

# Guías sobre medio ambiente, salud y seguridad para la fabricación, formulación y envasado de plaguicidas

## Introducción

Las Guías sobre medio ambiente, salud y seguridad son documentos de referencia técnica que contienen ejemplos generales y específicos de la práctica internacional recomendada para la industria en cuestión<sup>1</sup>. Cuando uno o más miembros del Grupo del Banco Mundial participan en un proyecto, estas Guías sobre medio ambiente, salud y seguridad se aplican con arreglo a los requisitos de sus respectivas políticas y normas. Las presentes Guías sobre medio ambiente, salud y seguridad para este sector de la industria deben usarse junto con el documento que contiene las **Guías generales sobre medio ambiente, salud y seguridad**, en el que se ofrece orientación a los usuarios respecto de cuestiones generales sobre la materia que pueden aplicarse potencialmente a todos los sectores industriales. En el caso de proyectos complejos, es probable que deban usarse las guías aplicables a varios sectores industriales, cuya lista completa se publica en el siguiente sitio web: <http://www.ifc.org/ifcext/sustainability.nsf/Content/EnvironmentalGuidelines>.

Las Guías sobre medio ambiente, salud y seguridad contienen los niveles y los indicadores de desempeño que generalmente pueden lograrse en instalaciones nuevas, con la tecnología existente y a costos razonables. En lo que respecta a la

posibilidad de aplicar estas guías a instalaciones ya existentes, podría ser necesario establecer metas específicas del lugar así como un calendario adecuado para alcanzarlas. La aplicación de las guías debe adaptarse a los peligros y riesgos establecidos para cada proyecto sobre la base de los resultados de una evaluación ambiental en la que se tengan en cuenta las variables específicas del emplazamiento, tales como las circunstancias del país receptor, la capacidad de asimilación del medio ambiente y otros factores relativos al proyecto. La decisión de aplicar recomendaciones técnicas específicas debe basarse en la opinión profesional de personas idóneas y con experiencia. En los casos en que el país receptor tenga reglamentaciones diferentes a los niveles e indicadores presentados en las guías, los proyectos deben alcanzar los que sean más rigurosos. Cuando, en vista de las circunstancias específicas de cada proyecto, se considere necesario aplicar medidas o niveles menos exigentes que aquellos proporcionados por estas Guías sobre medio ambiente, salud y seguridad, será necesario aportar una justificación exhaustiva y detallada de las alternativas propuestas como parte de la evaluación ambiental en un sector concreto. Esta justificación debería demostrar que los niveles de desempeño escogidos garantizan la protección de la salud y el medio ambiente.

## Aplicabilidad

Las Guías sobre medio ambiente, salud y seguridad para la fabricación y formulación de plaguicidas hacen referencia a la síntesis y optimización de ingredientes activos, el desarrollo del proceso (fabricación), la formulación y el envasado de plaguicidas procedentes de estos ingredientes activos. Los

<sup>1</sup> Definida como el ejercicio de la aptitud profesional, la diligencia, la prudencia y la previsión que podrían esperarse razonablemente de profesionales idóneos y con experiencia que realizan el mismo tipo de actividades en circunstancias iguales o semejantes en el ámbito mundial. Las circunstancias que los profesionales idóneos y con experiencia pueden encontrar al evaluar el amplio espectro de técnicas de prevención y control de la contaminación a disposición de un proyecto pueden incluir, sin que la mención sea limitativa, diversos grados de degradación ambiental y de capacidad de asimilación del medio ambiente, así como diversos niveles de factibilidad financiera y técnica.

principales grupos de plaguicidas incluyen insecticidas, herbicidas, fungicidas y acaricidas, nematocidas y rodenticidas.

Este documento está dividido en las siguientes secciones:

- Sección 1.0: Manejo e impactos específicos de la industria
- Sección 2.0: Indicadores y seguimiento del desempeño
- Sección 3.0: Referencias y fuentes adicionales
- Anexo A: Descripción general de las actividades de la industria

## 1.0 Manejo e impactos específicos de la industria

Esta sección contiene una síntesis de las cuestiones sobre medio ambiente, salud y seguridad asociadas con la fabricación, formulación y envasado de plaguicidas durante la fase operativa. Por otra parte, en las **Guías generales sobre medio ambiente, salud y seguridad** se ofrecen recomendaciones sobre la gestión de las cuestiones de este tipo que son comunes a la mayoría de los grandes establecimientos industriales durante las etapas de construcción y de desmantelamiento.

La fabricación, formulación y envasado y distribución de plaguicidas se llevará a cabo de acuerdo con las normas internacionales pertinentes, incluidas:

- La Convención de Estocolmo sobre contaminantes orgánicos persistentes (POP), que prohíbe o restringe la fabricación y el comercio de POP producidos de forma intencionada, incluidos ciertos plaguicidas<sup>2</sup>
- La Clasificación recomendada de plaguicidas según su peligrosidad de la Organización Mundial de la Salud (OMS), que enumera los ingredientes activos considerados obsoletos o que han dejado de utilizarse como plaguicidas<sup>3</sup>
- El Convenio de Rotterdam sobre el Procedimiento de consentimiento fundamentado previo aplicable a ciertos plaguicidas y productos químicos peligrosos objeto de comercio internacional<sup>4</sup>

<sup>2</sup> Convenio de Estocolmo sobre contaminantes orgánicos persistentes (<http://www.pops.int/>)

<sup>3</sup> Clasificación recomendada de plaguicidas según su peligrosidad ([http://www.who.int/ipcs/publications/plaguicidas\\_hazard/en/](http://www.who.int/ipcs/publications/plaguicidas_hazard/en/)) de la Organización Mundial de la Salud (OMS) incluye también guías sobre consentimiento informado, etiquetado y seguridad de los trabajadores (Hojas de Datos de Seguridad de Materiales, MSDS).

<sup>4</sup> Convenio de Rotterdam sobre el procedimiento de consentimiento fundamentado previo (<http://www.pic.int/en/ConventionText/ONU-SP.pdf>).

- El Código Internacional de Conducta de la Organización para la Alimentación y la Agricultura, que incluye los requisitos para la aplicación del concepto de ciclo de vida en la producción, gestión, envasado, etiquetado, distribución, manejo, aplicación, uso y control, incluidas las actividades de registro posterior y la eliminación de todo tipo de plaguicidas, así como de los contenedores de plaguicidas usados<sup>5</sup>
- Las Directrices revisadas para el etiquetado correcto de plaguicidas de la Organización para la Alimentación y la Agricultura<sup>6</sup>.

### 1.1 Medio ambiente

Los problemas ambientales asociados a la fabricación, formulación y envasado de plaguicidas incluyen:

- Emisiones a la atmósfera
- Aguas residuales
- Materiales peligrosos
- Residuos
- Consumo/eficiencia de energía

#### Emisiones a la atmósfera

Las emisiones a la atmósfera generadas durante los procesos de fabricación, formulación y envasado de plaguicidas incluyen compuestos orgánicos volátiles (COV), partículas finas, gases de escape y gases de efecto invernadero.

#### Compuestos orgánicos volátiles (COV)

Los COV pueden originarse en los respiraderos de los reactores, los sistemas de filtrado durante los procesos de separación, los tanques de purificación y los secadores durante

<sup>5</sup> Código Internacional de Conducta de la FAO (<http://www.fao.org/WAICENT/FAOINFO/AGRICULT/AGP/AGPP/Pesticid/Default.htm>)

<sup>6</sup> Directrices revisadas para el etiquetado correcto de plaguicidas de la FAO (<http://www.fao.org/WAICENT/FAOINFO/AGRICULT/AGP/AGPP/Pesticid/r.htm>)

las actividades de síntesis química y extracción. Las emisiones de COV también pueden darse al producirse formulaciones líquidas basadas en disolventes (por ejemplo, a preparación de productos granulados por impregnación y el uso de productos concentrados emulsificables) y durante la limpieza de los equipos con disolventes.

Las medidas recomendadas para prevenir las emisiones de COV incluyen:

- Estudiar la posibilidad de emplear disolventes no halogenados y no aromáticos (por ejemplo, acetato de etilo, alcoholes y acetona) en lugar de disolventes más tóxicos (por ejemplo benceno, cloroformo y tricloroetileno)
- Contener y confinar los reactores intermitentes e instalar sistemas de alimentación cerrados. Llevar a cabo un seguimiento periódico de las emisiones procedentes de conductos, válvulas, juntas, depósitos y otros componentes de infraestructura dotados de equipos de detección de vapor y mantener o reemplazar dichos componentes cuando sea necesario.
- Implementar cuando sea necesario una compensación del vapor durante el diseño y las operaciones
- Reducir las temperaturas operativas
- Instalar protección con nitrógeno en bombas, tanques de almacenamiento y durante los procesos de formulación (por ejemplo productos concentrados emulsificables)
- Instalar condensadores de proceso (por ejemplo, condensadores de destilación, condensadores de reflujo, condensadores antes de las fuentes de vacío, condensadores empleados en las operaciones de decapado y vaporización y condensadores criogénicos) después de los equipos de proceso para contribuir al cambio de fase vapor a líquido y recuperar los disolventes<sup>7</sup>

<sup>7</sup> Los COV pueden condensarse mediante el enfriamiento indirecto de los gases de escape antes del tratamiento aguas abajo de gases de escape, y los disolventes pueden recuperarse mediante la destilación en evaporadores de

- Emplear equipos cerrados para limpiar reactores y otros sistemas.

Las medidas recomendadas para controlar las emisiones de COV incluyen:

- Los vapores de COV procedentes de las actividades y procesos de manipulación de disolventes deben recogerse y se conectarán los conductos de ventilación a los dispositivos de control de aire, incluyendo:
  - Sistemas de lavado en húmedo o de absorción de gas. Los lavadores de agua cáusticos y ácidos pueden usarse en la fabricación de plaguicidas para reducir las emisiones de gases orgánicos e inorgánicos. Pueden añadirse soluciones de hipoclorito para reducir las molestias causadas por olores
  - La adsorción con carbón activado alcanza una eficiencia de eliminación de COV del 95 - 98 por ciento
  - Los sistemas de oxidación térmica / incineración alcanzan una eficiencia de destrucción de COV de hasta el 99,99 por ciento<sup>8</sup>
  - Sistemas catalíticos de oxidación
  - Tratamiento de biofiltración cuando los COV sean biodegradables

### *Material particulado*

Las partículas finas de polvo de plaguicida pueden quedar suspendidas en el aire durante la manipulación, procesamiento y almacenamiento de materiales. El polvo generado por los

bandeja. Los condensadores criogénicos reducen la temperatura de la corriente de gas por debajo del punto de condensación. Los condensadores criogénicos pueden registrar una mayor eficacia de eliminación que otros tipos de condensadores, pero también pueden consumir más energía.

<sup>8</sup> En caso de efectuar la coincineración de disolventes halogenados residuales y gases de escape generados durante la producción, se garantizarán una temperatura, tiempos de residencia y turbulencia adecuados en la cámara de combustión para impedir las emisiones de dioxinas / furanos. Por lo general, se aplicarán temperaturas de combustión de  $\geq 1100$  °C y tiempos de residencia de  $\geq 2$  segundos. El perfil de temperatura se controlará con cuidado para impedir la reformación durante el enfriamiento.

procesos de formulación (por ejemplo molienda, mezcla) y envasado de plaguicidas contiene ingredientes activos que pueden resultar tóxicos para los seres humanos y el medio ambiente. Las medidas recomendadas para prevenir y controlar las emisiones de partículas incluyen:

- Recoger las partículas finas de plaguicidas (por ejemplo, polvos húmedos y secos) con unidades de filtración de aire (por ejemplo, ciclones, cámara de filtros / filtros textiles o depuradores húmedos) y, siempre que sea posible, reciclar las partículas recuperadas en el proceso de formulación
- Instalar unidades dedicadas de filtración de polvo para cada línea de producción (por ejemplo, granulación, máquinas de aglutinación de polvo o gránulos) para maximizar el reciclaje de polvo de plaguicida
- Instalar filtros en los sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado para controlar la emisión de partículas en el aire de escape e impedir la contaminación del aire dentro de las instalaciones
- Segregar los conductos de ventilación del aire para evitar la contaminación cruzada del aire procedente de distintos procesos
- Instalar tolvas automáticas cerradas para impedir la apertura y vaciado de contenedores de polvo de plaguicida durante su formulación y envasado
- Utilizar decapadores húmedos y precipitadores electrostáticos húmedos después de los tratamientos de combustión / oxidación térmica.

### *Gases de escape*

Las emisiones de gases de escape producidas por la combustión del gas en turbinas, calderas, compresores, bombas y otros motores dedicados a la generación de electricidad y calor constituyen una fuente significativa de emisiones a la atmósfera procedentes de las instalaciones de fabricación, formulación y envasado de plaguicidas. Se tendrán

en cuenta las especificaciones sobre emisiones a la atmósfera durante la selección de los equipos.

Las **Guías generales sobre medio ambiente, salud y seguridad** contienen orientaciones para el manejo de pequeños procesos de combustión diseñados para suministrar potencia eléctrica o mecánica, vapor, calor, cualquier combinación de las anteriores, independientemente del tipo de combustible empleado, con una capacidad calorífica de 50 megavatios térmicos (MWth). Las **Guías sobre medio ambiente, salud y seguridad para la electricidad térmica** contienen orientaciones aplicables a procesos con una capacidad superior a los 50 MWth.

Se invertirán todos los esfuerzos necesarios para maximizar la eficiencia energética y diseñar instalaciones que minimicen el uso de energía. El objetivo general sería reducir las emisiones a la atmósfera y evaluar las opciones efectivas y técnicamente factibles en términos de costos para reducir las emisiones. Las **Guías generales sobre medio ambiente, salud y seguridad** contienen recomendaciones sobre eficiencia energética.

### **Aguas residuales**

#### *Aguas residuales de procesos industriales*

La descarga de efluentes líquidos procedentes de las instalaciones de fabricación y formulación de plaguicidas incluyen compuestos orgánicos biodegradables (por ejemplo, disolventes orgánicos oxigenados como el metanol, etanol, acetona, isopropanol y fenol; ácidos orgánicos; y ésteres orgánicos), los compuestos orgánicos recalcitrantes (por ejemplo derivados del cloro y del flúor), sólidos en suspensión y ciertos materiales inorgánicos (incluidos ácidos inorgánicos, amoníaco y cianuro). Las cantidades de traza de ingredientes activos de plaguicida pueden constituir un problema significativo. La demanda bioquímica de oxígeno (DBO), la demanda química de oxígeno (DQO), el total de sólidos en

suspensión (SST) y el pH son los principales parámetros indicativos de la calidad del agua.

### *Aguas residuales de fabricación de plaguicidas*

Las aguas residuales generadas durante los procesos de fabricación de plaguicidas consisten en agua de reacción originada en los procesos químicos, agua de disolvente de proceso, agua de lavado de corrientes de proceso, agua de lavado de producto, corrientes ácidas y cáusticas usadas, vapor condensado de los separadores y la esterilización, las purgas de los depuradores de control de contaminación del aire y agua de lavado de equipos e instalaciones.

En la fabricación de bioplaguicidas, el caldo de fermentación usado suele contener azúcares, almidón, proteínas, nitrógeno, fosfatos, sales minerales y otros nutrientes de alta demanda bioquímica de oxígeno (DBO), demanda química de oxígeno (DQO) y sólidos en suspensión totales (SST).

Algunas de las medidas recomendadas para la prevención y la reducción de la contaminación consisten en:

- Reutilizar y reciclar las aguas de lavado de los equipos y agua de otros procesos como soluciones de relleno para los lotes subsiguientes
- Instalar sistemas de ecualización antes de las unidades de tratamiento de aguas residuales para manejar los picos de flujo y/o concentración
- Combinar las corrientes residuales de disolventes de distintas fuentes para optimizar el tratamiento
- Recuperar los disolventes procedentes de:
  - La destilación fraccionada dirigida a eliminar los compuestos de bajo punto de ebullición de la corriente de aguas residuales
  - La separación y condensación de gas inerte para extraer los compuestos volátiles de la corriente de aguas residuales

- La extracción de disolventes de los compuestos orgánicos (por ejemplo, compuestos halogenados altos o refractarios y elevadas cargas de DQO)
- Instalar sistemas de ósmosis inversa o ultrafiltración para recuperar y concentrar los ingredientes activos
- Instalar sistemas de ajuste del pH y neutralización cuando sea necesario
- Emplear sistemas de filtración y estanques de sedimentación para reducir los SST y DBO asociados con el material particulado
- Instalar tratamientos biológicos (por ejemplo, sistemas de lodos activados, filtros biológicos y / o contactores biológicos giratorios) para controlar la DBO, DQO y concentraciones de SST y degradar los componentes orgánicos
- Instalar una fase de pretratamiento para aguas residuales con una biodegradabilidad inferior al 80 por ciento, como por ejemplo:
  - Destruir el cianuro mediante la cloración alcalina, la oxidación del peróxido de hidrógeno y tratamientos de hidrólisis, en los cuales se emplea por lo general un reactivo de cianuro para la síntesis del plaguicida y / o sustancia intermedia
  - Destoxificar de los ingredientes activos mediante la oxidación, empleando sistemas de rayos ultravioleta o soluciones de peróxido
  - Instalar sistemas de adsorción granular de carbón activado para tratar la DBO / DQO y los compuestos orgánicos
  - Emplear la separación de vapor y/o aire para tratar las aguas residuales que contengan sustancias orgánicas y amoníaco, este último mediante el ajuste del pH a valores de 10-11
  - Para la fabricación de bioplaguicidas, oxidar los productos residuales y los patógenos potenciales

mediante el hipoclorito y / u otros métodos de desinfección / esterilización

- El bioseguimiento y las pruebas de toxicidad de los efluentes para peces, dafnias, algas, etc., después del tratamiento biológico y antes de la descarga

### *Aguas residuales de la formulación de plaguicidas*

Las aguas residuales procedentes de la formulación de plaguicidas se asocian principalmente con la limpieza, refrigeración y calentamiento de los equipos y las áreas de proceso empleadas para la aglutinación, el mezclado y el almacenamiento de plaguicidas líquidos. Las aguas residuales procedentes de las operaciones de formulación y envasado suelen registrar niveles reducidos de DBO, DQO y SST, siendo normalmente el pH neutro. Su nivel de toxicidad y biodegradabilidad depende de la presencia de sustancias químicas tales como residuos de plaguicida, disolventes orgánicos y otros compuestos necesarios para la formulación que puedan resultar tóxicos para los organismos acuáticos.

Además de los sistemas de tratamiento de aguas residuales y pluviales para efluentes procedentes de las instalaciones de fabricación de plaguicidas descritos anteriormente, se recomiendan las siguientes medidas adicionales para prevenir y controlar la contaminación:

- Instalar sistemas de pretratamiento para mejorar la biodegradabilidad y reducir la toxicidad de los efluentes líquidos (por ejemplo la descomposición de emulsiones mediante el control de temperatura y la adición de ácido)
- Recoger fluidos de limpieza (disolventes y agua de aclarado) para su reutilización. Las aguas de lavado de los equipos y las aguas de proceso se reutilizarán en los lotes subsiguientes
- Emplear escobillas, raspadores automáticos de pared y otros mecanismos para limpiar los tanques de mezclado y

reducir la contaminación con disolventes del agua de lavado

- Usar sistemas de limpieza de bajo volumen y alta eficacia (por ejemplo boquillas de pulverización de alta presión, cuchillos de agua y limpiadores de vapor)
- Limpiar de forma periódica las líneas empleando un raspador de plástico o espuma
- Diseñar las tuberías de manera que se facilite el drenaje de las líneas.

### *Tratamiento de aguas residuales de procesos*

Las técnicas empleadas para tratar las aguas residuales de proceso en este sector incluyen la clasificación por origen y el pretratamiento de corrientes de aguas residuales concentradas, especialmente aquellas asociadas con ingredientes activos. Las fases en el tratamiento de aguas residuales suelen incluir: filtros de grasas, equipos colectores de flotación, flotación por presurización-despresurización o separadores de agua/aceite para separar los aceites de los sólidos flotantes; filtración por separación de sólidos filtrables; ecualización de flujo y carga; sedimentación para la reducción de sólidos en suspensión utilizando clarificadores; tratamiento biológico, normalmente aeróbico, para reducir las sustancias orgánicas solubles (DOB); eliminación de los nutrientes químicos o biológicos para la reducción de nitrógeno y fósforo; cloración de los efluentes siempre que se requiera la desinfección; drenaje y eliminación de residuos en vertederos designados para residuos peligrosos.

Es posible que se requieran controles de ingeniería adicionales para i) aislar y tratar los compuestos orgánicos volátiles derivados de las operaciones de diversas unidades en el sistema de tratamiento de agua residuales; ii) eliminar los compuestos orgánicos recalcitrantes empleando carbón activo u oxidación química avanzada; iii) reducir la toxicidad en los efluentes empleando la tecnología adecuada (como por ejemplo

ósmosis inversa, intercambio de iones, carbón activo, etc.) y iv) aislar y neutralizar los olores molestos.

En las **Guías generales sobre medio ambiente, salud y seguridad** se explica la gestión de aguas residuales industriales y se ofrecen ejemplos de enfoques para su tratamiento. Mediante el uso de estas tecnologías y técnicas recomendadas para la gestión de aguas residuales, los emplazamientos deberían cumplir con los valores para la descarga de aguas residuales que se indican en el cuadro correspondiente de la Sección 2 del presente documento para la industria gráfica.

### *Consumo de agua y otras corrientes de aguas residuales*

En las **Guías generales sobre medio ambiente, salud y seguridad** se dan orientaciones sobre el manejo de aguas residuales no contaminadas procedentes de operaciones de servicios públicos, aguas pluviales no contaminadas y aguas de alcantarillado. Las corrientes contaminadas deberían desviarse hacia el sistema de tratamiento de aguas residuales de procesos industriales. Las recomendaciones para reducir el consumo de agua, especialmente en aquellos sitios en que pueda ser un recurso natural escaso, se analizan en las **Guías generales sobre medio ambiente, salud y seguridad**.

### **Materiales peligrosos**

Las instalaciones para la fabricación, formulación y envasado de plaguicidas emplean una cantidad considerable de sustancias peligrosas, incluyendo materias primas y productos intermedios / finales. El manejo, almacenamiento y transporte de estos materiales debería gestionarse adecuadamente para evitar o minimizar los impactos para la salud y el medio ambiente. En las **Guías generales sobre medio ambiente, salud y seguridad** se formulan recomendaciones sobre la gestión de materiales peligrosos, incluso la manipulación, el almacenamiento y el transporte.

### **Residuos**

Los procesos de fabricación, formulación y envasado de plaguicidas generan residuos sólidos y líquidos tanto peligrosos como no peligrosos. Los residuos sólidos o semisólidos incluyen residuos y filtrados procedentes de los procesos de síntesis química, contaminados con ácidos usados, bases, disolventes, ingredientes activos de plaguicidas, cianuros y metales; productos fuera de especificación no aptos para envasado; elementos filtrantes de aire usados (por ejemplo, filtros textiles, carbones activados usados); residuos de envasado; lodos secos generados durante los procesos de tratamiento de aguas residuales; residuos procedentes de las actividades de laboratorios; panes de filtrado procedentes de la fermentación (la fabricación de bioplaguicidas) y de los procesos químicos, y sólidos de proceso usados que contengan sustancias intermedias, sales inorgánicas, subproductos orgánicos, subproductos de complejos metálicos, productos residuales y nutrientes (procedentes estos últimos de los procesos de fermentación). La descontaminación de los aglutinadores de plaguicidas sólidos puede generar un diluyente sólido consistente en arcilla o arena contaminada con plaguicidas.

Los residuos líquidos incluyen disolventes usados; soluciones ácidas y cáusticas usadas; y residuos de destilación (fondos de destilación) en la síntesis química.

Las medidas para manejar los residuos sólidos y líquidos incluyen:

- Estudiar la posibilidad de sustituir materiales para reducir la generación de residuos peligrosos y no reciclables (por ejemplo, la sustitución de disolventes tóxicos por disolventes menos tóxicos no halogenados y no aromáticos)
- Esterilizar los equipos y los productos de las actividades de fermentación en la fabricación de bioplaguicidas con

vapor y sustancias químicas no peligrosas (por ejemplo ,fenoles, detergentes y desinfectantes)

- Emplear la destilación, la evaporación, la decantación, la centrifugación y la filtración para maximizar el reciclado y la reutilización de disolventes usados
- Medir y controlar las cantidades de ingredientes activos para minimizar los residuos
- Emplear sistemas de relleno automático para reactores, tanques y tambores para minimizar los vertidos
- Usar tecnologías y procesos que reduzcan la generación de residuos, como son la programación de la producción en grupos para reducir el número de cambios, reduciendo a su vez el número exigido de limpieza de equipos
- Reutilizar o reciclar los residuos como materias primas siempre que sea posible, como por ejemplo los residuos procedentes de la limpieza de tambores y contenedores de transporte

Las **Guías generales sobre medio ambiente, salud y seguridad** ofrecen recomendaciones detalladas sobre el almacenamiento, la manipulación, el tratamiento y la eliminación de residuos peligrosos y no peligrosos.

## 1.2 Higiene y seguridad en el trabajo

Se estudiarán las cuestiones de higiene y seguridad en el trabajo como parte de una evaluación exhaustiva de los riesgos, incluyendo por ejemplo los estudios de identificación de riesgos [HAZID], análisis de riesgos y operabilidad de procesos [HAZOP] y otros estudios de evaluación de riesgos.

Las consecuencias que la construcción y el desmantelamiento de las instalaciones de fabricación y formulación de plaguicidas pueden acarrear para la higiene y seguridad en la comunidad son comunes a la mayoría de los establecimientos industriales, y se explican en las **Guías generales sobre medio ambiente, salud y seguridad**. En general, la planificación de la gestión de

higiene y seguridad incluirá la adopción de una aproximación sistemática y estructurada para la prevención y el control de los peligros físicos, químicos, biológicos y radiológicos para la higiene y la seguridad descrita en las **Guías Generales sobre medio ambiente, salud y seguridad**.

Los problemas para la higiene y la seguridad ocupacional específicos de las plantas de fabricación, formulación y envasado de plaguicidas incluyen:

- Seguridad en los procesos
- Exposición a sustancias químicas
- Exposición a patógenos
- Incendios y explosiones

### Seguridad en los procesos

Dadas las características específicas de la industria, se implementarán programas de seguridad en los procesos, incluyendo complejas reacciones químicas, el uso de sustancias peligrosas (por ejemplo, compuestos altamente tóxicos, reactivos, inflamables o explosivos) y operaciones en la fabricación de plaguicidas a granel, especialmente cuando se lleven a cabo reacciones de síntesis orgánica de escalones múltiples (por ejemplo la fabricación de piretroide).

La gestión de la seguridad en los procesos incluye las siguientes acciones:

- Pruebas de riesgos físicos para materiales y reacciones
- Estudios de análisis de riesgos para revisar las prácticas químicas y de ingeniería del proceso, incluyendo termodinámica y cinética
- Examen del mantenimiento preventivo y la integridad mecánica de los sistemas y servicios de proceso
- Formación de los trabajadores
- Elaboración de instrucciones operativas y procedimientos de respuesta a emergencias

## Exposición a sustancias químicas

Los riesgos para la salud ocupacional pueden resultar de la exposición de los trabajadores a sustancias químicas peligrosas, incluidos ingredientes activos y polvos de plaguicidas, durante todas las fases de producción. La exposición de los trabajadores a los vapores de disolventes puede darse durante los procesos de fabricación y formulación, incluidas las operaciones dirigidas a la recuperación o el aislamiento de productos; el manejo de panes húmedos en las operaciones de secado; la granulación húmeda; los equipos de filtración no contenidos; la limpieza de equipos; y las emisiones fugitivas procedentes de las bombas con fugas, válvulas y estaciones de colectores (por ejemplo durante las fases de extracción y purificación).

Durante los procesos de formulación y envasado de plaguicidas, los trabajadores pueden estar expuestos a polvos aéreos generados en las operaciones de secado, molienda y mezcla. Los riesgos ocupacionales se asocian con la exposición a mezclas que contengan elevadas proporciones de ingredientes activos y con la exposición a portadores / rellenos y aditivos. Estos agentes, aunque inertes en términos de actividad plaguicida para la plaga objetivo, pueden resultar tóxicos y se evaluarán para determinar sus impactos sobre la higiene en el trabajo.

Las medidas recomendadas para prevenir y controlar los riesgos incluyen:

- La descarga de materias primas y productos tóxicos con un sistema de equilibrado de gas que minimice las emisiones fugitivas y evite la exposición de los trabajadores
- La carga por gravedad de los contenedores confinados y sistemas de vacío, presión y bombeo durante las operaciones de carga y descarga para minimizar las emisiones fugitivas
- La partición de las zonas de trabajo con ventilación de dilución y / o presión diferencial del aire. En caso de procesarse materiales tóxicos, se estudiará la posibilidad de mantener la planta en condiciones de sobrepresión leve (por ejemplo protección con nitrógeno)
- Instalar campanas de ventilación laminares o dispositivos de aislamiento donde se manejen materiales tóxicos
- Instalar sistemas de ventilación con filtros de aire para partículas de elevada eficacia (HEPA), especialmente en las áreas de fabricación de productos estériles destinadas a la fabricación de bioplaguicidas
- La transferencia de líquidos, separación de líquidos, filtración de sólidos y líquidos, granulación, secado, molienda y mezcla se llevará a cabo en áreas de trabajo bien ventiladas
- Instalar sistemas de ventilación local de escape (LEV) con entradas con brida capaces de captar los polvos y vapores fugitivos liberados en los puntos de transferencia abiertos
- Se aislarán los granuladores, secadores, molinos y mezcladores y se ventearán hacia dispositivos de control de aire
- En la fabricación de bioplaguicidas, los depósitos de esterilización se ubicarán en zonas separadas con sistemas remotos de instrumentos y control, aire no recirculado y LEV para extraer las emisiones de gas tóxico. Las cámaras de esterilización de gas se operarán en vacío y se purgarán con aire para minimizar las emisiones fugitivas antes de retirar los productos esterilizados
- Los equipos empleados para envasar los plaguicidas sólidos se mantendrán de forma que se minimicen las fugas, y todas las superficies se diseñarán para evitar la acumulación de polvo
- No se llenarán en exceso los envases de plaguicidas líquidos, y los equipos de llenado se diseñarán para evitar las salpicaduras / formación de espuma

- El uso de aspiradores con filtros HEPA durante las operaciones de limpieza de áreas y equipos donde se manejen y fabriquen sustancias peligrosas e ingredientes activos de gran potencia
- Se dispondrá de respiradores de presión positiva, además de otros EPI (por ejemplo indumentaria protectora), en las zonas donde se manejen y procesen disolventes altamente tóxicos y compuestos peligrosos.

### **Exposición a agentes patógenos**

La exposición a los agentes patógenos constituye un riesgo ocupacional asociado con el aislamiento y el crecimiento de microorganismos en los laboratorios y durante los procesos de fermentación en la fabricación de bioplaguicidas. Algunas de las medidas de prevención y control de riesgos recomendadas consisten en:

- Seleccionar microbios no patógenos
- Aislar los equipos de proceso y tratar el caldo usado antes de su descarga
- Implementar medidas de control de riesgos biológicos (por ejemplo, modificaciones de proceso, minimización del manejo y la transferencia de material, ventilación local de escape (LEV), filtración e inertización, descontaminación, prácticas administrativas y uso de equipos protectores individuales y respiratorios)
- Instalar campanas de seguridad biológica para flujo laminar descendente y de entrada

### **Incendios y explosiones**

Los riesgos de incendio y explosión pueden darse durante el uso, manejo y almacenamiento de disolventes. Las reacciones de síntesis orgánica pueden generar importantes riesgos para la seguridad en los procesos. Los procesos de formulación de plaguicidas (por ejemplo, la granulación, mezcla y secado y / o actividades de envasado) pueden dar lugar a atmósferas inflamables o explosivas. Los polvos de plaguicidas pueden ser

altamente explosivos. Algunas de las medidas de prevención y mitigación de riesgos recomendadas consisten en:

- Aprender de experiencias pasadas (estudiar casos anteriores)
- Prohibir fumar dentro y alrededor de las instalaciones;
- Proporcionar al departamento local de extinción de incendios una lista de los productos almacenados en las instalaciones
- Controlar los posibles efectos de incendios y explosiones segregando y empleando distancias de separación entre las zonas de proceso, almacenamiento, servicios y seguridad. Las distancias de seguridad pueden determinarse en base a análisis específicos de seguridad para las instalaciones y mediante la aplicación de normas de seguridad contra incendios reconocidas internacionalmente<sup>9</sup>
- Evitar las posibles fuentes de ignición (configurando por ejemplo la distribución de las tuberías para evitar los vertidos sobre conductos a altas temperaturas, equipos y/o máquinas giratorias)
- Reducir la inflamabilidad de los disolventes diluyéndolos en agua durante las fases de filtrado y recuperación
- Realizar una evaluación completa de las propiedades de los polvos de plaguicida antes de su procesamiento y tratamiento
- Emplear equipos a prueba de explosiones y materiales conductores para controlar los riesgos asociados con polvos de plaguicidas potencialmente explosivos
- Implementar buenas prácticas operativas y minimizar operaciones tales como el manejo y la transferencia de materiales
- Instalar equipos eléctricos y servicios estancos al vapor y al polvo

<sup>9</sup> Para más información sobre las distancias de seguridad, ver el Código 30 de la Asociación Nacional de Protección contra el Fuego de Estados Unidos (NFPA).

- Poner a tierra y conectar los equipos
- Instalar detectores de incendios y humo y alarmas de emergencia
- Formar al personal (trabajadores y gerentes)

### 1.3 Higiene y seguridad en la comunidad

Los riesgos más importantes para la higiene y la seguridad de la comunidad durante la operación de las plantas de fabricación, formulación y envasado de plaguicidas se asocian con las fugas accidentales de compuestos tóxicos y la presencia de gases y líquidos inflamables. El diseño de la planta y sus operaciones incluirán salvaguardias destinadas a minimizar y controlar los riesgos para la comunidad, incluyendo las siguientes medidas:

- Identificar durante el diseño los supuestos casos en los que puedan producirse fugas
- Evaluar los efectos de las posibles fugas en las zonas circundantes, incluida la contaminación de aguas subterráneas y suelos
- Evaluar el riesgo asociado con el transporte de materiales peligrosos y seleccionar las rutas de transporte apropiadas, minimizando los riesgos relacionados con la interferencia de la comunidad y la interacción de terceros
- Seleccionar cuidadosamente la ubicación de la planta teniendo en cuenta las áreas pobladas, condiciones meteorológicas (por ejemplo la dirección del viento predominante) y los recursos hídricos (por ejemplo, la vulnerabilidad de las aguas subterráneas) e identificar las distancias de seguridad entre la zona de la planta y las zonas comunitarias
- Identificar las medidas de prevención y mitigación necesarias para evitar o minimizar los riesgos para la comunidad

- Elaborar un Plan de Gestión de Emergencia con la participación de las autoridades locales y las comunidades que puedan verse afectadas.

Las **Guías generales sobre medio ambiente, salud y seguridad** ofrecen recomendaciones para el transporte de materiales peligrosos, la elaboración de planes de preparación y respuesta en caso de emergencia y otras cuestiones relacionadas con la higiene y seguridad de la comunidad.

### Seguridad de los productos

Los fabricantes de plaguicidas deberán promover el concepto de “gestión del producto” o “gestión del ciclo de vida”, empezando con la investigación y el desarrollo, la fabricación, la formulación, el transporte, el almacenamiento, el uso y, cuando sea posible, la eliminación de residuos (por ejemplo contenedores vacíos e inventarios caducados). La fabricación de plaguicidas sólo se llevará a cabo con autorización, registrándose y contando con la aprobación la autoridad pertinente y de acuerdo con el Código Internacional de Conducta para la Distribución y Utilización de Plaguicidas de la Organización para la Alimentación y la Agricultura (FAO)<sup>10</sup>. Todos los productos se etiquetarán según los estándares y normas internacionales, como por ejemplo las Directrices revisadas para el etiquetado correcto de plaguicidas de la FAO.<sup>11</sup>

## 2.0 Indicadores y seguimiento del desempeño

### 2.1 Medio ambiente

#### Guías sobre emisiones y efluentes

En los Cuadros 1 y 2 se presentan las guías sobre emisiones y efluentes para este sector. Las cantidades correspondientes a

<sup>10</sup> FAO (2002c)

<sup>11</sup> FAO (2002c)

las emisiones y efluentes de los procesos industriales en este sector son indicativas de las prácticas internacionales recomendadas para la industria, reflejadas en las normas correspondientes de los países que cuentan con marcos normativos reconocidos. Dichas cantidades pueden alcanzarse en condiciones normales de funcionamiento de instalaciones adecuadamente diseñadas y utilizadas mediante la aplicación de las técnicas de prevención y control de la contaminación que se han analizado en las secciones anteriores de este documento.

**Cuadro 1. Emisiones a la atmósfera para plaguicidas**

Contaminante	Unidades	Valor indicativo
Material particulado	mg/Nm <sup>3</sup>	20; 5 <sup>a</sup>
Carbono orgánico total	mg/Nm <sup>3</sup>	50
COV	mg/Nm <sup>3</sup>	20
Cloruro	mg/Nm <sup>3</sup>	5
Bromo (como HBr), cianuros (como HCN), flúor (as HF), sulfuro de hidrógeno	mg/Nm <sup>3</sup>	3
Cloro	mg/Nm <sup>3</sup>	3
Amoniaco, Compuestos Inorgánicos Gaseosos (como HCl)	mg/Nm <sup>3</sup>	30
<b>Notas:</b>		
<sup>a</sup> En presencia de compuestos tóxicos		

Las guías sobre emisiones son aplicables a las emisiones procedentes de la combustión. Las **Guías generales sobre medio ambiente, salud y seguridad** contienen orientaciones sobre las emisiones asociadas con actividades de producción de energía eléctrica y vapor generadas por una fuente de combustión con capacidad igual o inferior a 50 megavatios térmicos, mientras que las **Guías sobre medio ambiente, salud y seguridad para energía térmica** contienen disposiciones sobre las emisiones generadas por una fuente de energía más grande. En las **Guías generales sobre medio ambiente, salud y seguridad** se proporciona orientación sobre

cuestiones ambientales teniendo en cuenta la carga total de emisiones.

**Cuadro 2. Niveles de efluentes para plaguicidas**

Contaminante	Unidades	Valor indicativo	
pH	S.U.	6-9	
DBO <sub>5</sub>	mg/l	30	
DQO	mg/l	150	
SST (Valor inferior para la fabricación de plaguicidas. Valor superior para la formulación de plaguicidas (promedio mensual), pero en ningún caso más de 50 mg/l)	mg/l	10-20 <sup>(1)</sup>	
Aceite y grasa	mg/l	10	
AOX	mg/l	1	
Fenol	mg/l	0,5	
Arsénico	mg/l	0,1	
Total cromo	mg/l	0,5	
Cromo (hexavalente)	mg/l	0,1	
Cobre	mg/l	0,5	
Sustancias orgánicas cloradas	mg/L	0,05	
Nitrorgánicos	mg/L	0,05	
Mercurio	mg/l	0,01	
Cinc	mg/l	2	
Ingrediente activo (cada uno)	mg/l	0,05	
Bioensayos de toxicidad	Toxicidad para:		
	Peces	TU	2
	Dafnias		8
	Algas		16
	Bacterias		8
Amoniaco	mg/l	10	
Total fósforo	mg/l	2	

Las guías sobre efluentes se aplican a los vertidos directos de efluentes tratados a aguas superficiales de uso general. Los niveles de vertido específicos del emplazamiento pueden establecerse basándose en la disponibilidad y condiciones de los sistemas de tratamiento y recogida de aguas de alcantarillado público o, si se vierten directamente a las aguas superficiales, basándose en la clasificación del uso del agua receptora que se describe en las **Guías generales sobre**

**medio ambiente, salud y seguridad.** Estos niveles se deben lograr, sin dilución, al menos el 95% del tiempo que opera la planta o unidad, calculado como proporción de las horas de operación anuales. El incumplimiento de estos niveles debido a las condiciones de determinados proyectos locales se debe justificar en la evaluación ambiental correspondiente.

### Generación de residuos / Cargas de emisión

Los Cuadros 3 y 4 proporcionan ejemplos de indicadores de generación de residuos y aguas residuales. Los valores de referencia de la industria se consignan únicamente con fines comparativos, y cada proyecto debería tener como objetivo lograr mejoras continuas en estas áreas.

Cuadro 3. Generación de residuos / Cargas de emisión		
Parámetro	Unidad	Valor de referencia de la industria
<b>Aguas residuales</b> Total de efluentes de carbono orgánico	Kg/lote de agua madre	180 (110 refractarios)
<b>Residuos</b> Fabricación Formulación	Kg/tonelada de ingredientes activos fabricados	200
	Kg/tonelada de producto formulado	3 - 4
<b>Fuente:</b> UE IPPC BREF (2006)		

Cuadro 4. Niveles de efluentes para plaguicidas basados en la carga			
Contaminante	Unidades	Valor indicativo	
pH	S.U.	6-9	
DBO <sub>5</sub>	kg/t	Máx. diario	5,3
		Prom. mensual	1,2
DQO	kg/t	Máx. diario	9,4
		Prom. mensual	6,5
SST	kg/t	Máx. diario	4,4

		Prom. mensual	1,3
Ingrediente activo (cada uno)	kg/t	Máx. diario	2,8 x 10 <sup>-9</sup> – 3,4
		Prom. mensual	1,3 x 10 <sup>-6</sup> – 1,0

Fuente: Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos, Effluent Guidelines for Pesticide Chemicals, Organic Pesticide Chemicals Manufacturing Subcategory, New Source Performance Standards, 40 CRF Parte 455. Los niveles para ingredientes activos específicos se enumeran en el Cuadro 3 de la norma.

kg/t = kg de contaminante por tonelada métrica de ingredientes orgánicos activos.

### Seguimiento ambiental

Se llevarán a cabo programas de seguimiento ambiental para este sector en todas aquellas actividades identificadas por su potencial impacto significativo en el medio ambiente, durante las operaciones normales y en condiciones alteradas. Las actividades de seguimiento ambiental se basarán en indicadores directos e indirectos de emisiones, efluentes y uso de recursos aplicables al proyecto concreto.

La frecuencia del seguimiento debería permitir obtener datos representativos sobre los parámetros objeto del seguimiento. El seguimiento deberá recaer en individuos capacitados, quienes deberán aplicar los procedimientos de seguimiento y registro y utilizar un equipo adecuadamente calibrado y mantenido. Los datos de seguimiento se analizarán y revisarán con regularidad, y se compararán con las normas vigentes para así adoptar las medidas correctivas necesarias. Las **Guías generales sobre medio ambiente, salud y seguridad** contienen orientaciones adicionales sobre los métodos de muestreo y análisis de emisiones y efluentes.

## 2.2 Higiene y seguridad en el trabajo

### Guías sobre higiene y seguridad en el trabajo

Para evaluar el desempeño en materia de higiene y seguridad en el trabajo deben utilizarse las guías sobre la materia que se publican en el ámbito internacional, entre ellas: guías sobre la concentración máxima admisible de exposición profesional

(TLV®) y los índices biológicos de exposición (BEIs®) publicados por la American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH)<sup>12</sup>, la Guía de bolsillo sobre riesgos químicos publicada por el Instituto Nacional de Higiene y Seguridad en el Trabajo de los Estados Unidos (NIOSH)<sup>13</sup>, los límites permisibles de exposición publicados por la Administración de Seguridad e Higiene en el Trabajo de los Estados Unidos (OSHA)<sup>14</sup>, los valores límite indicativos de exposición profesional publicados por los Estados miembros de la Unión Europea<sup>15</sup> u otras fuentes similares.

### **Tasas de accidentes y letalidad**

Deben adoptarse medidas para reducir a cero el número de accidentes entre los trabajadores del proyecto (ya sean empleados directos o personal subcontratado), especialmente los accidentes que pueden causar la pérdida de horas de trabajo, diversos niveles de discapacidad e incluso la muerte. Como punto de referencia para evaluar las tasas del proyecto puede utilizarse el desempeño de instalaciones en este sector en países desarrollados, que se obtiene consultando las fuentes publicadas (por ejemplo, a través de la Oficina de Estadísticas Laborales de los Estados Unidos y el Comité Ejecutivo de Salud y Seguridad del Reino Unido)<sup>16</sup>.

### **Seguimiento de la higiene y la seguridad en el trabajo**

Es preciso realizar un seguimiento de los riesgos que pueden correr los trabajadores en el entorno laboral del proyecto concreto. Las actividades de seguimiento deben ser diseñadas y realizadas por profesionales acreditados<sup>17</sup> como parte de un

programa de seguimiento de la higiene y la seguridad en el trabajo. En las instalaciones, además, debe llevarse un registro de los accidentes y enfermedades laborales, así como de los sucesos y accidentes peligrosos. Las **Guías generales sobre medio ambiente, salud y seguridad** contienen orientaciones adicionales sobre los programas de seguimiento de la higiene y la seguridad en el trabajo.

<sup>12</sup> Disponibles en: <http://www.acgih.org/TLV/> y <http://www.acgih.org/store/>.

<sup>13</sup> Disponible en: <http://www.cdc.gov/niosh/npg/>.

<sup>14</sup> Disponibles en: [http://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show\\_document?p\\_table=STANDARDS&p\\_id=9992](http://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show_document?p_table=STANDARDS&p_id=9992).

<sup>15</sup> Disponibles en: [http://europe.osha.eu.int/good\\_practice/risks/ds/oell/](http://europe.osha.eu.int/good_practice/risks/ds/oell/).

<sup>16</sup> Disponibles en: <http://www.bls.gov/iif/> y <http://www.hse.gov.uk/statistics/index.htm>.

<sup>17</sup> Los profesionales acreditados pueden incluir a higienistas industriales certificados, higienistas ocupacionales diplomados o profesionales de la seguridad certificados o su equivalente.

### 3.0 Referencias y fuentes adicionales

Agencia Ambiental del Reino Unido. 1999. IPC Guidance Note Series 2 (S2) Chemical Industry Sector S2 4.02: Specialty Organic Chemicals. Londres, RU.

Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (US EPA), Oficina de Cumplimiento. 2000. Sector Notebook Project, "Profile of the Agricultural Chemical, Pesticide, and Fertilizer Industry", septiembre de 2000. Washington, DC

Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (US EPA). Office of Water and Office of Pollution Prevention and Toxics. 1998. Pollution Prevention (P2) Guidance Manual for the Pesticide Formulating, Packaging, and Repackaging Industry: Implementing the P2 Alternative. EPA-821-B-98-017. Washington, DC

Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (US EPA). Código de Regulaciones Federales Título 40: Protección del Ambiente. Parte 63—National Emission Standards for Hazardous Air Pollutants for Source Categories. Subpart MMM—National Emission Standards for Hazardous Air Pollutants for Pesticide Active Ingredient Production. Washington, DC

Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (US EPA). Código de Regulaciones Federales Título 40: Protección del Ambiente. Parte 455—Pesticide Chemicals. Washington, DC

Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (US EPA). Risk Reduction Engineering Laboratory and Center for Environmental Research Information. 1990. Guides to Pollution Prevention: The Plaguicida Formulating Industry. EPA/625/7-90/004. Febrero de 1999. Cincinnati, OH.

Agencia de Protección Ambiental de Irlanda. 2006. Draft BAT Guidance Note On Best Available Techniques for the Manufacture of Pesticides, Pharmaceutical and Veterinary Products V8 Septiembre de 2006. Dublin, Irlanda.

Comisión Europea. 2006. Prevención y control integrados de la contaminación (IPPC). Documento de referencia de las mejores técnicas disponibles (BREF) para la fabricación de productos químicos orgánicos finos. Sevilla, España.

Comisión Europea. 1999. Directiva 1999/13/CE del Consejo de 11 de marzo de 1999 relativa a la limitación de las emisiones de compuestos orgánicos volátiles debidas al uso de disolventes orgánicos en determinadas actividades e instalaciones. Bruselas, Bélgica.

Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes. 2001. Disponible en: [http://www.pops.int/documents/convtext/convtext\\_sp.pdf](http://www.pops.int/documents/convtext/convtext_sp.pdf)

Convenio de Rotterdam sobre el Procedimiento de Consentimiento Fundamentado Previo Aplicable a Ciertos Plaguicidas y Productos Químicos Peligrosos Objeto de Comercio Internacional (<http://www.pic.int/en/ConventionText/ONU-SP.pdf>)

FAO. 1995. Directrices revisadas para el etiquetado correcto de plaguicidas. Rome: FAO. Disponible en: <http://www.fao.org/WAICENT/FAOINFO/AGRICULT/AGP/AGPP/Pesticid/r.htm>

FAO. 2002c. Código Internacional de Conducta para la Distribución y Utilización de Plaguicidas (versión revisada de noviembre de 2002). Roma: FAO. Disponible en: <http://216.239.59.104/search?q=cache:rlGwleu9RQgJ:www.fao.org/ag/agn/fv/fil>

[es/1184\\_CODEOFCONDUCTSPANISH.PDF+%22fao%22%22codigo+internacional+de+conducta%22%22plaguicidas%22&hl=es&ct=clnk&cd=1&gl=es](#)

Gobierno Federal Alemán. 2002. First General Administrative Regulation Pertaining to the Federal Emission Control Act (Technical Instructions on Air Quality Control – TA Luft). Berlín, Alemania.

Greene, S.A. y R.P. Pohanish. 2006. Sittig's Handbook of Pesticides and Agricultural Chemicals. William Andrew Publishing, Norwich, NY, USA.

Kirk-Othmer. 2006. Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology. Volumen 18. Pesticides. 5<sup>th</sup> ed. John Wiley & Sons, Inc.

Marrs, T.C. y B. Ballantyne. 2004 Pesticides: An Overview of Fundamentals. John Wiley & Sons Ltd.

Ministerio Federal Alemán para el Medio Ambiente, la Conservación de la Naturaleza y la Seguridad Nuclear. 2004. Promulgation of the New Version of the Ordinance on Requirements for the Discharge of Waste Water into Waters (Waste Water Ordinance - AbwV) de 17 de junio de 2004. Berlín, Alemania.

Organización Mundial de la Salud (OMS). 2005. Clasificación Recomendada por la OMS de los Plaguicidas conforme al Riesgo y Directrices para la Clasificación: 2004. Ginebra: OMS. Disponible en: [http://www.who.int/ipcs/publications/plaguicidas\\_hazard/en/index.html](http://www.who.int/ipcs/publications/plaguicidas_hazard/en/index.html) y [http://www.who.int/ipcs/publications/plaguicidas\\_hazard\\_rev\\_3.pdf](http://www.who.int/ipcs/publications/plaguicidas_hazard_rev_3.pdf)

Recomendación Helcom 23/10. 2002. Reduction of Discharges and Emissions from Production and Formulation of Plaguicidas. Helsinki, Finlandia.

Unger, T.A.. 1996. "Pesticide Synthesis Handbook", Noyes Publ., Park Ridge, NJ, USA

## Anexo A: Descripción general de las actividades de la industria

Las actividades de la industria de los plaguicidas consisten principalmente en las siguientes tres líneas de producción:

- La fabricación de plaguicidas, que implica la síntesis industrial de moléculas producidas o modificadas para producir compuestos (ingredientes activos)
- La formulación de plaguicidas, que implica la formulación de grupos químicos de gas (fumigantes), plaguicidas sólidos o líquidos a partir de ingredientes activos
- El envasado de plaguicidas, que implica la intervención de sistemas de envasado diseñados con materiales que puedan contener los plaguicidas y optimizar su manejo y aplicación, reduciendo los riesgos para la salud o el medio ambiente en humanos o ecosistemas como resultado del arrastre o de las escorrentías.

La fabricación, formulación o envasado de plaguicidas aplicarán los actuales procedimientos de Buenas Prácticas de Fabricación para garantizar la calidad del producto, un entorno de trabajo seguro y la prevención de los impactos ambientales.

### Fabricación de plaguicidas

La fabricación de plaguicidas forma parte de la fabricación de sustancias orgánicas químicas finas. Las principales fases de fabricación consisten en: (a) la elaboración de sustancias intermedias; (b) la introducción de grupos funcionales; (c) el acoplamiento y la esterificación; (d) los procesos de separación (por ejemplo lavado y separación); y (e) la purificación del producto final (por ejemplo, la disolución, disolución y extracción o la ultrafiltración). El enfriamiento y / o calentamiento, y la aplicación de condiciones de vacío o presión tan frecuentemente como sea necesario. Todas las fases, y especialmente las reacciones, pueden generar emisiones a la atmósfera, efluentes y residuos / subproductos.

El número de materias primas empleadas en la fabricación de los plaguicidas es considerable, incluyendo materiales comunes a la mayoría de los procesos de fabricación de plaguicidas (por ejemplo, cloro, cianuro de hidrógeno, disulfuro de carbono, varias aminas y ácidos y agentes cáusticos concentrados), así como materiales comunes a familias específicas de plaguicidas (por ejemplo, cloroanilinas, cloroformatos, cresoles, diclorobencenos, dietilamina, dioxano, fluoroanilinas, nitrato de cinc, sulfato de cinc). También son numerosas y diversas las sustancias intermedias empleadas.

No se consideran aceptables los plaguicidas prohibidos por las organizaciones / convenciones internacionales para la fabricación, formulación o utilización<sup>18</sup>.

### Formulación de plaguicidas

Los plaguicidas no se aplican sin diluir. El principal objetivo de la formulación de plaguicidas es fabricar un producto que presente una eficiencia biológica óptima, que sea cómodo y económico de usar y que minimice los impactos para la salud humana y el medio ambiente. La naturaleza del ingrediente activo y el uso del mismo definen en buena medida el tipo de formulación empleado.

La formulación de plaguicidas implica la mezcla, aglutinación o dilución de uno o más ingredientes plaguicidas activos e inertes para obtener un producto empleado en el procesamiento adicional o como producto final. Los ingredientes activos se

<sup>18</sup> Ver los acuerdos internacionales sobre plaguicidas considerados aptos para fabricación y uso. Por ejemplo, ver el Programa Internacional sobre Seguridad de las Sustancias Químicas; la Clasificación Recomendada por la OMS de los Plaguicidas conforme al Riesgo y Directrices para la Clasificación, 2004, Corrigenda publicado el 12 de abril de 2005 incorporado; y la Directiva de la UE sobre comercialización de productos fitosanitarios (91/414/CEE). Los plaguicidas prohibidos en la Unión Europea se enumeran en la Directiva del Consejo 79/117/CEE, fechada el 21 de diciembre de 1978 y sus enmiendas. La lista de plaguicidas prohibidos en Estados Unidos puede consultarse en la página web de la Agencia Ambiental de Estados Unidos (US EPA) sobre plaguicidas (Regulating Pesticides). El Convenio de Rotterdam sobre el Procedimiento de Consentimiento Fundamentado Previo Aplicable a Ciertos Plaguicidas y Productos Químicos Peligrosos Objeto de Comercio Internacional;

mezclan con disolventes, adyuvantes (o reforzantes) y portadores (o rellenos) y agentes específicos antipolvo y antiespuma necesarios para alcanzar la formulación deseada.

Los disolventes empleados en la formulación de plaguicidas pertenecen a los grupos polar (por ejemplo cetonas, ésteres, éter de glicol y amidas de ácido) y no polar (por ejemplo hidrocarburos y destilados del petróleo). Los adyuvantes y surfactantes se añaden a las formulaciones de plaguicidas para mejorar las características de rendimiento de las formulaciones. Los adyuvantes más importantes incluyen desactivadores (por ejemplo sustancias orgánicas tales como cetonas, ésteres, sulfóxidos); agentes antiaglomerantes (por ejemplo tierras de diatomea y sílice sintético microfino); lubricantes secos (por ejemplo grafito en polvo, algunos estearatos de metal); coloides protectores (por ejemplo materiales poliméricos como polivinilpirrolidona, metilcelulosa, alúmina de sangre); y adhesivos (por ejemplo polisulfuro de polietileno). Los portadores y diluyentes en polvo seco más importantes en la formulación de plaguicidas son materiales inorgánicos, incluidos minerales (por ejemplo diatomita, vermiculita, atapulgita, montmorillonita, talco y caolinita). Los portadores granulares son materiales particulados normalmente de origen mineral o vegetal; la atapulgita y la montmorillonita son los más populares.

Las formulaciones de plaguicidas se clasifican en formulaciones gaseosas (aerosoles y fumigantes), líquidas y sólidas. Las formulaciones líquidas incluyen concentrados emulsificables, concentrados solubles, aceite en emulsiones acuosas, plaguicidas líquidos, concentrados oleosos en suspensión y suspoemulsiones, soluciones y microencapsulados. Las formulaciones sólidas incluyen polvos, polvos humectantes, gránulos secos, pelets, plaguicidas secos, polvos solubles y gránulos dispersables en el agua. Otras formulaciones son el vertido controlado (el ingrediente activo se vierte desde un portador polimérico, aglutinante, absorbente o encapsulante a

una tasa lenta y efectiva en el medio ambiente), aerosoles, desinfectadores de semillas, pienso envenenado, formulaciones encapsuladas y formulaciones de volumen ultra bajo.

Otros componentes de formulación incluyen adyuvantes (agentes humectantes, atomizadores, adhesivos, retardadores de arrastre, agentes estabilizantes, penetrantes) y sinergistas como el butóxido de piperonilo usado normalmente para promover la actividad de los insecticidas de piretroide.

Los principales productos de formulación de plaguicidas incluyen herbicidas, fungicidas, insecticidas, rodenticidas y otros grupos químicos (por ejemplo nematocidas, acaricidas, biocidas, bactericidas, avicidas, etc.).

La formulación, el envasado y el reenvasado se llevan a cabo de distintas maneras, incluyendo líneas tanto automáticas como manuales de formulación y envasado. Los productos secos se formulan empleando distintos métodos, incluidos la mezcla de ingredientes activos granulados o en polvo con portadores secos inertes; la pulverización o mezcla de un ingrediente activo líquido con un portador seco; la humectación o el uso de presión y calor para forzar la entrada de los ingredientes activos en una matriz sólida; la mezcla de ingredientes activos con un monómero, permitiendo que la mezcla se polimerice en un sólido; y el secado y endurecimiento de una solución de ingrediente activo en un producto sólido. Las típicas líneas de formulación líquida consisten en tanques o contenedores de almacenamiento diseñados para albergar ingredientes activos y materiales inertes y un tanque de mezclado para formular el producto plaguicida. Las formulaciones se envasan transfiriendo el producto final a contenedores o cajas, ya sea manualmente mediante la alimentación por gravedad o de forma automática.

## **Principales grupos de plaguicidas**

### *Fungicidas*

Los fungicidas agrícolas son sustancias químicas que previenen o minimizan las pérdidas de cultivo provocadas por hongos fitopatógenos. Para mayor conveniencia, los fungicidas pueden dividirse en no sistémicos y sistémicos, aunque algunos se ajustan a ambas definiciones en presencia de compuestos con capacidad de penetración local:

- Los fungicidas no sistémicos (también llamados fungicidas de contacto o fungicidas protectores residuales) incluyen compuestos inorgánicos, compuestos organometálicos, ditiocarbamatos; N-trihalometiltio, ftalimidas; dicarboximidias.
- Los fungicidas sistémicos incluyen organofosfatos; benzimidazoles; carboxanilidas; fenilamidas; fosfitos; inhibidores de la biosíntesis del esteroles como son los triazoles, imidazoles, piridinas, pirimidinas, piperazinas, morfolinas y estrobirulinas.

### Herbicidas

Los herbicidas pueden definirse como agentes que destruyen, dañan o inhiben el crecimiento de las plantas. Los principales grupos son:

- Reguladores del crecimiento de las plantas
- Desfoliantes y deshidratantes
- Herbicidas foliares activos de contacto: (a) bupiridilos (por ejemplo paraquat, dicuat); (b) benzonitrilos incluyen bromoxinil e ioxinil; (c) propanil; (d) bentazona
- Herbicidas foliares activos sistémicos:
  - 1 Reguladores del crecimiento o herbicidas de tipo auxina, incluidos 2,4-D, MCPA, 2,4,5-T, picloram, dicamba, clopiralid, triclopyr
  - 2 Inhibidores de la síntesis de ácidos grasos (por ejemplo diclofop, fluazifop-P, setoxidim, quizalofop, tralkoxydim y cletodim)
  - 3 Glifosato

- 4 Ureas de sulfonil (por ejemplo clorsulfurón, metsulfurón, sulfometurón, rimsulfurón, clorimurón, primisulfurón, triasulfurón)
- 5 Imidazolinones (por ejemplo, imazametabenz, imazapyr, imazaquín, imazethapyr)

### Insecticidas

Los insecticidas incluyen los grandes grupos de sustancias empleados para matar insectos en todas sus fases de desarrollo. Los principales grupos son:

- Insecticidas organoclorados (por ejemplo el DDT y sus derivados; hexaclorociclohexano; ciclodienes; canfecloros clorados)
- Organofosfatos (principalmente triésteres de ácido fosfórico y ácido fosforotioico, incluyendo: anhídridos de ácido fosfórico; fosfatos de vinilo; ésteres de fósforotioate alifático; ésteres fósforotioate de fenoles; ésteres fósforotioate de enoles heterocíclicos; ésteres fósforotioate de heterocilos S-metil;)
- Compuestos organosulfurados
- Carbamatos
- Piretroides
- Piretroides sintéticos (por ejemplo aletrina, ciflutrin, deltametrina, compuestos a base de crisantemato)
- Reguladores del crecimiento de insectos (bioracionales como el metopreno, fenoxicarb, buprofezín, la hidracina))
- Acaricidas
- Bioplaguicidas
- Plaguicidas botánicos (derivados de plantas)
- Nicotinoídes
- Productos de fermentación bacteriana (por ejemplo espinosad, abamectinas, ivermectinas, etc.)
- Pirroles o pirazoles)
- Diacilhidrazinas
- Dinitrofenoles: (por ejemplo dinoseb y dinocap)

### *Rodenticidas*

Los rodenticidas son un grupo de sustancias tóxicas empleadas para matar roedores. Los principales grupos son:

- Los rodenticidas empleados en anzuelos envenenados (por ejemplo, fosfuro de cinc, escila roja, calciferol, brometalín)
- Anticoagulantes de primera generación (por ejemplo hidroxicomarinas, warfarina, cumafuril, cumatetralil, indandionas, difacinona, clorofacinona)
- Anticoagulantes de segunda generación, incluidos hidroxil-cumarinas (por ejemplo difenacoum, bromadiolona, difetialona, brodifacum)

### *Otros plaguicidas*

- Bactericidas: Sustancias empleadas para matar bacterias (bactericidas) o para inhibir su crecimiento (bacteriostatos), como por ejemplo quinolonas, fluoroquinolonas, gatifloxacino y moxifloxacina
- Acaricidas, incluyendo:
  - Compuestos de difeniloxazolina
  - Compuestos de abamectina
  - Clase de piridazinona
- Nematicidas, incluyendo:
  - Hidrocarburos alifáticos halogenados
  - Compuestos relacionados con los metilisotiocianatos
  - Organofosfatos
  - Carbamatos

### *Bioplaguicidas*

Los bioplaguicidas son un tipo de plaguicida derivado de microorganismos patógenos (por ejemplo, bacterias, virus, hongos, protozoos, rickettsia y nematodos). A menudo se denominan plaguicidas biológicos o microbianos, mientras que los plaguicidas botánicos son aquellos derivados de plantas. Los bioplaguicidas se dividen en tres grupos:

- Los plaguicidas microbianos (microorganismos capaces de matar ciertas plagas), incluyendo insecticidas biológicos (por ejemplo, larvicidas microbianos bacilo esférico y bacilo thuringiensis israelensis)
- Los plaguicidas bioquímicos (sustancias naturales capaces de controlar las plagas por medios no tóxicos)
- Productos fitosanitarios (sustancias derivadas de material genético (por ejemplo bacilo thuringiensis) e incorporadas en las plantas.