. Hospital Loayza cuenta con consultorio para atención de intoxicaciones agudas y crónicas [Internet]. [citado 2 de abril de 2024]. Disponible en: <https://www.gob.pe/institucion/hospitalloayza/noticias/313421-hospital-loayza-cuenta-con-consultorio-para-atencion-de-intoxicaciones-agudas-y-cronicas>
  53. Universidad Nacional Mayor de San Marcos - UNMSM [Internet]. [citado 2 de abril de 2024]. Disponible en: <https://www.unmsm.edu.pe/noticias-y-eventos/noticias/noticia-detalle/el-cicotox-de-la-unmsm-al-servicio-de-la-comunidad-las-24-horas-del-dia>
  54. Strelitz J, Engel LS, Keifer MC. Blood acetylcholinesterase and butyrylcholinesterase as biomarkers of cholinesterase depression among pesticide handlers. *Occup Environ Med*. 2014 Dec;71(12):842–7.
  55. Inhibición de la colinesterasa como biomarcador para la vigilancia de población ocupacionalmente expuesta a plaguicidas organofosforados. 2024; Disponible en: <https://revistacta.agrosavia.co/html/1562/>
  56. Janampa Camposano D. Niveles de actividad de la colinesterasa sérica en agricultores expuestos a plaguicidas organofosforados y carbamatos del distrito de Pichari. Cusco 2015. 2015; Disponible en: <http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/4251>
  57. Ahmad MS. Health-Related Quality of Life: Measurement Tools, Predictors and Modifiers. *Appl Res Qual Life* [Internet]. 2023 [cited 2024 Feb 15];18(3):1545–7. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11482-023-10152-5>
  58. Patel N, Srivastav AL, Patel A, Singh A, Singh SK, Chaudhary VK, et al. Nitrate contamination in water resources, human health risks and its remediation through adsorption: a focused review. *Environmental Science and Pollution Research*. 2022; 29(46):69137–52.