

PROCESO DE FORMULACION

El proceso de formulación consiste, en general, en combinar un ingrediente activo concentrado, facilitado por un fabricante o un proveedor, con sustancias inertes para obtener las diversas formas del producto, por ejemplo, polvos finos, polvos, gránulos, comprimidos, concentrados emulsificables y aerosoles. Esas preparaciones pueden ser secas o húmedas.

Preparaciones secas

Los tipos más importantes de preparaciones secas son las bases de polvos finos o concentrados de polvos finos, polvos finos, polvos (solubles o para dispersión acuosa), gránulos y comprimidos. Los polvos finos y los polvos se fabrican mezclando un plaguicida de calidad técnica con el adecuado excipiente inerte (por ejemplo, sílice, azufre, cal, yeso, talco o arcilla). A veces se utiliza un excipiente líquido, como el keroseno. Si el ingrediente activo es un líquido, éste se introduce en el mezclador a través de una boquilla de pulverización.

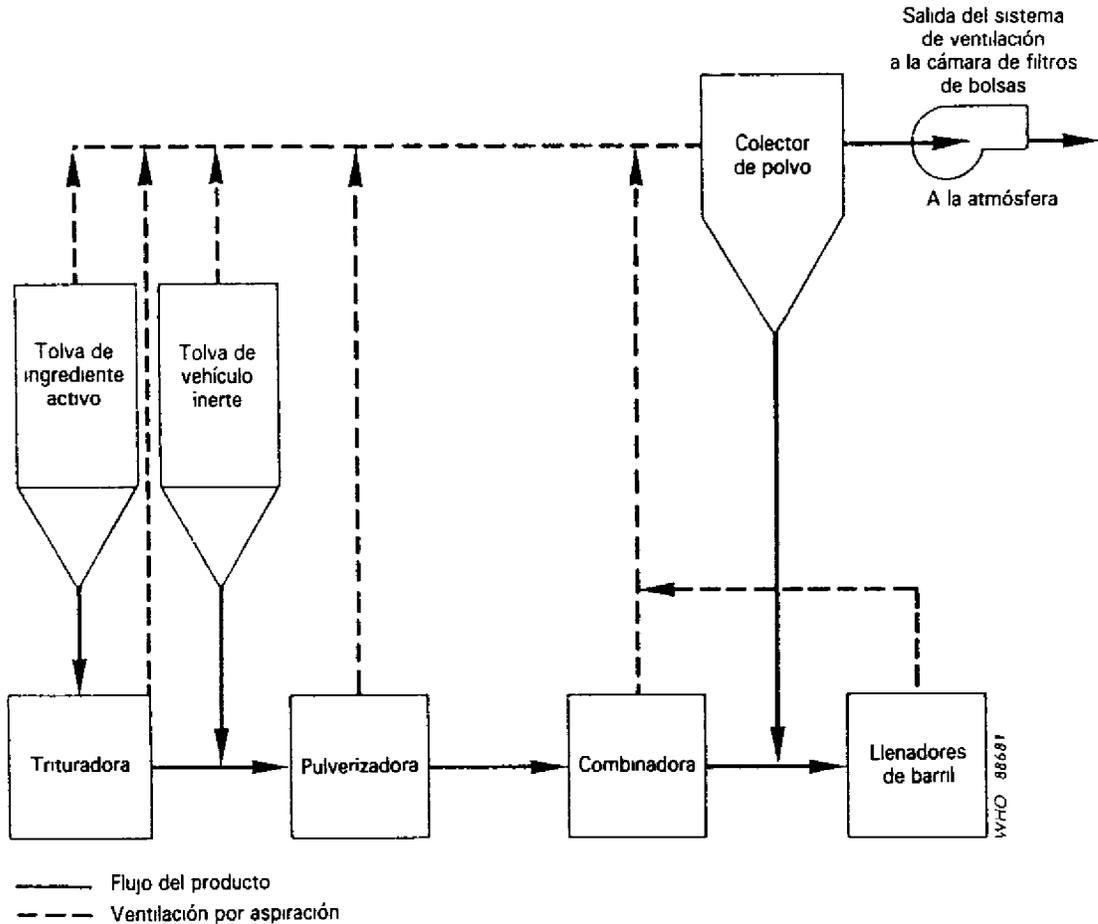
Las operaciones de un servicio de preparaciones secas se resumen en el Cuadro 1 y en las Figs. 1 y 2. Una vez realizada la premezcla (Fig. 1) se deja que madure antes de pasarla al servicio final de molido y mezclado (Fig. 2), donde se agregan los agentes estabilizadores y

Cuadro 1. Operaciones en la unidad de preparaciones secas

Sucesión de operaciones

Manejo de materiales de entrada
Colocación y almacenamiento de materiales de entrada
Transferencia de materiales a los operarios de la mezcla previa
Apertura de los recipientes
Llenado de los recipientes o las tolvas para la premezcla
Tratamiento previo a la mezcla (trituration en la unidad de trituración previa a la mezcla, véase la Fig. 1)
Transferencia de la mezcla a la combinadora o mezcladora
Mezcla, combinación y trituración en la unidad final de trituración y combinación
Almacenamiento de la combinación para su maduración
Transferencia de la combinación a la zona de envasado
Envasado y etiquetado de los productos combinados
Conservación y almacenamiento de los productos
Expedición de los productos
Descontaminación de derrames líquidos o sólidos
Tratamiento de emisiones (sólidas, líquidas o gaseosas)
Evacuación de desechos (sólidos, líquidos o gaseosos)

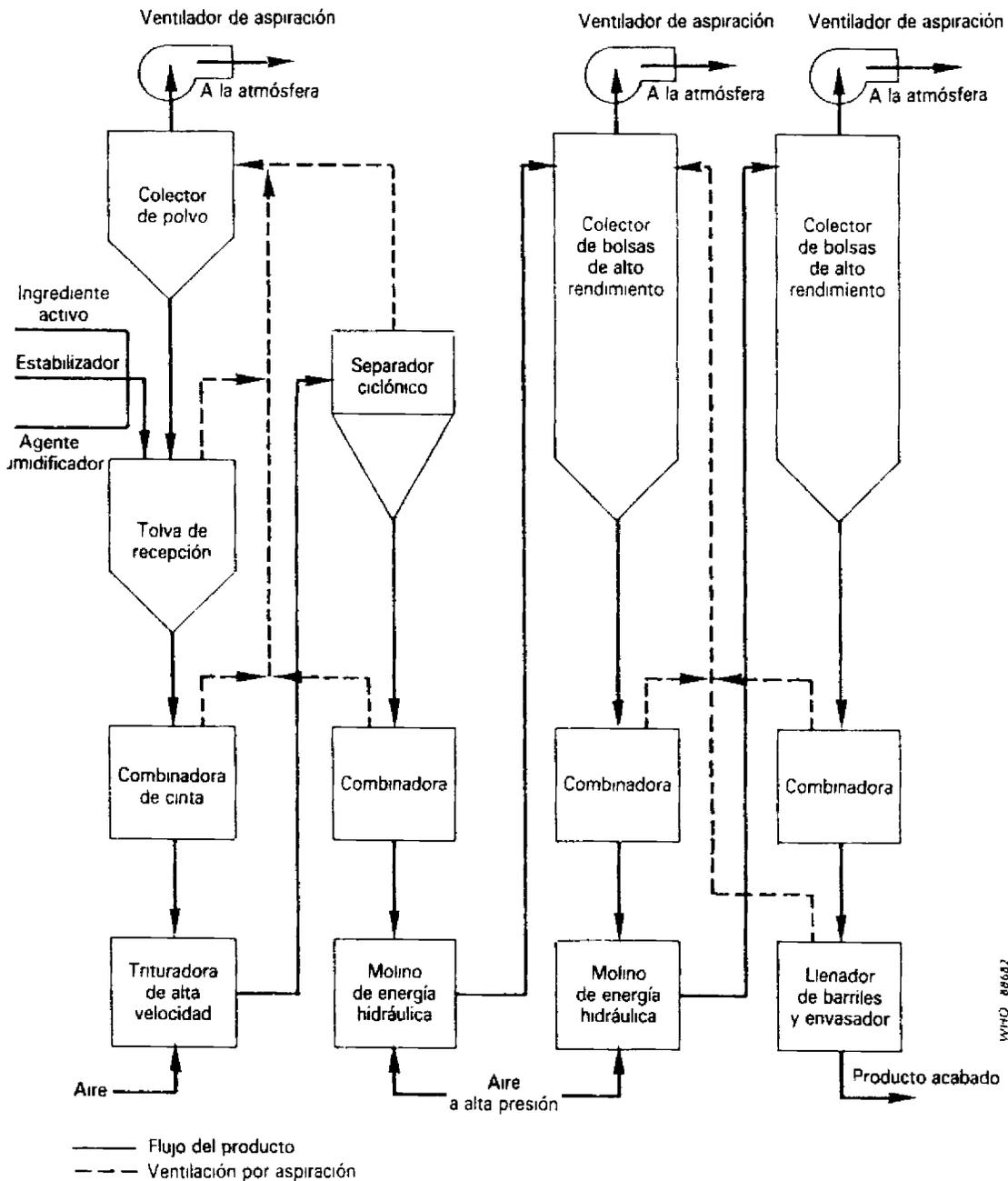
Fig. 1 Preparaciones sólidas – unidad de trituración previa a la mezcla
Reproducida con autorización del Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo,
Cincinnati, EE.UU



humidificantes. Después de mezclar en un mezclador de cinta, el producto se hace pasar a una trituradora de alta velocidad con cuchillas rotatorias que desmenuzan la mezcla del plaguicida. A continuación, un sistema de transporte neumático lleva el material a un separador ciclónico del cual cae a otra mezcladora. La mezcla se tritura en finas partículas mediante una corriente de aire a alta presión en una trituradora de energía hidráulica, y después se transporta por aire hasta un colector de saco de alto rendimiento. Este proceso de trituración se repite antes de rellenar y empaquetar los tambores.

Las emisiones de partículas constituyen el principal riesgo de las operaciones de trituración y mezcla, y para controlarlo lo más eficaz es la ventilación por aspiración con un sistema de filtros de bolsas. Normalmente las salidas de las tolvas de alimentación, trituradoras, pulverizadoras, mezcladoras, molidoras y cámaras ciclónicas se conectan por ventilación mecánica con filtros de bolsas donde se recupera el producto.

Fig. 2 Preparaciones sólidas – unidad de trituración final y combinación
 Reproducida con autorización del Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo, Cincinnati, EE.UU



Las principales causas o fuentes de exposición profesional (véase la página 16) son el manejo manual de plaguicidas de calidad técnica (sólidos y líquidos); las fugas de equipos de manejo de líquidos, por ejemplo, bombas, válvulas y manguitos; los derrames; las fugas de vapores; los procedimientos de limpieza y conservación; la reelaboración de productos que no satisfacían las especificaciones; y las operaciones de envasado.

Preparaciones líquidas

Los plaguicidas líquidos se presentan como soluciones (por ejemplo, soluciones en solventes o concentrados oleosos), emulsiones o suspensiones. El ingrediente activo sólido, en presencia de un agente emulsificante, se introduce en el sustrato líquido o bien el ingrediente activo líquido se mezcla en un diluyente. La mezcla se agita hasta alcanzar el estado deseado y el producto acabado se bombea al puesto de llenado de bidones para su envasado.

Entre los vehículos líquidos figuran solventes orgánicos, aceites y agua. Es esencial investigar las propiedades tóxicas del vehículo para determinar si éste puede ser peligroso para la salud. Los vehículos líquidos pueden ofrecer otros riesgos, como los de incendio o de explosión. Entre los solventes que se utilizan como vehículos figuran hidrocarburos aromáticos (por ejemplo, xileno o nafta aromática pesada), isopropanol, ciclohexano y keroseno. Los aceites más comúnmente empleados como solventes son el fuel oil y el aceite diesel.

Ciertas preparaciones líquidas (por ejemplo, concentrados acuosos y suspensiones para dispersión acuosa) están constituidas por sustancias químicas plaguicidas disueltas en agua. Pero ciertos concentrados hidrosolubles, como los insecticidas de éster fosfórico, no están diluidos en agua sino en un solvente polar.

En el Cuadro 2 se resumen las operaciones más frecuentemente realizadas para las preparaciones líquidas y la Fig. 3 muestra una típica unidad de preparaciones líquidas.

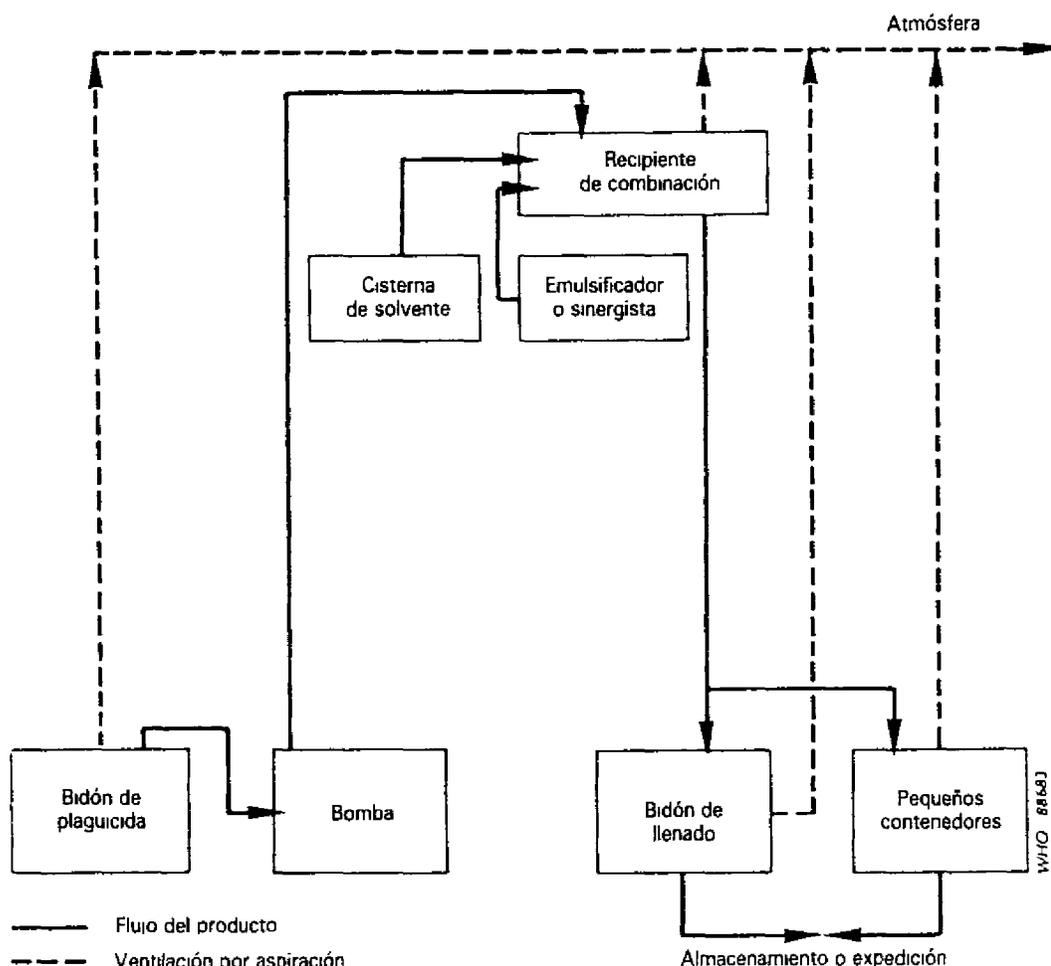
Los recipientes de mezcla (tanques para mezcla por lotes) son con frecuencia abiertos, disponen de un agitador estándar y pueden estar provistos de un sistema de calentamiento/refrigeración. Cuando se va a utilizar un material técnico sólido, antes de agregarlo al recipiente

Cuadro 2. Operaciones en la unidad de preparaciones líquidas

Sucesión de operaciones

Manejo de los materiales de entrada
Depósito y almacenamiento de los materiales de entrada
Transferencia de los materiales de entrada a la premezcla
Pesado del concentrado
Pesado del solvente o emulsificante
Transferencia del concentrado, solvente o emulsificador a la combinadora o mezcladora
Mezcla y combinación
Filtración
Transferencia de la combinación al envase
Envasado y etiquetado de los productos combinados
Colocación y almacenamiento de los productos
Expedición de los productos
Descontaminación de los vertidos
Tratamiento de las emisiones (sólidas, líquidas o gaseosas)
Evacuación de los desechos (sólidos, líquidos o gaseosos)

Fig. 3 Una unidad típica de preparaciones líquidas
 Tomado de Technical Bulletin No. AG-1b Monsanto Company Agricultural Division, St Louis, Missouri, EE.UU Adaptado con la amable autorización de Monsanto Company.



de mezcla se requiere un proceso de fusión. En general, los plaguicidas de calidad técnica, hasta que van a utilizarse, se conservan en sus envases originales en la sección de almacenamiento de la planta. Los solventes se guardan normalmente en tanques al granel y a partir de éstos se mide la cantidad deseada, que se vierte al recipiente de mezcla. Los agentes mezcladores (por ejemplo, emulsificantes y sinergistas) se agregan directamente.

El plaguicida preparado se puede bombear a una cisterna de retención antes de pasarlo a los bidones o a pequeños recipientes para su expedición. Muchos preparados líquidos han de ser filtrados antes de su envasado para separar precipitados y otros contaminantes sólidos.

Otros tipos de preparaciones

Existen otros tipos de preparaciones que se destinan a fines especiales. Entre ellos figuran aerosoles, productos para el tratamiento de semillas, cebos envenenados, preparaciones encapsuladas, preparaciones plásticas y mezclas de fertilizantes y plaguicidas.

RIESGOS DE LA FORMULACION Y EL ENVASADO

Las investigaciones realizadas y la experiencia demuestran que los plaguicidas se pueden preparar en condiciones de seguridad siempre que se observen las precauciones recomendadas. Pero un accidente o el descuido de alguna de esas precauciones puede dar lugar a intoxicaciones o a otros efectos adversos en las personas y en el medio ambiente. Para poder comprender mejor cómo se aplica la tecnología de control es preciso tener cierto conocimiento de los riesgos propios de la exposición profesional en plantas de preparación de plaguicidas, así como de las principales fuentes de exposición.

Toxicidad

El riesgo más importante de las preparaciones de plaguicidas es la intoxicación aguda. Los productos químicos utilizados como plaguicidas son venenosos para ciertos sistemas biológicos, ya que si no no servirían como agentes de control de plagas. Todos los años se intoxican varias personas y algunas fallecen por haber utilizado plaguicidas de manera errónea o por una excesiva exposición accidental (2-5). En diversas publicaciones se exponen con detalle los efectos tóxicos de la exposición a los plaguicidas (14-17).¹

La intoxicación general suele ser el riesgo más grave asociado a la preparación y envasado de plaguicidas, pero existen otros peligros como irritaciones agudas o crónicas o inflamación de la piel, ojos y tracto respiratorio, así como ocasionales reacciones alérgicas. No sólo los ingredientes activos presentan riesgos sino también algunos de los inactivos, por ejemplo el talco y el sílice o los vapores de solventes. Por eso es importante que se conozcan las propiedades de todos los componentes de una preparación plaguicida.

Se ha concertado un acuerdo internacional sobre una clasificación recomendada de los plaguicidas según sus riesgos tóxicos (18) y en el Anexo 1, página 75, se reproduce un extracto de este acuerdo.

¹ En la serie *Criterios de Salud Ambiental*, publicada por la OMS para el Programa Internacional de Seguridad de las Sustancias Químicas (IPCS), se puede hallar una fuente importante de información sobre toxicología de los plaguicidas. Ya se han publicado volúmenes dedicados a 35 plaguicidas y otros muchos están en preparación. La OMS y el IPCS han publicado además, en inglés, 35 guías de salud y seguridad (Health and Safety Guides). La Comisión de las Comunidades Europeas, en Luxemburgo, publica unas fichas internacionales de seguridad de sustancias químicas. Se puede obtener más información del servicio de Fomento de la Seguridad de las Sustancias Químicas, Organización Mundial de la Salud, 1211 Ginebra 27 Suiza.

Cada dos años la OMS revisa las listas de productos técnicos divididos por clases; la información actual figura en *The WHO recommended classification of pesticides by hazard and guidelines to classification, 1992-1993* (18). Varios países han preparado listas similares de forma que en cada uno de ellos debe hacerse referencia al servicio oficial encargado de informar sobre la clasificación de plaguicidas y reglamentos aplicables a su preparación, almacenamiento y transporte.

Inflamabilidad

Los solventes orgánicos son los más peligrosos en lo que respecta al riesgo de incendio. Desde el punto de vista del riesgo de inflamabilidad, las diversas sustancias se pueden clasificar por sus temperaturas de inflamación (Cuadro 3). En distintos países y en ciertas organizaciones internacionales se utilizan diversas clasificaciones de solventes. En el Cuadro 4 se expone una clasificación de muestra de sustancias inflamables y ciertos

Cuadro 3. Algunos solventes frecuentemente utilizados y sus temperaturas de inflamación

Solvente	Punto de inflamación (°C) (determinación en ambiente cerrado)
Acetona	-17,8
Butanol	28,9
Keroseno (inodoro)	79 ^a
Tolueno	4
Trementina	35
Xileno (mezcla)	25

^a El punto de inflamación del keroseno puede variar según la forma como se haya producido y pueden darse valores muy inferiores. Cuando se utilice el keroseno será preciso que el proveedor facilite información sobre su temperatura de inflamación y otras características importantes

Cuadro 4. Muestra de clasificación de sustancias inflamables^a

Clase	Temperatura de inflamación (°C)		Punto de ebullición inicial (°C)
	Determinación en ambiente cerrado	Determinación en ambiente abierto	
I Muy peligrosa	-18	-13	≤ 35
II Moderadamente peligrosa	-18 a +23	-13 a +27	>35
III Peligrosa a temperaturas elevadas	23 a 61	27 a 66	>35

^a Excepto para la última columna, la clasificación es de Panov & Pcolzov (19)

Tecnología de control aplicable a la formulación y el envasado de plaguicidas

plaguicidas líquidos pueden contener solventes de todas las clases citadas. Pueden utilizarse como solventes incluso gases licuados, por ejemplo en aerosoles en bote de pulverización.

La práctica correcta exige ante todo que nunca se permita la mezcla de aire y vapores inflamables. De todas formas deben tomarse todas las precauciones posibles para evitar toda fuente de ignición. Cuando existe una mezcla inflamable todo el equipo eléctrico debe estar a prueba de explosión o por lo menos a prueba de chispas. Se evitarán todos los instrumentos que tengan llamas abiertas o produzcan chispas. Tanto los trabajadores como los recipientes y el equipo tendrán toma de tierra para evitar acúmulos de electricidad estática que podrían descargarse en una chispa.

Muchos plaguicidas orgánicos en polvo, cuando se hallan finamente divididos en el aire, pueden explotar violentamente ante una ignición suficientemente energética. Fuentes de ignición son, sobre todo, los cuerpos extraños que entran en trituradoras rápidas, fuegos o explosiones de mezclas de solvente y aire. Los polvos y los polvos finos depositados sobre los bordes de objetos pueden liberarse al ser sacudidos por una primera explosión y contribuir a una explosión secundaria aún más violenta. Por consiguiente, es esencial mantener una buena limpieza que evite toda acumulación de polvo. Será preciso mantener libres de polvo todas las superficies, inclusive las que se hallen en los espacios del tejado.

Fuentes de exposición

Algunas de las más frecuentes fuentes posibles de exposición profesional a plaguicidas son las que siguen:

<i>Operación</i>	<i>Fuente de exposición</i>
1. Manipulación de materiales de entrada	Derrames y fugas durante el vaciado y la evacuación de los recipientes; desplazamiento de aire contaminado.
2. Mantenimiento y almacenamiento de materiales de entrada.	Agujeros de ventilación; fugas durante la transferencia; dispersión por el fuego.
3. Movimiento o transferencia de líquidos dentro de la planta.	Fugas a través de cierres, cojines o juntas mal adaptadas.
4. Movimiento o transferencia de líquidos dentro de la planta.	Fugas a través de cierres y juntas; salidas de vapores desplazadas.
5. Modificaciones de tamaño de sólidos (desechado, trituración).	Fugas a través de cojines y cierres; durante la limpieza.
6. Mezclado y preparación de sólidos.	Fugas; derrames durante la transferencia, la carga, la inspección y la limpieza.
7. Mezclado y preparación de líquidos.	Fugas; derrames durante la transferencia, desplazamiento de vapores, inspección y limpieza.

Riesgos de la formulación y el envasado

<i>Operación</i>	<i>Fuente de exposición</i>
8 a) Muestreo para el control de calidad b) Análisis de laboratorio	Derrames, válvulas mal obturadas, puntos de muestreo abiertos Procesos químicos sobre superficies abiertas, campana de extracción de humos
9 Envasado del producto-sólidos.	Polvos procedentes del ensacado y de las válvulas, recipientes rotos, recipientes demasiado llenos
10 Envasado del producto-líquidos	Fugas de los recipientes, goteos, derrames del contenido de los recipientes, recipientes demasiado llenos
11 Almacenamiento	Recipientes contaminados, derrames, recipientes rotos
12 Expedición.	Recipientes rotos, derrames; recipientes con fugas
13. Control de emisiones de aire	Polvos
14 Evacuación de desechos líquidos	Desechos
15 Evacuación de desechos sólidos	Desechos
16 Limpieza de los locales	Polvo redepositado (es decir, polvo que se había removido y vuelve a depositarse)
17 Mantenimiento y reparaciones	Equipo, residuos de plaguicidas, solventes y otros materiales de limpieza, operaciones de fundido, etc
18 Limpieza de la planta para cambiar el producto	Residuos de plaguicidas, materiales de limpieza, etc.

PRINCIPIOS GENERALES DE LA TECNOLOGIA DE CONTROL

Pese a la diversidad de las fábricas de plaguicidas, en lo que se refiere a sus tipos, volúmenes de producción, modernidad tecnológica, calidad de la dirección y tamaño de la plantilla y nivel de formación de ésta, casi todas las instalaciones de preparación y envasado de plaguicidas tienen en común las siguientes características:

- En general el equipo se utiliza para más de un producto y, por consiguiente, es necesario proceder a limpiezas.
- Se utiliza gran número de productos químicos tóxicos e inflamables.
- Aunque la mayor parte de los procesos de producción son continuos, en el ramo industrial de los plaguicidas la mayor parte de las operaciones de reacción, combinación y mezclado son operaciones por lotes. Esto puede aumentar el riesgo de exposición ya que en el procesamiento por lotes los materiales se han de manipular con mayor frecuencia.

Programas de control administrativo

Para la puesta en práctica de un programa efectivo de control, probablemente el factor más importante es el interés de los dirigentes. Para una protección completa de los trabajadores en una planta de plaguicidas será preciso que los controles técnicos cuenten con el apoyo de una gerencia eficaz.

Mediante la educación y capacitación, tanto los dirigentes como los empleados pueden llegar a darse cuenta de los riesgos profesionales a que están expuestos, así como de la necesidad de que, tanto en situaciones habituales como en casos de emergencia, se respeten las medidas de control que permiten evitar enfermedades o lesiones profesionales.

Planificación del programa

La planificación y ejecución de un programa adecuado de control profesional y ambiental no son nada sencillas. Si no se cuenta con un

personal suficientemente calificado, será preciso recurrir a la ayuda de consultores. Estos deben ser conocidos y aceptados por los organismos de reglamentación que tengan autoridad en la fábrica y deben tener una experiencia suficiente dentro del ramo industrial de los plaguicidas. En ciertos países los consultores han de tener una licencia oficial o un certificado equivalente. Si no existe una organización nacional adecuada, para la selección de consultores puede recurrirse al asesoramiento de otras fuentes, como la Organización Mundial de la Salud o la Organización Internacional del Trabajo. Está disponible una orientación de tipo general sobre componentes deseables en un programa ambiental (20), planificación de un programa de salud ocupacional (21), y evaluación del programa (22).

Educación y formación

Todo el personal que trabaja en plantas de plaguicidas debe recibir una buena formación al asumir su empleo y después, a intervalos regulares, programas de capacitación que eviten la aparición de prácticas peligrosas de trabajo (23-25).

El programa de formación completo incluirá los siguientes elementos.

1. *Formación previa al empleo*

Se procederá a un estudio de las características básicas de los distintos tipos de materiales que van a manipularse en el ejercicio del empleo, así como de los riesgos que comportan. Se discutirán las normas generales de seguridad y salud y las prácticas especiales de higiene personal. Es asimismo importante impartir instrucciones acerca de cómo colocarse y cuidar la mascarilla de respiración, con una demostración y explicación del modo de funcionamiento y reemplazamiento del cartucho.

Además de tratar asuntos generales de salud y seguridad, en la formación previa se explicarán los procedimientos de vigilancia médica y se darán detalles acerca de la capacidad de inflamación o de explosión de los productos secundarios, así como acerca de los signos y síntomas de la exposición a plaguicidas. Se aconsejará a los empleados que comuniquen a su empleador la aparición de cualquier signo, síntoma o proceso inhabitual.

2. *Formación en el empleo*

La formación en el empleo se centrará en la utilización en condiciones de seguridad de los instrumentos y equipo de procesamiento, el uso y conservación adecuados del equipo de protección personal, y los procedimientos adecuados para la

manipulación de materiales y la limpieza de derrames. Deberá concederse atención especial a la demostración de los métodos y a las observaciones necesarias para detectar la presencia o liberación de materiales tóxicos en el lugar de trabajo.

3. *Formación continua*

Nunca se exagerará la importancia que tiene la formación continua. Este tipo de formación se debe planear cuidadosamente y consistirá en reuniones periódicas de los empleados, donde se discutirán diferentes temas, como seguridad, riesgos para la salud, uso de la mascarilla de respiración, derrames de emergencia, procedimientos de escape, normas de higiene y primeros auxilios. Además, el personal de supervisión se reunirá sistemáticamente para revisar las normas de seguridad y salud y formular cualquier nuevo procedimiento que resulte necesario.

Planificación de urgencia

Cuando se produzcan incendios, explosiones, derrames o cualquier otro tipo de accidente, se pensará ante todo en proteger a los trabajadores y a la población de toda exposición a plaguicidas. Se ha de preparar por escrito un plan para situaciones de urgencia que todos los empleados deben conocer a fondo. El plan se ha de ocupar de los siguientes extremos:

- Procedimientos para dar la alerta y evacuar los locales.
- Servicios de primeros auxilios, incluida la utilización de equipos de oxígeno y reanimación.
- Transporte de urgencia a instalaciones de atención de salud.
- Acuerdos previos con alguna instalación médica de la localidad para el tratamiento de urgencia de afecciones causadas por la exposición a plaguicidas.
- Notificación a los servicios de bomberos, policía y cualquier otra organización (por ejemplo, autoridades medioambientales) con responsabilidades en caso de catástrofe.

Es esencial que todos estos planes cuenten con el acuerdo de las autoridades competentes.

El empleador ha de adoptar las medidas necesarias para asegurarse de que los empleados conocen y respetan los siguientes procedimientos:

1. Si se produce un derrame de un plaguicida muy tóxico:

- Se evacuará del lugar del derrame o la fuga a todo el personal no esencial y se parará la pérdida.
 - El lugar del derrame se ventilará de manera que se evite la acumulación de vapores.
 - Si se trata de un plaguicida en forma líquida, el producto se recogerá y absorberá en vermiculita, arena seca, tierra o material inerte similar.
2. A todas las personas que hayan de entrar en la zona del derrame se les dotará de los adecuados equipo y ropas de protección.
 3. Sólo las personas que estén especialmente capacitadas para hacer frente a situaciones de urgencia como la presente estarán autorizadas a cortar las fuentes de emisión del plaguicida, limpiar los derrames, controlar y reparar las fugas o luchar contra el incendio en zonas donde haya material plaguicida.
 4. La planta deberá contar con una reserva de material de primeros auxilios para el tratamiento de los trabajadores contaminados. Entre ese material figurará:
 - Duchas de alto rendimiento y surtidores para lavado de ojos.
 - Medios para el transporte de urgencia a instalaciones de atención de salud.
 - Equipo de oxígeno y reanimación y los antídotos que pudieran ser necesarios.

Precauciones contra incendios

La mayor parte de los compuestos organofosforados tienen un punto de inflamación elevado y, por consiguiente, ofrecen escaso riesgo de incendio. Pero, en cambio, los solventes que se usan en las preparaciones son con frecuencia inflamables y requieren precauciones especiales contra incendios. Además, algunos compuestos organofosforados se pueden descomponer violentamente a temperaturas elevadas (por ejemplo, el metilparation a unos 120°C). Por consiguiente, nunca se aplicará una fuente de calor directamente a los bidones que contengan plaguicidas concentrados.

Si un incendio afecta a productos que contengan compuestos organofosforados, todas las personas que se encuentren en el lugar deberán usar un equipo completo de ropa protectora contra incendios y una mascarilla respiratoria con demanda de oxígeno o toma de aire

para evitar la contaminación cutánea o la inhalación de materiales tóxicos. Las autoridades responsables estarán en condiciones de dar la alerta inmediata y, si es necesario evacuar, a todos los residentes que se hallen a sotavento de la zona incendiada.

Antes de que el personal de lucha contra incendios se acerque a un fuego que afecte a un compuesto organofosforado, deberá ser informado del peligro suplementario que supone la naturaleza tóxica del producto. Esto es asimismo aplicable a los incendios que afectan a materiales clorados y compuestos orgánicos, como ácido clorídico y fosgeno, que pueden plantear problemas tan graves como los de los compuestos organofosforados. Por consiguiente, se informará al personal de lucha contra los incendios de todos los productos químicos que se hallan en la zona incendiada y en todo caso deberán siempre llevar una protección respiratoria. Toda persona afectada por contaminantes del aire en el momento de luchar contra un incendio en esas condiciones deberá ser sometida a tratamiento médico especializado.

En el Anexo 2, página 79, se da una lista de muestra de las muchas precauciones que pueden adoptarse para una mayor seguridad.

Programas de tecnología de control

La más importante de las funciones de los sistemas de control ambiental es la protección de la salud humana. Los plaguicidas y otras sustancias peligrosas presentes en las instalaciones de preparación y envasado no sólo pueden causar trastornos e incluso muertes entre los trabajadores sino que además suponen un riesgo de contaminación ambiental general. El riesgo de exposición de los trabajadores a sustancias peligrosas y el control de las emisiones de esas sustancias al medio ambiente exige que se haga un examen conjunto de los controles de ingeniería y la tecnología de control.

Es preciso controlar las partículas o gases peligrosos que se liberan durante los procesos de preparación y envasado evitando que pasen a la zona de trabajo de la planta. Para ello lo más frecuente es que se instalen sistemas de ventilación por aspiración. Con esos sistemas se habrán de instalar asimismo dispositivos de limpieza del aire o colectores como filtros de bolsas, que eviten la exposición de la población, el daño al medio ambiente exterior a la planta o el regreso del aire contaminado a las instalaciones de preparación.

Para prevenir la exposición de los trabajadores y la contaminación atmosférica, los sistemas que controlan los procesos y las emisiones deben estar estrechamente integrados desde el momento en que se

reciben las materias primas en la planta hasta el momento en que el producto final se envasa, almacena y expide.

La mejor forma de conseguir un lugar de trabajo seguro consiste en incorporar a una nueva construcción las adecuadas medidas de salud y seguridad. Convendrá dejar siempre un margen de seguridad ya que en cualquier momento se puede hacer una reevaluación de la toxicidad de los plaguicidas y otros productos químicos y de los niveles máximos admisibles para la exposición humana. Los estudios epidemiológicos han puesto de manifiesto que la exposición a productos químicos que antes se consideraban bastante inocuos puede tener en realidad graves efectos.

Principios de control

La exposición respiratoria profesional se puede reducir al mínimo aplicando cierto número de principios de control bien conocidos (Cuadro 5). Los controles aplicados en el punto de origen del peligro

Cuadro 5. Principios de control

Punto de aplicación de la medida de control	Medida de control ^a
En la planificación, construcción o ampliación de una planta	Selección del lugar Disposición y diseño de la planta
En la fuente de riesgo o cerca de ella	Sustitución (reemplazamiento de materiales peligrosos por otros que no lo sean o que lo sean menos) Diseño y modificación del proceso Diseño y modificación del equipo Aislamiento del proceso Ventilación local por aspiración
En el lugar de trabajo	Cuidado de los locales Mantenimiento Ventilación general
Junto al trabajador o cerca de él	Aislamiento de los trabajadores Prácticas laborales Higiene personal Ropas y dispositivos de protección personal
Emisiones a la atmósfera fuera de la planta ^b	Sustitución Cierre (aislamiento) Destrucción Reducción (recirculación) Dilución Limpieza del aire

^a Entre los componentes importantes de un sistema completo de control para la preparación de plaguicidas figuran una vigencia del proceso o del lugar de trabajo, sistema de alarma, educación de trabajadores y dirigentes en materia de salud del trabajo, y vigilancia de los controles para asegurar que se utilizan y mantienen en buenas condiciones.

^b En la presente publicación no se trata a fondo el problema del control de las emisiones, pero es importante que se tenga en cuenta para evitar que los riesgos del interior de la planta se transfieran a las comunidades vecinas

Tecnología de control aplicable a la formulación y el envasado de plaguicidas

o cerca de él son siempre más eficaces que los que se aplican en el ambiente general del lugar de trabajo o en el trabajador. Pero la mayor parte de los riesgos profesionales requieren controles en los tres puntos mencionados. Esos controles deben funcionar conjuntamente como un sistema integrado y coordinado si se quiere proteger a los trabajadores tanto en las condiciones normales de funcionamiento de la planta como durante los accidentes o las operaciones de mantenimiento. Las medidas de control que se enumeran en el Cuadro 5 se examinan con más detalle en la sección sobre tecnología de control, página 25.