



MANEJO SEGURO DE PRODUCTOS QUÍMICOS AGRÍCOLAS:

Fundamentos, Normativas y Prácticas

Ruiz Sánchez Clara Isabel
Núñez Niachimba Adriana María

Navas Cárdenas Carlos Andrés
Correa Salgado María de Lourdes



**Manejo seguro de productos
químicos agrícolas:
Fundamentos,
normativa y práctica**

Autor/es:

Ruiz-Sánchez, Clara Isabel

Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE

Núñez-Niachimba, Adriana María

Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE

Navas-Cárdenas, Carlos Andrés

Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE

Correa-Salgado, María de Lourdes

Instituto Químico de Sarrià (IQS – Universitat Ramon Llull)

Datos de Catalogación Bibliográfica

Ruiz-Sánchez, C.I.
Núñez-Niachimba, A.M.
Navas-Cárdenas, C.A.
Correa-Salgado, M.L.

Manejo seguro de productos químicos agrícolas: Fundamentos, normativa y práctica

Editorial Grupo AEA, Ecuador, 2025
ISBN: 978-9942-651-94-5
Formato: 210 cm X 270 cm

131 págs.



Publicado por Editorial Grupo AEA

Ecuador, Santo Domingo, Vía Quinindé, Urb. Portón del Río.

Contacto: +593 983652447; +593 985244607

Email: info@editorialgrupo-aea.com

<https://www.editorialgrupo-aea.com/>

Director General:	<i>Prof. César Casanova Villalba.</i>
Editor en Jefe:	<i>Prof. Giovanni Herrera Enríquez</i>
Editora Académica:	<i>Prof. Maybelline Jaqueline Herrera Sánchez</i>
Supervisor de Producción:	<i>Prof. José Luis Vera</i>
Diseño:	<i>Tnlgo. Oscar J. Ramírez P.</i>
Consejo Editorial	<i>Editorial Grupo AEA</i>

Primera Edición, 2025

D.R. © 2025 por Autores y Editorial Grupo AEA Ecuador.

Cámara Ecuatoriana del Libro con registro editorial No 708

Disponible para su descarga gratuita en <https://www.editorialgrupo-aea.com/>

Los contenidos de este libro pueden ser descargados, reproducidos difundidos e impresos con fines de estudio, investigación y docencia o para su utilización en productos o servicios no comerciales, siempre que se reconozca adecuadamente a los autores como fuente y titulares de los derechos de propiedad intelectual, sin que ello implique en modo alguno que aprueban las opiniones, productos o servicios resultantes. En el caso de contenidos que indiquen expresamente que proceden de terceros, deberán dirigirse a la fuente original indicada para gestionar los permisos.

Título del libro:

Manejo seguro de productos químicos agrícolas: Fundamentos, normativa y práctica

© Ruiz-Sánchez, Clara Isabel; Núñez-Niachimba, Adriana María; Navas-Cárdenas, Carlos Andrés; Correa-Salgado, María de Lourdes.

© Noviembre, 2025

Libro Digital, Primera Edición, 2025

Editado, Diseñado, Diagramado y Publicado por Comité Editorial del Grupo AEA, Santo Domingo de los Tsáchilas, Ecuador, 2025

ISBN: 978-9942-651-94-5



<https://doi.org/10.55813/egaea.l.142>

Como citar (APA 7ma Edición):

Ruiz-Sánchez, C.I., Núñez-Niachimba, A.M., Navas-Cárdenas, C.A., & Correa-Salgado, M.L. (2025). *Manejo seguro de productos químicos agrícolas: Fundamentos, normativa y práctica*. Editorial Grupo AEA. <https://doi.org/10.55813/egaea.l.142>

Cada uno de los textos de Editorial Grupo AEA han sido sometido a un proceso de evaluación por pares doble ciego externos (double-blindpaperreview) con base en la normativa del editorial.

Revisores:

- | | | |
|--|--|---|
|  Ing. Castillo Quijije Danna
Belén, Mgs. | Universidad Técnica Estatal de Quevedo – Ecuador |  |
|  Ing. Fernández Vélez Cristina
Vanessa, Mgs. | Universidad Técnica de Machala – Ecuador |  |



Los libros publicados por “**Editorial Grupo AEA**” cuentan con varias indexaciones y repositorios internacionales lo que respalda la calidad de las obras. Lo puede revisar en los siguientes apartados:



Editorial Grupo AEA

 <http://www.editorialgrupo-aea.com>

 Editorial Grupo AeA

 editorialgrupoea

 Editorial Grupo AEA

Aviso Legal:

La informaci3n presentada, as3 como el contenido, fotograf3as, gráficos, cuadros, tablas y referencias de este manuscrito es de exclusiva responsabilidad del/los autor/es y no necesariamente reflejan el pensamiento de la Editorial Grupo AEA.

Derechos de autor 

Este documento se publica bajo los t3rminos y condiciones de la licencia Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0).



El “copyright” y todos los derechos de propiedad intelectual y/o industrial sobre el contenido de esta edici3n son propiedad de la Editorial Grupo AEA y sus Autores. Se proh3be rigurosamente, bajo las sanciones en las leyes, la producci3n o almacenamiento total y/o parcial de esta obra, ni su tratamiento informático de la presente publicaci3n, incluyendo el diseño de la portada, as3 como la transmisi3n de la misma de ninguna forma o por cualquier medio, tanto si es electr3nico, como qu3mico, mecánico, 3ptico, de grabaci3n o bien de fotocopia, sin la autorizaci3n de los titulares del copyright, salvo cuando se realice confines acad3micos o cient3ficos y estrictamente no comerciales y gratuitos, debiendo citar en todo caso a la editorial. Las opiniones expresadas en los cap3tulos son responsabilidad de los autores.

RESEÑA DE AUTORES



Ruiz-Sánchez, Clara Isabel



Universidad de las Fuerzas Armadas
ESPE



ciruz4@espe.edu.ec



<https://orcid.org/0000-0003-2864-5137>



Ingeniera Química con una Maestría en Ingeniería Química Aplicada por la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo y una Maestría Internacional en Seguridad y Salud en el Trabajo y Prevención de Riesgos Laborales por la Universidad Rey Juan Carlos de España. Desde 2022 ejerce la docencia universitaria, actualmente en la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE. Su experiencia profesional abarca el tratamiento de aguas, control de sólidos y seguridad industrial. Es autora de obras y proyectos enfocados en la sostenibilidad y la prevención de riesgos laborales, además de dirigir IKAY ECUADOR, centro especializado en asesoría y capacitación en seguridad laboral.



Núñez-Niachimba, Adriana María



Universidad de las Fuerzas Armadas
ESPE



aanunez2@espe.edu.ec



<https://orcid.org/0009-0007-6591-5884>



Ingeniera Química con una Maestría en Ingeniería Química Aplicada por la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo y un Diplomado en Calidad Educativa por la Universidad de Las Américas. Se ha desempeñado como docente en nivel superior desde el año 2019, actualmente en la Universidad de las Fuerzas Armadas- ESPE.

RESEÑA DE AUTORES

**Navas-Cárdenas, Carlos Andrés**Universidad de las Fuerzas Armadas
ESPEcanavas3@espe.edu.ec<https://orcid.org/0000-0002-3053-966X>

Ingeniero Químico de la Escuela Politécnica Nacional (Ecuador, 2014) y posee un Doctorado en Ingeniería Química y Biotecnología de la Universidad de Chile (2019). Su trabajo doctoral, con estancias de investigación en Italia y EE. UU., se centró en la síntesis de catalizadores con soporte dual para la oxidación preferencial de CO. Ha sido profesor en la Universidad Regional Amazónica Ikiam (2019-2021) y en la Universidad Yachay Tech (2021-2023). Desde el año 2023, se desempeña como Docente-Investigador de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, donde ocupa el cargo de profesor titular del Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica desde el año 2025. Cuenta con una sólida trayectoria de publicaciones en eventos internacionales, enfocadas en Catálisis Heterogénea y Ambiental, síntesis y caracterización de catalizadores con alta dispersión metálica y biomateriales, Procesos de Oxidación Avanzada y tratamiento de aguas residuales convencionales y no convencionales.

**Correa-Salgado, María de Lourdes**Instituto Químico de Sarrià (IQS –
Universitat Ramon Llull).maría.correa@iqs.url.edu<https://orcid.org/0000-0001-6130-9384>

Ingeniera Bioquímica por la Universidad Técnica de Ambato (Ecuador) y Máster en Ingeniería Biológica y Ambiental por la Universitat Autònoma de Barcelona. Actualmente desarrolla estudios de doctorado en Química e Ingeniería Química como Investigadora Predoctoral en el Instituto Químico de Sarrià (IQS – Universitat Ramon Llull). Su trayectoria incluye experiencia en gestión ambiental, análisis de laboratorio, ingeniería biológica y evaluación de riesgos, especialmente en el ámbito agrícola y agroindustrial. Está certificada como Perito Judicial en Medio Ambiente y Auditor Interno ISO, con formación sólida en normativa y seguridad química. La elaboración de este libro tiene como propósito ofrecer un recurso claro y actualizado que facilite la comprensión y gestión de los riesgos químicos en el sector agrícola, contribuyendo a prácticas más seguras y sostenibles.

Índice

Reseña de Autores.....	ix
Índice.....	xi
Índice de Tablas.....	xv
Capítulo I: Introducción a los productos químicos agrícolas y su clasificación ...	1
1.1. Introducción	3
1.1.1. Importancia de la prevención de riesgos químicos en la agricultura.....	3
1.2. Conceptos básicos.....	3
1.2.1. Definición de productos químicos agrícolas	3
1.3. Tipos de productos químicos utilizados en la agricultura	4
1.3.1. Pesticidas	4
1.3.2. Fertilizantes	4
1.3.3. Herbicidas.....	6
1.3.4. Fungicidas	8
1.4. Clasificación de los productos químicos según su toxicidad	10
1.4.1. Sistema Globalmente Armonizado (SGA)	11
Capítulo II: Peligros físicos de los productos químicos agrícolas	13
2.1. Peligros físicos.....	15
2.1.1. Explosivos.....	15
2.1.2. Gases Inflamables	15
2.1.3. Aerosoles y productos químicos a presión	16
2.1.4. Gases comburentes.....	17
2.1.5. Gases a presión.....	17
2.1.6. Líquidos inflamables	18
2.1.7. Sólidos inflamables.....	19
2.1.8. Sustancias y mezclas que reaccionan espontáneamente.....	19

2.1.9.	Líquidos pirofóricos.....	21
2.1.10.	Sólidos pirofóricos.....	21
2.1.11.	Sustancias y mezclas que experimentan calentamiento espontáneo	22
2.1.12.	Sustancias y mezclas que, en contacto con el agua, desprenden gases inflamables	22
2.1.13.	Líquidos comburentes.....	23
2.1.14.	Sólidos comburentes.....	24
2.1.15.	Peróxidos orgánicos.....	25
2.1.16.	Sustancias y mezclas corrosivas para los metales.....	26
2.1.17.	Explosivos insensibilizados.....	27
Capítulo III: Peligros para la salud y el medio ambiente		29
3.1.	Peligros para la salud	31
3.1.1.	Toxicidad aguda	31
3.2.	Corrosión/irritación cutánea	32
3.3.	Lesiones oculares graves/irritación ocular.....	33
3.4.	Sensibilización respiratoria o cutánea	34
3.5.	Mutagenicidad en células germinales.....	35
3.6.	Carcinogenicidad	36
3.7.	Toxicidad para la reproducción.....	36
3.8.	Toxicidad específica de órganos diana tras una exposición única	37
3.9.	Toxicidad específica de órganos diana tras exposiciones repetidas	38
3.10.	Peligro por aspiración.....	39
3.11.	Peligros para el medio ambiente.....	40
3.11.1.	Peligroso para el medio ambiente acuático	40
3.12.	Peligroso para la capa de ozono.....	41
3.12.1.	Métricas de Toxicidad	42
3.13.	Evaluación de la Exposición a Agentes Químicos	44

3.13.1.	Criterios de valoración	44
3.13.2.	Establecimiento de los valores límite ambientales.....	45
3.13.3.	Valor límite ambiental - exposición diaria (VLA-ED)	45
Capítulo IV: Legislación, normativas, entidades de control y buenas prácticas agrícolas.....		49
4.1.	Legislación y Normativas	51
4.1.1.	Reglamento a la Ley de Comercialización y Empleo de Plaguicidas.....	58
4.2.	Entidades de Control	60
4.2.1.	Agrocalidad	60
4.2.2.	Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG).....	60
4.3.	Identificación y Evaluación de Riesgos.....	64
4.3.1.	Identificación de riesgos químicos	64
4.4.	Etiquetado.....	65
4.4.1.	Hojas De Seguridad.....	67
4.5.	Métodos de evaluación de riesgos	68
4.5.1.	Métodos cualitativos	68
4.5.1.1.	Análisis de riesgos y peligros (HAZOP):	68
4.6.	Medidas de Prevención y Control	73
4.6.1.	Prevención.....	73
4.6.2.	Control	74
4.6.3.	Monitoreo y revisión.....	75
4.6.4.	Información y comunicación	75
4.7.	Buenas prácticas agrícolas (BPA)	75
4.7.1.	Uso correcto y seguro de productos químicos	77
4.7.2.	Manipulación y utilización en condiciones de seguridad	77
4.7.3.	Embalaje.....	78
4.7.4.	Transporte	79

4.7.5.	Trasvase	80
4.7.6.	Almacenamiento seguro	80
4.7.7.	Mezcla y aplicación de productos químicos	84
4.7.8.	Aplicación de plaguicidas	84
4.7.9.	Equipos de protección personal (EPP).....	85
4.8.	Gestión de Residuos Químicos	86
4.8.1.	Manejo y disposición de envases vacíos.....	86
4.8.2.	Tratamiento de residuos químicos.....	88
4.8.3.	Tratamiento fisicoquímico:.....	89
4.8.4.	Reciclaje químico:.....	89
4.9.	Incineración.....	90
4.9.1.1.	Estabilización/solidificación	91
4.9.2.	Depósito en vertedero de seguridad.....	91
4.9.3.	Programas de reciclaje y eliminación segura	92
4.9.4.	Planes de Emergencia y Respuesta.....	92
4.9.5.	Procedimientos de respuesta ante derrames y accidentes	93
4.9.6.	Primeros auxilios en caso de exposición química	95
4.9.6.1.	Envenenamiento.....	95
4.9.6.2.	Quemaduras.....	96
4.10.	Capacitación y Formación.....	97
4.10.1.	Capacitación	97
	Referencias Bibliográficas	99
	Anexos	107

Índice de Tablas

Tabla 1 <i>Tipología de explosivos y recomendaciones de manipulación segura</i>	15
Tabla 2 <i>Clasificación, ejemplos y precauciones de gases inflamables</i>	16
Tabla 3 <i>Clasificación de aerosoles y medidas de seguridad</i>	16
Tabla 4 <i>Gases comburentes: clasificación, riesgos y precauciones</i>	17
Tabla 5 <i>Clasificación de gases a presión y manejo seguro</i>	18
Tabla 6 <i>Líquidos inflamables: clasificación, riesgos y precauciones</i>	18
Tabla 7 <i>Sólidos inflamables: clasificación, ejemplos y precauciones</i>	19
Tabla 8 <i>Sustancias que reaccionan espontáneamente: clasificación (A–F), riesgos y precauciones</i>	20
Tabla 9 <i>Líquidos pirofóricos: clasificación, ejemplos y precauciones</i>	21
Tabla 10 <i>Sólidos pirofóricos: clasificación, ejemplos y precauciones</i>	22
Tabla 11 <i>Calentamiento espontáneo: clasificación, riesgos y precauciones</i>	22
Tabla 12 <i>Sustancias que reaccionan con agua: clasificación, riesgos y precauciones</i>	23
Tabla 13 <i>Matriz de líquidos comburentes: tipología, riesgos y buenas prácticas</i>	24
Tabla 14 <i>Sólidos comburentes: clasificación, ejemplos y precauciones</i>	25
Tabla 15 <i>Peróxidos orgánicos: clasificación (A–G), riesgos y precauciones</i>	25
Tabla 16 <i>Corrosivos para metales: clasificación, riesgos y precauciones</i>	26
Tabla 17 <i>Explosivos insensibilizados: categorías, peligros y controles de seguridad</i>	27
Tabla 18 <i>Toxicidad y medidas de seguridad en el manejo de peróxidos orgánico</i>	31
Tabla 19 <i>Corrosión e irritación cutánea: clasificación, riesgos y medidas preventivas</i>	32
Tabla 20 <i>Corrosión e irritación ocular: clasificación, riesgos y medidas preventivas</i>	33
Tabla 21 <i>Corrosión e irritación respiratoria: clasificación, riesgos y medidas preventivas</i>	34
Tabla 22 <i>Mutagenicidad: clasificación, riesgos y medidas preventivas</i>	35
Tabla 23 <i>Carcinogenicidad: clasificación, riesgos y medidas preventivas</i>	36

Tabla 24 <i>Toxicidad para la reproducción: clasificación, riesgos y medidas preventivas</i>	37
Tabla 25 <i>Toxicidad específica de órganos diana tras exposiciones repetidas</i> .	38
Tabla 26 <i>Toxicidad específica de órganos diana tras exposiciones</i>	39
Tabla 27 <i>Peligro por aspiración: clasificación, riesgos y medidas preventivas</i>	40
Tabla 28 <i>Sustancias y mezclas peligrosas para el medio ambiente acuático</i> ..	41
Tabla 29 <i>Sustancias y mezclas peligrosas para la capa de ozono</i>	41
Tabla 30 <i>Clasificación de sustancias químicas según la Dosis Letal Media (LD50)</i>	42
Tabla 31 <i>Clasificación de sustancias químicas según concentración Letal Media (LC50)</i>	43
Tabla 32 <i>Clasificación de la OMS para Plaguicidas</i>	43
Tabla 33 <i>Toxicidad, exposición y factores ambientales asociados al uso de plaguicidas</i>	64
Tabla 34 <i>Método HAZOP</i>	69
Tabla 35 <i>Matriz de identificación de desviaciones</i>	70
Tabla 36 <i>Análisis de exposición y toxicidad</i>	71
Tabla 37 <i>Matriz de identificación de riesgos</i>	72
Tabla 38 <i>Elementos clave para la elaboración de un plan de emergencia y respuesta</i>	93

CAPITULO 01

INTRODUCCIÓN A LOS PRODUCTOS QUÍMICOS AGRÍCOLAS Y SU CLASIFICACIÓN



Introducción a los productos químicos agrícolas y su clasificación

1.1. Introducción

1.1.1. Importancia de la prevención de riesgos químicos en la agricultura

La importancia de la prevención de los riesgos químicos en la agricultura radica en la protección de los trabajadores y el medio ambiente. Son muchos los efectos nocivos para la salud entre otros podemos mencionar el cáncer y trastornos de ansiedad los que se relacionan con la prolongada exposición a pesticidas en el campo agrícola, así como también afectaciones de orden genético.

Los pesticidas son excesivamente tóxicos y generalmente causan envenenamiento agudo con efectos a largo plazo, estos no solo afectan a los humanos, sino también a un gran número de especies, lo cual supone una amenaza de gran magnitud para la salud ambiental.

1.2. Conceptos básicos

1.2.1. Definición de productos químicos agrícolas

Los productos químicos agrícolas son sustancias, ya sean sintetizadas o derivadas de fuentes naturales, que se utilizan en la agricultura para optimizar la producción y calidad de los cultivos. Su función principal es proteger las plantas contra plagas, enfermedades y malezas, además de mejorar su crecimiento y rendimiento (Alengebawy et al., 2021).

Dentro de estos productos, los plaguicidas juegan un papel crucial. Los plaguicidas, también conocidos como productos químicos agrícolas, son sustancias usadas para proteger las plantas contra varias plagas (Tudi et al., 2021).

1.3. Tipos de productos químicos utilizados en la agricultura

1.3.1. Pesticidas

Los pesticidas son sustancias químicas o biológicas diseñadas para prevenir, repeler, destruir o controlar plagas. Las plagas pueden incluir insectos, malezas, hongos, roedores y otros organismos no deseados que afectan negativamente a las plantas, animales y al ser humano. Los pesticidas son esenciales en la agricultura moderna para asegurar una producción eficiente y de alta calidad, así como para proteger los recursos naturales y la salud pública (Alengebawy et al., 2021).

1.3.2. Fertilizantes

Los fertilizantes son sustancias, ya sean de origen natural o sintético, que se aplican al suelo o directamente a las plantas con el propósito de suministrar uno o más nutrientes esenciales para su crecimiento y desarrollo (Al-Rawajfeh et al., 2021). Estos nutrientes son necesarios para que las plantas realicen funciones vitales como la fotosíntesis, la formación de tejidos y la producción de frutos.

Los fertilizantes se clasifican principalmente en dos categorías:

Fertilizantes Inorgánicos (Sintéticos):

- Fertilizantes Nitrogenados: Aportan nitrógeno (N), un elemento esencial para el crecimiento vegetativo de las plantas.
- Fertilizantes Fosfatados: Proporcionan fósforo (P), importante para el desarrollo de raíces y la floración.
- Fertilizantes Potásicos: Suministran potasio (K), necesario para la resistencia a enfermedades y la calidad del fruto.
- Micronutrientes: Incluyen elementos como hierro, zinc, manganeso, boro, cobre, molibdeno y cloro, esenciales en pequeñas cantidades para el desarrollo saludable de las plantas.

Fertilizantes Orgánicos:

- Compost: Materia orgánica descompuesta que mejora la estructura del suelo y aporta nutrientes de manera gradual.

- Estiércol: Residuos animales que enriquecen el suelo con nutrientes y materia orgánica.
- Residuos de Cultivos: Restos vegetales que, al descomponerse, liberan nutrientes al suelo.
- Importancia de los Fertilizantes:
- Mejora de la Fertilidad del Suelo: Los fertilizantes reponen los nutrientes que se agotan del suelo debido a la cosecha de cultivos, manteniendo su fertilidad a largo plazo.
- Incremento del Rendimiento de los Cultivos: Al proporcionar los nutrientes necesarios, los fertilizantes aumentan la productividad y calidad de los cultivos.
- Optimización del Crecimiento de las Plantas: Favorecen el desarrollo equilibrado de las plantas, mejorando la resistencia a enfermedades y condiciones adversas.

Prevención de Riesgos en el Uso de Fertilizantes:

El uso incorrecto o excesivo de fertilizantes puede provocar riesgos para la salud humana y el medio ambiente, como la contaminación de aguas subterráneas, la eutrofización de cuerpos de agua y la emisión de gases invernadero (Chandran et al., 2021). Para prevenir estos riesgos, es crucial:

- Seguir las Recomendaciones de Dosificación: Aplicar la cantidad correcta de fertilizante basada en las necesidades específicas del cultivo y las características del suelo.
- Almacenamiento Adecuado: Guardar los fertilizantes en lugares secos y ventilados, lejos de fuentes de agua y alimentos.
- Uso de Equipos de Protección Personal (EPP): Utilizar guantes, mascarillas y ropa adecuada al manejar fertilizantes, especialmente los de origen sintético.
- Capacitación y Concienciación: Educar a los trabajadores agrícolas sobre las mejores prácticas de uso y manejo seguro de fertilizantes.

Adoptando estas medidas, se puede maximizar el beneficio de los fertilizantes mientras se minimizan los riesgos asociados a su uso.

1.3.3. Herbicidas

Los herbicidas son un tipo de plaguicida específicamente formulado para eliminar o controlar las malas hierbas (plantas no deseadas) que compiten con los cultivos por recursos esenciales como nutrientes, agua y luz. Al utilizar herbicidas, los agricultores pueden mejorar el rendimiento y la calidad de sus cultivos, ya que las malas hierbas pueden reducir significativamente la productividad agrícola (Carpenter et al., 2020).

Clasificación de Herbicidas:

Según el Espectro de Acción:

- **Herbicidas Selectivos:** Diseñados para eliminar ciertas especies de malas hierbas sin dañar los cultivos. Por ejemplo, algunos herbicidas pueden matar solo las malas hierbas de hoja ancha en campos de césped.
- **Herbicidas No Selectivos:** Afectan a todas las plantas con las que entran en contacto, usados para limpiar terrenos antes de la siembra o en áreas donde no se desea vegetación.

Según el Modo de Acción:

- **Herbicidas de Contacto:** Actúan solo en la parte de la planta donde se aplican, causando daño inmediato a los tejidos vegetales con los que entran en contacto. Son efectivos en malas hierbas jóvenes y en crecimiento activo.
- **Herbicidas Sistémicos:** Se absorben por las hojas o raíces de las plantas y se transportan a través del sistema vascular, afectando a toda la planta. Son útiles para controlar malas hierbas perennes con sistemas radiculares extensos.

Según el Momento de Aplicación:

- **Preemergentes:** Se aplican al suelo antes de que las malas hierbas germinen y broten, formando una barrera que impide su crecimiento.
- **Postemergente:** Se aplican directamente sobre las malas hierbas ya desarrolladas para controlarlas.

Importancia de los Herbicidas:

- **Control Eficiente de Malas Hierbas:** Permiten a los agricultores gestionar las malas hierbas de manera efectiva, reduciendo la competencia por recursos y aumentando el rendimiento de los cultivos.
- **Reducción del Trabajo Manual:** Disminuyen la necesidad de deshierbe manual o mecánico, lo que ahorra tiempo y reduce los costos laborales.
- **Facilitan Prácticas Agrícolas Modernas:** Son esenciales en sistemas de agricultura de conservación, donde el mínimo laboreo del suelo es clave para prevenir la erosión y mejorar la salud del suelo.

Prevención de Riesgos en el Uso de Herbicidas:

El uso de herbicidas implica ciertos riesgos para la salud humana y el medio ambiente. Para minimizar estos riesgos, es fundamental adoptar prácticas seguras (Van Bruggen et al., 2018), tales como:

Uso Correcto y Dosificación Adecuada:

- Seguir las instrucciones del fabricante respecto a la dosificación y método de aplicación.
- Evitar aplicaciones excesivas que puedan causar daño a los cultivos y contaminar el medio ambiente.

Equipos de Protección Personal (EPP):

- Utilizar guantes, mascarillas, gafas de protección y ropa adecuada para evitar el contacto directo con los herbicidas.
- Hay que asegurar que el equipo de aplicación esté en buen estado y calibrado correctamente.

Almacenamiento Seguro:

- Guardar los herbicidas en lugares secos, frescos y bien ventilados, fuera del alcance de niños y animales.
- Mantenerlos alejados de fuentes de agua potable y alimentos para evitar contaminación accidental.

Capacitación y Educación:

- Proporcionar formación regular a los trabajadores agrícolas sobre el manejo seguro de herbicidas.
- Informar sobre los riesgos potenciales y las medidas preventivas necesarias para evitar la exposición.

Monitoreo y Evaluación Ambiental:

- Realizar evaluaciones periódicas del impacto ambiental de los herbicidas utilizados.
- Implementar prácticas de manejo integrado de plagas (MIP) para reducir la dependencia de herbicidas químicos, utilizando métodos biológicos, culturales y mecánicos como complemento.

1.3.4. Fungicidas

Los fungicidas son sustancias químicas o biológicas diseñadas para prevenir, destruir o inhibir el crecimiento de hongos y sus esporas en las plantas. Los hongos son organismos que pueden causar una variedad de enfermedades en los cultivos, afectando negativamente la salud de las plantas, su rendimiento y la calidad del producto final. Los fungicidas son una herramienta esencial en la agricultura moderna para controlar estas enfermedades y asegurar la productividad agrícola (Chandran et al., 2021).

Clasificación de Fungicidas:

Según el Modo de Acción:

- Fungicidas de Contacto: Actúan en la superficie de la planta donde se aplican, formando una barrera protectora que impide la germinación de esporas de hongos. No penetran en los tejidos vegetales y suelen ser preventivos.
- Fungicidas Sistémicos: Son absorbidos por la planta y transportados a través de su sistema vascular, proporcionando protección tanto en la superficie como en el interior de los tejidos vegetales. Pueden ser preventivos y curativos.

Según el Espectro de Actividad:

- Fungicidas de Amplio Espectro: Efectivos contra una amplia gama de hongos patógenos.
- Fungicidas de Espectro Reducido: Dirigidos contra especies específicas o un grupo limitado de hongos.

Según el Momento de Aplicación:

- Fungicidas Preventivos: Se aplican antes de que la infección ocurra, protegiendo la planta de posibles ataques de hongos.
- Fungicidas Curativos: Se aplican después de que la infección ha comenzado, tratando las plantas afectadas y deteniendo la propagación de la enfermedad.

Importancia de los Fungicidas:

- Control de Enfermedades Fúngicas: Protegen los cultivos de enfermedades como el mildiu, el oídio, la roya y otras infecciones que pueden devastar las cosechas.
- Aumento del Rendimiento y Calidad: Al mantener las plantas sanas, los fungicidas aseguran un mayor rendimiento y mejor calidad de los productos agrícolas.
- Facilitan la Agricultura Sostenible: Al prevenir la pérdida de cultivos y reducir la necesidad de rotación de cultivos intensiva, contribuyen a prácticas agrícolas sostenibles.

Prevención de Riesgos en el Uso de Fungicidas:

El uso de fungicidas puede presentar riesgos para la salud humana y el medio ambiente. Para minimizar estos riesgos, es esencial adoptar prácticas seguras y responsables, como:

Uso Correcto y Dosificación Adecuada:

- Seguir estrictamente las instrucciones del fabricante sobre la dosificación y el método de aplicación.
- Evitar la sobre aplicación que puede llevar a la resistencia de los hongos y a la contaminación ambiental.

Equipos de Protección Personal (EPP):

- Utilizar guantes, mascarillas, gafas protectoras y ropa adecuada para evitar el contacto directo con los fungicidas.
- Asegurarse de que los equipos de aplicación estén en buen estado y correctamente calibrados.

Almacenamiento Seguro:

- Guardar los fungicidas en lugares secos, frescos y bien ventilados, fuera del alcance de niños y animales.
- Mantener los fungicidas alejados de fuentes de agua potable y alimentos para evitar contaminación accidental.

Capacitación y Educación:

- Proporcionar formación regular a los trabajadores agrícolas sobre el manejo seguro de fungicidas.
- Informar sobre los riesgos potenciales y las medidas preventivas necesarias para evitar la exposición.

Monitoreo y Evaluación Ambiental:

- Realizar evaluaciones periódicas del impacto ambiental de los fungicidas utilizados.
- Implementar prácticas de manejo integrado de plagas (MIP) para reducir la dependencia de fungicidas químicos, utilizando métodos biológicos, culturales y mecánicos como complemento.

1.4. Clasificación de los productos químicos según su toxicidad

Conforme a la bibliografía revisada, se puede determinar que la clasificación de productos químicos, según su toxicidad, se basa en modelos de clasificación directa, que son herramientas esenciales para evaluar los riesgos químicos sin recurrir a pruebas experimentales extensivas (Samanipour et al., 2023). Sistemas armonizados globalmente y bases de datos de estructuradas. Pero

enfrenta varios desafíos de consistencia y transparencia entre diferentes países y organismos.

La clasificación de los productos químicos según su toxicidad. Es un tema de gran importancia para la seguridad, tanto ambiental como humana. Esta clasificación permite identificar y comunicar los riesgos asociados con el uso y manejo de sustancias químicas, facilitando la implementación de medidas de seguridad adecuadas para garantizar la integridad de los trabajadores y preservar el medio ambiente (Li et al., 2024).

La toxicidad de los productos químicos se refiere a su capacidad para causar daño a los seres vivos. Clasificar los productos químicos según su toxicidad es esencial para gestionar los riesgos asociados con su uso, almacenamiento y eliminación. Esta clasificación se basa en diversos criterios, incluyendo la dosis letal (LD50), la concentración letal (LC50), y otros parámetros toxicológicos.

1.4.1. Sistema Globalmente Armonizado (SGA)

El Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación y Etiquetado de Productos Químicos (SGA) proporciona un marco internacional para la clasificación de peligros de productos químicos. En este sistema se clasifican los productos químicos según sus peligros físicos, toxicológicos y ambientales, utilizando elementos de etiquetado armonizados como símbolos, palabras de advertencia y declaraciones de peligro (Winder et al., 2005).

Este sistema se usa para sustancias puras, soluciones diluidas y mezclas, de acuerdo con el Sistema Global Armonizado (SGA) la identificación de los peligros tiene 3 pasos:

- 1) Identificación de datos relevantes acerca de los peligros asociados a la sustancia o mezcla. Lo cual se logra mediante la clasificación de los productos químicos en función de las propiedades de ellos. Así como la comunicación de los riesgos a través de etiquetas de las FDS y la formación. Este primer paso es la base del SGA es un componente necesario para el uso seguro de productos químicos en el lugar de trabajo (Peterson et al., 2010).

- 2) Evaluar los peligros asociados a la sustancia o mezcla esto nos permite considerar las medidas de control que existen para reducir los riesgos.
- 3) Decidir si la sustancia o mezcla puede considerarse como peligrosa y determinar el grado de peligrosidad. En otras palabras, el uso seguro de los productos químicos si las medidas de reducción de riesgos aplicadas son suficientes, el nivel de riesgos es aceptable, por lo que el uso de productos químicos puede considerarse seguro.

Es preciso mencionar que en el sistema global armonizado de clasificación y etiquetado de productos químicos es un marco internacional diseñado para clasificar y comunicar los peligros de los productos químicos de manera uniforme en todo el mundo (Jonai & Member, 2008). La clasificación de los peligros se organiza en categorías y códigos que permiten una fácil identificación y comunicación de los riesgos asociados con los productos químicos. La estructura de dichos códigos sigue un formato específico que permite una comprensión clara y estandarizada a nivel internacional, así, por ejemplo. En el caso de los peligros físicos como los explosivos el código 2.1 hace referencia a una subcategoría dentro De la clase de peligro 2, que corresponde a los gases. Sin embargo, es importante recalcar que los explosivos no están clasificados bajo el Código 2.1 sino más bien pertenecen a la clase de peligro 1.

CAPITULO 02

PELIGROS FÍSICOS DE LOS PRODUCTOS QUÍMICOS AGRÍCOLAS



Peligros físicos de los productos químicos agrícolas

2.1. Peligros físicos

Dentro del sistema armonizado de clasificación y etiquetado de productos químicos, los peligros físicos se refieren a las propiedades intrínsecas de una sustancia o mezcla y que pueden causar daño por su naturaleza física (Pratt, 2002). Dichos peligros están relacionados con las características físicas y químicas de los materiales, mas no con sus efectos toxicológicos o los que puedan presentar sobre el medio ambiente.

2.1.1. Explosivos

Según el Sistema Globalmente Armonizado (SGA), un explosivo es una sustancia o mezcla sólida o líquida capaz, mediante reacción química, de producir gas a temperatura y presión y a una velocidad que cause daños alrededores.

Dicho de otro modo, un explosivo es una sustancia que, al detonar o deflagrar, libera rápidamente una gran cantidad de energía en forma de calor, luz, sonido y presión, lo que puede causar daños materiales y personales significativos (Shabina, 2023).

Tabla 1

Tipología de explosivos y recomendaciones de manipulación segura

Clasificación de los explosivos	Ejemplos de explosivos	Precauciones al manipular explosivos
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Riesgo de explosión en masa, ➤ Riesgo de proyección, ➤ Riesgo de incendio ➤ Riesgo de efectos menores. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Dinamita ➤ Trinitrotolueno (TNT) ➤ Nitroglicerina ➤ Pólvora negra ➤ Algunos peróxidos orgánicos 	<p>Los explosivos son sustancias extremadamente peligrosas y deben manipularse con precaución. Es importante seguir las instrucciones del fabricante y las regulaciones de seguridad al manipular, almacenar y transportar explosivos.</p>

Nota: (Autores, 2025).

2.1.2. Gases Inflamables

Un gas inflamable es un gas que puede encenderse fácilmente y arder en el aire. Los gases inflamables se clasifican según su inflamabilidad y su potencial de

explosión y deben manipularse con precaución debido a su peligrosidad (Cashdollar et al., 2000).

Tabla 2

Clasificación, ejemplos y precauciones de gases inflamables

Clasificación de los gases inflamables	Ejemplos de gases inflamables	Precauciones al manipular gases inflamables
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Riesgo de explosión en masa, ➤ Riesgo de proyección, ➤ Riesgo de incendio ➤ Riesgo de efectos menores. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Hidrógeno ➤ Metano ➤ Etano ➤ Propano ➤ Acetileno 	<p>Los explosivos son sustancias extremadamente peligrosas y deben manipularse con precaución. Es importante seguir las instrucciones del fabricante y las regulaciones de seguridad al manipular, almacenar y transportar gases inflamables.</p>

Nota: (Autores, 2025).

2.1.3. Aerosoles y productos químicos a presión

En el contexto del Sistema Globalmente Armonizado (SGA), los aerosoles y productos químicos a presión son peligrosos por los riesgos que presentan durante su manipulación, almacenamiento y uso (Persson et al., 2017). También puede ser definido como un recipiente no recargable, fabricado en metal, vidrio o plástico, que contiene un gas comprimido, licuado o disuelto a presión, con o sin un líquido, pasta o polvo, y provisto de un dispositivo de descarga que permite expulsar el contenido en forma de partículas sólidas o líquidas en suspensión en un gas, o en forma de espuma, pasta o polvo, o en estado líquido o gaseoso (Aziz et al., 2025).

Tabla 3

Clasificación de aerosoles y medidas de seguridad

Clasificación de los aerosoles	Riesgos de los aerosoles	Precauciones al manipular aerosoles
<p>Los aerosoles se clasifican según su inflamabilidad y el riesgo de explosión o proyección que puedan presentar.</p>	<p>Inflamabilidad Explosión Proyección Toxicidad</p>	<p>No exponer los aerosoles a fuentes de calor o llamas. No perforar ni incinerar los aerosoles. Almacenar los aerosoles en lugares frescos y ventilados. Utilizar los aerosoles en áreas bien ventiladas. No inhalar los aerosoles.</p>

Nota: (Autores, 2025).

2.1.4. Gases comburentes

Un gas comburente es aquel que, generalmente liberando oxígeno, puede provocar o facilitar la combustión de otras sustancias en mayor medida que el aire.

Dicho de otra forma, un gas comburente no es inflamable por sí mismo, pero favorece y acelera la combustión de otros materiales, lo que puede aumentar la intensidad de un incendio y hacerlo más difícil de controlar (Lin et al., 2024).

Características clave de los gases comburentes:

- Los gases comburentes liberan oxígeno u otras sustancias que favorecen la combustión.
- Estos gases intensifican la combustión de materiales inflamables, haciendo que ardan más rápido y con mayor intensidad.
- Los gases comburentes pueden aumentar el riesgo de incendio y explosión en presencia de materiales inflamables y una fuente de ignición.

Tabla 4

Gases comburentes: clasificación, riesgos y precauciones

Clasificación de los gases comburentes	Riesgos de los gases comburentes	Precauciones al manipular gases comburentes
El SGA clasifica los gases comburentes en una única categoría	Oxígeno (O ₂) Óxido nitroso (N ₂ O) Ozono (O ₃) Cloro (Cl ₂) Flúor (F ₂)	Los gases comburentes deben manipularse con precaución debido a su capacidad para intensificar la combustión.

Nota: (Autores, 2025).

2.1.5. Gases a presión

Según el SGA, un gas a presión es un gas que se encuentra envasado en un recipiente a una presión igual o superior a 200 kPa a 20 °C, o como gas licuado o gas licuado refrigerado (Persson et al., 2017).

Los gases a presión son los que se encuentran confinados en un recipiente a una presión elevada, lo que puede generar riesgos en caso de fugas, roturas o exposición a altas temperaturas (Dadkani et al., 2017).

Tabla 5
Clasificación de gases a presión y manejo seguro

Clasificación de los gases a presión	Riesgos de los gases a presión	Precauciones al manipular gases a presión
Gas comprimido	Explosión	Los gases a presión deben manipularse con precaución debido a los riesgos que pueden presentar. Es importante seguir las instrucciones del fabricante y las regulaciones de seguridad al manipular, almacenar y transportar gases a presión.
Gas licuado	Fugas	
Gas licuado refrigerado	Lesiones	
Gas disuelto		

Nota: (Autores, 2025).

2.1.6. Líquidos inflamables

Según el SGA, un líquido inflamable es aquel que tiene un punto de inflamación no superior a 60 °C. En otras palabras, un líquido inflamable es aquel que puede encenderse fácilmente en presencia de una fuente de ignición, como una chispa, una llama o una superficie caliente, y arder en el aire (Thomson, 2002).

Es importante indicar que el punto de inflamación es la temperatura más baja a la que un líquido desprende vapores en cantidad suficiente para formar una mezcla inflamable con el aire (Fox, 1999). Este valor es fundamental para determinar la inflamabilidad de un líquido y los riesgos asociados.

Tabla 6
Líquidos inflamables: clasificación, riesgos y precauciones

Clasificación de los líquidos inflamables	Riesgos de los líquidos inflamables	Precauciones al manipular líquidos inflamables
Categoría 1: Líquidos con un punto de inflamación inferior a 23 °C y un punto de ebullición inicial inferior o igual a 35 °C.	Incendio Explosión Toxicidad	Es importante seguir las instrucciones del fabricante y las regulaciones de seguridad al manipular, almacenar y transportar gases a presión.
Categoría 2: Líquidos con un punto de inflamación inferior a 23 °C y un punto de ebullición inicial superior a 35 °C.		
Categoría 3: Líquidos con un punto de inflamación entre 23 °C y 60 °C.		
Categoría 4: Líquidos con un punto de inflamación superior a 60 °C pero inferior o igual a 93 °C.		

Nota: (Autores, 2025).

2.1.7. Sólidos inflamables

Un sólido inflamable es una sustancia sólida que se inflama con facilidad o puede provocar o activar incendios por fricción (Zhengyang, 2017). Los sólidos inflamables presentan riesgos de incendio y deben manipularse con precaución para evitar accidentes (Komai et al., 1994).

Las características clave de los sólidos inflamables son:

- Los sólidos inflamables se encienden fácilmente y arden con una llama.
- Algunos sólidos inflamables pueden encenderse por fricción, como al frotar dos superficies o al golpear un objeto contra otro.
- Los sólidos inflamables pueden propagar rápidamente el fuego si no se manipulan y almacenan adecuadamente (Zhengyang, 2017).

Tabla 7

Sólidos inflamables: clasificación, ejemplos y precauciones

Clasificación de los Sólidos inflamables	Ejemplos de sólidos inflamables	Precauciones al manipular sólidos inflamables
El SGA clasifica los sólidos inflamables en una única categoría	Fósforo rojo Azufre Algunos metales en polvo (aluminio, magnesio, zinc) Celulosa nitrada Algunos tejidos y materiales impregnados con sustancias inflamables	Es importante seguir las instrucciones del fabricante y las regulaciones de seguridad al manipular, almacenar y transportar gases a presión.

Nota: (Autores, 2025).

2.1.8. Sustancias y mezclas que reaccionan espontáneamente

Según el SGA, una sustancia o mezcla que reacciona espontáneamente es aquella que es inestable y que puede experimentar una reacción exotérmica (liberación de calor) o una descomposición autoacelerada incluso sin la presencia de oxígeno (aire) (Persson et al., 2017).

Estas sustancias y mezclas pueden reaccionar por sí mismas, liberando energía en forma de calor y, en algunos casos, generando gases o vapores peligrosos.

Las características clave de las sustancias y mezclas que reaccionan espontáneamente

- Son sustancias inherentemente inestables y propensas a reaccionar.

- La reacción que experimentan libera calor, lo que puede aumentar la velocidad de la reacción y generar una situación de peligro.
- La reacción puede desencadenarse por factores como la temperatura, la fricción o la contaminación, y una vez iniciada, puede continuar y acelerarse sin necesidad de un aporte externo de energía.
- Algunas de estas sustancias pueden reaccionar incluso en ausencia de oxígeno, lo que las hace peligrosas en ambientes cerrados o confinados.

Tabla 8

Sustancias que reaccionan espontáneamente: clasificación (A–F), riesgos y precauciones

Clasificación de las sustancias y mezclas que reaccionan espontáneamente	Ejemplos de sólidos inflamables	Precauciones al manipular sólidos inflamables
<p>Sustancias y mezclas que reaccionan espontáneamente, tipo A: Pueden explotar o detonar.</p> <p>Sustancias y mezclas que reaccionan espontáneamente, tipo B: Poseen un riesgo de explosión en masa.</p> <p>Sustancias y mezclas que reaccionan espontáneamente, tipo C: Poseen un riesgo de incendio o de proyección, o ambos, pero no un riesgo de explosión en masa.</p> <p>Sustancias y mezclas que reaccionan espontáneamente, tipo D: Presentan un riesgo de incendio menor, con un riesgo menor de explosión o de proyección, o ambos.</p> <p>Sustancias y mezclas que reaccionan espontáneamente, tipo E: No es probable que exploten en masa, pero pueden experimentar una deflagración.</p> <p>Sustancias y mezclas que reaccionan espontáneamente, tipo F: No es probable que exploten en masa y no es probable que experimenten una deflagración.</p>	<p>Explosión</p> <p>Incendio</p> <p>Proyección</p> <p>Generación de gases tóxicos</p>	<p>Es importante seguir las instrucciones del fabricante y las regulaciones de seguridad al manipular, almacenar y transportar gases a presión.</p>

Nota: (Autores, 2025).

2.1.9. Líquidos pirofóricos

Un líquido pirofórico es aquel que puede inflamarse espontáneamente al entrar en contacto con el aire, incluso en pequeñas cantidades y en poco tiempo (Sokołowski et al., 2025). Los líquidos pirofóricos presentan un alto riesgo de incendio y deben manipularse con extrema precaución para evitar accidentes (Alnajjar, 2009).

Los líquidos pirofóricos presentan las siguientes características:

- Se encienden sin necesidad de una chispa, llama o calor.
- La inflamación se produce por la reacción del líquido con el oxígeno del aire.
- Incluso pequeñas cantidades de líquido pirofórico pueden inflamarse.

La inflamación puede ocurrir en poco tiempo, generalmente en los cinco minutos posteriores al contacto con el aire.

Tabla 9

Líquidos pirofóricos: clasificación, ejemplos y precauciones

Clasificación de los líquidos pirofóricos	Ejemplos de líquidos pirofóricos	Precauciones al manipular líquidos pirofóricos
El SGA clasifica los líquidos pirofóricos en una única categoría	Algunos compuestos organometálicos, como el trietilaluminio y el dietilzinc. Fósforo blanco (en algunas formas). Algunos hidruros metálicos.	Los líquidos pirofóricos deben manipularse con extrema precaución debido a su alta inflamabilidad y la facilidad con la que pueden encenderse (Sokołowski et al., 2025).

Nota: (Autores, 2025).

2.1.10. Sólidos pirofóricos

Un sólido pirofórico es un sólido que puede inflamarse espontáneamente al entrar en contacto con el aire, incluso en pequeñas cantidades y en un corto período de tiempo (Le Guyadec et al., 2010). Los sólidos pirofóricos presentan un alto riesgo de incendio y deben manipularse con extrema precaución para evitar accidentes (Hill, 2010).

Tabla 10
Sólidos pirofóricos: clasificación, ejemplos y precauciones

Clasificación de los sólidos pirofóricos	Ejemplos de líquidos pirofóricos	Precauciones al manipular líquidos pirofóricos
El SGA clasifica los sólidos pirofóricos en una única categoría	Algunos metales en polvo, como el hierro, el uranio, el titanio y el circonio. Algunos compuestos organometálicos. Algunos hidruros metálicos.	Los sólidos pirofóricos deben manipularse con extrema precaución debido a su alta inflamabilidad y la facilidad con la que pueden encenderse.

Nota: (Autores, 2025).

2.1.11. Sustancias y mezclas que experimentan calentamiento espontáneo

Las sustancias y mezclas que experimentan calentamiento espontáneo son aquellas que pueden calentarse gradualmente al entrar en contacto con el aire, lo que puede generar un incendio si la temperatura alcanza el punto de ignición. Estas sustancias y mezclas se clasifican según el grado de calentamiento que pueden experimentar y presentan riesgos de incendio y liberación de gases tóxicos. Deben manipularse con precaución para evitar accidentes.

Tabla 11
Calentamiento espontáneo: clasificación, riesgos y precauciones

Clasificación de las sustancias y mezclas que experimentan calentamiento espontáneo	Riesgos de las sustancias y mezclas que experimentan calentamiento espontáneo	Precauciones al manipular sustancias y mezclas que experimentan calentamiento espontáneo
Categoría 1: Sustancias y mezclas con calentamiento espontáneo y que pueden inflamarse en poco tiempo. Categoría 2: Sustancias y mezclas que experimentan calentamiento espontáneo pero que tardan más tiempo en inflamarse.	Incendio Liberación de gases tóxicos	Las sustancias y mezclas con calentamiento espontáneo deben manipularse con precaución por los riesgos que pueden presentar.

Nota: (Autores, 2025).

2.1.12. Sustancias y mezclas que, en contacto con el agua, desprenden gases inflamables

Las sustancias y mezclas que, en contacto con el agua, desprenden gases inflamables son aquellas que reaccionan con el agua, liberando gases que pueden encenderse y generar incendios o explosiones. Estas sustancias y mezclas se clasifican según la velocidad y la cantidad de gas inflamable que se libera al entrar en contacto con el agua y presentan riesgos de incendio,

explosión y toxicidad. Deben manipularse con extrema precaución para evitar accidentes.

Las características clave de las sustancias y mezclas que, en contacto con el agua, desprenden gases inflamables:

- Reaccionan con el agua, liberando gases.
- Los gases liberados son inflamables, lo que significa que pueden encenderse y arder.
- Los gases se liberan en cantidades suficientes para generar un riesgo de incendio o explosión.
- En algunos casos, la reacción con el agua puede generar suficiente calor para que la mezcla se inflame espontáneamente.

Tabla 12

Sustancias que reaccionan con agua: clasificación, riesgos y precauciones

Clasificación de las sustancias y mezclas que, en contacto con el agua, desprenden gases inflamables	Riesgos de las sustancias y mezclas que, en contacto con el agua, desprenden gases inflamables	Precauciones al manipular sustancias y mezclas que, en contacto con el agua, desprenden gases inflamables
<p>Categoría 1: Sustancias y mezclas que reaccionan violentamente con el agua, desprendiendo gases inflamables que pueden inflamarse espontáneamente.</p> <p>Categoría 2: Sustancias y mezclas que reaccionan rápidamente con el agua, desprendiendo grandes cantidades de gases inflamables.</p> <p>Categoría 3: Sustancias y mezclas que reaccionan lentamente con el agua, desprendiendo cantidades significativas de gases inflamables.</p>	<p>Incendio</p> <p>Explosión</p> <p>Toxicidad</p>	<p>Las sustancias y mezclas que, en contacto con el agua, desprenden gases inflamables deben manipularse con extrema precaución debido a los riesgos que pueden presentar (Zhengyang, 2017)</p>

Nota: (Autores, 2025).

2.1.13. Líquidos comburentes

Un líquido comburente es un líquido que, aunque no es inflamable por sí mismo, puede aumentar la intensidad de un incendio al liberar oxígeno u otras sustancias que favorecen la combustión (Winder et al., 2005). Los líquidos comburentes

deben manipularse con precaución para evitar incendios y explosiones (Zhang et al., 2024).

Los líquidos comburentes presentan las siguientes características:

- No se encienden fácilmente, pero pueden arder si se exponen a una fuente de ignición intensa.
- Suelen liberar oxígeno u otras sustancias que favorecen la combustión.
- Aceleran y aumentan la intensidad de la combustión de materiales inflamables.
- Pueden aumentar el riesgo de incendio y explosión en presencia de materiales inflamables y una fuente de ignición.

Tabla 13

Matriz de líquidos comburentes: tipología, riesgos y buenas prácticas

Clasificación de los líquidos comburentes	Ejemplos de líquidos comburentes	Precauciones al manipular líquidos comburentes
El SGA clasifica los líquidos comburentes en una única categoría	Peróxido de hidrógeno (en concentraciones elevadas) Ácido nítrico (en concentraciones elevadas) Percloratos líquidos Algunos óxidos metálicos líquidos	Los líquidos comburentes deben manipularse con precaución debido a su capacidad para intensificar la combustión.

Nota: (Autores, 2025).

2.1.14. Sólidos comburentes

Según el SGA, un sólido comburente es un sólido que, sin ser necesariamente combustible en sí, puede, por lo general al desprender oxígeno, provocar o favorecer la combustión de otras sustancias (Peterson et al., 2010).

En otras palabras, un sólido comburente no se enciende por sí mismo, pero tiene la capacidad de intensificar la combustión de otros materiales, lo que puede generar incendios más grandes y difíciles de controlar (Balzarotti et al., 2025).

Las características clave de los sólidos comburentes se detallan a continuación:

- No se encienden fácilmente, pero pueden arder si se exponen a una fuente de ignición intensa.
- Suelen liberar oxígeno u otras sustancias que favorecen la combustión.

- Aceleran y aumentan la intensidad de la combustión de materiales inflamables.
- Pueden aumentar el riesgo de incendio y explosión en presencia de materiales inflamables y una fuente de ignición (Deng et al., 2022).

Tabla 14
Sólidos comburentes: clasificación, ejemplos y precauciones

Clasificación de los sólidos comburentes	Ejemplos de sólidos comburentes	Precauciones al manipular líquidos comburentes
El SGA clasifica los líquidos comburentes en una única categoría	Nitrato de potasio Nitrato de amonio Percloratos sólidos Bromatos sólidos Algunos óxidos metálicos sólidos	Los sólidos comburentes deben manipularse con precaución debido a su capacidad para intensificar la combustión.

Nota: (Autores, 2025).

2.1.15. Peróxidos orgánicos

Según el SGA, un peróxido orgánico es una sustancia o mezcla que contiene un grupo peróxido (-O-O-) y que puede considerarse un derivado del peróxido de hidrógeno, donde uno o ambos átomos de hidrógeno han sido reemplazados por radicales orgánicos.

En otras palabras, los peróxidos orgánicos son compuestos químicos que contienen un enlace peróxido (-O-O-) en su estructura molecular. Este enlace es inestable y puede romperse fácilmente, generando radicales libres que son altamente reactivos.

Tabla 15
Peróxidos orgánicos: clasificación (A–G), riesgos y precauciones

Clasificación de los peróxidos orgánicos	Riesgos de los peróxidos orgánicos	Precauciones al manipular peróxidos orgánicos
Tipo A: Peróxidos orgánicos que pueden explotar o detonar.	Explosión Incendio	Los peróxidos orgánicos deben manipularse con extrema precaución debido a los riesgos que pueden presentar.
Tipo B: Peróxidos orgánicos que poseen un riesgo de explosión en masa.	Reacciones violentas Toxicidad	
Tipo C: Peróxidos orgánicos que poseen un riesgo de incendio o de proyección, o ambos, pero no un riesgo de explosión en masa.		
Tipo D: Peróxidos orgánicos que presentan un riesgo de incendio menor, con un riesgo menor de explosión o de proyección, o ambos.		
Tipo E: Peróxidos orgánicos que no es probable que exploten en		

masa, pero que pueden experimentar una deflagración.

Tipo F: Peróxidos orgánicos que no es probable que exploten en masa y no es probable que experimenten una deflagración.

Tipo G: Peróxidos orgánicos que no es probable que exploten en masa, que no es probable que experimenten una deflagración y que no presentan ningún otro riesgo significativo.

Nota: (Autores, 2025).

2.1.16. Sustancias y mezclas corrosivas para los metales

Según el SGA, una sustancia o mezcla corrosiva para los metales es una sustancia o mezcla que, por su acción química, daña o incluso destruye los metales por corrosión.

Es decir, estas sustancias y mezclas pueden corroer los metales, de deteriorarlos o destruirlos gradualmente mediante una reacción química.

Sus características fundamentales son:

- Reaccionan con los metales, disolviéndolos o deteriorándolos.
- Pueden dañar o destruir completamente los metales, dependiendo de la concentración de la sustancia corrosiva, el tiempo de exposición y el tipo de metal.
- El proceso de corrosión puede ser visible, como la formación de óxido o la decoloración del metal, o puede ser imperceptible a simple vista, pero debilitar la estructura del metal.

Tabla 16

Corrosivos para metales: clasificación, riesgos y precauciones

Clasificación de las sustancias y mezclas corrosivas para los metales	Riesgos de las sustancias y mezclas corrosivas para los metales	Precauciones al manipular peróxidos orgánicos
El SGA clasifica estas sustancias y mezclas en una única categoría	Daño a estructuras metálicas Lesiones personales Daño al medio ambiente	Las sustancias y mezclas corrosivas para los metales deben manipularse con precaución debido a los riesgos que pueden presentar(Valluri et al., 2019).

Nota: (Autores, 2025).

2.1.17. Explosivos insensibilizados

Según el Sistema Globalmente Armonizado (SGA), un explosivo insensibilizado es una sustancia o mezcla explosiva que ha sido tratada para reducir su sensibilidad a la ignición o a la detonación, disminuyendo así el riesgo de explosión (Bao et al., 2024).

Tabla 17

Explosivos insensibilizados: categorías, peligros y controles de seguridad

Clasificación de los explosivos insensibilizados	Riesgos de los explosivos insensibilizados	Precauciones al manipular explosivos insensibilizados
<p>Explosivos insensibilizados, tipo A: Sustancias o mezclas explosivas que han sido humedecidas con agua o alcoholes o diluidas en otras sustancias para formar una mezcla sólida homogénea con el fin de neutralizar sus propiedades explosivas.</p> <p>Explosivos insensibilizados, tipo B: Sustancias o mezclas explosivas que se han disuelto o suspendido en agua u otras sustancias líquidas para formar una mezcla líquida homogénea con el fin de neutralizar sus propiedades explosivas(Naciones Unidas, 2017).</p>	<p>Explosión Incendio Toxicidad</p>	<p>Los explosivos insensibilizados deben manipularse con precaución, siguiendo las instrucciones del fabricante y las regulaciones de seguridad(Song et al., 2024).</p>

Nota: (Autores, 2025).

CAPITULO 03

PELIGROS PARA LA SALUD Y EL MEDIO AMBIENTE



Peligros para la salud y el medio ambiente

3.1. Peligros para la salud

3.1.1. Toxicidad aguda

La toxicidad aguda se refiere a los efectos adversos que se manifiestan tras una exposición única o exposiciones repetidas en un corto período de tiempo (Gribaldo et al., 2005). Se evalúa a través de estudios en animales y se clasifica según la gravedad de los efectos. La toxicidad aguda puede ser riesgos para la salud y el medio ambiente, por lo que hay que tomar precauciones al manipular sustancias tóxicas (Agrawal & Gopal, 2013).

Sus principales características son:

- La toxicidad aguda se manifiesta a través de diversos efectos adversos, que pueden variar según la sustancia y la vía de exposición (Sass, 2000). Estos efectos pueden incluir irritación, corrosión, toxicidad sistémica, daño a órganos, e incluso la muerte.
- La toxicidad aguda puede ser causada por una sola exposición a una sustancia (dosis única) o por exposiciones repetidas en un corto período de tiempo (dosis múltiples en 24 horas) (Disha & Jimish, n.d.).
- La toxicidad aguda puede ocurrir por diferentes vías de exposición, como la vía oral (ingestión), la vía cutánea (contacto con la piel) o la vía inhalatoria (inhalación).
- Para la toxicidad aguda por inhalación, el tiempo de exposición considerado es de 4 horas.

Tabla 18

Toxicidad y medidas de seguridad en el manejo de peróxidos orgánico

Clasificación de la toxicidad aguda	Riesgos de la toxicidad aguda	Precauciones al manipular peróxidos orgánicos
Según la gravedad de los efectos adversos La dosis o concentración necesaria para producirlos.	Intoxicación Lesiones Enfermedades Muerte	Las sustancias con toxicidad aguda deben manipularse con extrema precaución, utilizando equipos de protección personal adecuados y siguiendo las instrucciones del fabricante y las regulaciones de seguridad.

Nota: (Autores, 2025).

La toxicidad aguda se evalúa a través de estudios en animales, utilizando diferentes vías de exposición y determinando la dosis o concentración letal media (DL50 o CL50). Estos valores indican la cantidad de sustancia necesaria para causar la muerte del 50% de los animales expuestos.

3.2. Corrosión/irritación cutánea

Según el SGA, la corrosión cutánea es la producción de lesiones irreversibles en la piel, como necrosis visible a través de la epidermis hasta la dermis, que se producen tras la aplicación de una sustancia de ensayo durante un período de hasta 4 horas (Tovar & Leikin, 2015).

Por otro lado, la irritación cutánea es la producción de lesiones reversibles en la piel que se producen tras la aplicación de una sustancia de ensayo durante un período de hasta 4 horas.

Una particular de la corrosión/irritación cutánea:

- La corrosión/irritación cutánea se manifiesta a través de diversas lesiones en la piel, que pueden variar según la sustancia y el grado de exposición. Estas lesiones pueden incluir enrojecimiento, hinchazón, picazón, ardor, ampollas, úlceras, costras y cicatrices (Ocde, 2025).
- La irritación cutánea es reversible, lo que significa que la piel puede recuperarse y volver a su estado normal. La corrosión cutánea, en cambio, es irreversible y causa daño permanente en la piel.
- El tiempo de exposición a la sustancia es un factor importante en la corrosión/irritación cutánea. Cuanto mayor sea el tiempo de exposición, mayor será el riesgo de daño a la piel.

Tabla 19

Corrosión e irritación cutánea: clasificación, riesgos y medidas preventivas

Clasificación de la corrosión/irritación cutánea	Riesgos de la corrosión/irritación cutánea	Precauciones al manipular sustancias corrosivas/irritantes
Según la gravedad de las lesiones	Molestias Lesiones	Las sustancias corrosivas/irritantes deben manipularse con precaución, utilizando equipos de protección personal adecuados, como guantes y ropa protectora, y siguiendo las instrucciones del fabricante y las regulaciones de seguridad.
Según el tiempo necesario para que se produzcan	Infecciones Cicatrices	

Nota: (Autores, 2025).

3.3. Lesiones oculares graves/irritación ocular

Según el SGA, una lesión ocular grave es producir lesiones en los tejidos oculares o deterioro físico severo de la visión, que se producen tras aplicar una sustancia de ensayo en la superficie anterior del ojo y que no son reversibles en los 21 días siguientes a su aplicación.

La irritación ocular es la producción de cambios en el ojo que se producen tras aplicar una sustancia de ensayo en la superficie anterior del ojo y que son reversibles en los 21 días siguientes a la aplicación.

Las características representativas de las lesiones oculares graves/irritación ocular

- Las lesiones oculares graves/irritación ocular se manifiestan a través de diversos cambios en los ojos, que pueden variar según la sustancia y el grado de exposición. Estos cambios pueden incluir enrojecimiento, hinchazón, picazón, ardor, lagrimeo, visión borrosa, daño en la córnea, el iris o la conjuntiva, e incluso la pérdida de la visión.
- La irritación ocular es reversible, lo que significa que los ojos pueden recuperarse y volver a su estado normal (Tovar & Leikin, 2015). Las lesiones oculares graves, en cambio, son irreversibles y causan daño permanente en los ojos.
- El tiempo de exposición a la sustancia es un factor importante en las lesiones oculares graves/irritación ocular. Cuanto mayor sea el tiempo de exposición, mayor será el riesgo de daño a los ojos.

Tabla 20

Corrosión e irritación ocular: clasificación, riesgos y medidas preventivas

Clasificación de las lesiones oculares graves/irritación ocular	Riesgos de las lesiones oculares graves/irritación ocular	Precauciones al manipular sustancias corrosivas/irritantes
Según la gravedad de las lesiones	Molestias Lesiones	Las sustancias que pueden causar lesiones oculares graves/irritación ocular deben manipularse con precaución, utilizando equipos de protección personal adecuados, como gafas de seguridad, y siguiendo las instrucciones del fabricante y las regulaciones de seguridad.
Según el tiempo necesario para que se produzcan	Pérdida de la visión	

Nota: (Autores, 2025).

3.4. Sensibilización respiratoria o cutánea

Según el SGA, un sensibilizador respiratorio es una sustancia que, por inhalación, puede ocasionar una reacción de hipersensibilidad, de tal manera que una exposición posterior a esa sustancia produce efectos adversos característicos.

Por otro lado, un sensibilizador cutáneo es una sustancia que, por contacto con la piel, puede ocasionar una reacción de hipersensibilidad, de tal manera que una exposición posterior a esa sustancia produce efectos adversos característicos (Kalka et al., 2022).

- Los sensibilizadores inducen una reacción alérgica en el organismo, que puede manifestarse a través de diversos síntomas, como dificultad para respirar, tos, sibilancias, rinitis, dermatitis, erupciones cutáneas, picazón, enrojecimiento e hinchazón (Rustemeyer, 2022).
- La sensibilización puede ocurrir tras una primera exposición a la sustancia, aunque en algunos casos pueden ser necesarias exposiciones repetidas.
- Una vez sensibilizada una persona, incluso una pequeña exposición posterior a la sustancia puede desencadenar una reacción alérgica (Sass, 2000).
- La reacción alérgica es específica para la sustancia que causó la sensibilización.

Tabla 21

Corrosión e irritación respiratoria: clasificación, riesgos y medidas preventivas

Clasificación de la sensibilización respiratoria o cutánea	Riesgos de la sensibilización respiratoria o cutánea	Precauciones al manipular sustancias corrosivas/irritantes
Según la potencia de la sustancia para inducir una reacción alérgica.	Alergias Enfermedades crónicas	Las sustancias sensibilizantes deben manipularse con precaución, utilizando equipos de protección personal adecuados, como respiradores y guantes, y siguiendo las instrucciones del fabricante y las regulaciones de seguridad (Gradin et al., 2021).

Nota: (Autores, 2025).

3.5. Mutagenicidad en células germinales

La mutagenicidad en células germinales se refiere a la capacidad de una sustancia o mezcla para causar cambios permanentes en el material genético de las células reproductivas, lo que puede tener consecuencias negativas para las generaciones futuras. Se evalúa a través de pruebas *in vitro* e *in vivo* y se clasifica según la evidencia de su capacidad para inducir mutaciones hereditarias en humanos (Omolaoye et al., 2021). La exposición a mutágenos puede aumentar el riesgo de enfermedades hereditarias y problemas de fertilidad, por lo que es fundamental tomar precauciones al manipular sustancias mutágenas (Marchetti & Wyrobek, 2009).

- Los mutágenos de células germinales actúan dañando el ADN de las células reproductivas, lo que puede generar cambios en la secuencia de genes o en la estructura de los cromosomas.
- Las mutaciones en las células germinales pueden transmitirse a la descendencia, es decir, los hijos de personas expuestas a mutágenos nacen con enfermedades genéticas.
- Los efectos de la mutagenicidad en células germinales pueden no ser evidentes hasta generaciones posteriores a la exposición (Shelby et al., 1993).

Tabla 22

Mutagenicidad: clasificación, riesgos y medidas preventivas

Clasificación de la mutagenicidad en células germinales	Riesgos de la mutagenicidad en células germinales	Precauciones al manipular sustancias mutágenas
<p>Categoría 1: Sustancias que se sabe o se supone que causan mutaciones hereditarias en las células germinales humanas.</p> <p>Categoría 2: Sustancias que son motivo de preocupación porque pueden causar mutaciones hereditarias en las células germinales humanas Alengebawy et al., 2021).</p>	<p>Enfermedades hereditarias</p> <p>Problemas de fertilidad</p>	<p>Las sustancias mutágenas deben manipularse con extrema precaución, utilizando equipos de protección personal adecuados y siguiendo las instrucciones del fabricante y las regulaciones de seguridad (Omolaoye et al., 2021).</p>

Nota: (Autores, 2025).

3.6. Carcinogenicidad

Según el SGA, la Carcinogenicidad es la propiedad que tiene una sustancia o mezcla de inducir cáncer o aumentar su incidencia:

- Un carcinógeno es un agente (sustancia o mezcla) capaz de causar cáncer, una enfermedad caracterizada por el crecimiento descontrolado de células anormales que pueden invadir y dañar otros tejidos del cuerpo (Gad et al., 2015).
- Los carcinógenos pueden causar cáncer al dañar el ADN de las células, lo que puede generar mutaciones que alteran el crecimiento y la división celular.
- Los carcinógenos pueden aumentar la probabilidad de desarrollar cáncer, incluso si no son la causa directa de la enfermedad.
- Diferentes carcinógenos pueden estar asociados con diferentes tipos de cáncer. Algunos pueden ser específicos para ciertos órganos o tejidos, mientras que otros pueden aumentar el riesgo de cáncer en general (Malik et al., 2021).
- El cáncer puede tardar años o incluso décadas en desarrollarse después de la exposición a un carcinógeno. Este período se conoce como período de latencia.

Tabla 23

Carcinogenicidad: clasificación, riesgos y medidas preventivas

Clasificación de la carcinogenicidad	Riesgos de la carcinogenicidad	Precauciones al manipular sustancias mutágenas
Categoría 1: Sustancias que se sabe o se supone que causan cáncer en humanos.	Desarrollo de cáncer Muerte	Las sustancias carcinógenas deben manipularse con extrema precaución, utilizando equipos de protección personal adecuados y siguiendo las instrucciones del fabricante y las regulaciones de seguridad.
Categoría 2: Sustancias que son motivo de preocupación porque pueden causar cáncer en humanos.		

Nota: (Autores, 2025).

3.7. Toxicidad para la reproducción

Según el SGA, la toxicidad para la reproducción se refiere a los efectos adversos sobre la función sexual y la fertilidad, tanto en hombres como en mujeres, así

como a los efectos adversos sobre el desarrollo de la descendencia (Gribaldo et al., 2005).

En otras palabras, una sustancia o mezcla con toxicidad para la reproducción puede afectar la capacidad de tener hijos, ya sea interfiriendo con la producción de espermatozoides u óvulos, alterando la función de los órganos reproductores, o causando problemas durante el embarazo, el parto o la lactancia (Omolaoye et al., 2021).

Otros puntos relevantes de la toxicidad que se puede dar en la reproducción:

- Pueden afectar la capacidad de hombres y mujeres para concebir, alterando la producción o la calidad de los gametos (espermatozoides y óvulos), o interfiriendo con la función de los órganos reproductores.
- Pueden causar efectos adversos en el desarrollo del embrión, el feto o el recién nacido, como malformaciones congénitas, retraso del crecimiento, problemas de aprendizaje o alteraciones en el comportamiento.
- Pueden interferir con la producción o la calidad de la leche materna, lo que puede afectar la salud del lactante.

Tabla 24

Toxicidad para la reproducción: clasificación, riesgos y medidas preventivas

Clasificación de la toxicidad para la reproducción	Riesgos de la toxicidad para la reproducción	Precauciones al manipular sustancias con toxicidad para la reproducción
Categoría 1: Sustancias que se sabe o se supone que causan toxicidad para la reproducción en humanos.	Infertilidad Abortos Malformaciones congénitas Problemas de desarrollo	Las sustancias con toxicidad para la reproducción deben manipularse con precaución, utilizando equipos de protección personal adecuados y siguiendo las instrucciones del fabricante y las regulaciones de seguridad.
Categoría 2: Sustancias que son motivo de preocupación porque pueden causar toxicidad para la reproducción en humanos.		

Nota: (Autores, 2025).

3.8. Toxicidad específica de órganos diana tras una exposición única

La toxicidad específica de órganos diana tras una exposición única se refiere a los efectos tóxicos no letales que se producen en determinados órganos tras una única exposición a una sustancia o mezcla (Carpenter et al., 2020). Se evalúa a

través de estudios en animales y se clasifica según la gravedad de los efectos y los órganos afectados. La exposición a estas sustancias puede generar daño a órganos y desencadenar enfermedades, por lo que es fundamental tomar precauciones al manipularlas.

Tabla 25

Toxicidad específica de órganos diana tras exposiciones repetidas

Clasificación de la toxicidad específica de órganos diana tras una exposición única	Riesgos de la toxicidad específica de órganos diana tras una exposición única	Precauciones al manipular sustancias con toxicidad para la reproducción
Según la gravedad de los efectos tóxicos Según los órganos o sistemas afectados	Daño a órganos Enfermedades	Las sustancias con toxicidad específica de órganos diana tras una exposición única deben manipularse con precaución, utilizando equipos de protección personal adecuados y siguiendo las instrucciones del fabricante y las regulaciones de seguridad.

Nota: (Autores, 2025).

3.9. Toxicidad específica de órganos diana tras exposiciones repetidas

La toxicidad específica de órganos diana tras exposiciones repetidas se refiere a los efectos tóxicos no letales que se producen en determinados órganos tras exposiciones repetidas a una sustancia o mezcla. Se evalúa a través de estudios en animales y se clasifica según la gravedad de los efectos y los órganos afectados (Hurst & Martin, 2017). La exposición repetida a estas sustancias puede generar daño a órganos y desencadenar enfermedades crónicas, por lo que es fundamental tomar precauciones al manipularlas.

Algunas peculiaridades de la toxicidad específica de órganos diana tras exposiciones repetidas se describen a continuación:

- La toxicidad se manifiesta a través de efectos tóxicos que se dirigen a órganos o sistemas específicos del cuerpo, como el hígado, los riñones, el sistema nervioso, el sistema respiratorio, etc.
- Esta categoría se centra en los efectos tóxicos no letales, es decir, aquellos que no causan la muerte.

- Los efectos tóxicos se producen tras exposiciones repetidas a la sustancia o mezcla, que pueden ser durante un período prolongado de tiempo.
- Los efectos tóxicos pueden ser reversibles (la función del órgano se recupera con el tiempo) o irreversibles (el daño es permanente).
- Los efectos tóxicos pueden aparecer inmediatamente después de la exposición o pueden tardar un tiempo en manifestarse.

Tabla 26

Toxicidad específica de órganos diana tras exposiciones

Clasificación de la toxicidad específica de órganos diana tras exposiciones repetidas	Riesgos de la toxicidad específica de órganos diana tras una exposición única	Precauciones ante toxicidad por exposición repetida
Según la gravedad de los efectos tóxicos Según los órganos o sistemas afectados	Daño a órganos Enfermedades	Las sustancias con toxicidad específica de órganos diana tras exposiciones repetidas deben manipularse con precaución, utilizando equipos de protección personal adecuados y siguiendo las instrucciones del fabricante y las regulaciones de seguridad.

Nota: (Autores, 2025).

3.10. Peligro por aspiración

El peligro por aspiración se refiere al riesgo de que una sustancia líquida o sólida ingrese accidentalmente a los pulmones a través de la tráquea, lo que puede causar daños graves e incluso la muerte (Craan, 1996). Se evalúa considerando factores como la viscosidad, la tensión superficial y la toxicidad intrínseca de la sustancia o mezcla. La aspiración puede causar neumonitis química, lesiones pulmonares, asfixia e incluso la muerte. Es importante tomar precauciones para evitar la aspiración de líquidos o sólidos (Raghavendran et al., 2011).

- El peligro por aspiración se produce por la ingestión de líquidos o sólidos, que pueden ser tragados accidentalmente o vomitados.
- La sustancia ingerida es aspirada hacia la tráquea y las vías respiratorias inferiores, llegando a los pulmones (Kosutova & Mikolka, 2021).

- Efectos adversos graves: La aspiración de sustancias puede causar neumonitis química (inflamación de los pulmones), lesiones pulmonares, dificultad para respirar, insuficiencia respiratoria e incluso la muerte.

Tabla 27

Peligro por aspiración: clasificación, riesgos y medidas preventivas

Clasificación del peligro por aspiración	Riesgos del peligro por aspiración	Precauciones para evitar el peligro por aspiración
Categoría 1: Sustancias y mezclas que pueden causar efectos adversos graves tras una aspiración, incluso en pequeñas cantidades. Categoría 2: Sustancias y mezclas que pueden causar efectos adversos moderados tras una aspiración.	Neumonitis química Lesiones pulmonares Asfixia Muerte	Es importante tomar precauciones para evitar la aspiración de líquidos o sólidos, especialmente en personas con dificultades para tragar, niños pequeños y personas mayores (Franquet et al., 2000).

Nota: (Autores, 2025).

3.11. Peligros para el medio ambiente

3.11.1. Peligroso para el medio ambiente acuático

Una sustancia o mezcla se considera peligrosa para el medio ambiente acuático si presenta propiedades intrínsecas que puedan causar efectos adversos a los organismos acuáticos (Wolfram et al., 2021). Se clasifica según su toxicidad, persistencia y bioacumulación, y su manipulación requiere precauciones para evitar su liberación al agua y proteger los ecosistemas acuáticos (Ranatunga et al., 2023).

Las sustancias y mezclas peligrosas para el medio ambiente acuático presentan peculiaridades que se detallan a continuación:

- La sustancia o mezcla tiene la capacidad de dañar a los organismos acuáticos, ya sea causando su muerte, afectando su crecimiento o reproducción, o alterando su comportamiento (Wolfram et al., 2021).
- La sustancia o mezcla puede permanecer en el agua durante un tiempo largo, lo que aumenta el riesgo de exposición para los organismos acuáticos (Ranatunga et al., 2023).
- La sustancia o mezcla puede acumularse en los tejidos de los organismos acuáticos, lo que puede generar efectos tóxicos a largo plazo.

Tabla 28

Sustancias y mezclas peligrosas para el medio ambiente acuático

Clasificación de las sustancias y mezclas peligrosas para el medio ambiente acuático	Riesgos para el medio ambiente acuático	Precauciones al manipular sustancias y mezclas peligrosas para el medio ambiente acuático
<p>Peligro agudo (a corto plazo): Se refiere a los efectos tóxicos que se manifiestan en un corto período de tiempo tras la exposición.</p> <p>Peligro crónico (a largo plazo): Se refiere a los efectos tóxicos que se manifiestan tras una exposición prolongada o repetida.</p>	<p>Muerte de organismos acuáticos</p> <p>Daño a ecosistemas acuáticos</p> <p>Contaminación de la cadena alimentaria</p>	<p>Las sustancias y mezclas peligrosas para el medio ambiente acuático deben manipularse con precaución, evitando su liberación al agua (Madesh et al., 2024).</p>

Nota: (Autores, 2025).

3.12. Peligroso para la capa de ozono

Según el SGA, una sustancia o mezcla se considera peligrosa para la capa de ozono si agota el ozono estratosférico.

- Una sustancia o mezcla peligrosa para la capa de ozono es la que, al liberarse a la atmósfera, puede dañar la capa de ozono, una región de la estratosfera con altas moléculas de ozono (O₃) (Chipperfield et al., 2020). La capa de ozono es esencial para la vida en la Tierra, ya que absorbe la mayor parte de la radiación ultravioleta dañina del sol. La sustancia o mezcla tiene la capacidad de reaccionar con el ozono estratosférico, destruyéndolo y disminuyendo su concentración (Ravishankara et al., 2009).
- Para que una sustancia sea peligrosa para la capa de ozono, debe ser liberada a la atmósfera, donde puede alcanzar la estratosfera y entrar en contacto con la capa de ozono.

Tabla 29

Sustancias y mezclas peligrosas para la capa de ozono

Clasificación de las sustancias y mezclas peligrosas para la capa de ozono	Riesgos para la capa de ozono	Precauciones al manipular sustancias y mezclas peligrosas para la capa de ozono
<p>El SGA clasifica las sustancias y mezclas peligrosas para la capa de ozono en una única categoría</p>	<p>Aumento de la radiación ultravioleta</p>	<p>Las sustancias y mezclas peligrosas para la capa de ozono deben manipularse</p>

Daño a ecosistemas

con precaución, evitando su liberación a la atmósfera.

Nota: (Autores, 2025).

En general, el SGA abarca todos los productos químicos peligrosos en el lugar de trabajo. En todas las etapas del ciclo de vida del producto cómo son, producción, almacenamiento, transporte, manipulación, reciclaje y eliminación (Persson et al., 2017). Este sistema, dependiendo de la legislación nacional, puede incluir también el uso de productos químicos en productos de consumo que suelen encontrarse en muchos sectores laborales como, por ejemplo. Los químicos utilizados para desinfectar. Las pinturas, entre otros.

3.12.1. Métricas de Toxicidad

La clasificación de los productos químicos de acuerdo con su nivel de toxicidad es un tema complejo en función de las métricas que se utilizan, por ejemplo, la concentración letal para el 50% de la población (LC50) (Sadasivan, 2023).

La clasificación según la Dosis Letal Media (DL50) es un sistema utilizado para categorizar la toxicidad aguda de las sustancias químicas. La DL50 es la cantidad de una sustancia que se espera que cause la muerte del 50% de una población de animales de prueba en condiciones específicas (Pillai et al., 2021).

Tabla 30

Clasificación de sustancias químicas según la Dosis Letal Media (LD50)

Clasificación Según la Dosis Letal Media (LD50):	
Extremadamente Tóxicos:	Productos químicos con una LD50 oral en ratas de 1 mg/kg o menos. Ejemplo: Toxina botulínica.
Altamente Tóxicos:	Productos químicos con una LD50 oral en ratas de 1 a 50 mg/kg. Ejemplo: Aldicarb
Moderadamente Tóxicos:	Productos químicos con una LD50 oral en ratas de 50 a 500 mg/kg. Ejemplo: Paratión.
Ligeramente Tóxicos:	Productos químicos con una LD50 oral en ratas de 500 a 5000 mg/kg. Ejemplo: Malatión
Prácticamente No Tóxicos:	Productos químicos con una LD50 oral en ratas de más de 5000 mg/kg. Ejemplo: Glifosato.
Relativamente Inofensivos:	Productos químicos con una LD50 oral en ratas de más de 15000 mg/kg. Ejemplo: Sustancias inertes como agua destilada.

Nota: (Autores, 2025).

La clasificación según la Concentración Letal Media (LC50) es un sistema utilizado para categorizar la toxicidad aguda de las sustancias químicas, específicamente en relación con la exposición por inhalación. La LC50 es la concentración de una sustancia en el aire que causa la muerte del 50 % de

animales de prueba en un período específico y bajo condiciones controladas (Lane et al., 2023).

Tabla 31

Clasificación de sustancias químicas según concentración Letal Media (LC50)

Clasificación Según la Concentración Letal Media (LC50):	
Extremadamente Tóxicos:	Productos químicos con una LC50 inhalatoria en ratas de 0.05 mg/L o menos.
Altamente Tóxicos:	Productos químicos con una LC50 inhalatoria en ratas de 0.05 a 0.5 mg/L.
Moderadamente Tóxicos:	Productos químicos con una LC50 inhalatoria en ratas de 0.5 a 2 mg/L.
Ligeramente Tóxicos:	Productos químicos con una LC50 inhalatoria en ratas de 2 a 20 mg/L.
Prácticamente No Tóxicos:	Productos químicos con una LC50 inhalatoria en ratas de más de 20 mg/L.

Nota: (Autores, 2025).

La Organización Mundial de la Salud (OMS) ha establecido una clasificación de plaguicidas basada en su peligrosidad aguda, principalmente a través de la toxicidad oral y dérmica. Esta clasificación es fundamental para regular su uso y proteger la salud humana y el medio ambiente.

La OMS clasifica los plaguicidas en cuatro categorías principales, de la más peligrosa a la menos peligrosa:

Tabla 32

Clasificación de la OMS para Plaguicidas

Clasificación de la OMS para Plaguicidas:		
Clase IA (Extremadamente Peligrosos):	(Extremadamente Peligrosos):	Plaguicidas con una LD50 oral en ratas de 5 mg/kg o menos.
Clase IB (Altamente Peligrosos):	(Altamente Peligrosos):	Plaguicidas con una LD50 oral en ratas de 5 a 50 mg/kg.
Clase II (Moderadamente Peligrosos):	(Moderadamente Peligrosos):	Plaguicidas con una LD50 oral en ratas de 50 a 500 mg/kg.
Clase III (Ligeramente Peligrosos):	(Ligeramente Peligrosos):	Plaguicidas con una LD50 oral en ratas de 500 a 2000 mg/kg.
Clase U (Improbablemente Peligrosos en Uso Normal):	(Improbablemente Peligrosos en Uso Normal):	Plaguicidas con una LD50 oral en ratas de más de 2000 mg/kg.

Nota: (Autores, 2025).

La OMS utiliza la DL50 (Dosis Letal 50) para clasificar los plaguicidas. La DL50 es la cantidad de una sustancia que se espera que cause la muerte del 50% de una población de animales de prueba, cuanto menor sea la DL50, más tóxico es el plaguicida (Lane et al., 2023).

También se consideran otros factores, como la toxicidad crónica, la carcinogenicidad, la mutagenicidad y los efectos en la reproducción.

- Clasificación Según los Efectos Crónicos y Agudos:
- Tóxicos Agudos: Productos que causan efectos adversos severos inmediatamente o poco después de la exposición (días).
- Tóxicos Crónicos: Productos que causan efectos adversos tras exposiciones prolongadas o repetidas (meses o años).
- Clasificación Según el Tipo de Efecto Tóxico:
- Carcinógenos: Sustancias que pueden causar cáncer.
- Mutágenos: Sustancias que pueden causar cambios genéticos.
- Teratógenos: Sustancias que pueden causar malformaciones congénitas.
- Neurotóxicos: Sustancias que afectan el sistema nervioso.
- Hepatotóxicos: Sustancias que dañan el hígado.
- Nefrotóxicos: Sustancias que dañan los riñones.

3.13. Evaluación de la Exposición a Agentes Químicos

3.13.1. Criterios de valoración

Para evaluar los riesgos para la salud en el trabajo, es necesario comparar las mediciones de la exposición a sustancias químicas con límites de referencia establecidos. En España, estos límites se conocen como Límites de Exposición Profesional (LEP), que incluyen Valores Límite Ambientales (VLA) para la exposición por inhalación y Valores Límite Biológicos (VLB) para la exposición global (Sadasivan, 2023).

Los VLA indican concentraciones máximas de agentes químicos en el aire, mientras que los VLB reflejan los niveles de indicadores biológicos en trabajadores expuestos a cantidades equivalentes de estas sustancias por inhalación.

Es crucial tener en cuenta que la misma concentración ambiental no implica el mismo riesgo para diferentes sustancias. Por ejemplo, 25 ppm de dióxido de carbono es imposible en condiciones normales, 25 ppm de monóxido de carbono es el límite permitido, y 25 ppm de dicloruro de carbonilo es una concentración mortal (Pillai et al., 2021).

En Ecuador, la normativa de seguridad y salud en el trabajo se rige principalmente por el Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y

Mejoramiento del Medio Ambiente de Trabajo, emitido por el Ministerio del Trabajo.

En este reglamento, se establecen los límites de exposición profesional para agentes químicos y físicos, los cuales son equivalentes a los VLA (Valores Límite Ambientales) y VLB (Valores Límite Biológicos) utilizados en España y la Unión Europea.

Específicamente, se utilizan los siguientes términos y conceptos:

- Límites de Exposición Ocupacional (LEO): Son los valores de referencia para la concentración de agentes químicos en el aire, equivalentes a los VLA.
- Indicadores Biológicos de Exposición (IBE): Son los valores de referencia para los indicadores biológicos asociados a la exposición global a agentes químicos, equivalentes a los VLB. (“Límites de exposición profesional - ISTAS”)

3.13.2. Establecimiento de los valores límite ambientales

Los Valores Límite Ambientales (VLA) se establecen considerando estudios en animales y humanos, investigaciones epidemiológicas, propiedades fisicoquímicas de las sustancias y experiencia en la industria.

Para definir un VLA, es crucial determinar el efecto máximo "admisible" en la salud y el porcentaje de la población teóricamente protegida, considerando que cada persona reacciona diferente a la exposición a un contaminante (Martínez et al., 2020).

Las relaciones dosis-efecto y dosis-respuesta son fundamentales para entender cómo los agentes químicos afectan al organismo y sirven de base para establecer los criterios de valoración.

3.13.3. Valor límite ambiental - exposición diaria (VLA-ED)

El Valor Límite Ambiental para la Exposición Diaria (VLA-ED) es como un "promedio" de la cantidad de un agente químico en el aire que un trabajador respira durante su jornada laboral. Este promedio se calcula teniendo en cuenta

las variaciones en la concentración del agente a lo largo del tiempo y se ajusta a una jornada laboral estándar de 8 horas.

Imagina que un trabajador está expuesto a un agente químico en el aire durante su jornada laboral. La concentración de este agente puede variar a lo largo del día, a veces más alta, a veces más baja. El VLA-ED lo que hace es calcular un valor promedio de esa concentración, ponderado en el tiempo, para tener una idea de la exposición total del trabajador durante la jornada (Cherrie, 2023).

Este valor promedio se refiere a una jornada laboral estándar de 8 horas diarias. Si el trabajador trabaja más o menos horas, se debe ajustar el cálculo para tener en cuenta la exposición real.

$$VLA - ED = \frac{(C1 * T1 + C2 * T2 + \dots + Cn * Tn)}{8}$$

Donde:

- C1, C2, ..., Cn son las concentraciones del agente químico en diferentes momentos de la jornada laboral.
- T1, T2, ..., Tn son los tiempos de exposición a esas concentraciones.
- 8 es el número de horas de la jornada laboral estándar.

Cuando evaluamos el riesgo de exposición a agentes químicos, debemos tener en cuenta que algunos agentes tardan mucho tiempo en hacer daño y que la cantidad de exposición puede variar a lo largo de la semana. Para calcular la exposición total durante la semana, se utiliza una fórmula específica.

Existen dos factores importantes a considerar al evaluar la exposición a agentes químicos:

- El tiempo que tarda un agente en causar daño: Algunos agentes pueden tardar meses o años de exposición repetida para causar efectos adversos en la salud (Smith, 2022).
- Variaciones en la exposición a lo largo de la semana: La cantidad de exposición puede variar de un día a otro debido a las diferentes tareas o condiciones de trabajo.

Para calcular la exposición semanal, se utiliza la siguiente fórmula:

$$ES = \frac{\sum EDi}{5}$$

- ES la concentración media semanal.
- ED i el valor de la concentración media en cada día de la semana
- Valor límite ambiental - exposición de corta duración (VLA-EC)

El Valor Límite Ambiental para la Exposición de Corta Duración (VLA-EC) es un valor de referencia para la exposición a agentes químicos durante períodos cortos de tiempo, específicamente 15 minutos. Se mide o calcula como la concentración promedio del agente en la zona de respiración del trabajador durante esos 15 minutos.

Aunque se considera un valor que no debe superarse en ningún momento, se establece un período mínimo de 15 minutos para la toma de muestras, ya que se considera el tiempo necesario para obtener una muestra representativa.

Para determinar la exposición de corta duración, se toman muestras durante los períodos de máxima exposición, generalmente de 15 minutos de duración. Las concentraciones obtenidas en estas muestras se consideran las concentraciones de exposición de corta duración.

La concentración se puede expresar matemáticamente de la siguiente manera:

$$EC = \frac{\sum Ci \cdot ti}{15}$$

siendo:

- EC la concentración de corta duración.
- Ci el valor de la concentración i -ésima del contaminante.

ti el tiempo de exposición, en minutos, asociado a cada valor Ci.

CAPITULO 04

LEGISLACIÓN, NORMATIVAS, ENTIDADES DE CONTROL Y BUENAS PRÁCTICAS AGRÍCOLAS



Legislación, normativas, entidades de control y buenas prácticas agrícolas

4.1. Legislación y Normativas

La legislación y normativas relacionadas con los plaguicidas varían según el país, pero generalmente abarcan aspectos como el registro, uso, manejo, almacenamiento, transporte, comercialización y disposición final de estos productos.

Además de las leyes y reglamentos nacionales, existen acuerdos y convenios internacionales relacionados con los plaguicidas, como el Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes (COP) y el Convenio de Rotterdam sobre el Consentimiento Fundamentado Previo para el Comercio Internacional de Ciertos Plaguicidas y Productos Químicos Peligrosos

- Normativas internacionales
- Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes (COP)

El Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes (COP) es un tratado internacional ambiental adoptado en 2001 y que entró en vigor en 2004. Su objetivo principal es proteger la salud humana y el medio ambiente de los efectos nocivos de los Contaminantes Orgánicos Persistentes (COPs).

El Convenio de Estocolmo establece medidas para controlar y eliminar los COPs, incluyendo:

- Prohibición o restricción de la producción y uso de los COPs más peligrosos.
- Control de la importación y exportación de COPs.
- Manejo ambientalmente racional de los COPs, incluyendo su almacenamiento y disposición final seguros.
- Información y sensibilización al público sobre los riesgos de los COPs.

El Convenio de Estocolmo incluye una lista de COPs que están sujetos a medidas de control. Esta lista se actualiza periódicamente para incluir nuevas sustancias que cumplen con los criterios de persistencia, bioacumulación, toxicidad y transporte a larga distancia.

Alguno de los Contaminantes Orgánicos Persistentes (COPs) que actualmente están incluidos en el Convenio de Estocolmo:

Plaguicidas:

- Aldrina
- Clordano
- DDT (Dicloro Difenil Tricloroetano)
- Dieldrina
- Endrina
- Heptacloro
- Hexaclorobenceno (HCB)
- Mirex
- Toxafeno
- Convenio de Rotterdam

El Convenio de Rotterdam es un tratado internacional que tiene como objetivo principal promover la responsabilidad compartida y los esfuerzos conjuntos de las partes en el comercio internacional de ciertos productos químicos peligrosos. Su meta es proteger la salud humana y el medio ambiente de los posibles daños que puedan causar estos productos y contribuir a su uso ambientalmente racional (Núñez-Rocha & Martínez-Zarzoso, 2019).

En esencia, el Convenio de Rotterdam establece un sistema de "consentimiento fundamentado previo" (CFP) para el comercio internacional de ciertos plaguicidas y productos químicos industriales peligrosos. Esto significa que, si un país decide prohibir o restringir severamente un producto químico peligroso, otros países deben ser informados y deben dar su consentimiento antes de que ese producto pueda ser exportado a su territorio.

El Convenio de Rotterdam abarca una lista de plaguicidas y productos químicos industriales prohibidos o restringidos rigurosamente por las partes y notificados

para su inclusión en el procedimiento de CFP. Esta lista se actualiza periódicamente.

- Al permitir que los países importadores tomen decisiones informadas sobre la importación de productos químicos peligrosos, el Convenio ayuda a proteger la salud de las personas y el medio ambiente de los posibles daños.
- El Convenio fomenta la cooperación entre países exportadores e importadores para garantizar el manejo seguro de los productos químicos peligrosos.
- El Convenio facilita el intercambio de información sobre los productos químicos peligrosos, lo que permite a los países tomar decisiones informadas y proteger a sus poblaciones.
- Legislación nacional y local

En Ecuador, la legislación sobre plaguicidas es bastante completa y abarca varios aspectos para proteger la salud humana y el medio ambiente. Aquí te presento un resumen de los principales puntos y normativas:

- Marco Legal General
- Constitución de la República del Ecuador

La Constitución establece principios generales relacionados con la protección del medio ambiente y la salud, que sirven de base para la legislación específica de plaguicidas (Legislativo, 2008).

Derechos relacionados con el ambiente:

- Art. 14: Reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, y garantiza la preservación de la naturaleza. Este artículo es fundamental para la protección contra los impactos negativos de los plaguicidas.
- Art. 66, numeral 27: Reconoce el derecho a vivir en un ambiente sano, ecológicamente equilibrado y libre de contaminación. Este derecho implica la regulación y control de sustancias que puedan contaminar el ambiente, incluyendo los plaguicidas.

- Art. 73: Establece que el Estado es responsable de la prevención de la contaminación ambiental, en particular la generada por desechos tóxicos y peligrosos. Los plaguicidas, por su naturaleza, entran dentro de esta categoría.

Derechos relacionados con la salud:

- Art. 32: La salud es un derecho que el Estado garantizará a través de políticas, programas, prestaciones y servicios; y comprende la promoción, prevención, cuidado y recuperación de la salud. La regulación de plaguicidas busca proteger la salud de las personas expuestas a estas sustancias.

Responsabilidad del Estado:

- Art. 396: El Estado es responsable de establecer un sistema nacional de gestión ambiental, de carácter público y participativo, que comprende la prevención, control, manejo y remediación de la contaminación ambiental. La regulación de plaguicidas forma parte de este sistema.

Soberanía Alimentaria:

- Art. 281: El Estado garantizará la soberanía alimentaria. Este artículo, aunque no directamente relacionado con plaguicidas, es importante porque la producción agrícola y el uso de plaguicidas están interrelacionados. Se busca un equilibrio entre la producción de alimentos y la protección de la salud y el ambiente.

Otros artículos relevantes (aunque menos directamente relacionados):

- Art. 83: Establece los deberes de los ciudadanos, incluyendo el de proteger el ambiente. Capítulo Sexto: Dedicado a los Derechos de la Naturaleza, reconoce a la naturaleza como sujeto de derechos. Este capítulo es innovador y relevante para la protección de los ecosistemas frente a la contaminación por plaguicidas.
- Código Orgánico del Ambiente (COA)

El COA establece los principios y directrices generales para la gestión ambiental en el país, incluyendo la regulación de sustancias peligrosas como los plaguicidas (LEY DE GESTION AMBIENTAL, CODIFICACION, 2004).

- Ley de Gestión Ambiental

Esta ley marco establece los principios y directrices para la gestión ambiental en el país, incluyendo la regulación de sustancias peligrosas como los plaguicidas.

Título III: De la Gestión Ambiental

Capítulo I: De las Normas de Calidad Ambiental

- Artículo 22: Este artículo es crucial ya que se refiere a las normas de calidad ambiental que establecen los límites permisibles de contaminantes en el ambiente. Esto incluye, por supuesto, a los plaguicidas y otras sustancias químicas utilizadas en la agricultura que pueden afectar el suelo, el agua, el aire y la biodiversidad.

Capítulo II: De las Licencias Ambientales

- Artículo 26: Aquí se especifican las actividades que requieren licencia ambiental. Es muy probable que las actividades agrícolas que involucren el uso intensivo de plaguicidas y otros agroquímicos estén sujetas a esta obligación, ya que pueden generar impactos ambientales significativos.
- Artículo 27: Este artículo detalla los requisitos para obtener licencias ambientales. Para actividades agrícolas que usen químicos, esto implicaría la presentación de estudios de impacto ambiental y planes de manejo ambiental que evalúen y minimicen los riesgos asociados al uso de estas sustancias.

Capítulo III: De los Estudios de Impacto Ambiental

- Artículo 30: Se refiere a los proyectos que requieren estudios de impacto ambiental. Las actividades agrícolas que impliquen el uso de plaguicidas y otras sustancias químicas que puedan generar impactos significativos en el ambiente y la salud humana, sin duda entran en esta categoría.
- Artículo 31: Este artículo establece los requisitos para la elaboración de estudios de impacto ambiental. En el caso de la agricultura, estos estudios

deberán evaluar los posibles efectos de los químicos utilizados en el suelo, agua, aire, biodiversidad y salud humana, y proponer medidas de mitigación y prevención.

Capítulo IV: Del Control y Seguimiento

- Artículo 40: Este artículo se refiere a las actividades de control y seguimiento que deben realizar las autoridades ambientales. Esto incluye la vigilancia del uso de plaguicidas y otras sustancias químicas en la agricultura, para asegurar que se cumplan las normas y límites establecidos, y para detectar posibles infracciones.

Título V: De la Responsabilidad Ambiental

Capítulo I: De la Responsabilidad por Daño Ambiental

- Artículo 68: Este artículo es fundamental en la responsabilidad por los daños ambientales derivados del uso inadecuado de plaguicidas y otros químicos en la agricultura.
- Artículo 69: Aquí se establecen los criterios para determinar la responsabilidad por daño ambiental. Esto es importante para establecer quién es responsable en caso de contaminación por plaguicidas u otros químicos agrícolas.

Título VI: De las Infracciones y Sanciones Administrativas

Capítulo I: De las Infracciones Administrativas

- Artículo 86: Este artículo se refiere a las infracciones administrativas en materia ambiental. El incumplimiento de la normativa sobre el uso de plaguicidas y otros químicos en la agricultura puede considerarse una infracción y acarrear sanciones.

Capítulo II: De las Sanciones Administrativas

- Artículo 87: Aquí se establecen las sanciones administrativas que pueden imponerse por infracciones ambientales. Estas pueden incluir multas, clausuras y suspensión de actividades en caso de incumplimiento de la normativa sobre uso de químicos en la agricultura.
- Normativa Específica

- Ley de Comercialización y Empleo de Plaguicidas

Esta ley regula la importación, fabricación, distribución, comercialización y uso de plaguicidas en el país. Establece requisitos para el registro de plaguicidas, el etiquetado, el envasado, el almacenamiento, el transporte y la disposición final.

- La ley establece que todos los plaguicidas que se comercialicen y utilicen en el país deben estar registrados en el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG). Este registro exige la presentación de estudios que demuestren la eficacia del producto, su seguridad para la salud y el ambiente, y su cumplimiento con las normas de calidad.
- La ley regula la comercialización de plaguicidas, estableciendo que solo pueden ser vendidos por personas naturales o jurídicas autorizadas y que deben cumplir con requisitos específicos de almacenamiento, transporte y etiquetado.
- La ley establece normas para el empleo de plaguicidas, incluyendo la necesidad de utilizar equipos de protección personal adecuados, seguir las recomendaciones de las etiquetas de los productos, y evitar la contaminación de fuentes de agua y otros recursos naturales.
- La ley contempla la posibilidad de restringir o prohibir el uso de determinados plaguicidas que representen un riesgo para la salud humana o el ambiente.
- La ley establece que el MAG es la autoridad encargada de controlar y vigilar el cumplimiento de la normativa en materia de plaguicidas, y de sancionar las infracciones.

Además de la Ley de Comercialización y Empleo de Plaguicidas y su reglamento, existen otras normas complementarias que regulan aspectos específicos relacionados con los plaguicidas, como las normas de calidad de los productos, los límites máximos de residuos en alimentos, y las normas de seguridad en el trabajo.

4.1.1. Reglamento a la Ley de Comercialización y Empleo de Plaguicidas

Este reglamento detalla los procedimientos y requisitos para la aplicación de la ley, incluyendo los criterios para el registro de plaguicidas, los límites de residuos, las normas de seguridad y las sanciones por incumplimiento.

Registro de Plaguicidas:

- Artículos 4 al 16: Estos artículos establecen los requisitos y el procedimiento para el registro de plaguicidas en el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG). Se especifican los documentos que deben presentarse, los estudios que deben realizarse y los criterios que se evalúan para otorgar el registro.
- Artículos 17 al 21: Se refieren a la información que debe figurar en la etiqueta de los plaguicidas, incluyendo el nombre del producto, la composición, las instrucciones de uso, las precauciones y las advertencias.

Comercialización de Plaguicidas:

- Artículos 22 al 33: Regulan la comercialización de plaguicidas, estableciendo que solo pueden ser vendidos por personas naturales o jurídicas autorizadas y que deben cumplir con requisitos específicos de almacenamiento, transporte y etiquetado. Se prohíbe la venta de plaguicidas a menores de edad y se establecen restricciones para la publicidad de estos productos.

Empleo de Plaguicidas:

- Artículos 34 al 45: Establecen normas para el empleo de plaguicidas, incluyendo la necesidad de utilizar equipos de protección personal adecuados, seguir las recomendaciones de las etiquetas de los productos, y evitar la contaminación de fuentes de agua y otros recursos naturales. Se prohíbe el uso de plaguicidas en áreas sensibles como escuelas, hospitales y parques.

Restricciones y Prohibiciones:

- Artículos 46 al 51: Contemplan la posibilidad de restringir o prohibir el uso de determinados plaguicidas que representen un riesgo para la salud humana o el ambiente. Se establecen criterios para la evaluación de riesgos y se definen las categorías de plaguicidas restringidos y prohibidos.

Control y Vigilancia:

- Artículos 52 al 58: Establecen que el MAG es la autoridad encargada de controlar y vigilar el cumplimiento de la normativa en materia de plaguicidas, y de sancionar las infracciones. Se regulan las inspecciones, los muestreos y los procedimientos para la imposición de sanciones.

Disposiciones Complementarias:

- Artículos 59 al 64: Incluyen disposiciones sobre la capacitación de los usuarios de plaguicidas, la gestión de envases vacíos, la investigación y el desarrollo en materia de plaguicidas, y la coordinación interinstitucional.

Normas INEN:

Las Normas INEN son un conjunto de estándares técnicos que se aplican en Ecuador para asegurar la calidad, seguridad y eficiencia de productos, procesos y servicios. Estas normas son elaboradas por el Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN), que es el organismo nacional de normalización en el país.

El Instituto Nacional de Normalización (INEN) emite normas técnicas que establecen los requisitos de calidad y seguridad para los plaguicidas, sus envases y su aplicación.

Las Normas INEN son importantes porque:

- Al establecer estándares comunes, las normas INEN facilitan el comercio nacional e internacional, ya que los productos y servicios que cumplen con estas normas son reconocidos y aceptados en el mercado.
- Las normas INEN protegen a los consumidores al asegurar que los productos y servicios que adquieren cumplen con requisitos de calidad y seguridad.

- Las normas INEN promueven la mejora continua de la calidad de los productos y servicios, ya que establecen estándares que deben cumplirse para ser considerados conformes.
- Las normas INEN pueden fomentar la innovación al establecer requisitos que incentivan el desarrollo de nuevas tecnologías y productos.

Algunos ejemplos de Normas INEN relevantes para la regulación de plaguicidas:

- NTE INEN 2266: Transporte, almacenamiento y manejo de productos químicos peligrosos.
- NTE INEN 2078: Plaguicidas. Eliminación de residuos - sobrantes y de envases.
- NTE INEN 1927: Plaguicidas, almacenamiento y transporte. Requisitos.

4.2. Entidades de Control

4.2.1. Agrocalidad

La Agencia de Regulación y Control Fito y Zoosanitario es la principal institución encargada de regular y controlar los plaguicidas en Ecuador.

A Agrocalidad le corresponde la regulación y control de la sanidad y bienestar animal, sanidad vegetal y la inocuidad de los alimentos en la producción primaria, con la finalidad de:

- Mantener y mejorar el estatus fito y zoosanitario de la producción agropecuaria.
- La producción, importación, exportación, comercialización y uso de plaguicidas y otros agroquímicos.
- Procurar la inocuidad de la producción primaria.
- Apoyar los flujos comerciales.
- Contribuir a la soberanía alimentaria.

4.2.2. Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG)

El MAG también tiene competencias en la regulación de plaguicidas, especialmente en lo relacionado con su uso en la agricultura. Su misión es

promover el desarrollo sostenible del sector agropecuario, mejorar la productividad y competitividad, y garantizar la seguridad alimentaria de la población.

El MAG tiene diversas funciones, entre las que se destacan:

- El MAG es responsable de formular y ejecutar las políticas agropecuarias, pecuarias y de soberanía alimentaria del país. Estas políticas buscan promover el desarrollo sostenible del sector, mejorar la productividad y competitividad, y garantizar la seguridad alimentaria de la población.
- El MAG regula y controla las actividades relacionadas con la producción agropecuaria, la sanidad animal y vegetal, la inocuidad de los alimentos, y el uso de plaguicidas y otros agroquímicos.
- El MAG promueve la investigación y el desarrollo en el sector agropecuario, para mejorar la productividad, la calidad y la sostenibilidad de la producción.
- El MAG fomenta y apoya a los productores agropecuarios, brindándoles asistencia técnica, capacitación y financiamiento.
- El MAG representa al país en las negociaciones y acuerdos internacionales relacionados con el sector agropecuario.

El MAG juega un papel fundamental en la regulación de plaguicidas en Ecuador, ya que es la autoridad encargada de registrar y controlar estos productos. El MAG establece los requisitos que deben cumplir los plaguicidas para ser comercializados y utilizados en el país, y vela por el cumplimiento de la normativa en materia de plaguicidas.

- Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE)

El MAATE es responsable de la regulación ambiental de los plaguicidas, incluyendo su impacto en los ecosistemas y la biodiversidad.

- El MAATE formula y ejecuta políticas, estrategias y regulaciones ambientales a nivel nacional. Esto incluye áreas como el cambio climático, la conservación de la biodiversidad, el control de la contaminación y la gestión sostenible de recursos.

- El MAATE monitorea y hace cumplir las regulaciones ambientales para prevenir la contaminación y la degradación ambiental. Esto incluye emitir permisos ambientales, realizar inspecciones y sancionar el incumplimiento.
- El MAATE protege y conserva la rica biodiversidad del Ecuador, incluyendo sus ecosistemas, especies y recursos genéticos. Esto implica gestionar áreas protegidas, promover el uso sostenible de recursos naturales y combatir el tráfico ilegal de vida silvestre.
- Agencia Nacional de Regulación, Control y Vigilancia Sanitaria (ARCSA)

La Agencia Nacional de Regulación, Control y Vigilancia Sanitaria (ARCSA) es una entidad técnica de derecho público en Ecuador, adscrita al Ministerio de Salud Pública. Su función principal es regular, controlar y vigilar la calidad, seguridad, eficacia e inocuidad de productos de uso y consumo humano, así como las condiciones higiénico-sanitarias de establecimientos sujetos a control sanitario.

ARCSA es la entidad encargada de regular y controlar los plaguicidas de uso doméstico e industrial en Ecuador. Esto incluye:

- Registro: Autorización para la comercialización y uso de plaguicidas, previo análisis de su seguridad y eficacia.
- Control: Verificación del cumplimiento de la normativa en la producción, importación, exportación, comercialización y uso de plaguicidas.
- Vigilancia: Monitoreo de los riesgos sanitarios asociados al uso de plaguicidas.
- Regulaciones Específicas para el Uso de Productos Químicos en la Agricultura

Además de las leyes y reglamentos mencionados, existen resoluciones y acuerdos ministeriales que establecen regulaciones específicas para el uso de productos químicos en la agricultura. Estas regulaciones pueden referirse a:

- Plaguicidas permitidos y prohibidos: Se establecen listas de plaguicidas que pueden utilizarse en la agricultura y aquellos prohibidos por sus riesgos para la salud y el ambiente.

- Resolución No. 073: Prohíbe el uso de ciertos plaguicidas considerados altamente tóxicos o peligrosos para la salud y el ambiente.
- Acuerdo Ministerial No. 112: Establece restricciones para el uso de plaguicidas que contienen ciertas sustancias activas.
- Resoluciones sobre límites máximos de residuos (LMR): Establecen los límites de residuos de plaguicidas permitidos en diferentes cultivos y alimentos.
- Límites máximos de residuos: Se establecen límites máximos de residuos de plaguicidas en los alimentos para proteger la salud de los consumidores.
- Buenas prácticas agrícolas: Se promueven buenas prácticas agrícolas que incluyen el uso adecuado de plaguicidas, la rotación de cultivos, el manejo integrado de plagas y otras técnicas para reducir la dependencia de los productos químicos.
 - Resolución No. 001-DA-2019-AGROCALIDAD: Establece los requisitos para la certificación de Buenas Prácticas Agrícolas en la producción de banano.
 - Acuerdo Ministerial No. 123: Aprueba el "Reglamento para la implementación de Buenas Prácticas Agrícolas en la producción de palma africana".
 - Resoluciones sobre límites máximos de residuos (LMR): Establecen los límites de residuos de plaguicidas permitidos en diferentes cultivos y alimentos, lo que está directamente relacionado con las BPA.
- Equipos de protección personal: Se establecen requisitos para el uso de equipos de protección personal por parte de los agricultores y trabajadores que manipulan plaguicidas.
- Capacitación: Se exige la capacitación de los agricultores y trabajadores en el manejo seguro y responsable de plaguicidas.

4.3. Identificación y Evaluación de Riesgos

La identificación y evaluación de riesgos en el manejo de plaguicidas es un proceso fundamental para proteger la salud de las personas y el medio ambiente. Este proceso permite identificar los peligros asociados al uso de plaguicidas y evaluar la probabilidad de daños para implementar medidas de prevención y control adecuadas.

4.3.1. Identificación de riesgos químicos

Los riesgos químicos son aquellos que se derivan de la exposición a sustancias químicas en el ambiente laboral, doméstico o natural. Estas sustancias pueden ser tóxicas, corrosivas, inflamables, explosivas o reactivas, y pueden causar daños a la salud humana, como intoxicaciones, quemaduras, enfermedades respiratorias o cáncer.

El primer paso en la evaluación de riesgos es identificar los peligros asociados al uso de plaguicidas. Estos peligros pueden ser de diversa naturaleza:

Tabla 33

Toxicidad, exposición y factores ambientales asociados al uso de plaguicidas

Toxicidad de los plaguicidas	Algunos plaguicidas son altamente tóxicos y pueden causar daños a la salud humana, incluso en pequeñas cantidades.
Exposición a los plaguicidas	La exposición a los plaguicidas puede ocurrir por diferentes vías, como la inhalación, la ingestión o el contacto con la piel.
Condiciones de uso	Las condiciones de uso de los plaguicidas, como la forma de aplicación, la dosis y la frecuencia, pueden influir en el riesgo de exposición.
Factores ambientales	Factores ambientales como la temperatura, el viento y la lluvia pueden afectar la dispersión y persistencia de los plaguicidas en el ambiente.

Nota: (Autores, 2025).

La identificación de riesgos químicos implica reconocer las sustancias químicas presentes en un determinado entorno y analizar sus propiedades y peligros potenciales. Para ello, se pueden utilizar diferentes herramientas y métodos, como:

- Elaborar un inventario de todas las sustancias químicas presentes en el lugar de trabajo o en el hogar, incluyendo sus nombres, propiedades y usos.
- Consultar las hojas de seguridad de los productos químicos, que contienen información detallada sobre sus peligros, medidas de seguridad

y primeros auxilios. Leer y comprender las etiquetas de los productos químicos, que incluyen pictogramas de peligro y recomendaciones de uso.

- Analizar los procesos productivos o actividades en las que se utilizan sustancias químicas, identificando los puntos de mayor riesgo de exposición.
- Realizar mediciones de la concentración de sustancias químicas en el aire, agua o suelo para evaluar el nivel de exposición.

4.4. Etiquetado

El objetivo principal de la etiqueta de un producto agroquímico es comunicar de manera clara y concisa información esencial sobre el producto: qué es, quién lo fabrica y cómo usarlo de forma segura y efectiva. La etiqueta está diseñada para que el usuario la lea y la entienda fácilmente, y es fundamental para el uso seguro del producto.

La etiqueta es tan importante como cualquier otra actividad relacionada con el uso de agroquímicos y no debe ser ignorada.

Si el usuario tiene dificultades para entender la etiqueta, debe buscar asesoramiento antes de utilizar el producto.

En algunos casos, los envases de productos agroquímicos son demasiado pequeños para una etiqueta. En estas situaciones, se debe adjuntar una hoja de información al envase. Es responsabilidad del usuario asegurarse de que los envases pequeños incluyan esta hoja informativa.

La información de la etiqueta puede complementarse con otros documentos, como folletos informativos o fichas de seguridad. El usuario no debe ignorar este material adicional.

La etiqueta de un producto agroquímico proporciona información clave, incluyendo:

- Identificación del producto
- Instrucciones de uso (cómo, cuándo y dónde)

- Peligros potenciales
- Prácticas correctas
- Precauciones de seguridad
- Instrucciones de primeros auxilios
- Consejos para personal de salud

Antes de usar cualquier producto agroquímico, el usuario debe leer y comprender la etiqueta, que debe incluir:

- Símbolo de peligro
- Marca comercial del producto
- Nombre y cantidad del ingrediente activo
- Finalidad de uso
- Número de registro (si es requerido)
- Nombre y dirección del fabricante, distribuidor o agente
- Pautas de uso
- Precauciones de seguridad
- Advertencias e instrucciones sobre prácticas correctas
- Instrucciones de primeros auxilios y consejos para personal de salud
- Nombre y cantidad de disolventes o materiales peligrosos
- Cantidad (peso o volumen) del contenido del envase
- Número de identificación de la partida
- Intervalo entre la aplicación y la cosecha
- Información adicional requerida por la legislación nacional

El usuario siempre debe leer la etiqueta antes de usar un producto agroquímico. Si no entiende las instrucciones, debe consultar con alguien que sepa. Si la etiqueta es ilegible, se debe usar una lupa o pedir ayuda a alguien con mejor visión. Si la etiqueta está dañada, se debe solicitar un nuevo envase al proveedor.

En caso de trasvase de productos agroquímicos, la persona a cargo debe asegurarse de que los nuevos envases sean reetiquetados con la información necesaria para un uso seguro, incluyendo:

- Peligros del producto

- Métodos de uso seguro
- Procedimientos de emergencia

Para obtener más información, se recomienda consultar las "Directrices para el etiquetado correcto de los plaguicidas" de la FAO y los "Pictograms for agrochemical labels" del GIFAP, elaborados en colaboración con la FAO.

4.4.1. Hojas De Seguridad

Las hojas de seguridad de productos químicos, también conocidas como Hojas de Datos de Seguridad (HDS) o Safety Data Sheets (SDS) en inglés, son documentos técnicos que proporcionan información esencial sobre las propiedades, peligros y medidas de seguridad de las sustancias químicas. Son una fuente crucial de información para trabajadores, empleadores, personal de emergencia y cualquier persona que maneje o esté expuesto a productos químicos. Las hojas de seguridad suelen estar estructuradas en secciones que abarcan los siguientes aspectos:

- Identificación del producto y de la empresa
- Identificación de los peligros
- Composición e información de los ingredientes
- Primeros auxilios
- Medidas de lucha contra incendios
- Medidas en caso de vertido accidental
- Manipulación y almacenamiento
- Controles de exposición/protección personal
- Propiedades físicas y químicas
- Estabilidad y reactividad
- Información toxicológica
- Información ecológica
- Consideraciones de eliminación
- Información de transporte
- Información reglamentaria
- Otras informaciones

Es fundamental recordar que las hojas de seguridad son documentos técnicos importantes que deben ser consultados y comprendidos por todas las personas que manejan o están expuestas a productos químicos.

Selección de productos adecuados:

En cumplimiento del Art. 21 de la Ley de Comercialización y Empleo de Plaguicidas, es obligatorio contar con la asesoría y recomendaciones de un técnico/a o ingeniero/a agropecuario/a antes de utilizar cualquier plaguicida. Este profesional determinará el tipo de plaguicida adecuado para cada situación, y brindará información detallada sobre su manipulación, dosis, forma de mezclarlo, frecuencia de aplicación y tiempo de espera necesario entre aplicaciones.

Adicionalmente, siempre se deben leer las etiquetas de los plaguicidas (Art. 19 y 20). En ellas se especifican los riesgos asociados al producto y las instrucciones para su uso, manejo de envases y envolturas.

4.5. Métodos de evaluación de riesgos

La evaluación del riesgo combina la información sobre la toxicidad de los plaguicidas y la exposición a los mismos para estimar la probabilidad de que ocurran daños a la salud o al ambiente. Esta evaluación puede ser cuantitativa o cualitativa.

4.5.1. Métodos cualitativos

4.5.1.1. Análisis de riesgos y peligros (HAZOP):

La técnica HAZOP (Hazard and Operability Study) es un método sistemático para identificar peligros y problemas operativos en instalaciones de proceso. Se basa en analizar las desviaciones de las variables del proceso (como presión, temperatura, caudal, etc.) en puntos clave del sistema, conocidos como "nudos".

Identifica peligros y evalúa riesgos en procesos o actividades. La técnica consiste en analizar sistemáticamente las causas y las consecuencias de unas desviaciones de las variables de proceso, planteadas a través de unas palabras guías. A continuación, se presenta una descripción simplificada del método.

Tabla 34
Método HAZOP

Fase	Descripción	Objetivo	Entregables
Definición del área de estudio	Delimitar las áreas de la instalación a las que se aplica la técnica HAZOP.	Identificar los subsistemas o unidades funcionales del proceso.	Esquemas simplificados de los subsistemas considerados.
Definición de los nudos	Identificar puntos específicos en el proceso donde se analizarán las desviaciones.	Seleccionar puntos con variaciones significativas en las variables del proceso.	Diagramas de tuberías e instrumentación con la ubicación y numeración de los nudos.
Definición de las desviaciones a estudiar	Aplicar palabras guía a las variables del proceso en cada nudo para identificar posibles desviaciones.	Analizar sistemáticamente las causas y consecuencias de las desviaciones.	Lista de desviaciones esenciales a estudiar en cada nudo (opcional).
Sesiones HAZOP	Reuniones de equipo para analizar las desviaciones, sus causas y consecuencias, y las medidas de control existentes.	Identificar peligros y oportunidades de mejora en la seguridad y operabilidad del proceso.	Formatos de recogida de las sesiones con el análisis de cada desviación.
Informe final	Documento que resume los resultados del estudio HAZOP.	Dar una visión de los riesgos identificados y de las acciones a tomar.	Esquemas de nudos, formatos de sesiones, análisis de resultados, lista de medidas a tomar, lista de sucesos iniciadores.

Nota: (Autores, 2025).

Para ilustrar cómo se crean esquemas simplificados de subsistemas en un análisis HAZOP enfocado en riesgos químicos en la agricultura, consideremos el proceso de aplicación de pesticidas en un cultivo.

Subsistema 1: Preparación de la mezcla

- Nudo 1.1: Almacenamiento de pesticida concentrado
- Nudo 1.2: Medición de pesticida y agua
- Nudo 1.3: Mezclado de pesticida y agua

Subsistema 2: Aplicación de la mezcla

- Nudo 2.1: Llenado del equipo de aplicación (mochila, tractor, etc.)
- Nudo 2.2: Aplicación del pesticida en el campo
- Nudo 2.3: Limpieza del equipo de aplicación

Tabla 35

Matriz de identificación de desviaciones

Nu do	Palab ra guía	Desviac ión	Causas	Consecuen cias	Control	Señaliza ción	Acciones
1.1	Más	Derrame de pesticid a	Envase dañado, manipulación incorrecta	Contaminación suelo/agua, intoxicación	Almacenamiento seguro, EPP	Etiquetas, hojas de seguridad	Capacitación, protocolo derrames
1.1	Otro	Fuego en almacén	Almacenamiento incorrecto, fuentes de ignición	Incendio, explosión, contaminación	Almacenamiento aislado, extintores	Alarmas, detectores de humo	Inspecciones, plan emergencia

Nota: (Autores, 2025).

Consideraciones adicionales:

- Riesgos químicos: Intoxicación por inhalación, contacto dérmico, ingestión.
- Población vulnerable: Trabajadores agrícolas, comunidad cercana, fauna silvestre.
- Factores ambientales: Viento, lluvia, temperatura (pueden dispersar químicos).

Nota: Este es solo un ejemplo simplificado. Un análisis HAZOP completo requeriría un equipo multidisciplinario, información detallada de los productos químicos y procesos, y un análisis exhaustivo de todas las posibles desviaciones y sus consecuencias.

Evaluación del impacto ambiental:

La EIA es un procedimiento obligatorio que se realiza antes de que se tome una decisión sobre la ejecución de un proyecto (obra o actividad). Su objetivo principal es identificar, predecir, evaluar y mitigar los posibles impactos que ese proyecto puede generar en el ambiente. La EIA se aplica a una amplia gama de proyectos agrícolas que pueden generar impactos ambientales, tales como:

- La conversión de bosques o ecosistemas naturales en tierras de cultivo puede tener impactos significativos en la biodiversidad, el suelo y los recursos hídricos.
- La aplicación de pesticidas, herbicidas y fertilizantes puede contaminar el suelo, el agua y el aire, afectando la salud humana y la vida silvestre.

- La construcción de represas y sistemas de riego puede alterar los patrones hidrológicos y afectar la disponibilidad de agua para otros usos.
- La cría de animales en grandes cantidades puede generar problemas de contaminación por estiércol y otros desechos.

Se puede anotar que es importante principalmente por:

- Permite anticipar los posibles problemas ambientales que un proyecto podría causar y tomar medidas para evitarlos o minimizarlos.
- Proporciona información crucial a las autoridades ambientales para que puedan decidir si un proyecto es viable desde el punto de vista ambiental y, en caso afirmativo, en qué condiciones.
- Fomenta la participación de la comunidad en el proceso de toma de decisiones, permitiendo que se tengan en cuenta sus opiniones y preocupaciones.
- Contribuye a asegurar que los proyectos se desarrollen de manera sostenible, minimizando su impacto en el ambiente y protegiendo los recursos naturales para las generaciones futuras.

Análisis de exposición y toxicidad:

El análisis de exposición y toxicidad es un proceso fundamental en la evaluación de riesgos químicos. Su objetivo principal es comprender cómo las sustancias químicas pueden afectar la salud humana y el medio ambiente. Este análisis se centra en dos componentes clave:

Tabla 36
Análisis de exposición y toxicidad

Análisis de Exposición	Fuentes de exposición	Identificar los lugares o actividades donde se genera o utiliza la sustancia (industrias, procesos, productos, etc.).
	Vías de exposición	Determinar las formas en que la sustancia puede ingresar al organismo (inhalación, ingestión, contacto dérmico).
	Duración y frecuencia de la exposición	Establecer cuánto tiempo y con qué frecuencia se produce el contacto con la sustancia.
Análisis de Toxicidad	Niveles de exposición	Medir o estimar la cantidad de sustancia a la que se está expuesto.
	Naturaleza de los efectos tóxicos	Identificar los tipos de daño que la sustancia puede causar (irritación, carcinogenicidad, neurotoxicidad, etc.)

Dosis-respuesta	Establecer la relación entre la cantidad de sustancia a la que se expone un organismo y la gravedad del efecto tóxico.
Mecanismos de acción	Comprender cómo la sustancia interactúa con el organismo para producir el daño.

Nota: (Autores, 2025).

El análisis de exposición y toxicidad es un proceso esencial para comprender y gestionar los riesgos asociados a las sustancias químicas. Al evaluar cómo y en qué medida nos exponemos a estas sustancias, y al estudiar su capacidad para causar daño, podemos tomar medidas para proteger la salud humana y el medio ambiente.

Tabla 37

Matriz de identificación de riesgos

Peligro (Plaguicida)	Vía de Exposición	Trabajadores Expuestos	Frecuencia de Exposición	Severidad del Daño	Probabilidad de Ocurrencia	Nivel de Riesgo (Severidad x Probabilidad)	Medidas de Control
Plaguicida Organofosforado (p. ej., Clorpirifos)	Inhalación, contacto dérmico	Aplicadores, trabajadores de campo	Diaria (durante la aplicación)	Intoxicación aguda, problemas neurológicos a largo plazo	Media	Alto	Uso de equipo de protección personal (EPP) adecuado (respirador, guantes, traje), capacitación en el manejo seguro, rotación de cultivos, periodos de reentrada, ventilación adecuada
Plaguicida Carbamato (p. ej., Carbaryl)	Inhalación, contacto dérmico	Aplicadores, trabajadores de campo	Semanal (durante la aplicación)	Irritación de piel y ojos, problemas gastrointestinales	Media	Medio	Uso de EPP, capacitación, rotación de

Herbicida Glifosato	Contacto dérmico, ingestión accidental	Trabajadores de campo, personal de mantenimiento	Ocasional (durante la aplicación o mantenimiento)	Irritación de piel, posible carcinogenicidad (en altas dosis y exposiciones prolongadas)	Baja	Bajo	cultivos, periodos de reentrada Uso de EPP, capacitación, manejo cuidadoso, evitar contacto con la piel
Fungicida Cúprico	Inhalación, contacto dérmico	Aplicadores, trabajadores de campo	Variable (según necesidad)	Irritación de vías respiratorias, problemas en la piel	Baja	Bajo	Uso de EPP, capacitación, ventilación adecuada

Nota: (Autores, 2025).

4.6. Medidas de Prevención y Control

La manipulación de productos químicos, como plaguicidas, fertilizantes y otros agroquímicos, puede representar riesgos significativos para la salud de los trabajadores agrícolas y el ambiente. Es crucial implementar medidas de prevención y control efectivas para minimizar estos riesgos.

4.6.1. Prevención

La prevención es la primera línea de defensa contra los riesgos químicos. Implica tomar medidas para evitar o reducir la exposición a sustancias peligrosas. Algunas estrategias clave incluyen:

- Elegir productos químicos menos tóxicos o peligrosos siempre que sea posible.
- Implementar métodos de cultivo que reduzcan la necesidad de utilizar productos químicos, como la rotación de cultivos, el manejo integrado de plagas y el uso de abonos orgánicos.
- Almacenar los productos químicos en lugares seguros y ventilados, lejos de áreas de trabajo y viviendas.

- Evitar derrames y fugas durante la manipulación y el transporte de productos químicos.
- Lavarse las manos y otras áreas expuestas después de manipular productos químicos. No comer, beber ni fumar durante la manipulación.

4.6.2. Control

Cuando la prevención no es suficiente, se deben implementar medidas de control para reducir la exposición a productos químicos. Estas medidas se organizan jerárquicamente, priorizando las más efectivas:

a) Eliminación o sustitución

- Eliminar el uso del producto químico peligroso si es posible.
- Reemplazar el producto químico peligroso por una alternativa más segura.

b) Controles de ingeniería

- Utilizar sistemas de ventilación para reducir la concentración de productos químicos en el aire.
- Aislar los procesos o equipos que generan productos químicos peligrosos.
- Utilizar sistemas cerrados para contener los productos químicos y evitar su liberación al ambiente.

c) Controles administrativos

- Establecer procedimientos claros y detallados para la manipulación y el uso de productos químicos.
- Capacitar a los trabajadores sobre los riesgos de los productos químicos y las medidas de control.
- Reducir el tiempo de exposición de los trabajadores a los productos químicos.
- Rotar las tareas de los trabajadores para evitar la exposición prolongada a un solo producto químico.

d) Equipo de protección personal (EPP)

- Proporcionar a los trabajadores el EPP adecuado para el tipo de producto químico y la vía de exposición (respiradores, guantes, gafas, ropa de protección).
- Cerciorarse que los trabajadores utilicen el EPP de manera correcta y lo mantengan en buen estado.

4.6.3. Monitoreo y revisión

Es fundamental monitorear y revisar periódicamente las medidas de prevención y control para asegurar su efectividad. Esto incluye:

- Medir la concentración de productos químicos en el aire, el agua y el suelo.
- Realizar exámenes médicos periódicos para detectar posibles efectos en la salud.
- Actualizar las medidas de control cuando sea necesario, en función de los resultados del monitoreo y los nuevos conocimientos científicos.

4.6.4. Información y comunicación

Es esencial proporcionar a los trabajadores información clara y oportuna sobre los riesgos de los productos químicos y las medidas de prevención y control. Esto incluye:

- Poner a disposición de los trabajadores las hojas de seguridad de los productos químicos.
- Cerciorarse que los productos químicos estén correctamente etiquetados.
- Brindar capacitación continua sobre los riesgos y las medidas de control.

4.7. Buenas prácticas agrícolas (BPA)

Las BPA son un conjunto de principios, normas y recomendaciones técnicas que se aplican en la producción, procesamiento y transporte de alimentos. Su objetivo principal es triple:

- Esto significa alimentos sanos y limpios que no representen un riesgo para la salud de los consumidores.

- Las BPA buscan mejorar las condiciones de trabajo y minimizar los riesgos para la salud y el bienestar de los agricultores y sus familias.
- Las BPA promueven métodos de producción ecológicamente seguros que minimizan el impacto ambiental y protegen los recursos naturales.

En otras palabras, las BPA son como un manual de buenas prácticas que los agricultores deben seguir para asegurar que sus productos sean seguros para el consumo, que sus trabajadores estén protegidos y que sus actividades no dañen el medio ambiente.

Los pilares fundamentales de las BPA son:

1. Inocuidad de los alimentos

- Garantizar al consumidor un producto sano e inocuo, esto quiere decir libre de peligros para el consumidor.
- Peligros físicos como por ejemplo pedazos de vidrio, astillas, virutas, plásticos, etc.
- Peligros Químicos como residuos de plaguicidas
- Peligros Biológicos como virus, bacterias, parásitos, hongos u otros
- Identificar y prevenir que estos peligros se introduzcan en el producto.

2. Cuidado y Manejo del ambiente:

Se fundamenta en la preservación y cuidado del agua, suelo y todas las barreras naturales que se pueden encontrar en el predio agrícola. La gestión responsable de fitosanitarios busca un manejo y utilización cuidadosos de los agroquímicos durante cada etapa de su existencia. Esto abarca desde su creación y desarrollo, su comercialización y uso en las actividades agrícolas, hasta su eliminación segura y el tratamiento adecuado de los envases una vez utilizados.

3. Seguridad Laboral:

- Se busca garantizar el cuidado de los agricultores dentro del predio
- Uso de herramientas y equipos de protección personal necesarias para el correcto desempeño de las actividades laborales.
- Constante capacitación para recordar la importancia de sus funciones promoviendo así un producto sano e inocuo.

4.7.1. Uso correcto y seguro de productos químicos

Los productos químicos son esenciales para la fabricación de numerosos artículos y la protección de la salud, contribuyendo significativamente a la economía y el empleo. Sin embargo, su uso y gestión inadecuados, así como sus desechos peligrosos, pueden causar daños irreparables a la salud y el medio ambiente.

En el sector agrícola, específicamente, el uso inapropiado de agroquímicos impacta negativamente en las vías fluviales, agota los recursos naturales, genera desechos y provoca una contaminación excesiva, afectando desproporcionadamente a las poblaciones más vulnerables.

Con el fin de contribuir a un desarrollo sostenible, inclusivo y resiliente, el Ministerio del Ambiente y Agua, con el apoyo del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), a través del Programa Nacional para la Gestión Ambientalmente Adecuada de Sustancias Químicas en su Ciclo de Vida, busca optimizar la gestión integral de los productos químicos y promover la eliminación ambientalmente adecuada de los desechos peligrosos.

Esta guía, dirigida a personas vinculadas al sector agrícola, detalla las responsabilidades de los diferentes actores involucrados en la cadena de valor. Su objetivo es fomentar acciones preventivas que disminuyan la generación de desechos altamente tóxicos.

4.7.2. Manipulación y utilización en condiciones de seguridad

Dado que la aplicación de plaguicidas es una actividad fundamental pero también la más riesgosa, se analizarán en detalle las precauciones necesarias antes, durante y después de la aplicación.

El almacenamiento, el manejo de derrames y la eliminación de residuos son actividades que también entrañan peligros. Se describirán las precauciones que deben tomarse para proteger tanto a los usuarios como al público en general y al medio ambiente.

Se hará referencia a diversas directrices de la FAO relevantes para esta sección, incluyendo:

- Orientaciones para el envasado y el almacenamiento de plaguicidas (Roma, 1985).
- Directrices para la eliminación de residuos de plaguicidas y de envases de plaguicidas en las explotaciones agrícolas (Roma, 1985).
- Directrices sobre buenas prácticas en la aplicación de plaguicidas desde tierra y desde el aire (Roma, 1988).

4.7.3.Embalaje

Los productos agroquímicos se presentan en una variedad de envases, desde pequeñas botellas hasta grandes tambores, hechos de diversos materiales como vidrio, metal, plástico o papel. Algunos envases, especialmente los de gases licuados como el bromuro de metilo o el amoníaco anhidro, pueden estar presurizados internamente, por lo que deben ser lo suficientemente resistentes para soportar dicha presión y la corrosión de las sustancias químicas.

Es fundamental que los usuarios sepan que cada envase debe cumplir con las normas y regulaciones nacionales de embalaje de productos agroquímicos. Si no existen tales regulaciones, se deben seguir los requisitos generales de embalaje para garantizar la seguridad.

Un envase adecuado debe estar diseñado y construido de tal manera que:

- Evite fugas del contenido durante su manipulación, almacenamiento, apilamiento, carga y descarga.
- Proteja el contenido de su deterioro o alteración.
- Impida que los materiales del envase, incluyendo sus cierres, reaccionen con el contenido y formen compuestos peligrosos.
- Asegure la integridad de todas sus partes, sin que se vean afectadas por cambios en las condiciones atmosféricas como la presión, la temperatura y la humedad.
- Cuenten con un sello o precinto de garantía que se rompa al abrirse por primera vez, y un sistema de cierre que permita volver a cerrarlo repetidamente.
- Esté debidamente etiquetado o marcado.

Es importante que los usuarios comprendan que el envasado y re envasado de productos químicos no es tarea que les competa, a menos que hayan recibido capacitación específica para ello. Nunca deben intentar re envasar un producto químico en un recipiente que no haya sido destinado para ese uso. Incluso si el recipiente hubiera contenido el mismo plaguicida, podría estar dañado o tener una tapa que no cierre bien, lo que representa un riesgo de contaminación.

4.7.4. Transporte

Los fabricantes, exportadores e importadores de productos agroquímicos deben cumplir con las normativas internacionales y nacionales de transporte y seguridad. Los usuarios de estos productos deben conocer estas regulaciones y prestar atención al transporte, ya sea desde los proveedores hasta la explotación agrícola, o desde el almacén hasta el campo.

Para un transporte seguro, es esencial:

- Solo aceptar productos en recipientes en buen estado; rechazar envases dañados o con fugas.
- Verificar que el vehículo de transporte no dañe los recipientes; eliminar o cubrir elementos afilados o salientes que puedan causar daños.
- Manipular los envases con cuidado para evitar golpes y caídas que puedan romperlos o debilitarlos, y provocar derrames.
- Asegurarse de que el producto lleve la información correspondiente, como etiquetas, información escrita o fichas de datos.
- Evitar el apilamiento desordenado durante el transporte; por ejemplo, transportar los recipientes de líquidos con la parte superior hacia arriba y sin presión excesiva que pueda reventarlos.
- Aislar los productos agroquímicos de otros materiales transportados en el mismo vehículo.
- Proteger los envases de papel, cartón u otros materiales solubles en agua de la lluvia y el mal tiempo con un techo o cubierta impermeable.
- No transportar los productos agroquímicos junto al conductor ni en la cabina del vehículo o tractor.

- Los conductores deben ser competentes y tomar precauciones en caso de accidente o emergencia, evitando derrames y la contaminación de las personas que presten asistencia.

4.7.5. Trasvase

El trasvase de productos agroquímicos de un recipiente a otro debe evitarse a toda costa, ya que esta práctica conlleva numerosos riesgos, incluyendo la posibilidad de confusiones que pueden llevar a intoxicaciones accidentales. De hecho, esta práctica está prohibida en muchos países.

Únicamente en situaciones excepcionales y justificadas, se podrá realizar un trasvase de productos químicos, siempre y cuando se cumplan las siguientes condiciones:

- El recipiente receptor debe ser, preferiblemente, un envase original del fabricante del producto químico, que haya contenido el mismo producto y que haya sido inspeccionado por una persona cualificada para asegurar su reutilización.
- El recipiente receptor debe ser de la misma calidad que el envase original, garantizando su resistencia e integridad.
- El recipiente receptor debe estar correctamente etiquetado o marcado, identificando el producto químico que contiene y sus riesgos asociados.
- El recipiente receptor debe estar completamente limpio y vacío antes de recibir el producto químico.
- El recipiente receptor no debe llenarse en exceso, dejando espacio suficiente para evitar derrames al verter el líquido o por expansión del volumen debido a cambios de temperatura.

En el trasvase de productos químicos, se deben tomar precauciones especiales, incluyendo ropa protectora adecuada, limpieza inmediata de derrames, higiene personal y prevención de la contaminación de alimentos.

4.7.6. Almacenamiento seguro

Los productos agroquímicos se entregan en almacenes o son transportados por los usuarios, y tras su uso parcial suelen volver al almacén. Durante este tiempo,

corren el riesgo de robo, vandalismo, uso indebido (accidental o intencional) o daños por condiciones climáticas extremas.

Los usuarios deben saber cómo construir y mantener un lugar de almacenamiento seguro para protegerse a sí mismos y a otros, y para evitar la contaminación ambiental.

Un almacenamiento seguro debe considerar:

- Debe estar en un lugar accesible para la entrega y el transporte, y si está dentro de un edificio, separado de otros materiales, especialmente inflamables. Debe evitar riesgos de contaminación por fugas o derrames, y estar alejado de zonas residenciales y fuentes de agua (ríos, arroyos, depósitos para agua potable o riego).
- Debe ser sólida, resistente a incendios, temperaturas extremas y productos químicos, e impermeable a líquidos. Los suelos deben contener derrames o fugas y ser antideslizantes y fáciles de limpiar. Los muros externos deben ser resistentes al fuego (al menos 30 minutos) e impermeables, con superficies internas lisas, lavables y que no retengan polvo. Si es de un solo piso, el techo debe ser de material no combustible que se desprenda rápidamente en caso de incendio.
- Deben ser adecuadas, con puertas resistentes al fuego que abran hacia afuera (si es posible) y de tamaño adecuado para facilitar el movimiento seguro de materiales. Las puertas interiores deben ser giratorias. Si el almacén está en un edificio de uso general, es preferible que las puertas de acceso den directamente al exterior. Si no es posible, el acceso no debe compartirse con zonas domésticas, de almacenamiento de alimentos o animales.
- Debe poder contener derrames y fugas para proteger el medio ambiente. En zonas ambientalmente sensibles, puede requerirse un sistema de drenaje interno conectado a una cisterna o muro circundante para contener los productos almacenados.
- Debe mantenerse seco y resistente a temperaturas extremas. Temperaturas muy altas o bajas pueden deteriorar los productos y dañar los envases. La humedad daña los sacos de papel y puede provocar

derrames. Es importante que los lugares de almacenamiento estén absolutamente secos, especialmente para los plaguicidas en bolsas solubles en agua.

- Debe tener iluminación natural o artificial suficiente. Las ventanas no deben permitir que la luz solar directa dé sobre los productos químicos, ya que los rayos ultravioletas pueden deteriorar los envases y su contenido. Se pueden cubrir las ventanas o, si se construye un nuevo almacén, colocarlas en la posición adecuada. Las luces e interruptores eléctricos deben estar situados para evitar daños mecánicos, y debe haber una distancia adecuada entre las lámparas y los productos almacenados para evitar la transmisión de calor.
- Debe estar adecuadamente ventilado para extraer el aire viciado o contaminado. Esto se puede lograr utilizando ladrillos huecos. Cuando no se puede proporcionar una ventilación natural suficiente, se ha de instalar un ventilador aspirante. En cualquier caso, el aire extraído debe ir a parar a un punto del muro externo del edificio del cual es parte el almacén de productos agroquímicos.
- Debe estar señalizado con un signo de advertencia (que se ajuste a los requisitos nacionales en lo que respecta al color, el pictograma y la forma geométrica) y protegido contra el robo. La seguridad es importante para evitar el robo o el uso indebido de los materiales por personas no autorizadas.
- Debe estar bien organizado para que los productos se puedan almacenar rápidamente y colocar y apilar de manera segura y ordenada con etiquetas claramente visibles. Los productos inflamables deben estar separados colocándolos en una parte del almacén aislada y resistente al fuego. Los productos oxidantes y los fumigantes deben además almacenarse en un lugar absolutamente seco. Se debe procurar evitar que los estantes o las tarimas estén sobrecargados de peso y que los recipientes estén sometidos a presión en la parte inferior de una pila.
- Se debe prever una toma de agua cerca del almacén, pero no dentro de él. Cualquier toma de agua usada para llenar cisternas de aspersión o baños para tratar animales debe diseñarse para evitar el retorno.

- Se debe llevar un registro de los productos almacenados, manteniéndolo en un lugar seguro separado, para que se pueda acceder a él de una situación de emergencia como un incendio o una utilización no autorizada.
- Se debe disponer de una instalación adecuada de primeros auxilios para tratar lesiones menores y la contaminación de ojos y piel.
- Dentro del almacén debe estar prohibido fumar y utilizar una llama sin protección. Se debe disponer de un extintor de incendios adecuado que esté en buenas condiciones de funcionamiento, para caso de emergencias.
- Cerca del almacén se debe disponer de instalaciones para que se laven las personas que manipulan los productos agroquímicos. Estas instalaciones deben estar dotadas de un lavabo y agua corriente limpia, jabón y toallas (de ser posible, son preferibles las toallas desechables).
- Se debe disponer de un sitio aislado y ventilado para la ropa protectora y para las prendas de vestir personales. Este sitio, que suele constituir un armario o gaveta, no debe estar dentro de la zona de almacenamiento de los productos agroquímicos.
- Los recipientes vacíos, salvo los utilizados para productos agroquímicos que reaccionan con el agua y producen gases, por ejemplo, los que contienen fosfatos, deben lavarse por lo menos tres veces y almacenarse en un lugar seco y seguro con los desechos de productos agroquímicos; no deben utilizarse jamás para almacenar alimentos, agua u otras sustancias que puedan consumir las personas o los animales. Se debe recordar que una ínfima cantidad de residuos de productos agroquímicos de dentro de un recipiente puede provocar una enfermedad grave o la muerte.
- Cuando los productos agroquímicos se cargan en el equipo de aplicación cerca del almacén, se debe disponer de una superficie lisa sólida. Se deben drenar únicamente en una zona de retención de productos agroquímicos para evitar la contaminación del medio ambiente circundante.

4.7.7. Mezcla y aplicación de productos químicos

Los productos agroquímicos, como fertilizantes, polvos y gránulos, pueden venir listos para usar, mientras que otros, como los plaguicidas, requieren ser medidos y mezclados con agua u otro líquido.

La manipulación de agroquímicos de esta manera exige sumo cuidado para garantizar la seguridad y eficacia. Para ello, es necesario:

- La etiqueta del producto contiene información esencial sobre el equipo necesario (jarras de medición, embudos, agitadores, ropa protectora) y las instrucciones de uso.
- El lugar de preparación debe estar alejado de viviendas y animales, ser espacioso y permitir la limpieza en caso de derrames.
- Leer nuevamente la etiqueta para determinar las dosis y diluciones correctas, adaptándolas al equipo disponible.
- Utilizar la ropa protectora adecuada, especialmente guantes, según lo indicado en la etiqueta o las fichas de información.
- Introducir el producto agroquímico en el aplicador que ya contiene agua u otro líquido recomendado, evitando salpicaduras del producto concentrado.
- Al vaciar envases de polvos agroquímicos, hacerlo cuidadosamente para evitar que se dispersen en el aire y sean inhalados.
- Lavar o limpiar los utensilios utilizados para la manipulación y guardarlos en un lugar seguro, evitando la inhalación, ingestión o absorción cutánea de los residuos.

4.7.8. Aplicación de plaguicidas

La seguridad en el uso de plaguicidas depende de la atención que se preste a las medidas de precaución antes, durante y después de su aplicación. Es fundamental elegir el producto agroquímico más seguro, eficaz y con el menor riesgo para las personas, el ganado, la fauna, la flora y el medio ambiente.

Existen diferentes tipos de equipos de aplicación, cuya elección depende de la escala de la operación y la forma en que se aplica el producto.

Esta guía se centra en principios generales para el uso de rociadores portátiles, dividiendo las precauciones en tres etapas: antes, durante y después de la pulverización. Estos principios deben seguirse para una aplicación segura y eficaz.

Antes de abordar estas etapas, es crucial que todos los usuarios de productos agroquímicos cuenten con la capacitación adecuada para el uso del pulverizador. Si se cuenta con un asistente, este también debe recibir la instrucción necesaria. La formación debe abarcar los siguientes aspectos de la aplicación:

- Elección del equipo adecuado.
- Verificación del correcto funcionamiento del equipo.
- Llenado del aplicador con el producto agroquímico.
- Utilización del equipo.
- Precauciones de seguridad y medidas de emergencia en caso de fallas o accidentes.
- Limpieza, mantenimiento y sustitución de piezas.
- Detección de fallas.
- Reparaciones sencillas.

Los usuarios deben asegurarse de que el manual de instrucciones (o guía similar) incluya información detallada sobre:

- Procedimientos de aplicación.
- Sustitución de piezas.
- Reparaciones.
- Este manual debe estar siempre disponible para su consulta.

4.7.9. Equipos de protección personal (EPP)

El uso de equipo de protección personal (EPP) es obligatorio antes y durante la preparación y aplicación de plaguicidas. Esto incluye:

- Guantes: Protegen las manos del contacto directo con los productos químicos.

- Traje impermeable: Evita que los plaguicidas penetren en la ropa y entren en contacto con la piel.
- Gafas o protector de ojos: Protegen los ojos de salpicaduras y vapores.
- Mascarilla: Previene la inhalación de vapores tóxicos y partículas de plaguicidas.
- Protección facial: Ofrece una protección adicional para la cara.
- Botas de caucho: Protegen los pies del contacto con los productos químicos y evitan resbalones en superficies mojadas.
- Delantal: Se utiliza para proteger la ropa y el cuerpo durante la preparación de la mezcla (adelante) y durante la aplicación (atrás).

Los plaguicidas pueden ser tóxicos y causar daños a la salud si entran en contacto con la piel, los ojos o se inhalan. El EPP actúa como una barrera para proteger al trabajador de estos riesgos.

4.8. Gestión de Residuos Químicos

4.8.1. Manejo y disposición de envases vacíos

La eliminación segura de productos agroquímicos es crucial. Esto incluye productos no deseados, caducados, envases dañados, derrames recuperados, equipos contaminados, aguas de baños parasitocidas y envases vacíos.

Medidas generales para la eliminación de desechos:

- Los desechos de agroquímicos nunca deben ser vertidos sin control.
- No eliminar los productos de manera que puedan dañar a personas, animales, cultivos, fuentes de agua o el medio ambiente.
- Preguntar al proveedor si aceptaría el desecho para su eliminación.
- Siempre que sea posible, los desechos deben eliminarse a través de una empresa o persona con permiso para ello. Se debe solicitar asesoramiento al proveedor, autoridades locales o líderes comunitarios.
- No acumular desechos; eliminarlos lo antes posible.
- Consultar la etiqueta para obtener consejos específicos sobre la eliminación de desechos.

Envases vacíos:

- Los envases vacíos de agroquímicos nunca deben reutilizarse, excepto para contener el mismo producto trasvasado desde un recipiente dañado.
- Todos los demás envases deben limpiarse cuidadosamente antes de su eliminación, siguiendo las instrucciones de la etiqueta. Si no hay instrucciones, enjuagar con agua tres veces y asegurarse de que el agua de enjuague no contamine el medio ambiente, especialmente el agua potable.
- Después de la limpieza, agujerear o aplastar los recipientes para inutilizarlos y almacenarlos en un lugar seguro hasta su eliminación.
- Vaciar completamente los envases en contenedores mezcladores o en la cisterna del aplicador.

Enterramiento de recipientes:

- Los recipientes pueden enterrarse en terrenos propiedad del usuario, eligiendo un lugar que no contamine aguas superficiales o subterráneas.
- Se debe solicitar aprobación o asesoramiento a la autoridad local.
- Enterrar a una profundidad de al menos 1 metro por debajo de la superficie y del nivel de drenaje de la tierra.
- La zona utilizada debe estar cercada o marcada con señales de advertencia.
- Se debe llevar un registro de las fechas y el material enterrado.
- Se debería poder obtener permiso de la autoridad local para un lugar de eliminación común para varios usuarios. El entierro debe ser seguro, a 1 metro de profundidad y lejos de drenajes o corrientes de agua.
- Usar ropa protectora adecuada durante el entierro de desechos.

Recipientes de productos especiales:

- Los recipientes que hayan contenido estos productos no deben enjuagarse con agua, ya que pueden generar gases peligrosos. Deben llenarse con tierra seca y agujerearse antes de la eliminación. Enterrarlos inmediatamente y nunca guardarlos en un edificio.

Quema de embalajes:

- La quema de embalajes contaminados puede ser aceptable en algunos casos, pero las emanaciones pueden ser peligrosas. Se debe consultar al proveedor y a las autoridades locales.
- La quema debe realizarse en un lugar abierto, a 15 metros de una carretera pública y lejos de personas, animales o viviendas. Se debe usar un tambor de metal perforado o un incinerador, abrir los recipientes sobre un fuego intenso, vigilar el fuego y no respirar el humo. Los residuos de la incineración deben enterrarse.
- No quemar envases de plaguicidas específicos (benazolín, clopiralid, 2,4-D, etc.) ni productos clasificados como "materias pirotécnicas altamente inflamables". Estos deben enterrarse.

Desechos líquidos:

- Algunos procesos pueden generar desechos líquidos. Se debe disponer de una eliminación segura, como un sumidero ciego aceptable ambientalmente. Consultar a la autoridad local y al proveedor.

Limpieza del equipo:

- Limpiar, lavar y enjuagar todo el equipo. El agua resultante puede reutilizarse o eliminarse (alcantarillado con tratamiento previo o sumidero ciego adecuado). Consultar a las autoridades locales.

4.8.2. Tratamiento de residuos químicos

El tratamiento de residuos químicos es un pilar fundamental para proteger la salud humana y preservar el medio ambiente. Dada la diversidad de industrias y actividades que generan estos residuos, es crucial adoptar un enfoque integral y responsable que abarque desde la identificación y clasificación de los residuos hasta su tratamiento y eliminación final.

El tratamiento de residuos químicos se adapta a la naturaleza y peligrosidad de cada residuo. Algunas técnicas comunes incluyen:

4.8.3. Tratamiento fisicoquímico:

El tratamiento fisicoquímico se basa en la adición de productos químicos para modificar las propiedades de los contaminantes y facilitar su separación del agua. Los procesos más comunes incluyen:

- **Coagulación y floculación:** Se agregan coagulantes (sales de hierro o aluminio) para neutralizar las cargas eléctricas de las partículas coloidales y desestabilizarlas. Luego, se añaden floculantes (polímeros orgánicos) para unir las partículas desestabilizadas en flóculos más grandes que se pueden separar fácilmente.
- **Sedimentación:** Se aprovecha la gravedad para separar los flóculos y otras partículas sólidas del agua. El agua clarificada se separa y los sedimentos se retiran para su posterior tratamiento.
- **Flotación:** Se inyectan burbujas de aire en el agua para que las partículas sólidas se adhieran a ellas y floten en la superficie, donde se pueden recoger fácilmente.
- **Filtración:** Se utiliza un medio filtrante (arena, grava, membranas) para retener las partículas sólidas que no se separaron por sedimentación o flotación.
- **Intercambio iónico:** Se utilizan resinas de intercambio iónico para remover metales pesados y otros contaminantes disueltos en el agua.
- **Ósmosis inversa:** Se aplica presión para forzar el agua a través de una membrana semipermeable que retiene los contaminantes disueltos.

4.8.4. Reciclaje químico:

El reciclaje químico es un proceso innovador que descompone los residuos plásticos en sus componentes moleculares básicos (monómeros) para crear nuevas materias primas. Estas materias primas pueden utilizarse para fabricar nuevos productos plásticos, cerrando el ciclo de vida de los materiales y reduciendo la dependencia de los combustibles fósiles.

El reciclaje químico ofrece una serie de ventajas:

- **Reducción de residuos:** Disminuye la cantidad de plástico que termina en vertederos o incineradoras.

- Conservación de recursos: Reduce la necesidad de extraer y procesar nuevas materias primas.
- Economía circular: Permite crear un ciclo cerrado para los plásticos, donde los residuos se convierten en recursos.
- Versatilidad: Puede tratar una amplia gama de plásticos, incluyendo aquellos que no se pueden reciclar mecánicamente.
- Calidad: Los nuevos productos plásticos fabricados a partir de materiales reciclados químicamente pueden tener la misma calidad que los productos hechos con plástico virgen.

4.9. Incineración

La incineración es un proceso de tratamiento de residuos que implica la combustión de materiales orgánicos a altas temperaturas. Se utiliza para reducir el volumen de los residuos y, en algunos casos, para generar energía.

El proceso de incineración generalmente incluye los siguientes pasos:

1. Recepción y clasificación de residuos: Los residuos se reciben en la planta de incineración y se clasifican para separar los materiales no combustibles y los residuos voluminosos.
2. Alimentación del incinerador: Los residuos clasificados se alimentan al incinerador, donde se queman a altas temperaturas (generalmente entre 800 y 1000 °C).
3. Combustión: La combustión de los residuos genera calor, gases y cenizas.
4. Tratamiento de gases: Los gases de combustión se tratan para eliminar partículas, gases ácidos y otros contaminantes antes de ser liberados a la atmósfera.
5. Gestión de cenizas: Las cenizas se recogen y se depositan en vertederos acondicionados.
6. Recuperación de energía: El calor generado durante la combustión se puede utilizar para producir vapor o electricidad.

4.9.1.1. Estabilización/solidificación

La estabilización/solidificación es un proceso de tratamiento de residuos que busca inmovilizar contaminantes peligrosos, transformándolos en una forma más segura y fácil de manejar. Aunque a menudo se usan indistintamente, tienen diferencias sutiles:

- Estabilización: Reduce la toxicidad de un residuo mediante la adición de agentes que modifican químicamente los contaminantes, haciéndolos menos solubles o reactivos.
- Solidificación: Encapsula físicamente los contaminantes dentro de una matriz sólida, creando un material con mayor integridad estructural y menor permeabilidad.

Este proceso básicamente busca mezclar los residuos con agentes estabilizantes o solidificantes, como cemento, cal, cenizas volantes, polímeros o arcillas. Estos materiales reaccionan con los contaminantes, atrapándolos dentro de la matriz solidificada o reduciendo su capacidad de lixiviación (liberación al ambiente).

4.9.2. Depósito en vertedero de seguridad

Un vertedero de seguridad es una instalación que cumple con rigurosos requisitos técnicos y ambientales para garantizar el aislamiento de los residuos peligrosos del entorno. Estas instalaciones se caracterizan por qué:

- Se eligen lugares geológicamente estables, alejados de zonas sísmicas, inundables o con riesgo de deslizamientos.
- Cuentan con sistemas de contención multicapa (barreras de arcilla, geomembranas, etc.) para evitar la migración de lixiviados (líquidos contaminados) hacia el suelo y las aguas subterráneas.
- Se realiza un control exhaustivo de los residuos que se depositan, registrando su tipo, cantidad y peligrosidad. Se monitorean las condiciones ambientales y se toman medidas preventivas para evitar incidentes.

4.9.3. Programas de reciclaje y eliminación segura

La agricultura genera diversos residuos que, si no se gestionan adecuadamente, pueden tener impactos negativos en la salud humana, el medio ambiente y la productividad de tu campo. Un programa de reciclaje y eliminación segura te permite:

- Minimizar la exposición a sustancias tóxicas y prevenir enfermedades relacionadas con la manipulación de residuos peligrosos.
- Reducir la contaminación del suelo, agua y aire, conservando la biodiversidad y los recursos naturales.
- Asegurar el cumplimiento de las leyes y regulaciones locales, evitando sanciones y problemas legales.
- Demostrar tu compromiso con la sostenibilidad y buenas prácticas agrícolas, lo que puede agregar valor a tus productos.

Los residuos agrícolas que deben ser considerados por su alta toxicidad son:

- Envases de agroquímicos: Plaguicidas, fertilizantes, etc.
- Plásticos agrícolas: Films de invernadero, mangueras de riego, etc.
- Residuos orgánicos: Restos de cosecha, estiércol, etc.
- Residuos peligrosos: Aceites usados, baterías, etc.

4.9.4. Planes de Emergencia y Respuesta

Los productos químicos utilizados en la agricultura, como plaguicidas y fertilizantes, pueden representar riesgos para la salud humana, el medio ambiente y la propiedad si no se manipulan de manera segura. Un plan de emergencia y respuesta te permite:

- Identificar y evaluar los riesgos, estableciendo medidas preventivas para minimizar la probabilidad de incidentes.
- Definir procedimientos claros para responder ante emergencias, minimizando daños y protegiendo a las personas y el entorno.
- Asegurar el cumplimiento de las leyes y regulaciones locales sobre gestión de riesgos químicos.

- Capacitar al personal para actuar ante emergencias y proporcionarles equipos de protección personal (EPP) adecuados.
- Reducir el impacto económico y productivo de un accidente gracias a una respuesta organizada.

Para elaborar un plan de emergencia y respuesta es necesario considerar los siguientes aspectos:

Tabla 38

Elementos clave para la elaboración de un plan de emergencia y respuesta

Análisis de riesgos		Identifica los productos químicos que utilizas y sus peligros asociados (toxicidad, inflamabilidad, etc.) Evalúa los posibles escenarios de accidentes (derrames, fugas, incendios, intoxicaciones). Determina las áreas vulnerables (fuentes de agua, zonas pobladas, etc.).
Procedimientos emergencia	de	Define paso a paso las acciones a seguir en cada tipo de emergencia (quién contactar, cómo evacuar, cómo controlar derrames, etc.). Asigna responsabilidades claras a cada miembro del personal. Establece puntos de encuentro y rutas de evacuación seguros. Incluye protocolos de comunicación interna y externa (autoridades, servicios de emergencia, comunidad).
Recursos		Elabora un inventario de los equipos y materiales necesarios para atender emergencias (EPP, botiquín de primeros auxilios, absorbentes, herramientas, etc.) Asegúrate de que estos recursos estén disponibles en lugares accesibles y en buen estado.
Capacitación		Capacita a todo el personal en el plan de emergencia y respuesta, incluyendo simulacros prácticos. Asegúrate de que todos conozcan los riesgos, los procedimientos y el uso de los equipos.
Comunicación		Establece un sistema de comunicación efectivo para alertar al personal y a las autoridades en caso de emergencia. Designa personas responsables de comunicarse con los servicios de emergencia y la comunidad.
Mantenimiento actualización	y	Revisa y actualiza periódicamente el plan de emergencia y respuesta, incluyendo simulacros para verificar su eficacia. Realiza mantenimiento preventivo a los equipos y materiales.

Nota: (Autores, 2025).

Un plan de emergencia y respuesta bien elaborado y practicado puede marcar la diferencia entre un incidente menor y una tragedia. ¡No escatimes esfuerzos en proteger a tu personal, tu propiedad y el medio ambiente!

4.9.5. Procedimientos de respuesta ante derrames y accidentes

Los derrames de productos agroquímicos son una realidad en el sector agrícola, pero con una respuesta oportuna y adecuada, podemos minimizar sus impactos negativos.

Los derrames de productos agroquímicos pueden ocurrir por diversas causas, incluyendo:

- Un manejo descuidado de los recipientes puede ocasionar golpes, caídas o roturas.
- Un embalaje que no cumpla con los estándares de calidad puede ceder ante el calor, la humedad o la presión, provocando fugas.
- El transporte inadecuado, con bordes afilados o elementos punzantes en los vehículos, puede dañar los recipientes.
- Un trasvase de líquidos de un recipiente a otro realizado sin precaución puede generar salpicaduras y derrames.
- El desgaste de mangueras, tuberías o acoplamientos puede ocasionar fugas durante la aplicación.

Ante un derrame de productos agroquímicos, es crucial actuar con rapidez y siguiendo los protocolos adecuados:

- **Contención inmediata:** Lo primero es evitar que el derrame se disperse y contamine un área mayor. Se pueden utilizar barreras, diques o materiales absorbentes para contener el derrame.
- **Alejar a personas y animales:** Es fundamental alejar a personas, animales y vehículos del área contaminada para proteger su salud.
- **Utilizar equipo de protección:** El personal que atienda el derrame debe utilizar el equipo de protección personal (EPP) adecuado para el producto químico involucrado (guantes, gafas, mascarilla, ropa de protección, etc.).
- **Absorción y limpieza:** Se debe cubrir el derrame con material absorbente (arena seca, tierra, virutas de madera) para líquidos y recoger los sólidos (polvos o gránulos) con cuidado utilizando un cepillo y pala. Los materiales contaminados deben ser dispuestos en sacos cerrados para su eliminación segura.
- **Descontaminación:** Se debe limpiar y descontaminar el área afectada, incluyendo vehículos y equipos, utilizando agua y un lugar seguro para desechar el agua contaminada.
- **Higiene personal:** Las personas que hayan estado en contacto con el derrame deben bañarse o lavarse minuciosamente de inmediato.

La prevención es la mejor herramienta para evitar derrames. Sin embargo, contar con procedimientos claros y personal capacitado para responder ante un derrame puede marcar la diferencia entre un incidente menor y un problema grave.

4.9.6. Primeros auxilios en caso de exposición química

Los primeros auxilios son la asistencia inmediata que se brinda a una persona que ha sufrido una lesión o envenenamiento, utilizando los conocimientos teóricos y prácticos disponibles hasta que llegue la atención médica profesional. Su objetivo principal es triple:

4.9.6.1. Envenenamiento

Llama inmediatamente a un médico o ambulancia. Proporciona la mayor cantidad de información posible sobre el producto químico involucrado, como el nombre del producto, ingredientes activos y cualquier otro detalle relevante de la etiqueta del envase o la ficha de seguridad.

Leva a la persona afectada a un área no contaminada, que sea fresca, sombreada y bien ventilada. Esto ayudará a prevenir una mayor exposición al producto químico.

- Retirar la ropa contaminada lo antes posible, evitando la autocontaminación. Retirar también dentaduras postizas y objetos que puedan apretar, como corbatas o botones.
- Lavar la piel contaminada con abundante agua limpia. Si los ojos han sido contaminados, lavarlos con agua fresca durante al menos 10 minutos.
- Cubrir y abrigar a la víctima con una manta o similar para mantenerla abrigada, pero sin exceso de calor. No volver a poner la ropa contaminada.
- Mantener a la víctima consciente y vigilada para verificar su estado de consciencia y mantenerla bajo vigilancia.
- Si la víctima pierde el conocimiento, colocarla en la posición de recuperación (de lado, con la cabeza hacia atrás y la lengua hacia adelante) para facilitar la respiración y permitir que cualquier vómito o fluido drene sin obstruir las vías respiratorias.

- Si la respiración se detiene o se debilita, iniciar la respiración boca a boca. Si la boca está contaminada, puede ser preferible un método manual de ventilación artificial. En caso de paro cardíaco, iniciar la reanimación cardiopulmonar (RCP) hasta que llegue personal médico cualificado.
- Si la víctima presenta convulsiones, aflojar su ropa y evitar que se lesione sujetándola suavemente, sin violencia. Una vez que las convulsiones cesen, colocarla en posición de recuperación.
- Algunos productos químicos, como los que contienen compuestos de dinitro, pueden causar un aumento de la temperatura corporal. En estos casos, mantener a la víctima en reposo, quitarle la ropa innecesaria y empapar su rostro y cuerpo con agua fría. Se puede utilizar un ventilador si es necesario.

4.9.6.2. Quemaduras

- Antes de atender a la víctima, asegúrate de protegerte a ti mismo utilizando guantes de protección (preferiblemente de nitrilo o neopreno) para evitar la contaminación.
- Quita con cuidado la ropa o joyas que hayan entrado en contacto con el químico. Si la ropa está pegada a la piel, no la fuerces, corta alrededor de la zona afectada.
- Lava la quemadura con abundante agua corriente y fresca durante al menos 20-30 minutos. Utiliza una manguera o ducha si es posible.
- Si la quemadura es en el ojo, lava con agua corriente y fresca durante al menos 30 minutos, manteniendo el párpado abierto.
- Si es posible, identifica el químico que causó la quemadura. Esta información será útil para el personal médico.
- Cubre la quemadura con una gasa estéril o un paño limpio y seco. No apliques cremas, ungüentos ni remedios caseros.
- Aleja a la víctima del lugar donde ocurrió la quemadura para evitar una mayor exposición al químico.

- Afloja cualquier prenda de vestir que no esté pegada a la piel y que pueda estar apretando la zona quemada.
- Intenta tranquilizar a la víctima y explícale lo que estás haciendo.
- Llama inmediatamente a los servicios de emergencia o traslada a la víctima al centro de salud más cercano.

4.10. Capacitación y Formación

Las personas que trabajan diariamente con productos agroquímicos son responsables de garantizar su competencia en todas las tareas que realizan. Esta competencia se logra a través de instrucción y capacitación adecuadas, así como de un esfuerzo continuo para identificar e implementar programas de formación efectivos y rentables. Estos programas deben organizarse en colaboración con todas las partes interesadas y adaptarse a las necesidades de cada grupo o individuo. La formación debe ser dinámica y orientada a la acción, promoviendo la planificación de mejoras potenciales y su implementación para lograr resultados positivos.

4.10.1. Capacitación

La capacitación en el uso de productos agroquímicos es un pilar fundamental para prevenir accidentes y proteger la salud de los trabajadores. Como se menciona en el texto, esta formación puede adquirirse de diversas formas, pero idealmente debería incluir tanto instrucción teórica como práctica, culminando en una prueba de competencia que asegure que el usuario ha comprendido los conceptos y procedimientos clave.

La capacitación debe garantizar que el usuario:

- Comprende las leyes y reglamentos nacionales sobre el uso de productos agroquímicos, que regulan su utilización para proteger a personas, animales, plantas y el medio ambiente.
- Comprende y sigue las instrucciones de la etiqueta y otra información del producto, incluyendo la calibración del equipo, las dosis, la forma correcta de diluir y mezclar los productos.

- Conoce y utiliza los dispositivos de seguridad de los equipos de aplicación, incluyendo estantes y estibas para almacenar el equipo, defensas para componentes mecánicos y controles técnicos para evitar la contaminación (sistemas cerrados, cubetas de premezclado, filtros en cabinas de tractores). También comprende los procedimientos de mantenimiento para evitar fugas, especialmente en pulverizadores portátiles.
- Conoce los procedimientos para el almacenamiento seguro de productos agroquímicos y la eliminación de envases vacíos y productos excedentes.
- Sabe qué hacer en caso de emergencia, incluyendo derrames, contaminación de alimentos o agua, descontaminación de personas y primeros auxilios en caso de envenenamiento.
- Comprende los riesgos para zonas colindantes y sabe cómo evitar la deriva de polvo o pulverización, respetando distancias de separación de fuentes de alimentos, agua o zonas sensibles.
- Cumple las reglas de higiene personal, incluyendo lavado antes de comer y después del trabajo, evitar la auto contaminación y limpiar ropa y material contaminados.
- Identifica, elige y mantiene la ropa protectora adecuada (EPP), comprendiendo los símbolos de peligro, la información de etiquetas y fichas de datos. También sabe cómo descontaminar, lavar y sustituir la ropa protectora, y dispone de un lugar ventilado para guardarla.
- Mantiene registros cuando se requieren, para respetar intervalos de cosecha, diagnosticar enfermedades o mejorar el uso de productos agroquímicos.

Dada la diversidad de niveles de alfabetización y la creciente cantidad de productos en el mercado, se recomienda el uso de pictogramas para facilitar la comprensión de la información, especialmente para trabajadores con dificultades de lectura.

Referencias Bibliográficas



Referencias Bibliográficas

- Agrawal, A., & Gopal, K. (2013). General Principles of Toxicity and Its Application. *Biomonitoring of Water and Waste Water*, 101–108. https://doi.org/10.1007/978-81-322-0864-8_10
- Alengebawy, A., Abdelkhalek, S. T., Qureshi, S. R., & Wang, M. Q. (2021). Heavy metals and pesticides toxicity in agricultural soil and plants: Ecological risks and human health implications. *Toxics*, 9(3), 1–34. <https://doi.org/10.3390/TOXICS9030042>
- Alnajjar, M. (2009). *Handling Pyrophoric Reagents*. <http://www.ntis.gov/ordering.htm>
- Al-Rawajfeh, A. E., Alrbaihat, M. R., & AlShamaileh, E. M. (2021). Characteristics and types of slow- and controlled-release fertilizers. *Controlled Release Fertilizers for Sustainable Agriculture*, 57–78. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819555-0.00004-2>
- Aziz, A., Suzon, M., & Hasan, R. (2025). A fuzzy logic-based risk evaluation and precaution level estimation of explosive, flammable, and toxic chemicals for preventing damages. *Heliyon*, 11.
- Balzarotti, R., Basso Peressut, A., Garbarino, G., Spennati, E., Basbus, J. F., Carpanese, M. P., Latorrata, S., Cristiani, C., & Finocchio, E. (2025). A Study of Redox Properties of Ceria and Fe-Ceria Solid Materials Through Small Molecules Catalytic Oxidation. *Materials*, 18(4). <https://doi.org/10.3390/ma18040806>
- Bao, P., Li, H., Chen, Y., He, G., Xue, M., Xiao, W., & Wang, B. (2024). The GO composite coatings for enhancing interfacial interaction performance and desensitization of CL-20. *Materials Chemistry and Physics*, 316, 128968. <https://doi.org/10.1016/J.MATCHEMPHYS.2024.128968>
- Carpenter, D. J., Mathiassen, S. K., Boutin, C., Strandberg, B., Casey, C. S., & Damgaard, C. (2020). Environmental Toxicology Effects of Herbicides on Flowering. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 39(6), 1244–1256. <https://doi.org/10.1002/etc.4712>
- Cashdollar, K. L., Zlochower, I., Green, G., Thomas, R., & Hertzberg, M. (2000). Flammability of methane, propane, and hydrogen gases. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 13(3–5), 327–340.
- Chandran, V., shaji, H., & Mathew, L. (2021). Methods for controlled release of fertilizers. *Controlled Release Fertilizers for Sustainable Agriculture*, 79–93. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819555-0.00005-4>
- Cherrie, J. W. (2023). Occupational exposure science. *The Chartered Society for Worker Health Protection*. <https://doi.org/10.1093/annweh/wxad052>
- Chipperfield, M. P., Hossaini, R., Montzka, S. A., Reimann, S., Sherry, D., & Tegtmeier, S. (2020). *Renewed and emerging concerns over the*

- production and emission of ozone-depleting substances.*
<https://doi.org/10.1038/s43017-020-0048-8>
- Craan, A. G. (1996). Aspiration hazard and consumer products: a review. *International Journal for Consumer and Product Safety*, 3(3), 153–164.
<https://doi.org/10.1080/09298349608945774>
- Dadkani, P., Noorzai, E., Ghanbari, A., & Gharib, A. (2017). Risk analysis of gas leakage in gas pressure reduction station and its consequences: A case study for Zahedan. *Heliyon*, 7, e06911.
<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e06911>
- Deng, P., Chen, P., Fang, H., Liu, R., & Guo, X. (2022). The combustion behavior of boron particles by using molecular perovskite energetic materials as high-energy oxidants. *Combustion and Flame*, 241, 112118.
<https://doi.org/10.1016/J.COMBUSTFLAME.2022.112118>
- Disha, J., & Jimish, P. (n.d.). *Asian Journal of Pharmaceutical Research*. Retrieved November 3, 2025, from
<https://asianjpr.com/AbstractView.aspx?PID=2021-11-4-6>
- Fox, M. A. (1999). Flammable Liquids and Class 3. *Glossary for the Worldwide Transportation of Dangerous Goods and Hazardous Materials*, 96–98.
https://doi.org/10.1007/978-3-662-11890-0_33
- Franquet, T., Giménez, A., Rosón, N., Torrubia, S., Sabaté, J. M., & Pérez, C. (2000). Aspiration Diseases: Findings, Pitfalls, and Differential Diagnosis1. *https://doi.org/10.1148/Radiographics.20.3.G00ma01673*, 20(3), 673–685. <https://doi.org/10.1148/RADIOGRAPHICS.20.3.G00MA01673>
- Gad, S. C., Spainhour, C. B., & Gad, S. E. (2015). Carcinogenicity and Genotoxicity. *Mammalian Toxicology*, 341–393.
<https://doi.org/10.1002/9781118683484.CH17;JOURNAL:JOURNAL:BOOKS;WGROU:STRING:PUBLICATION>
- Gradin, R., Forreryd, A., Mattson, U., Jerre, A., & Johansson, H. (2021). Quantitative assessment of sensitizing potency using a dose-response adaptation of GARDskin. *Scientific Reports* |, 11, 18904.
<https://doi.org/10.1038/s41598-021-98247-7>
- Gribaldo, L., Gennari, A., Blackburn, K., Clemedson, C., Deguercy, A., Meneguz, A., Pfaller, W., & Ruhdel, I. (2005). Acute toxicity. *Alternatives to Laboratory Animals*, 33(SUPPL. 1), 27–34.
<https://doi.org/10.1177/026119290503301S07;WEBSITE:WEBSITE:SAGE;ISSUE:ISSUE:DOI>
- Hill, L. G. (2010). Classical Theory of Thermal Criticality. *Non-Shock Initiation of Explosives*, 129–243. https://doi.org/10.1007/978-3-540-87953-4_4
- Hurst, H. E., & Martin, M. D. (2017). Toxicology. *Pharmacology and Therapeutics for Dentistry: Seventh Edition*, 603–620. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-39307-2.00040-0>
- Jonai, H., & Member, U. (2008). *JK-8 The Globally Harmonized System of Classification and Labeling of Chemicals (GHS)*.

- Kalka, J., Daniel-w, A., & Mrzyk, I. (2022). *Alternative Methods for Skin-Sensitization Assessment*. 1–25.
- Komai, T., Uchida, S., & Umezumi, M. (1994). Ignition of methane-air mixture by frictional sparks from light alloys. *Safety Science*, 17(2), 91–102. [https://doi.org/10.1016/0925-7535\(94\)90003-5](https://doi.org/10.1016/0925-7535(94)90003-5)
- Kosutova, P., & Mikolka, P. (2021). Aspiration Syndromes and Associated Lung Injury: Incidence, Pathophysiology and Management. *Physiol. Res*, 70, 567–583. <https://doi.org/10.33549/physiolres.934767>
- Lane, T. R., Harris, J., Urbina, F., & Ekins, S. (2023). Comparing LD50/LC50 Machine Learning Models for Multiple Species. *ACS Chemical Health & Safety*, 30(2), 83–97. <https://doi.org/10.1021/ACS.CHAS.2C00088>
- Le Guyadec, F., Génin, X., Bayle, J. P., Dugne, O., Duhart-Barone, A., & Ablitzer, C. (2010). Pyrophoric behaviour of uranium hydride and uranium powders. *Journal of Nuclear Materials*, 396(2–3), 294–302. <https://doi.org/10.1016/J.JNUCMAT.2009.11.007>
- Legislativo, D. (2008). CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR. *Registro Oficial*, 449(20), 25–2021.
- LEY DE GESTION AMBIENTAL, CODIFICACION (2004).
- Lin, Y., Liu, Y., Chen, B., Peng, G., & Yu, A. (2024). Experimental and numerical study on the combustion characteristic of H₂ and CH₄ in oxygen-enriched environment. *Case Studies in Thermal Engineering*, 62, 105176. <https://doi.org/10.1016/J.CSITE.2024.105176>
- Madesh, S., Gopi, S., Sau, A., Rajagopal, R., Namasivayam, S. K. R., & Arockiaraj, J. (2024). Chemical contaminants and environmental stressors induced teratogenic effect in aquatic ecosystem – A comprehensive review. *Toxicology Reports*, 13, 101819. <https://doi.org/10.1016/J.TOXREP.2024.101819>
- Malik, S., Prasad, S., Kishore, S., Kumar, A., & Upadhyay, V. (2021). A perspective review on impact and molecular mechanism of environmental carcinogens on human health. *Biotechnology and Genetic Engineering Reviews*, 37(2), 178–207. <https://doi.org/10.1080/02648725.2021.1991715;WGROU:STRING:PUBLICACION>
- Marchetti, F., & Wyrobek, A. J. (2009). *DNA REPAIR DECLINE DURING MOUSE SPERMIOGENESIS RESULTS IN THE ACCUMULATION OF HERITABLE DNA DAMAGE*.
- Martínez, X., Zapata, Y., Pinto, V., Cornejo, C., Elbers, M., van der Graaf, M., Villarroel, L., Hodgson, M. I., Rigotti, A., & Echeverría, G. (2020). Intake of non-nutritive sweeteners in Chilean children after enforcement of a new food labeling law that regulates added sugar content in processed foods. *Nutrients*, 12(6). <https://doi.org/10.3390/nu12061594>
- Naciones Unidas. (2017). *Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals (GHS)*. <https://doi.org/10.18356/E9E7B6DC-EN>

- Núñez-Rocha, T., & Martínez-Zarzoso, I. (2019). Are international environmental policies effective? The case of the Rotterdam and the Stockholm Conventions. *Economic Modelling*, 81, 480–502. <https://doi.org/10.1016/J.ECONMOD.2018.04.013>
- Ocde, O. / . (2025). Test No. 439: In Vitro Skin Irritation: Reconstructed Human Epidermis Test Method. *OECD Guidelines for the Testing of Chemicals, Section 4*. <https://doi.org/10.1787/9789264242845-EN>
- Omolaoye, T. S., Shahawy, O. El, Skosana, B. T., Boillat, T., Loney, T., & Du Plessis, S. S. (2021). *The mutagenic effect of tobacco smoke on male fertility*. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-16331-x/Published>
- Persson, L., Karlsson-Vinkhuyzen, S., Lai, A., Persson, Å., & Fick, S. (2017). The globally harmonized system of classification and labelling of chemicals- Explaining the legal implementation gap. *Sustainability (Switzerland)*, 9(12). <https://doi.org/10.3390/su9122176>
- Peterson, P. J., Mokhtar, M. bin, Chang, C., & Krueger, J. (2010). Indicators as a tool for the evaluation of effective national implementation of the Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals (GHS). *Journal of Environmental Management*, 91(5), 1202–1208. <https://doi.org/10.1016/J.JENVMAN.2010.01.008>
- Pillai, K., Kobayashi, ;, Mathai, ;, & Michael, M. (2021). Use of LC50 in aquatic regulatory toxicology-Disharmony in global harmonization of hazard classification of chemicals. *Ecotoxicology and Environmental Contamination*, 16(1), 91–96. <https://doi.org/10.5132/EEC.2021.01.12>
- Pratt, I. S. (2002). Global harmonisation of classification and labelling of hazardous chemicals. *Toxicology Letters*, 128(1–3), 5–15. [https://doi.org/10.1016/S0378-4274\(01\)00529-X](https://doi.org/10.1016/S0378-4274(01)00529-X)
- Raghavendran, K., Nemzek, J., Napolitano, L. M., & Knight, P. R. (2011). *Aspiration-Induced lung injury*. <https://doi.org/10.1097/CCM.0b013e31820a856b>
- Ranatunga, M., Kellar, C., & Pettigrove, V. (2023). Toxicological impacts of synthetic pyrethroids on non-target aquatic organisms: A review. *Environmental Advances*, 12, 100388. <https://doi.org/10.1016/J.ENVADV.2023.100388>
- Ravishankara, A. R., Daniel, J. S., & Portmann, R. W. (2009). Nitrous oxide (N₂O): The dominant ozone-depleting substance emitted in the 21st century. *Science*, 326(5949), 123–125. <https://doi.org/10.1126/SCIENCE.1176985;PAGE:STRING:ARTICLE/CHAPTER>
- Rustemeyer, T. (2022). *Immunological Mechanisms in Allergic Contact Dermatitis*. <https://doi.org/10.1007/s40521-022-00299-1>
- Sadasivan, P. (2023). Classifying chemicals into toxicity categories based on LC values- Pros and cons. *Journal of Environmental Biology*. [http://jeb.co.in./journal issues/202309_sep23/paper 01.pdf](http://jeb.co.in./journal%20issues/202309_sep23/paper%2001.pdf)

- Samanipour, S., O'Brien, J. W., Reid, M. J., Thomas, K. V., & Praetorius, A. (2023). From Molecular Descriptors to Intrinsic Fish Toxicity of Chemicals: An Alternative Approach to Chemical Prioritization. *Environmental Science and Technology*, 57(46), 17950–17958. <https://doi.org/10.1021/ACS.EST.2C07353>
- Sass, N. (2000). *Humane Endpoints and Acute Toxicity Testing*. <https://academic.oup.com/ilarjournal/article/41/2/114/746351>
- Shabina, K. K. (2023). Analysis of different Explosive substance. *Research Journal of Science and Technology*, 15. <https://rjstonline.com/HTMLPaper.aspx?Journal=Research+Journal+of+Science+and+Technology%3BPID%3D2023-15-4-8>
- Shelby, M. D., Bishop, J. B., Mason, J. M., & Tindall', K. R. (1993). Fertility, Reproduction, and Genetic Disease: Studies on the Mutagenic Effects of Environmental Agents on Mammalian Germ Cells. *Environmental Health Perspectives*, 100, 283–291.
- Smith, P. A. (2022). Intra-workday fluctuations of airborne contaminant concentration and the time-weighted average. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, 19(12), 742–758. <https://doi.org/10.1080/15459624.2022.2132258;CSUBTYPE:STRING:SPECIAL;PAGE:STRING:ARTICLE/CHAPTER>
- Sokołowski, K., Justyniak, I., Terlecki, M., Fairen-Jimenez, D., Bury, W., Budny-Godlewski, K., Nawrocki, J., Kościelski, M., & Lewiński, J. (2025). Stabilization toward air and structure determination of pyrophoric ZnR2 compounds via supramolecular encapsulation. *Science Advances*, 11(17), 7372. <https://doi.org/10.1126/SCIADV.ADT7372>
- Song, X., Huang, L., Peng, R., Huang, Q., Xu, J., & Sun, J. (2024). Hybrid HMX multi-level assembled under the constraint of 2D materials with efficiently reduced sensitivity and optimized thermal stability. *Defence Technology*, 39, 123–132. <https://doi.org/10.1016/J.DT.2024.03.007>
- Thomson, N. (2002). Flammable Liquids. *Fire Hazards in Industry*, 149–164. <https://doi.org/10.1016/B978-075065321-3/50022-6>
- Tovar, R., & Leikin, J. B. (2015). Irritants and Corrosives. *Emergency Medicine Clinics of North America*, 33(1), 117–131. <https://doi.org/10.1016/J.EMC.2014.09.009>
- Tudi, M., Ruan, H. D., Wang, L., Lyu, J., Sadler, R., Connell, D., Chu, C., & Phung, D. T. (2021). Agriculture development, pesticide application and its impact on the environment. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(3), 1–24. <https://doi.org/10.3390/IJERPH18031112>
- Valluri, S. K., Schoenitz, M., & Dreizin, E. (2019). Fluorine-containing oxidizers for metal fuels in energetic formulations. *Defence Technology*, 15(1), 1–22. <https://doi.org/10.1016/J.DT.2018.06.001>
- Van Bruggen, A. H. C., He, M. M., Shin, K., Mai, V., Jeong, K. C., Finckh, M. R., & Morris, J. G. (2018). Environmental and health effects of the herbicide

- glyphosate. *Science of The Total Environment*, 616–617, 255–268.
<https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2017.10.309>
- Winder, C., Azzi, R., & Wagner, D. (2005). The development of the globally harmonized system (GHS) of classification and labelling of hazardous chemicals. *Journal of Hazardous Materials*, 125(1–3), 29–44.
<https://doi.org/10.1016/J.JHAZMAT.2005.05.035>
- Wolfram, J., Stehle, S., Bub, S., Petschick, L. L., & Schulz, R. (2021). Water quality and ecological risks in European surface waters – Monitoring improves while water quality decreases. *Environment International*, 152, 106479. <https://doi.org/10.1016/J.ENVINT.2021.106479>
- Zhang, W., Wang, D., Xin, H., Wang, C., Xu, Z., Hou, Z., & Qi, Z. (2024). Reignition characteristics of lignite affected by pre-oxidation and liquid nitrogen cold soaking. *Energy*, 303, 131847.
<https://doi.org/10.1016/J.ENERGY.2024.131847>
- Zhengyang, A. (2017). *The Main Hazard Characteristics and Safety Management Measures of Flammable Solids*. 61(Emcs), 930–933.
<https://doi.org/10.2991/emcs-17.2017.179>

Anexos



Anexos

Pictogramas y categorías de peligro del SGA:

Símbolo: bomba explotando

Pictograma	Clase y categoría de peligro
	<p>Sección 2.1</p> <p>Explosivos inestables</p> <p>Explosivos de las divisiones 1.1, 1.2, 1.3 y 1.4</p> <p>Sección 2.8</p> <p>Sustancias y mezclas que reaccionan espontáneamente, de los tipos A y B</p> <p>Sección 2.15</p> <p>Peróxidos orgánicos de los tipos A y B</p>

Símbolo: llama

Pictograma	Clase y categoría de peligro
	<p>Sección 2.2</p> <p>Gases inflamables, categoría 1</p> <p>Sección 2.3</p> <p>Aerosoles inflamables, categorías 1 y 2</p> <p>Sección 2.6</p> <p>Líquidos inflamables, categorías 1, 2 y 3</p> <p>Sección 2.7</p> <p>Sólidos inflamables, categorías 1 y 2</p> <p>Sección 2.8</p> <p>Sustancias y mezclas que reaccionan espontáneamente, de tipo B, C, D, E y F</p> <p>Sección 2.9</p>

	<p>Líquidos pirofóricos, categoría 1</p> <p>Sección 2.10</p> <p>Sólidos pirofóricos, categoría 1</p> <p>Sección 2.11</p> <p>Sustancias y mezclas que experimentan calentamiento espontáneo, categorías 1 y 2</p> <p>Sección 2.12</p> <p>Sustancias y mezclas que, en contacto con el agua, desprenden gases inflamables; categorías 1, 2 y 3</p> <p>Sección 2.15</p> <p>Peróxidos orgánicos de tipo B, C, D, E y F</p>
--	--

Símbolo: llama sobre un círculo

Pictograma	Clase y categoría de peligro
	<p>Sección 2.4</p> <p>Gases comburentes, categoría 1</p> <p>Sección 2.13</p> <p>Líquidos comburentes, categorías 1, 2 y 3</p> <p>Sección 2.14</p> <p>Sólidos comburentes, categorías 1, 2 y 3</p>

Símbolo: bombona de gas

Pictograma	Clase y categoría de peligro
	<p>Sección 2.5</p> <p>Gases a presión: Gases comprimidos; Gases licuados; Gases licuados refrigerados; Gases disueltos.</p>

Símbolo: corrosión

Pictograma	Clase y categoría de peligro
	<p>Sección 2.16</p> <p>Corrosivos para los metales, categoría 1</p> <p>Sección 3.2</p> <p>Corrosión cutánea (categorías 1A, 1B y 1C)</p> <p>Sección 3.3</p> <p>Lesión ocular grave, categoría 1</p>

Símbolo: calavera y tibias cruzadas

Pictograma	Clase y categoría de peligro
	<p>Sección 3.1</p> <p>Toxicidad aguda (oral, cutánea, por inhalación), categorías 1, 2 y 3</p>

Símbolo: signo de exclamación

Pictograma	Clase y categoría de peligro
	<p>Sección 3.1</p> <p>Toxicidad aguda (oral, cutánea, por inhalación), categoría 4</p> <p>Sección 3.2</p> <p>Irritación cutánea, categoría 2</p> <p>Sección 3.3</p> <p>Irritación ocular, categoría 2</p> <p>Sección 3.4</p>

	<p>Sensibilización cutánea, categoría 1</p> <p>Sección 3.8</p> <p>Toxicidad específica en determinados órganos (exposición única), Categoría 3</p> <p>Irritación de las vías respiratorias</p> <p>Efectos narcóticos</p>
--	--

Símbolo: peligro para la salud

Pictograma	Clase y categoría de peligro
	<p>Sección 3.4</p> <p>Sensibilización respiratoria, categoría 1</p> <p>Sección 3.5</p> <p>Mutagenicidad en células germinales, categorías 1A, 1B y 2</p> <p>Sección 3.6</p> <p>Carcinogenicidad, categorías 1A, 1B y 2</p> <p>Sección 3.7</p> <p>Toxicidad para la reproducción, categorías 1A, 1B y 2</p> <p>Sección 3.8</p> <p>Toxicidad específica en determinados órganos (exposición única), categorías 1 y 2</p> <p>Sección 3.9</p> <p>Toxicidad específica en determinados órganos (exposiciones repetidas), categorías 1 y 2</p> <p>Sección 3.10</p> <p>Peligro por aspiración, categoría 1</p>

Símbolo: medio ambiente

Pictograma	Clase y categoría de peligro
	<p>Sección 4.1</p> <p>Peligroso para el medio ambiente acuático</p> <p>Peligro agudo, categoría 1</p> <p>Peligro crónico, categorías 1 y 2</p>

Símbolos de peligro para sustancias químicas

Pictograma	Clase y categoría de peligro
	<p>O: Comburente</p>
	<p>T: Tóxico</p> <p>T+: Muy tóxico</p>
	<p>C: Corrosivo</p>
	<p>E: Explosivo</p>

Anexos:

	<p>N: Peligroso para el medio ambiente</p>
	<p>Xn: Nocivo Xi: Irritante</p>
	<p>F: Fácilmente inflamable F+: Extremadamente inflamable</p>



RESUMEN

El uso de productos químicos en la agricultura ha permitido aumentar la productividad y controlar plagas, sin embargo, su manejo inadecuado representa un riesgo significativo para la salud humana, la seguridad laboral y el medio ambiente. Este libro ofrece una visión integral sobre la gestión segura y responsable de los productos químicos agrícolas, combinando fundamentos técnicos, normativas legales y buenas prácticas de prevención. A lo largo de sus capítulos, la obra presenta una clasificación detallada de los productos químicos agrícolas —pesticidas, fertilizantes, herbicidas y fungicidas—, así como su categorización según el Sistema Globalmente Armonizado (SGA). Se analizan en profundidad los peligros físicos, para la salud y para el medio ambiente, abordando temas como la toxicidad, la mutagenicidad, la carcinogenicidad y los efectos crónicos derivados de la exposición a agentes químicos. Asimismo, se desarrollan metodologías de identificación, evaluación y control de riesgos químicos, junto con estrategias de prevención, almacenamiento, transporte, manipulación y disposición final de residuos. Finalmente, se enfatiza la importancia de la capacitación, el uso de equipos de protección personal y la implementación de planes de emergencia y respuesta, con el fin de promover una cultura de seguridad y sostenibilidad en el manejo de sustancias químicas agrícolas. Esta obra constituye una guía técnica y formativa esencial para profesionales, docentes y estudiantes de las ciencias agrícolas, ambientales e industriales, que buscan comprender y aplicar los principios de gestión y prevención de riesgos químicos en el contexto actual de la producción sostenible.

Palabras Clave: Riesgos químicos, Productos químicos agrícolas, Gestión ambiental, Seguridad y salud en el trabajo, Buenas prácticas agrícolas.

Abstract

The use of chemicals in agriculture has increased productivity and controlled pests, but their improper handling poses a significant risk to human health, occupational safety, and the environment. This book offers a comprehensive overview of the safe and responsible management of agricultural chemicals, combining technical fundamentals, legal regulations, and best practices for prevention. Throughout its chapters, the book presents a detailed classification of agricultural chemicals—pesticides, fertilizers, herbicides, and fungicides—as well as their categorization according to the Globally Harmonized System (GHS). Physical, health, and environmental hazards are analyzed in depth, addressing issues such as toxicity, mutagenicity, carcinogenicity, and chronic effects resulting from exposure to chemical agents. Likewise, methodologies for identifying, evaluating, and controlling chemical risks are developed, along with strategies for prevention, storage, transportation, handling, and final disposal of waste. Finally, the importance of training, the use of personal protective equipment, and the implementation of emergency and response plans is emphasized in order to promote a culture of safety and sustainability in the handling of agricultural chemicals. This work is an essential technical and educational guide for professionals, teachers, and students in the agricultural, environmental, and industrial sciences who seek to understand and apply the principles of chemical risk management and prevention in the current context of sustainable production.

Keywords: Chemical risks, Agricultural chemicals, Environmental management, Occupational safety and health, Good agricultural practices



<http://www.editorialgrupo-aea.com>



[Editorial Grupo AeA](#)



[editorialgrupoea](#)



[Editorial Grupo AEA](#)

ISBN: 978-9942-651-94-5



9 789942 651945