



TOGETHER
for a sustainable future

OCCASION

This publication has been made available to the public on the occasion of the 50th anniversary of the United Nations Industrial Development Organisation.



TOGETHER
for a sustainable future

DISCLAIMER

This document has been produced without formal United Nations editing. The designations employed and the presentation of the material in this document do not imply the expression of any opinion whatsoever on the part of the Secretariat of the United Nations Industrial Development Organization (UNIDO) concerning the legal status of any country, territory, city or area or of its authorities, or concerning the delimitation of its frontiers or boundaries, or its economic system or degree of development. Designations such as “developed”, “industrialized” and “developing” are intended for statistical convenience and do not necessarily express a judgment about the stage reached by a particular country or area in the development process. Mention of firm names or commercial products does not constitute an endorsement by UNIDO.

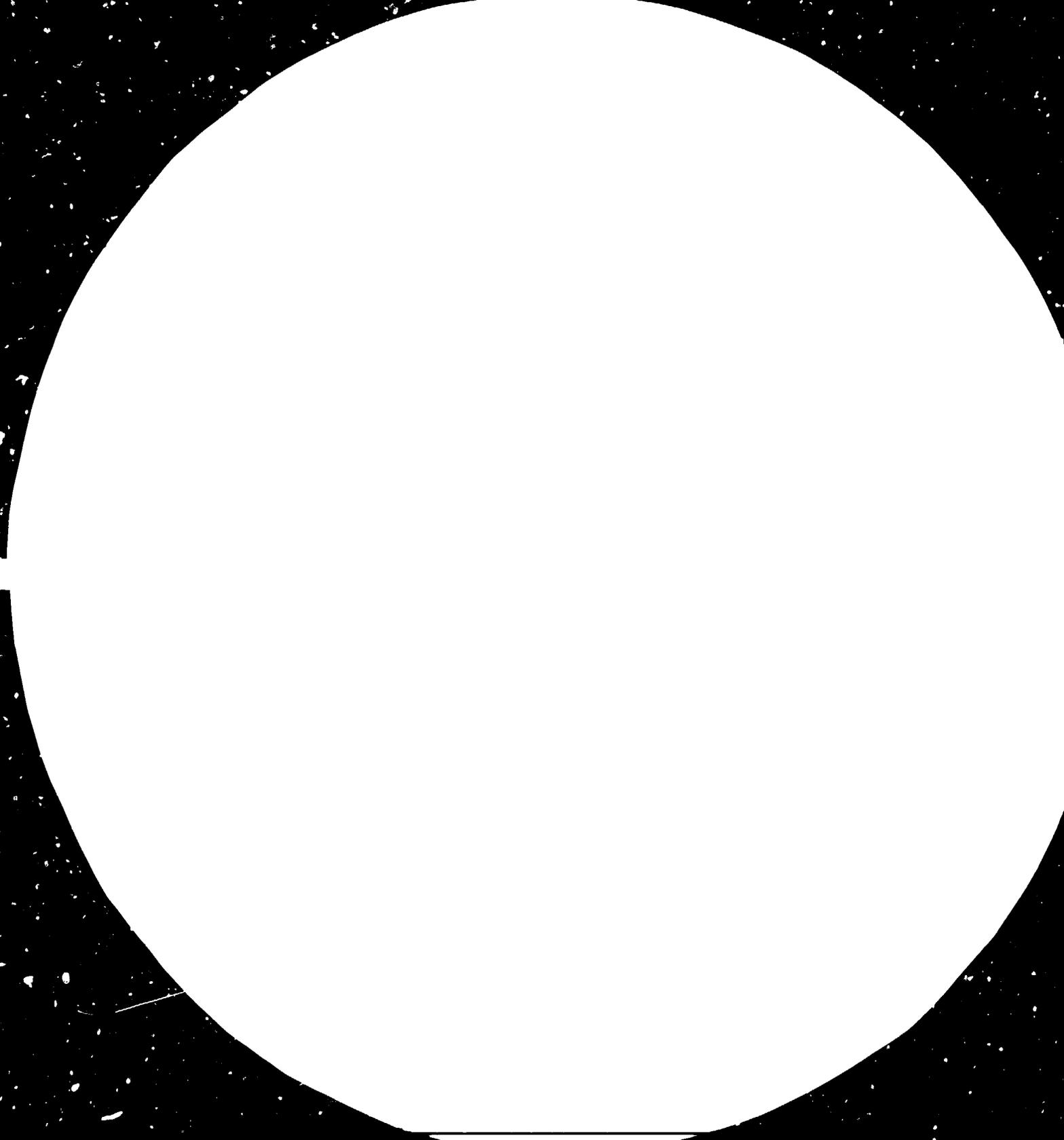
FAIR USE POLICY

Any part of this publication may be quoted and referenced for educational and research purposes without additional permission from UNIDO. However, those who make use of quoting and referencing this publication are requested to follow the Fair Use Policy of giving due credit to UNIDO.

CONTACT

Please contact publications@unido.org for further information concerning UNIDO publications.

For more information about UNIDO, please visit us at www.unido.org





28



32



36



40



MICROSCOPY RESOLUTION TEST CHART
NATIONAL BUREAU OF STANDARDS-1963-A
STANDARD REFERENCE MATERIAL 1963-A
ANSI # Z39-18 TEST CHART NO. 1010

Formulación de plaguicidas en países en desarrollo

13238-S



NACIONES UNIDAS

10/297

1987

FORMULACION DE PLAGUICIDAS EN PAISES EN DESARROLLO

ORGANIZACION DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO INDUSTRIAL
Viena

**FORMULACION
DE PLAGUICIDAS
EN
PAISES EN DESARROLLO**



NACIONES UNIDAS
Nueva York, 1984

Los artículos firmados que se incluyen en esta publicación sólo expresan las opiniones de sus autores, y no reflejan necesariamente el punto de vista de la Secretaría de las Naciones Unidas. El material contenido en la presente publicación puede citarse o reproducirse sin restricciones, siempre que se indique el origen y se remita un ejemplar de la obra en que aparezca.

Las denominaciones empleadas en esta publicación y la forma en que aparecen presentados los datos que contiene no implican, de parte de la Secretaría de las Naciones Unidas, juicio alguno sobre la condición jurídica de ninguno de los países o territorios citados o de sus autoridades, ni respecto de la delimitación de sus fronteras.

La mención de empresas en la presente publicación no entraña juicio alguno sobre ellas ni sobre sus productos por parte de las Naciones Unidas.

ID/297

PUBLICACION DE LAS NACIONES UNIDAS

Núm. de venta: S.83.II.B.3

01550P

Prefacio

Gran parte de los 4.000 millones de habitantes del mundo sufre grave malnutrición. Algunos incluso mueren de hambre. Para alimentar la población de 6.000 millones de personas prevista para fines de siglo se necesitará un espectacular aumento de la producción agrícola. El control, antes y después de la cosecha, de las plagas y enfermedades agrícolas constituye un factor de importancia decisiva para que este aumento sea posible.

Los plaguicidas, aunque sólo representan un elemento de lo que se conoce como gestión integrada de plagas, poseen demostrada eficacia para aumentar el rendimiento de los cultivos y evitar su pérdida, antes y después de la cosecha, así como en lo relativo a los programas de salud pública. Su utilización continua y creciente parece asegurada, a condición de que se tengan debidamente en cuenta la seguridad del usuario, del consumidor y del medio ambiente.

La producción industrial de ingredientes plaguicidas activos requiere inversiones en instalaciones y pericia humana. Los relativamente escasos países en desarrollo que poseen una industria química básica son capaces de producir plaguicidas en gran escala, por cuenta propia o con asistencia tecnológica y financiera. Muchos de los que carecen de una industria química básica pueden por lo menos formular plaguicidas a partir de ingredientes activos importados y envasar y etiquetar los productos acabados con destino a sus mercados locales. Los países en desarrollo que ni fabrican ni formulan plaguicidas, sino que recurren a la importación de productos acabados podrían, orientados y apoyados, establecer las instalaciones necesarias. Al publicar el presente manual la ONUDI trata de cumplir su mandato de ofrecer asesoramiento y orientación con respecto a temas industriales concretos como éste.

La formulación de plaguicidas puede variar desde la producción relativamente sencilla de productos espolvoreables a la fabricación muy perfeccionada de, por ejemplo, productos fluidos. Pero en todos los casos es preciso cumplir especificaciones y evitar peligros, ya que por definición los plaguicidas son productos tóxicos. En el presente manual figura información autorizada sobre esos temas para funcionarios de países en desarrollo que deban decidir acerca del establecimiento de instalaciones de formulación de plaguicidas, así como para las personas directamente relacionadas con la planificación y funcionamiento de esas instalaciones y quienes tengan que establecer normas para la utilización segura de los productos fabricados.

Si el presente manual contribuye a evitar la contaminación de un curso de agua ocasionada por la eliminación imprudente de plaguicidas o libra a un solo trabajador de los peligros inherentes al manejo de plaguicidas en una fábrica o en el campo, su utilidad habrá quedado demostrada. Si el alentar la formulación y utilización juiciosa de plaguicidas en los países en desarrollo contribuye a aumentar la producción agrícola y a fomentar la salud pública, habrá alcanzado el más noble de sus objetivos.

ABD-EL RAHMAN KHANE
Director Ejecutivo

Prólogo

Como resultado de la labor iniciada en 1979 por el Consejo Industrial para el Desarrollo (CID) con la ONUDI y la Agencia para el Desarrollo Internacional (AID), de Washington, esta última acordó conceder una donación al CID para que la ONUDI pudiera publicar el presente libro.

En 1972, una publicación de la ONUDI¹ presentó diversas conferencias pronunciadas en 1969 y 1970 en una serie de programas de capacitación en el trabajo patrocinados por la ONUDI sobre el tema de la producción y formulación industriales de plaguicidas en los países en desarrollo.

En 1979, dicha publicación se encontraba agotada y, en algunos aspectos, algo anticuada. El tema, en cambio, se considera de importancia creciente.

En el presente volumen, en el que se revisa el tema objeto de la anterior publicación, figuran muchas novedades, incluidos capítulos con contenido económico y comercial. Se ponen especialmente de relieve los aspectos de la seguridad para el trabajador de la fábrica, el usuario y el medio ambiente, y se dedica un capítulo al etiquetado y envasado. En un último capítulo se destaca la responsabilidad de los funcionarios encargados de reglamentar la utilización de plaguicidas y se sugieren medios para desempeñar esta labor.

Se agradece a los autores sus contribuciones y a los funcionarios de la AID, la Organización Internacional del Trabajo, la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación y la Organización Mundial de la Salud el tiempo que dedicaron a leer los borradores de los textos y utilizaron su experiencia para proponer diversas adiciones y modificaciones. A reserva de las opiniones expresadas por los autores, la responsabilidad del texto definitivo corresponde a la ONUDI.

La preparación del texto para su publicación estuvo a cargo de Alan Maier, consultor del CID y ex miembro de la Junta de Imperial Chemical Industries, Plan Protection Division, Fernhurst (Reino Unido de Gran Bretaña e Irlanda del Norte), y de Gunter Zweig, Visiting Scholar de la Universidad de California, School of Public Health, Berkeley, California (Estados Unidos de América), quien participó directamente en la preparación de la publicación de 1972.

¹*Producción y formulación industriales de plaguicidas en países en desarrollo*, vol. I, *Principios Generales y Formulación de Plaguicidas* (publicación de las Naciones Unidas, número de venta: S.72.II.B.5).

NOTA EXPLICATIVA

En los cuadros se han empleado los siguientes signos:

Los puntos (. . .) indican que los datos faltan o no constan por separado.

La raya (—) indica que la cantidad es nula o despreciable.

Además de las abreviaturas, símbolos y términos comunes, en esta publicación se han utilizado los siguientes:

Organizaciones

AOAC	Association of Official Analytical Chemists
CICAP	Consejo Internacional para la Colaboración en los Análisis de Plaguicidas
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación
EPA	Environmental Protection Agency
NACA	National Agricultural Chemicals Association

Abreviaturas técnicas

CGL	Cromatografía gas líquido
CLAP	Cromatografía líquida de alta presión
LI	Lucha integrada
CCD	Cromatografía en capas delgadas
VUB	Volumen ultrabajo

INDICE

<i>Capitulo</i>	<i>Página</i>
I. FUNCION DE LOS PLAGUICIDAS EN LOS PAISES EN DESARROLLO <i>Gunter Zweig y Arnold L. Aspelin</i>	1
II. PRINCIPIOS DE LA FORMULACION DE PLAGUICIDAS <i>John Flanagan</i>	15
III. ASPECTOS TECNICOS Y AMBIENTALES RELATIVOS AL EMPLAZAMIENTO, LA CONSTRUCCION Y EL FUNCIONAMIENTO DE UNA PLANTA DE FORMULACION DE PLAGUICIDAS <i>Kozo Tsuji, Takayoshi Maeda, Yukikazu Okamoto y Seizo Sumida</i>	73
IV. CRITERIOS CLAVES DE DECISION PARA ESTABLECER UNA PLANTA DE FORMULACION LOCAL <i>C. F. J. Kohll y L. S. Dollimore</i>	106
V. COMERCIALIZACION Y DISTRIBUCION <i>M. N. Hill</i>	133
VI. ESTABLECIMIENTO DE UN LABORATORIO DE PLAGUICIDAS <i>D. P. Nag</i>	142
VII. PRINCIPIOS DE ANALISIS DE FORMULACIONES PLAGUICIDAS <i>W. R. Bontoyan</i>	151
VIII. EL CONTROL DE CALIDAD EN LA PRODUCCION DE PLAGUICIDAS <i>Mason H. Woolford, Jr.</i>	161
IX. NORMAS DE ACEPTACION INTERNACIONAL RELATIVAS A LA SEGURIDAD INDUSTRIAL EN LA EXPLOTACION DE PLANTAS DE FORMULACION DE PLAGUICIDAS <i>M. G. Srivastava</i>	173

<i>Capítulo</i>	<i>Página</i>
X. HIGIENE DEL TRABAJO E HIGIENE INDUSTRIAL EN LAS PLANTAS DE FORMULACION DE PLAGUICIDAS <i>Karl M. Naef</i>	183
XI. LA SEGURIDAD EN EL ALMACENAMIENTO, TRANSPORTE Y ELIMINACION DE LOS PLAGUICIDAS Y DE LOS ENVASES <i>Malcolm Harmer y Homer R. Wolfe</i>	194
XII. ETIQUETADO Y EMBALAJE: RESPONSABILIDAD DEL FORMULADOR ANTE EL USUARIO <i>Richard Reynolds</i>	209
XIII. PROCEDIMIENTOS DE REGLAMENTACION DE LOS PLAGUICIDAS EN LOS PAISES EN DESARROLLO <i>Jan de Bruin</i>	229

I. Función de los plaguicidas en los países en desarrollo¹

Gunter Zweig* y Arnold L. Aspelin**

"... todo aquel que logre hacer crecer dos mazorcas de maíz o dos hierbas donde antes sólo crecía una, merecería mayor agradecimiento del género humano y prestaría a su país un servicio más importante que todos los políticos juntos."

Jonathan Swift, *Viajes de Gulliver*

Los plaguicidas constituyen un insumo de importancia capital para atender las necesidades mundiales de alimentos y un factor para superar los continuos periodos de graves déficit alimentarios registrados desde la segunda guerra mundial. La producción alimentaria mundial *per capita* disminuye, especialmente en los países en desarrollo, en los que la producción insuficiente y el hambre son endémicas. El índice de producción alimentaria por habitante en los países en desarrollo en 1980 fue el mismo que en 1970 (índice de 101 y 100, respectivamente) [1]. Durante el mismo período, la producción *per capita* de alimentos en los países desarrollados aumentó aproximadamente un 11%. La tasa de producción de alimentos en los países en desarrollo disminuye comparada con el crecimiento demográfico. El índice de producción *per capita* aumentó de 86 a 95 durante el decenio de 1950 y de 96 a 101 durante el de 1960, y no registró ningún aumento neto durante el decenio de 1970 [1].

Para empeorar la situación, se prevé que durante los decenios de 1980 y de 1990 los Estados Unidos de América, importante exportador de alimentos a los países en desarrollo, pase de ser un país de abundante oferta y capacidad excedentaria, como durante los decenios de 1960 y 1970, a una situación de oferta gradualmente decreciente [2].

La capacidad mundial de producción de alimentos depende de los siguientes factores: disponibilidad y utilización de la tierra e insumos afines; tecnología empleada para aumentar las cosechas, y en menor medida, rendimiento de la ganadería; meteorología; e incentivos, económicos y de otros tipos, ofrecidos a los productores.

*Dirección actual: School of Public Health, University of California, Berkeley, California.

**Benefits and Field Studies Division, Office of Pesticide Programs, Environmental Protection Agency, Washington, District of Columbia. Las opiniones expresadas en el presente capítulo son las de los autores y no reflejan necesariamente la política oficial de sus empleadores.

¹Algunas partes del presente capítulo figuran en "The world food problem", documento presentado en la 171.^a sesión de la American Chemical Society, Chicago, Illinois, agosto de 1975 (Dayton, Ohio, C. F. Kettering Foundation, octubre 1976), pp. 122 a 143.

El presente documento se centra en la función desempeñada por los plaguicidas en los países en desarrollo. Los plaguicidas son un factor importante para aumentar los rendimientos de los cultivos y evitar pérdidas antes y después de la cosecha, tanto en los países desarrollados como en los países en desarrollo. Asimismo desempeñan una importante función en los programas de salud pública. Se tendrán en cuenta los posibles beneficios y problemas causados por un aumento del empleo de plaguicidas en los esfuerzos por atender las necesidades mundiales de alimentos, así como la función de los plaguicidas en los programas de salud pública.

Los plaguicidas: una respuesta parcial a las necesidades mundiales de alimentos

Un detenido estudio publicado en 1967 por Cramer [3] estimó que por término medio las plagas destruían cada año una tercera parte de la posible producción agrícola mundial. No se dispone de datos actualizados comparables sobre las pérdidas agrícolas mundiales después de esa fecha. Las pérdidas estimadas se desglosan como sigue:

<i>Causa de las pérdidas agrícolas anuales</i>	<i>Porcentaje de la producción total</i>
Insectos	12,3
Enfermedades	11,8
Malas hierbas	9,7
	Tota! 33,8

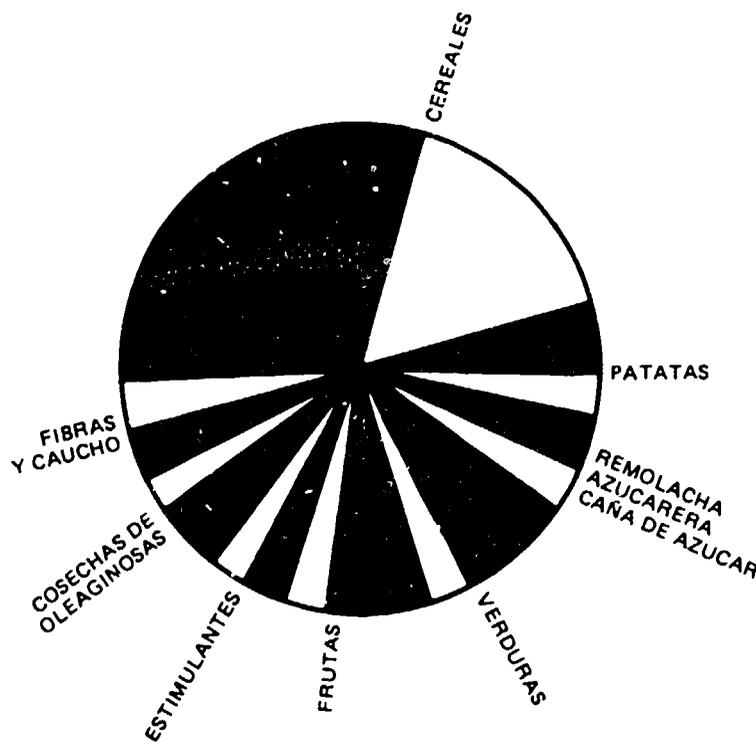
Como ejemplo de pérdidas registradas como consecuencia de los daños causados a las cosechas sólo por los insectos, véase Smith y Calver [4] que examinaron las pérdidas conocidas en lo relativo al arroz. Este es uno de los cultivos alimentarios más importantes del mundo ya que constituye el alimento básico de más de 2.000 millones de personas. En 1972 se cultivaba arroz en aproximadamente 131 millones de hectáreas con un rendimiento de casi 300 millones de toneladas. Cramer [3] estimó que los insectos dañinos destruyen más de un tercio de la cosecha total de arroz del Asia sudoriental. La magnitud total de las pérdidas ocasionadas por los insectos se ha demostrado en experimentos realizados en el Instituto Internacional de Investigaciones sobre el Arroz (IRRI), en los que se observa que las parcelas cultivadas sin aplicación de insecticidas producen tan solo aproximadamente la mitad de arroz que las tratadas con toda clase de insecticidas (3 t/ha frente a 5,7 t/ha).

Los datos que figuran en el cuadro I indican que en todas las regiones del mundo se registran pérdidas importantes de cosechas, incluso en las que se emplean más ampliamente plaguicidas. América del Norte y América Central, con una pérdida anual del 28,7% por causa de toda clase de plagas, figuran detrás de Europa con el 25% y de Oceanía con el 27,9%. África y Asia registran las mayores pérdidas, más del 40% anual. En la figura I se expresan de manera gráfica las pérdidas causadas por las plagas a determinados cultivos agrícolas.

CUADRO 1. PERDIDAS AGRICOLAS MUNDIALES CAUSADAS POR INSECTOS, ENFERMEDADES Y MALAS HIERBAS, COMO PORCENTAJE DE LA PRODUCCION POSIBLE [3]

Región	Insectos	Enfermedades	Malas hierbas	Total
Africa	13.0	12.9	15.7	41.6
Asia	20.7	11.3	11.3	43.3
América del Norte y América Central	9.4	11.3	8.0	28.7
China y Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas	10.5	9.1	10.1	29.7
Europa	5.1	13.1	6.8	25.0
Oceania	7.0	12.6	8.3	27.9
América del Sur	10.0	15.2	7.8	33.0
Total mundial	12.3	11.8	9.7	33.8

Figura 1. Producción de diferentes cultivos y pérdidas ocasionadas por las plagas^a [3]



^aLos sectores en blanco representan las pérdidas ocasionadas por las plagas.

Los datos indican que la utilización de plaguicidas no elimina necesariamente las pérdidas causadas por las plagas, especialmente cuando se comparan las registradas en países en los que se utilizan mucha o poca cantidad de plaguicidas. Estos pueden contribuir a mitigar el problema alimentario, pero es inevitable que sigan registrándose pérdidas en la producción de alimentos por causa de insectos, enfermedades y malas hierbas.

Cramer [3] declaró en 1967², y sigue siendo válido en 1982, que "sería desde luego insensato creer que el problema de suministrar alimentos suficientes a la población mundial podría resolverse simplemente aumentando los gastos en plaguicidas". En 1980, en todo el mundo se gastaron de 10 a 12.000 millones de dólares en plaguicidas [5, 6]. De este total, los insecticidas representaron el 34%, los herbicidas el 42% y el 24% restante correspondió a fungicidas, rodenticidas y otros plaguicidas menores. Se estima que las pérdidas agrícolas causadas por plagas en 1967 a escala mundial oscilaron entre los 70 y los 90.000 millones de dólares, cantidad muy superior a los gastos en plaguicidas efectuados en dicho momento. No hay duda que la utilización de plaguicidas para la protección de cultivos puede ampliarse pero es evidente que gran parte de las pérdidas registradas actualmente son inferiores a los umbrales económicos del tratamiento, es decir, que el costo del tratamiento rebasa el valor de las pérdidas que se evitarían.

En caso de epidemia una plaga puede causar daños totales, que en parte podrían evitarse mediante la utilización juiciosa de plaguicidas. Los datos reunidos en 1982 por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) [7] indican que la rentabilidad de la utilización de plaguicidas puede ser muy alta en África, América Latina y Asia. Por ejemplo, la relación costo-beneficio en el tratamiento del maíz contra los insectos perforadores del tallo fue de 14 en el África Central. En general se calcula que la relación costo-beneficio de los plaguicidas utilizados en los Estados Unidos oscila entre 2/1 y 4/1.

Hasta hace muy poco, en el decenio de 1960, el aumento del abastecimiento de alimentos en los países en desarrollo se debió principalmente al incremento de la superficie cultivada, y no a un mayor rendimiento por unidad de superficie [8]. Incluso en la India, el 60% del aumento de la producción de alimentos fue resultado de la ampliación de la superficie cultivada. Esto contrasta notablemente con la situación registrada en los Estados Unidos, donde la producción de alimentos se triplicó desde 1940 pero la superficie cultivada disminuyó aproximadamente una quinta parte. Al mismo tiempo se aprovecha menos de la mitad de la superficie mundial que podría dedicarse a cultivos alimentarios (1.400 millones de hectáreas de un total de 3.200 millones) [9]. Cabe señalar sin embargo que gran parte de la superficie no cultivada es la menos productiva y su explotación requeriría muchas medidas sociales, técnicas, institucionales y afines.

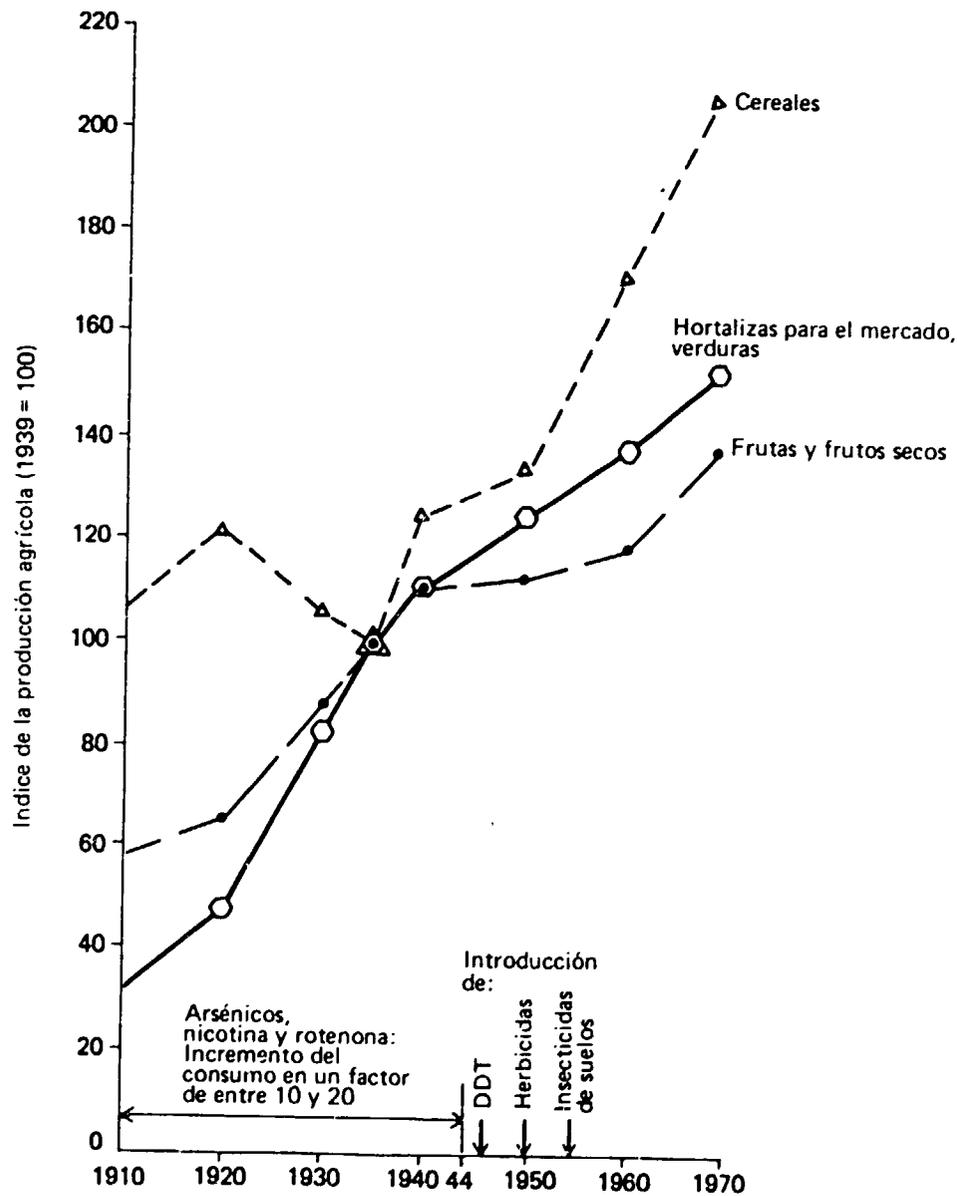
Beneficios derivados de la aplicación de plaguicidas para la producción de alimentos

Las estadísticas [10] ponen de manifiesto que los plaguicidas han reducido los daños causados por el gusano de la manzana y aumentado el rendimiento en la producción de manzanas y melocotones. También se ha observado una correlación entre los rendimientos agrícolas registrados durante los últimos 65 años y la utilización creciente de plaguicidas, aunque todavía es prematuro

²Véase también el capítulo de A. V. Adam en *Pesticides and Human Welfare*, D. L. Gunn y J. G. R. Stevens, eds. (Oxford, Oxford University Press, 1976).

llegar a la conclusión de que gran parte de los beneficios obtenidos se deban únicamente a la mayor utilización de plaguicidas (véase la figura II). Se cita otro ejemplo [10, 11], de interacción entre dos insumos: abonos y plaguicidas. Al cultivar comercialmente tomates en un campo tratado separadamente con fungicidas para controlar la necrosis temprana y con fertilizantes sólo este último tratamiento hizo aumentar el rendimiento. El rendimiento económico mejoró más espectacularmente aplicando ambos tratamientos para producir un tomate de mayor calidad (véase el cuadro 2).

Figura II. Producción agrícola y utilización de plaguicidas [10]



CUADRO 2. RENDIMIENTO CUANTITATIVO Y ECONOMICO DE LOS TOMATES AQUEJADOS DE NECROSIS TEMPRANA GRAVE [10, 11]

Tratamiento	Rendimiento (toneladas por hectárea)	Rendimiento económico (dólares EE.UU. por ha)
Ningún (control)	18.76	316.3
Plaguicida	26.54	553.5
Fertilizante	34.03	652.4
Plaguicida y fertilizante	47.49	1 146.6

La interacción de los diferentes factores que influyen en el rendimiento de los cultivos puede ponerse aún más de relieve comparando el rendimiento total del maíz registrado entre 1930 y 1970 [9], cuando se utilizaron fertilizantes y cuando se utilizaron semillas híbridas y plaguicidas (véanse las figuras III y IV). Parece claro que el rendimiento del maíz se ve mejorado por todos los factores que integran la modernización de las prácticas agrícolas, pero es casi imposible seleccionar un solo factor determinante.

Figura III. Correlación de la producción de maíz con el empleo de fertilizantes [10]

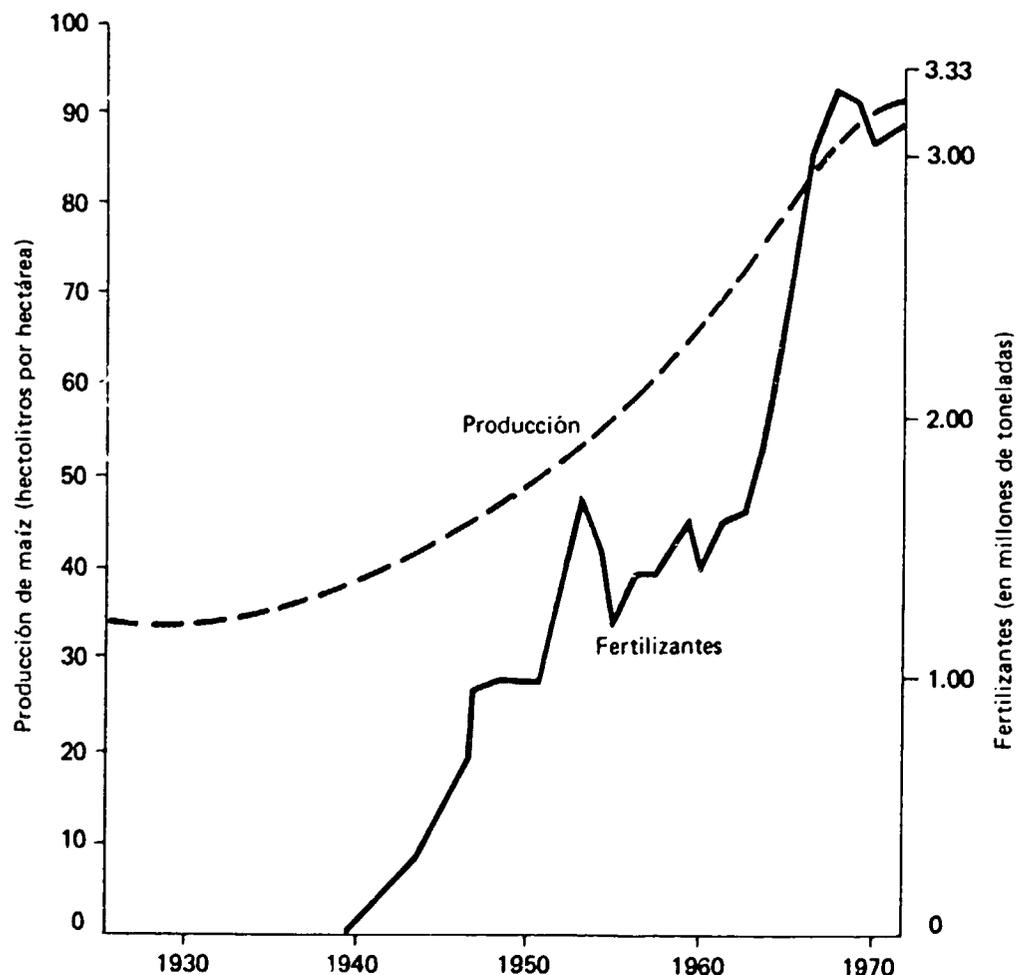
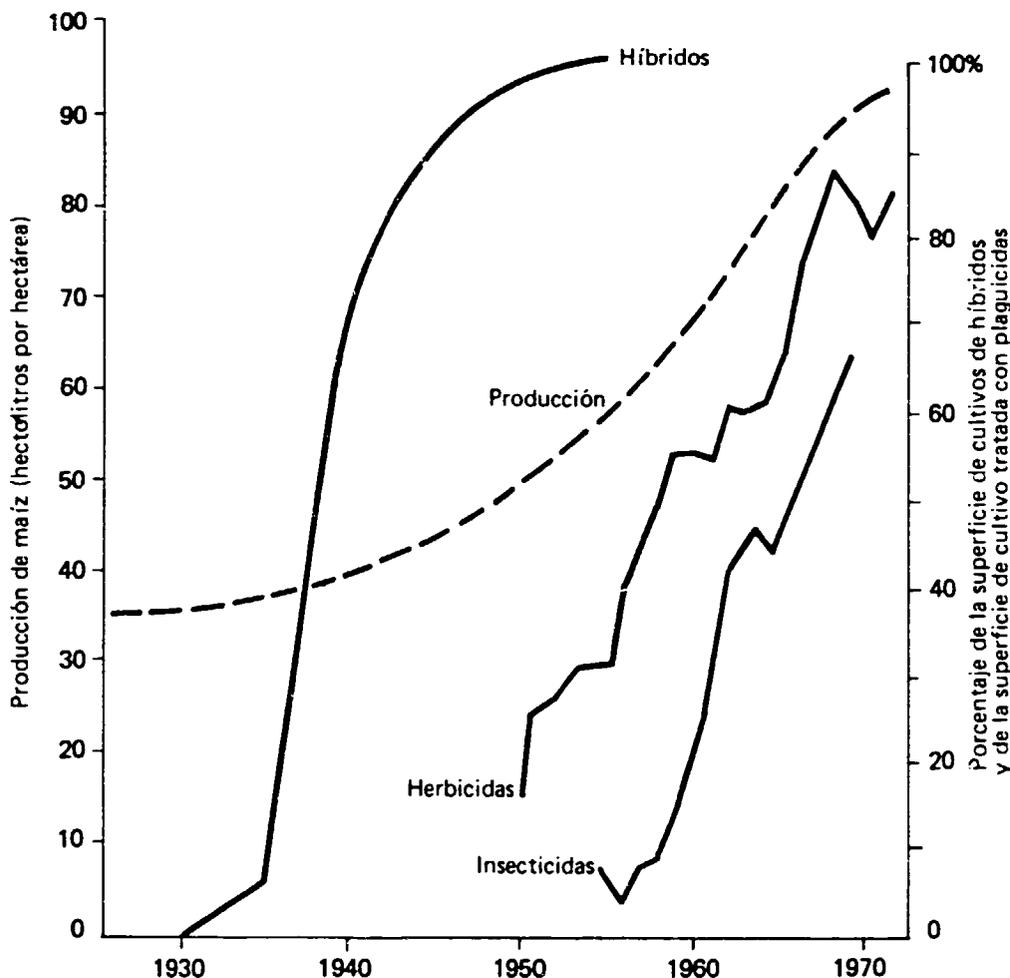


Figura IV. Correlación de la producción de maíz con el empleo de semillas de híbridos y plaguicidas [10]



Utilización de plaguicidas en los principales cultivos de los Estados Unidos

Como puede verse en el cuadro 3, menos de una quinta parte (el 18% en 1976) de los alimentos destinados al hombre y el ganado producidos en los Estados Unidos se tratan con insecticidas. Los granos pequeños y la soja rara vez se tratan con insecticidas [12]. Aproximadamente dos tercios de las tierras dedicadas al cultivo de maíz y las tres cuartas partes de las dedicadas al cultivo de sorgo no reciben insecticidas, cuya utilización parece ser relativamente menor que la de herbicidas. Mientras que tan solo una quinta parte de la superficie cultivada de los Estados Unidos se trata con insecticidas, más de la mitad recibe herbicidas (excluidos heno y pasto).

En los Estados Unidos los insecticidas se emplean en aproximadamente la mitad de la superficie dedicada al cultivo del algodón y en unas tres cuartas

CUADRO 3. SUPERFICIE DE LOS PRINCIPALES CULTIVOS DE CAMPO, HENO Y PASTIZALES Y PRADERAS, CULTIVADA Y TRATADA CON PLAGUICIDAS EN LOS ESTADOS UNIDOS EN 1976^d [12]

Cultivo	Superficie cultivada ^a (en millones de hectáreas)	Porcentaje de la superficie tratada con plaguicidas				
		Herbicidas	Insecticidas	Fungicidas	Otros plaguicidas ^c	Cualquier plaguicida
Alfalfa	10,8	3	13	...	...	14
Maíz	34	90	38	1	1	92
Algodón	4,7	84	60	9	34	95
Pastizales y praderas ^d	197,6	1	^d	...	...	2
Cacahuetes	0,6	93	55	76	6	99
Arroz	1	83	11	...	...	83
Sorgo	7,6	51	27	...	...	58
Soja	20,6	88	7	3	1	90
Tabaco	0,4	55	76	30	86	97
Trigo	32,5	38	14	1	...	48
Otros cereales ^e	12	35	5	2	...	41
Otros heno y forrajes	13,9	2	2	...	...	4
Superficie total	335,7	22	9	1	1	24
Superficie total excluidos los pastizales y praderas	138,1	56	18	2	2	61

^aExcluidos los plaguicidas empleados para el tratamiento de semillas y de cereales almacenados y los empleados en huertos y jardines.

^bCálculo basado en *Crop Production*, Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, Cr Pr 2-1 (77), 17 enero 1977.

^cEntre los otros plaguicidas se incluyen los agentes defoliantes, desecantes, reguladores del crecimiento y acaricidas.

^dEstimación basada en *1974 Census of Agriculture*.

^eMenos del 0,5%.

^fIncluye avena, centeno y cebada.

partes de la correspondiente al tabaco. El empleo de insecticidas en cultivos no alimentarios, como tabaco y algodón, deja disponibles más tierras y otros recursos para la producción de cultivos alimentarios.

El maíz y la soja reciben el mayor empleo de herbicidas (90% y 88%, respectivamente, de la superficie correspondiente a 1976), mientras que sólo unas dos quintas partes de los granos pequeños son tratados con herbicidas. Los pastizales y praderas se tratan raras veces (2%). Aproximadamente una cuarta parte de la superficie cultivada de los Estados Unidos se trata con herbicidas; excluidos los pastizales y praderas, esta cifra sube al 61%.

Los herbicidas aumentan en gran medida la productividad de los cultivos agrícolas al reducir la competencia de las malas hierbas en la absorción de agua y de nutrientes del suelo y también al ahorrar mano de obra en la lucha contra las malas hierbas. La producción de cultivos alimentarios y de forraje en los Estados Unidos depende cada vez más del empleo de herbicidas, como lo demuestra la acelerada tasa de aumento de las ventas de herbicidas en los últimos años. Esto puede no ser necesariamente el caso en los países en desarrollo, en los que se dispone de gran cantidad de mano de obra para las labores agrícolas. Además, como se examina a continuación, hay pruebas de que a veces se hace un empleo excesivo de los plaguicidas.

Empleo eficaz y seguro de los plaguicidas

En la gestión de la explotación agrícola moderna ha habido una tendencia al uso excesivo de plaguicidas como tratamiento profiláctico, sin un estudio cuidadoso de la invasión real y posible de una plaga. Tales prácticas pueden provocar resistencia a las plagas, e incluso perturbar los esquemas de cultivo cuando ya no es económicamente viable luchar contra plagas resistentes.

Con el tiempo se ha desarrollado a nivel mundial una resistencia de las plagas a los insecticidas organoclorados, ayudada en cierta medida por las grandes y repetidas aplicaciones de los insecticidas. En la producción del algodón dichos problemas han exigido el empleo de otros insecticidas más eficaces y estrategias integradas de control de la plaga, en las que se estudian cuidadosamente las poblaciones plaguíferas para determinar si el tratamiento se justifica y en qué momento. Estos tratamientos incluyen tanto métodos químicos como no químicos. Dichas estrategias han llevado a veces a reducciones apreciables en el empleo de plaguicidas, sin pérdidas en la producción.

En un estudio de 1975 a instancia de la United States Environmental Protection Agency se hizo la siguiente estimación del empleo excesivo de plaguicidas en los Estados Unidos [13].

<i>Producto</i>	<i>Exceso en el empleo de plaguicidas (Porcentaje)</i>
Maíz	50
Sorgo	50-60
Manzanas	20-30

Económicamente hablando, el empleo excesivo de plaguicidas es oneroso y puede recargar el medio ambiente sin beneficios económicos manifiestos. Por otra parte, el mencionado estudio señala también que el empleo excesivo de herbicidas y de fungicidas era reducido o insignificante para los tres cultivos estudiados.

En los países en desarrollo pueden surgir problemas semejantes, cuando la resistencia a las plagas es dable que ocasione en definitiva grandes pérdidas en los cultivos destinados al consumo interno o a la exportación. En consecuencia, se están adoptando medidas para establecer un sistema de control de las plagas que no se base únicamente en la aplicación intensiva de plaguicidas [4]. Al mismo tiempo, sería erróneo cifrar demasiadas y prematuras esperanzas de éxito en prácticas simplemente biológicas y culturales de lucha contra las plagas. La expresión lucha integrada (LI) no debería ciertamente estimarse que excluye el empleo de plaguicidas químicos, como se ha podido sugerir. Para plantear la cuestión en una perspectiva más realista, convendría citar una publicación del Gobierno de los Estados Unidos: "... Hay quienes piensan que la LI eliminará los plaguicidas. No es así. Los plaguicidas tienen para mucho tiempo y son esenciales para producir los alimentos y las fibras vegetales que este país necesita. En casi todos los cultivos las plagas no pueden combatirse sin el empleo de plaguicidas de alta eficacia" [14]. No sería quizá impropio sugerir que la sigla LI llegue a significar lucha inteligente.

Para mejorar su producción vegetal los países en desarrollo requieren acceso a los plaguicidas. Se prevé que a finales del decenio de 1980 el consumo

anual de plaguicidas en los países en desarrollo llegará a los 11.000 millones de dólares [5], como se refleja en el cuadro 4. Esto se basa en el nivel de 1980 con un aumento estimado anual del 10% en los gastos en dólares. Por consiguiente, debe prestarse capacitación técnica para asegurar su aplicación eficaz y su empleo seguro. La AID de los Estados Unidos ha patrocinado programas dedicados a estos objetivos.

CUADRO 4. VENTAS MUNDIALES DE PLAGUICIDAS: NIVELES PASADOS Y ACTUALES DE LOS PRECIOS AGRÍCOLAS Y PROYECCIONES FUTURAS [5]

(En miles de millones de dólares EE.UU.)

Region	1972	1980	1990 ²
Europa oriental	0,27	1,32	6,00
Japón	0,30	1,32	4,00
América del Norte	1,08	3,84	16,00
Europa occidental	0,69	3,00	13,00
Resto del mundo	0,66	2,52	11,00
Total	3,00	12,00	50,00

²Las estimaciones para 1990 se basan en los niveles de 1980 con una inflación anual aproximada del 10%.

El aspecto probablemente más importante de la legislación sobre plaguicidas aprobada por el Gobierno de los Estados Unidos en 1972, es que un plaguicida registrado, debidamente empleado, no deberá provocar por lo general efectos inmoderadamente adversos en el medio ambiente. Entre los efectos adversos se entiende que figuran los peligros para la salud humana, tanto de los trabajadores que aplican los plaguicidas como del público en general, y efectos en los animales salvajes en peligro de extinción. Teniendo presentes los riesgos potenciales de los plaguicidas, sus niveles de empleo pueden variar de un país a otro según los objetivos y necesidades nacionales. Por ejemplo, en algunos países en desarrollo en los que el desembolso en alimentos por habitante puede ser tan elevado que absorba del 80 al 90% de sus gastos de subsistencia, debe dársele alta prioridad a la protección de los cultivos. Ha de prestarse también gran atención a las necesidades de plaguicidas de los cultivos agrícolas para exportación y sujetos a las normas sobre plaguicidas del país importador. Un efecto imprevisto de la reglamentación de los Estados Unidos es que puede modificar el empleo de plaguicidas en otros países. Las decisiones de los Estados Unidos de suspender en el decenio de 1970 el empleo en el país de diversos plaguicidas pueden haber inducido a otros países a adoptar medidas análogas.

La situación alimentaria mundial se agrava por lo mucho que difiere la capacidad de los países para producir alimentos y pagarlos, adquirir y utilizar insumos modernos de alto coeficiente de capital y explotar tecnología moderna de producción. A pesar de la revolución verde, la producción alimentaria en los países en desarrollo ha seguido escasamente el ritmo de la población y, de hecho, África se ha quedado atrás. Por tanto, esos países encaran la perspectiva

de importar alimentos a precios elevados, utilizando los escasos recursos de divisas que podrían tener otros empleos prioritarios. Las actuales tendencias sugieren que para mejorar los niveles de vida de su población será necesario ampliar la producción alimentaria.

Las perspectivas de aumento de los rendimientos de los cultivos en los países en desarrollo son buenas si se toman como base de comparación los datos correspondientes al aumento de los rendimientos en los países desarrollados. No obstante, para explotar nueva tecnología los agricultores de los países en desarrollo necesitarán todo un conjunto de medidas en materia de producción y comercialización, entre ellas variedades de cultivo perfeccionadas, abonos, plaguicidas, métodos de cultivo, seguros de cosechas, financiación y capacitación. Los plaguicidas con insumos muy productivos, necesarios para proteger al agricultor que invierta grandes capitales en sus cultivos. Pueden ser menos importantes en el caso de la agricultura menos intensiva que suele existir en los países en desarrollo.

La investigación básica y aplicada en biología de los cultivos y la enseñanza en materia de extensión agraria tienen primordial importancia para mejorar la producción de alimentos tanto en los países desarrollados como en los países en desarrollo.

Los incentivos proporcionados al productor son muy importantes para estimular la producción alimentaria, especialmente cuando deba utilizarse tecnología nueva y cara. El producto tiene que disponer de un incentivo de mercado en forma de precios favorables. De no ser así, sólo producirá para atender sus propias necesidades.

El reconocimiento de la importante función de los plaguicidas para contribuir a resolver los problemas mundiales de alimentación condujo a la aprobación de una resolución sobre los plaguicidas en la Conferencia Mundial de la Alimentación celebrada en noviembre de 1974. En la resolución se pide a la FAO y a otros órganos de las Naciones Unidas que organicen consultas entre representantes de los Gobiernos miembros y de la industria con miras a recomendar medios para aplicar las disposiciones de la resolución [15].

La utilización de plaguicidas en los programas de salud pública ha tenido históricamente gran importancia para eliminar las enfermedades transmitidas por vectores, especialmente en la campaña contra el paludismo. Incluso se ha dicho [16] que aproximadamente el 90% de todos los insecticidas empleados con fines de salud pública en los países en desarrollo se dedican a la eliminación del paludismo.

Las necesidades de plaguicidas con fines de salud pública probablemente representen tan sólo aproximadamente el 10% en peso del total de plaguicidas utilizados. No obstante, esta cantidad puede constituir parte importante de la demanda total de plaguicidas en un país determinado. Al prever el posible mercado total de plaguicidas, quienes planeen instalaciones de formulación o se encarguen de su funcionamiento deberían tener en cuenta la contribución que la fabricación de los plaguicidas necesarios para la atención de salud pública podría suponer para la utilización más completa y productiva de la capacidad instalada.

Cabe señalar una importante diferencia de las propiedades necesarias para los insecticidas empleados con fines de salud pública en comparación con los utilizados en la agricultura. El hecho de que los insecticidas a base de

organocloros, especialmente el DDT y el BHC, no sean biodegradables y, por consiguiente, sean persistentes, hace que en algunos climas resulten inaceptables para la agricultura debido a causas ambientales, ya que ocasionan acumulación de residuos en los suelos y la cadena trófica. Esta misma propiedad de persistencia los hace en cambio especialmente útiles y aceptables para los programas de salud pública. Aún más, se prevé [16]³ que en 1984 necesitarán 103 países en desarrollo no menos de 30.000 toneladas de DDT y 18.000 de BHC para sus programas nacionales de eliminación de vectores. Esta cantidad de ingrediente activo representa no menos del 74% del total previsto para dicho año, frente a las 28.000 toneladas (72%) registradas en 1979.

La persistencia y seguridad de los compuestos a base de organocloros, especialmente cuando se efectúa su rociado sobre las paredes interiores de las viviendas, unida a su baratura relativa, los hace de gran utilidad para los programas de salud pública, principalmente en los países en desarrollo.

Si bien históricamente los compuestos a base de organocloros registran éxitos sin precedentes en materia de salud pública, trabajos recientes de investigación sugieren la existencia de una correlación entre persistencia y resistencia. Aunque no esté demostrado, refuerza la necesidad de proseguir las investigaciones para formular nuevos insecticidas, incluidos los biológicos. Se ha sugerido aun el establecimiento de industrias domésticas basadas en los productos de fermentación del tipo del *bacillus thuringensis*.

Por otra parte, cuando es preciso rociar cursos de agua, por ejemplo para eliminar las enfermedades transmitidas por vectores, tales como la oncocerciasis y la filariasis, es preciso tener gran cuidado para no contaminar el agua, especialmente cuando se trata de agua potable.

La importancia de la combinación de plaguicidas para la agricultura y para la salud pública ya se ha señalado anteriormente, en el contexto del funcionamiento de las instalaciones de formulación. Ambas finalidades se encuentran vinculadas todavía en otro sentido. En los países en desarrollo la agricultura requiere, y por buenas razones socioeconómicas así debe ser, gran intensidad de mano de obra. Independientemente de las consideraciones humanitarias de índole general, la salvaguardia de la salud del agricultor y de su familia tiene primordial importancia para asegurar la productividad de la tierra y constituye una razón suplementaria por la que pueda preverse la utilización continua y creciente de plaguicidas en los programas de salud pública.

Resumen

Por consiguiente, cabe decir que la utilización juiciosa de plaguicidas en los países en desarrollo probablemente constituya un factor importante para aumentar la producción de alimentos y para los programas de salud pública. Es preferible que los países en desarrollo que disponen de cantidades limitadas de divisas produzcan cantidades cada vez mayores de plaguicidas en instalaciones locales de formulación. Si bien no debe darse la impresión de que los plaguicidas constituyen el único factor para aumentar el rendimiento de los

³Cuadro 12, p. 94.

cultivos o el único medio para reducir las pérdidas de cosechas causadas por insectos, malas hierbas y enfermedades vegetales, en cambio debe recomendarse decididamente la utilización prudente de plaguicidas, tanto para la agricultura como para la salud pública. Esta utilización debería proporcionar en el futuro importantes beneficios económicos y sociales en los países en desarrollo. Estos, al aplicar la tecnología química moderna, también deberían tener en cuenta la necesidad de información y capacitación para explotar la nueva tecnología de la manera más rentable socialmente.

REFERENCIAS

1. P. M. O'Brien, *World Indices of Agricultural Food Production*, Statistical Bulletin 669 (Washington, D.C., Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, julio 1981), p. 161.
2. P. M. O'Brien, "Global perspectives for agriculture", en *Agricultural-Food Policy Review Perspectives for the 1980s* (Washington, D.C., Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, abril de 1981), pp. 2-26.
3. H. H. Cramer, "Plant protection and world crop production", *Pflanzenschutz-Nachrichten*, vol. 1, 1967.
4. R. F. Smith y D. J. Calvert, "Insect pest losses and the dimensions of the world food problem", en *World Food, Pest Losses and the Environment* (Washington, D.C., American Association for the Advancement of Science, 1978), pp. 17-38.
5. Allan Woodburn, "The changing structure of the agrochemical industry", en *Agrochemicals-Outlook for the 1980s*, actas de conferencia (Edimburgo, Wood, MacKenzie and Co., 1981).
6. *Pesticide Industry Sales and Usage, 1980 Market Estimates* (Washington, D.C., Environmental Protection Agency, 1980). Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
7. *Los plaguicidas en el mundo moderno*, simposio organizado por miembros del Programa Cooperativo de Agro-Allied Industries con la FAO y otras organizaciones de las Naciones Unidas (Roma, 1972), pp. 1-59.
8. *Changes in Agriculture in 26 Developing Nations, 1948-1963*, Foreign Agriculture Economic Report No. 27 (Washington, D.C., Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, 1965).
9. *World Food Situation and Prospects to 1985*, Foreign Agriculture Economic Report (Washington, D.C., Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, 1974).
10. G. C. Decker, "Costs and benefits of pesticides: an overview", en *Survival in Toxic Environments*, M. A. Q. Khau y J. P. Bederka, eds. (Nueva York, Academic Press, 1974), pp. 447-471.
11. G. L. McNew, "Pest control in relation to human society", en *New Developments and Problems in the Use of Pesticides*, publicación del National Research Council 1082 (Washington, D.C., National Academy of Sciences, 1963).
12. T. R. Eichers, P. A. Andrienas y T. W. Anderson, *Farmers' Use of Pesticides in 1976*, Agriculture Economic Report 418 (Washington, D.C., Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, diciembre de 1978), p. 58.
13. R. V. Ruemker y G. L. Kelso, *A Study of the Efficiency of the Use of Pesticides in Agriculture*, documento No. 540/9-75-025 de la EPA (Washington, D.C.,

- Environmental Protection Agency, 1975). Pedidos al National Technical Information Service (NTIS), Springfield, Virginia.
14. "Integrated pest management saves dollars and environment", United States Department of Agriculture Program Aid No. 1155 (Washington, D.C., Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, noviembre 1976).
 15. *Informe de la Conferencia Mundial de la Alimentación, Roma, 5-16 de noviembre de 1974* (publicación de las Naciones Unidas, núm. de venta: S.75.II.A.3).
 16. Organización Mundial de la Salud, "Pesticides and equipment requirements for national vector-control programmes in developing countries, 1978/84" (VBC/81.4). Documento inédito preparado de A. Smith y O. Lossev.

II. Principios de la formulación de plaguicidas*

*John Flanagan***

Se llama formulación de plaguicidas al proceso mediante el cual se transforman los productos químicos plaguicidas en productos que puedan ser aplicados por métodos prácticos, y utilizados de manera eficaz, segura y económica. En este capítulo no se pretende presentar un compendio de recetas y procedimientos caseros para preparar diferentes tipos de formulaciones, lo que sería completamente ilusorio y estaría reñido con el alcance de la presente publicación. Para la realización técnica de cualquier formulación de plaguicidas es preciso que los objetivos y procedimientos sean prácticos y realistas. Por consiguiente, la presentación de los principios y normas que rigen la tecnología de los plaguicidas será de utilidad para las personas que se ocupan del desarrollo, elaboración y ensayo de plaguicidas y para sus usuarios.

El presente trabajo es el resultado del esfuerzo de muchas personas que trabajan en el sector público y en la industria privada. Aunque es cierto que los plaguicidas orgánicos sintéticos han alcanzado enorme éxito desde que se inició su aplicación a mediados de los años 40, todos los especialistas en formulación de plaguicidas reconocen que esa tecnología se apoya en bases aún muy empíricas y primitivas.

Formulación de plaguicidas

Definiciones

La formulación de plaguicidas consiste en la mezcla física de uno o más productos químicos biológicamente activos con ingredientes inertes, a fin de obtener preparados eficaces y económicos para la lucha contra las plagas. Para ser económicos y eficaces, la gran mayoría de productos químicos plaguicidas han de someterse al proceso de formulación; por ese motivo, en el presente capítulo el término plaguicida designará más bien al producto acabado que al ingrediente activo propiamente dicho. Por cierto, para la mayoría de los usuarios, el término plaguicida representa el producto acabado en su forma final. La formulación de plaguicidas es el arte y la técnica de preparar fórmulas de plaguicidas. Una planta de formulación de plaguicidas es una instalación

*Revisado por J. Wade Van Valkenburg, Gerente de asuntos reglamentarios e investigación y desarrollo internacionales de la División de productos para el registro de datos, Minnesota Mining and Manufacturing Co., St. Paul, Minnesota, Estados Unidos de América.

**Gerente del laboratorio de servicios técnicos, Velsicol Chemical Corporation. Actualmente ocupa el cargo de supervisor en Agricultural Chemical Formulating PPG Industries, Barberton, Ohio, Estados Unidos de América.

manufacturera en que se lleva a cabo la formulación de ingredientes plaguicidas hasta obtener el producto final.

Las formulaciones de plaguicidas, en cuanto a su forma física, se clasifican en dos categorías generales, a saber: las formulaciones líquidas y las secas. Dentro de cada clasificación general hay una serie de tipos diversos, cuyas características y aplicaciones generales se describen a continuación.

Tipos de formulaciones líquidas

Concentrados oleosos

Los concentrados oleosos son formulaciones líquidas que contienen, de preferencia, una gran proporción de ingredientes activos. Se emplean no diluidos para aplicaciones en volúmenes ultra bajos (VUB) o diluidos mediante un solvente hidrocarbónico no costoso, como el fueloil o el gasoil, con lo cual se obtiene un preparado conveniente de poca concentración.

El grado de concentración puede expresarse como el peso del ingrediente activo por unidad de volumen del concentrado o como porcentaje de un peso dado del ingrediente activo. Es preciso que el concentrado sea miscible a la mínima agitación con el diluyente que habrá de emplearse. Los hidrocarburos aromáticos, tales como el xileno o la nafta pesada aromática, se emplean como solventes para los ingredientes activos de los concentrados oleosos. Hay productos químicos plaguicidas muy poco solubles en esos productos aromáticos; en esos casos, es necesario utilizar un solvente más poderoso, por ejemplo, el isopropanol o la ciclohexanona. Para que sea factible emplear cualquiera de estos solventes polares, el concentrado tendrá que ser miscible con el aceite diluyente que habrá de emplearse.

Concentrados emulsionables

Los concentrados emulsionables son similares a los oleosos con la diferencia de que aquéllos contienen un agente tensioactivo o emulsionante que permite que el concentrado se diluya en el agua facilitando así su aplicación. Para obtener mejores resultados, el sistema de solventes debe ser inmisible con el agua. Los solventes más usados son los del tipo xileno, los del tipo nafta pesada aromática, o, a veces, cuando la solubilidad del producto químico plaguicida es suficiente, los alifáticos de la línea del queroseno.

Una de las formas más populares en que se emplean los plaguicidas es quizá la de concentrados emulsionables por ser éstos tan prácticos para el usuario. Estos concentrados suelen dar buenos resultados en circunstancias muy variadas y soportar condiciones extremas en las operaciones de envasado y almacenamiento. Aunque continuamente se procura lograr el concentrado emulsionable ideal, rara vez se lo obtiene. Como se demostrará, es preciso transigir o aceptar, como más prácticos y útiles, otros tipos de formulación posibles en el caso de ciertos productos químicos plaguicidas. Desde el punto de vista funcional, los concentrados emulsionables deberán dispersarse espontáneamente en toda clase de aguas duras, y, mediante una ligera agitación, deberán permanecer uniformemente dispersos durante todo el período de pulverización.

Concentrados acuosos

Los concentrados acuosos están formados por productos químicos plaguicidas disueltos en agua. Los plaguicidas que más se suele encontrar bajo esta forma son las sales de ácidos herbicidas. Como este ácido es el ingrediente activo nominal, las concentraciones generalmente se expresan en términos de cantidad de equivalente de ácido por unidad de volumen. Al ser solubles en el agua, estos ingredientes activos no suelen presentar problemas de miscibilidad, dispersibilidad o suspendibilidad, excepto si el magnesio, el calcio o el hierro que contengan las aguas naturales utilizadas para la disolución provocan precipitados insolubles; sin embargo, existen remedios para estos casos.

Soluciones oleosas

Las soluciones oleosas son formulaciones listas para ser empleadas; suelen contener un solvente incoloro, prácticamente inodoro, del tipo queroseno y un producto químico, plaguicida poco concentrado. La concentración del ingrediente activo suele ser de menos de 5% por peso. Las soluciones oleosas de insecticidas se usan generalmente para la lucha contra los insectos en hogares o instituciones. Es preferible que, además de tener poco olor, estas formulaciones no manchen y que tengan una temperatura de inflamación alta para reducir al mínimo los riesgos de incendio.

Concentrados emulsionables invertidos

Los concentrados emulsionables invertidos se distinguen de los emulsionables normales en que al ser diluidos con agua producen una emulsión cuya fase externa o continua es la porción oleosa, y cuya fase interna o discontinua es el agua. Estos concentrados se emplean principalmente para la formulación de ésteres herbicidas solubles en aceite. El solvente suele ser un aceite con una tensión de vapor relativamente baja. Sobre el terreno, estos concentrados generalmente se diluyen en una proporción mucho menor que la utilizada para concentrados emulsionables convencionales, proporción que a menudo es de menos de diez partes de agua por una de concentrado por volumen. La característica distintiva de las emulsiones invertidas es que éstas forman gotitas considerablemente mayores que las de los concentrados emulsionables convencionales, al ser expulsadas por el equipo especial de aplicación. Como la fase externa contiene un aceite cuya presión de vapor es relativamente baja, la evaporación de la fase continua se reduce al mínimo. Como resultado, no se registra reducción alguna en el tamaño de la gotita desde el momento en que sale del equipo de aplicación hasta que choca con el blanco. Por consiguiente, se reduce enormemente la probabilidad de que la partícula eyectada se desvíe durante su caída a través del aire.

Tipos de formulaciones secas

Entre los tipos importantes de formulaciones secas se incluyen: bases o concentrados de polvo espolvoreables, polvos dispersibles en agua, polvos espolvoreables, gránulos, nódulos, fluidizables y gránulos o microcápsulas

dispersibles. Entre las formulaciones secas que pueden mezclarse con agua para su aplicación están los polvos dispersibles en agua, los fluidizables y los gránulos o microcápsulas dispersibles. Los polvos espolvoreables y los gránulos se aplican secos. Los concentrados en polvo se mezclan en una planta regional de formulación con diluyentes poco costosos que se adquieren en el mercado local. En general, el envasado de las formulaciones secas se considera que presenta menos problemas que el de las formulaciones líquidas. A continuación se describen las características de las formulaciones secas.

Bases o concentrados de polvo espolvoreable

Las bases o concentrados de polvo espolvoreable son polvos secos, de fluencia libre, que contienen una alta concentración de ingredientes activos que por lo general varía entre el 25 y 75%. Estos productos rara vez se aplican en forma concentrada, ya que normalmente se diluyen o rebajan a un grado práctico de concentración con una sustancia inerte adecuada para el uso deseado. Las mezclas de fertilizantes y plaguicidas se obtienen a menudo utilizando el concentrado en polvo y fertilizante seco. Si se mezclan fertilizantes granulados con bases en polvo, con frecuencia se requiere adherentes para evitar que se separen las finas partículas de la base plaguicida, cuyo tamaño suele ser de menos de 200 mallas (74 μm).

Polvos dispersibles en agua

Los polvos dispersibles en agua son similares a las bases de polvo espolvoreable, con la diferencia de que aquéllos se formulan de manera que puedan ser diluidos en agua y pulverizados. La calidad de los polvos dispersibles en agua se juzga por la rapidez con que se humedecen al ser mezclados con agua y por su poder de suspensión al mezclarse con agua en soluciones fácilmente aplicables sobre el terreno. Puede aumentarse la velocidad de humedecimiento si se seleccionan agentes humectantes adecuados que reduzcan la tensión interfacial entre las partículas y el agua. Se logra un nivel satisfactorio de suspensión reduciendo el tamaño de las partículas, de preferencia a dimensiones menores que 325 mallas (44 μm). Se suele añadir agentes tensioactivos de tipo dispersante a los polvos dispersibles en agua como parte de la formulación habitual para evitar que se aglomeren las partículas y así disminuir la velocidad de sedimentación, que está en función con el tamaño de las partículas. A veces, se logra reducir el tamaño de las partículas hasta que éstas queden excepcionalmente finas —lo cual aumenta aún más su poder de suspensión— sometiendo el producto a un proceso de pulverización por aire hasta que el tamaño de las partículas sea de 10 μm o menos. Con frecuencia, los polvos dispersibles en agua se utilizan para el tratamiento de semillas mediante mezclas pastosas y para aplicar una variedad de técnicas de rociamiento.

Polvos espolvoreables

Los espolvoreables son plaguicidas secos reducidos a fino polvo. Estos se formulan para ser aplicados directamente sobre el terreno y su intensidad

depende del contenido de ingrediente activo, que puede variar entre el 1 y el 10% según la potencia del plaguicida y la frecuencia con que se apliquen. Estos polvos deberán ser de fluencia libre, de manera que puedan someterse a una medición exacta en el equipo de aplicación. El tamaño de las partículas puede variar, aunque suele estar por debajo de las 200 mallas (74 μm). Para la aplicación aérea de los espolvoreables, es importante evitar que éstos se desvíen; por consiguiente, conviene que las partículas sean de tamaño moderado y que éstas se distribuyan uniformemente. Las formulaciones en polvo que se aplican con equipo aéreo o terrestre ofrecen muchas ventajas para el tratamiento de cultivos maduros con denso follaje. Este procedimiento se caracteriza por su efecto ondulatorio que hace que el polvo penetre en el follaje y cubra la cara inferior de las hojas, y los tallos de la planta.

Gránulos

Los plaguicidas granulados se distinguen de los espolvoreables por su diferente clasificación granulométrica. En general, se admite que un plaguicida granulado es un producto limitado a una gama de clasificación granulométrica de 4 mallas a 80 mallas (serie de normas granulométricas de los Estados Unidos). En cualquier caso (digamos, por ejemplo, un producto cuya clasificación sea de 30/60), por lo menos el 90% del producto acabado debe clasificarse dentro del ámbito granulométrico especificado, y el 10% restante puede estar distribuido en cualquiera de los dos extremos de la gama requerida. La presencia de "finos" que pudieran desprenderse y flotar en el aire a causa de cualquier viento en sentido contrario durante la aplicación suele considerarse objetable en un producto granulado.

Los plaguicidas granulados, para ser útiles, no deben aglutinarse mientras permanecen almacenados. Además, para que los gránulos puedan aplicarse con precisión utilizando equipo dosificador o volumétrico, deberán ser de fluencia libre. La velocidad de desintegración de los gránulos al contacto con la humedad dependerá de las necesidades del trabajo. Las características de desintegración de los gránulos una vez que éstos penetran en el suelo repercutirán directamente sobre la rapidez con que se desprendan los plaguicidas.

El grado de concentración de los ingredientes activos de los plaguicidas granulados puede variar desde un mínimo de 1% hasta un máximo de 42%, variación que depende de diversos factores, a saber: las propiedades de los ingredientes activos, las características del soporte y otros factores como la potencia del insecticida y la frecuencia con que se desee aplicar el producto acabado.

Fluidizables

Se han identificado también las formulaciones fluidizables como concentrados en suspensión o concentrados dispersibles en agua. Consisten en una dispersión fina en agua, de plaguicidas no solubles en ella. El tamaño de las partículas varía muy poco, oscila entre 2 y 3 μm . En los fluidizables las sustancias sólidas representan en peso más del 40% por unidad de volumen de dispersión. Están concebidos para ser muy estables con escasa sedimentación y

son fácilmente dispersibles agregándoles agua. La estabilización de la dispersión se obtiene por combinación de un polielectrólito hidrosoluble con un agente no iónico que actúa sobre la tensión superficial. La formulación fluidizable puede emplearse directamente, como en el caso de una aplicación tipo VUB, o diluida en cantidades apropiadas de agua.

Nódulos

Los nódulos son una formulación seca en que el tamaño de las partículas es mayor que el especificado para los plaguicidas granulados, por ejemplo, de más de 4 mallas de dimensión. No se han establecido dimensiones máximas para los nódulos, pero, en la práctica, el diámetro puede ser de 0.6 cm y bien puede llegar hasta 1.3 cm. Los nódulos se forman generalmente mezclando el ingrediente activo con un ingrediente inerte adecuado, mezcla a la que se añadirá, en caso necesario, un aglomerante. Al proceso de mezclado sigue el de granulación en recipientes o el de extrusión (y el de trituración, si viene al caso) para lograr el tamaño deseado. El grado de concentración de los ingredientes activos puede variar entre menos del 1%, como en el caso de los cebos o carnadas en que se emplea un ingrediente inerte atractante, y el 20 ó 25%, como cuando se añaden fertilizantes.

Gránulos dispersibles

Los gránulos dispersibles están formados de sustancias finamente fragmentadas, que se comprimen en gránulos durante el proceso de composición y elaboración. Al colocárseles en agua, los gránulos tienden a dilatarse y a separarse en las partículas originales finamente fragmentadas. Los requisitos de una buena formulación de gránulos dispersibles incluyen una buena dispersibilidad, una buena fragmentación en partículas que habrán de pasar a través de mallas y toberas durante la operación de rociado y la estabilidad de las propiedades físicas durante los procesos térmicos cíclicos y de envejecimiento. Entre las ventajas particulares de los gránulos dispersibles están un alto grado de concentración del plaguicida por unidad de peso del producto, la formulación relativamente libre de polvo y el envasado para las ventas en unidades comparativamente grandes.

Otros tipos de formulaciones

Hay varios otros tipos de formulaciones posibles que se usan para fines especiales. Se ha creído mejor clasificarlos por separado y no conjuntamente con los tipos conocidos, considerando que tanto su forma física como su aplicación son inusitadas. Estos tipos de formulación se encuentran ya sea en forma líquida como sólida.

Aerosoles

Desde que aparecieron los aerosoles para la lucha contra los insectos, durante los primeros años de la segunda guerra mundial, esta forma de

insecticida ha llegado a ser común entre las formulaciones plaguicidas. Los aerosoles por lo general se definen como soluciones de un ingrediente activo con un solvente adecuado a las que se añade un agente propulsante que es un gas disuelto en la solución del insecticida o que se mantiene a presión dentro del dispensador, o ambas cosas. El tamaño de las partículas y el tipo de pulverizado están regulados por el diseño de la boquilla empleada y por la presión que se mantiene dentro del recipiente que causa la salida del concentrado a través de la boquilla. Las propiedades del gas propulsante determinan la presión interna. Para la formulación y envasado de esta clase de productos plaguicidas se emplean muchos sistemas diferentes, entre los que se encuentran el de solventes no acuosos y el de solventes acuosos. Al formular un aerosol es aconsejable verificar las leyes y reglamentos locales relativos a los propulsores cuyo empleo está permitido. Muchos países prohíben el empleo de propulsores hidrocarbónicos fluorados, por estimar que su empleo excesivo tiende a agotar las capas de ozono de la estratosfera.

Envolturas de semillas

Las envolturas de semillas pueden ser de tipo líquido o seco; por cierto, existen variaciones dentro de cada tipo. Estas envolturas deben cumplir dos condiciones importantes: no han de interferir con las posibilidades de siembra de la semilla ni disminuir su viabilidad. Además, es muy conveniente, aunque esto rara vez se logra, que la envoltura de la semilla no sea tóxica ni adultere la semilla si ésta ha de ser empleada como alimento para ganado. A menudo, las envolturas mencionadas deben contener un tinte que indique que la semilla ha sido sometida a tratamiento químico. Algunos materiales para envoltura de semillas se preparan en forma de concentrados secos que se agregan a las semillas en grano sembradas en viveros a fin de protegerlas de insectos o enfermedades desde el momento en que se siembran hasta que germinan. Para el tratamiento de semillas con mezclas pastosas se emplean las formulaciones preparadas en forma de polvos dispersibles en agua, así como también ciertos concentrados emulsionables en forma líquida y los concentrados dispersibles en el agua. El grado de concentración de los ingredientes activos presentes en esta clase de formulaciones se ajusta a las mismas reglas y limitaciones ya señaladas para las formulaciones líquidas y secas.

Cebos envenenados

Los cebos envenenados son formulaciones especiales cuya finalidad es atraer y matar a ciertos tipos de insectos y roedores perjudiciales. Con el empleo de cebos envenenados se procura de preferencia atraer y envenenar a esas plagas en su propio medio ambiente o en las cercanías de éste. A menudo sirven de barreras para interceptar la migración de ciertos insectos, como las langostas, hacia los campos de mieses. En los huertos, se colocan los cebos rodenticidas alrededor de los troncos de los árboles para evitar el ataque de las ratas. Otra forma de cebo se utiliza en las llamadas trampas de carnada empleadas en la lucha contra los escarabajos japoneses en huertos y jardines y contra la mosca de la fruta mediterránea en las plantaciones de cítricos. Los

cebos rodenticidas en forma de nódulos o de harina gruesa se usan mucho en la lucha contra las ratas, a nivel doméstico o municipal, y contra los ratones y ratas en locales agrícolas y en graneros.

Los cebos envenenados se presentan bajo diversas formas y composición. Si es posible aplicarlos, son muy útiles para la lucha contra las plagas agrícolas, pues reducen eficazmente el daño que los insectos y roedores causan a los cultivos sin el peligro de que queden residuos en las plantas o cultivos protegidos.

Formulaciones en cápsula

La encapsulación de plaguicidas es un proceso relativamente nuevo que sirve principalmente para provocar una acción regulada en la velocidad de desprendimiento de ciertos tipos de plaguicidas. En primer lugar, el plaguicida en cápsula está integrado por una masa pequeñísima de compuesto plaguicida recubierta por una capa continua de material protector. Al seleccionar el material protector se tendrán en cuenta dos factores: la inertidad química de la sustancia hacia el ingrediente activo, y la posibilidad de que esa sustancia se disuelva o desintegre a un ritmo regulado por la acción de ciertos factores ambientales, como la humedad o los microorganismos del suelo. El diámetro de las partículas puede variar entre unas pocas micras (μm) y 0,3 cm o más. En teoría, la concentración del ingrediente activo presente en la capa protectora puede variar entre una cantidad menor al 1% y un 100% de ingrediente activo. Aunque el grosor de la cápsula puede ser muy reducido en comparación con el diámetro, el porcentaje del material protector o encapsulador aumenta a medida que el tamaño de las partículas disminuye. Asimismo, el costo de un ingrediente plaguicida encapsulado varía inversamente al porcentaje de concentración.

Propiedades y características funcionales

En la formulación de plaguicidas, la tecnología se orienta primordialmente hacia las propiedades de éstos. Al químico que haya de preparar una fórmula, le preocupan más las propiedades físicas de los productos químicos plaguicidas que su estructura química o su actividad biológica.

Ingredientes activos

Los ingredientes activos de la fórmula son los que poseen propiedades biológicas. Todos los demás ingredientes se utilizan para facilitar la aplicación de los ingredientes activos al objetivo deseado. En cada tipo de fórmula, las propiedades físicas de los ingredientes activos ponen un límite a la elección de los demás ingredientes.

Estado físico

Se entiende por estado físico de un producto químico plaguicida la forma en que éste se presenta a la temperatura ambiente en condiciones normales de transporte y almacenamiento. El estado físico proporciona la primera pauta

para elegir el método más conveniente de manejo del producto químico plaguicida durante el proceso de formulación.

En la fase industrial, los productos químicos plaguicidas pueden encontrarse en forma de líquidos, cristales finos, polvo en escamas, pastas y granulados. Por lo general se prefiere el material finocristalino o pulverizado cuando se quiere obtener bases de polvo impalpable o polvos humectables que deban prepararse haciendo primero una mezcla en seco que luego se tritura. Para preparar concentrados líquidos pueden utilizarse productos plaguicidas en cualquiera de sus formas. Al disolver plaguicidas sólidos para obtener preparados líquidos se suele aplicar calor para acelerar la disolución. Como el modo más simple y efectivo de preparar plaguicidas granulados es presentarlos en forma de líquidos de rociar, a los productos químicos plaguicidas sólidos se los disuelve por lo general en un disolvente para facilitar el rociado. Pero a algunos sólidos de baja temperatura de fusión se los calienta suficientemente por encima de su punto de fusión y se los pulveriza mediante conductos y toberas calentados, para obtener las características de rociado adecuadas.

Algunos productos químicos plaguicidas, técnicos, en su estado normal son de consistencia cerosa o semisólidos, y la forma más adecuada de envasarlos consiste en utilizar recipientes de hoja metálica delgada o bidones especiales de cartón de fibra vulcanizada revestidos o forrados, a prueba de pérdidas. Se los saca de sus envases desprendiendo las paredes de éstos o fundiendo el producto y extrayéndolo luego por bombeo o por simple vaciado del recipiente. Estos materiales semisólidos o de consistencia cerosa se preparan disolviéndolos, con ayuda del calor, en un disolvente adecuado.

Punto de fusión o solidificación

Por "punto de fusión" se suele entender la temperatura a que una sustancia pura se convierte en líquido. El punto de solidificación de un producto químico plaguicida es la temperatura a que un plaguicida fundido o líquido se convierte en sólido a consecuencia de la extracción de calor del sistema. El punto de fusión o solidificación de un producto químico plaguicida determina su estado físico a la temperatura ambiente.

El punto de fusión o solidificación indica las posibilidades de trituración del material; por lo general, esas posibilidades de trituración son mayores a medida que se eleva el punto de fusión del plaguicida. Con frecuencia, los materiales cuyos puntos de fusión o solidificación oscilan entre 60° y 90°C pueden molerse mediante la adición de portadores sorbentes secos; pero especialmente con los materiales de más bajo punto de fusión, se debe cuidar de evitar el recalentamiento del molidor. En cuanto a los materiales con punto de fusión inferior a los 60°C, lo mejor es elaborarlos una vez fundidos o disolviéndolos en un disolvente adecuado.

Punto de ebullición

El punto de ebullición de la mayoría de los productos químicos plaguicidas es relativamente alto. No es probable que en la formulación de plaguicidas se tropiece con temperaturas que se aproximen al punto de ebullición del ingrediente activo.

Densidad o peso específico

El peso específico de una sustancia indica cuál es su peso en relación con el de un volumen igual de agua a la misma temperatura. El peso de los plaguicidas líquidos y licuados que pasan, por bombeo, al equipo de formulación se determina aplicando los índices de peso específico correspondientes, con correcciones de temperatura. De este modo, pueden simplificarse mucho los problemas de manipulación y pesada de los materiales. Al preparar formulaciones líquidas, tales como concentraciones emulsionables, la concentración probable del ingrediente activo en el producto acabado puede calcularse con bastante precisión a partir de los pesos específicos de los ingredientes activos, los disolventes y los surfactantes.

Al preparar formulaciones líquidas, tales como concentrados emulsionables, hay que tener presente que el volumen de ingrediente activo o soluto y el volumen del disolvente no son aditivos. En consecuencia, es necesario calcular el volumen del ingrediente activo sobre la base de su densidad aparente de solución que, en algunos casos, disminuye con la dilución.

Algunos estudios sobre la capacidad de sorción de portadores secos y diluyentes indican que la cantidad máxima de líquido que un sólido seco puede retener es función del volumen del líquido, más que de su peso. Por eso, cuando se conocen los límites volumétricos de la capacidad de sorción de un determinado portador, es posible calcular el porcentaje de peso máximo probable de ingrediente activo que puede absorber.

Viscosidad

La viscosidad de un producto químico plaguicida es una característica funcional que debe tenerse en cuenta en todas las operaciones de manutención. Aunque suele asociársela a los productos líquidos, es también una característica inherente de los productos químicos sólidos y licuados. En el trasiego de productos químicos plaguicidas industriales de sus contenedores a granel al equipo de elaboración, la cantidad de energía necesaria para una determinada velocidad de paso aumenta con la viscosidad. Para bombear materiales muy viscosos, es preferible utilizar una bomba de engranajes o una bomba volumétrica (con un conducto de desviación) que utilizar bombas centrífugas, especialmente cuando hace frío y la temperatura del líquido puede ser relativamente baja.

La impregnación por rociado de portadores granulados o en polvo para la preparación de formulaciones secas requiere en general una viscosidad reducida que permita una dispersión conveniente del rociado. Para disminuir la viscosidad es necesario calentar el líquido hasta obtener la viscosidad adecuada o agregar un disolvente que pueda mezclarse con el ingrediente activo. Si para disminuir la viscosidad del líquido con que se efectúa el rociado se recurre al calor, es necesario reducir al mínimo la pérdida de calor en el conducto que va desde la vasija con el rociador hasta la tobera procediendo a su termoaislamiento, a fin de mantener durante toda la operación de rociado la viscosidad adecuada.

La viscosidad de un producto químico plaguicida es importante en los concentrados emulsionables; a medida que la concentración del ingrediente

activo de los concentrados emulsionables aumenta, aumenta también la viscosidad. En general, la dispersabilidad de un concentrado emulsionable en agua mejora a medida que la viscosidad del concentrado disminuye.

Solubilidad

La solubilidad de un producto químico plaguicida es una característica inherente que depende de su estructura y peso moleculares. Aunque es posible formular ciertas normas de solubilidad en relación con la constitución molecular, en la práctica es necesario determinar experimentalmente las características de solubilidad de cada nuevo producto químico plaguicida en disolventes típicos. Cuando se trata de concentrados líquidos, la solubilidad de los productos químicos plaguicidas suele expresarse en gramos de ingrediente activo o gramos de plaguicida técnico por 100 ml de solución. Pueden utilizarse otras unidades, tales como el peso del ingrediente activo o del material técnico por volumen o por peso del disolvente, pero la aplicación práctica de estas unidades exige un cálculo adicional basado en la densidad o en la densidad aparente.

La solubilidad de los productos químicos plaguicidas tiene gran importancia económica. Por lo común, es conveniente que un producto químico plaguicida tenga un alto grado de solubilidad, a fin de que puedan prepararse altas concentraciones en disolventes de bajo costo, tal como el queroseno. Si la solubilidad es reducida, pueden necesitarse disolventes más costosos y cabe que, incluso en ese caso, sólo puedan lograrse concentraciones bajas. Si el costo de producción de una concentración líquida resulta excesivamente elevado debido a una escasa solubilidad, y si se necesita una formulación en forma de pulverización, debe examinarse la posibilidad de adoptar otros tipos de formulación, tales como polvos dispersibles en agua o concentrados fluidos.

Estabilidad

La estabilidad de un producto químico plaguicida es su resistencia a los efectos degradativos que dependen de su formulación, de su almacenamiento y del medio ambiente a que queda expuesto después de su aplicación. Lo que principalmente interesa es la estabilidad de la molécula ante toda clase de influencias, más que su estabilidad a temperaturas inferiores o su persistencia como residuo.

Si bien muchas moléculas orgánicas pueden descomponerse espontáneamente durante el almacenamiento, debe evitarse que eso ocurra en un producto químico plaguicida. Cuando existe una tendencia a la descomposición, debe agregarse al plaguicida técnico un estabilizador que retarde en forma apreciable el proceso de descomposición. El calor y la presencia de impurezas, como ciertas sustancias metálicas u óxidos, pueden ocasionar a veces la descomposición de los plaguicidas. Cuando esto ocurre, es necesario utilizar estabilizadores o quitar las impurezas. En muchos procesos de formulación suele ser necesario aplicar calor para disolver los productos químicos plaguicidas o reducir su viscosidad. Por esa razón debe estudiarse la termoestabilidad de los ingredientes activos. Independientemente del tipo de fórmula que haya de prepararse,

debe estudiarse la compatibilidad química de los ingredientes del preparado a lo largo de períodos prolongados. Para ello es necesario que, antes de la iniciación del estudio, se identifiquen métodos sensibles y específicos de análisis.

Algunos productos químicos plaguicidas están expuestos a diversos grados de descomposición debido a la acción de ácidos o bases. Al preparar la fórmula podría impedirse este tipo de descomposición, utilizando portadores y diluyentes minerales o, en ciertos casos, los surfactantes correspondientes. Cuando se utilizan productos químicos plaguicidas sensibles a las bases o ácidos activos, debe procederse con cuidado para no incluir en la fórmula ingredientes que tengan estas propiedades. Otros productos químicos orgánicos son muy sensibles a la hidrólisis por la acción del agua. Si el grado de hidrólisis es demasiado grande o no puede controlárselo, el empleo de esos productos químicos en fórmulas emulsionables o en cualquier tipo de pulverización acuosa queda sujeto a una severa limitación. Los productos químicos de esta clase tienen tan poca persistencia después de su aplicación que resultan poco eficaces en la lucha contra plagas. Un factor digno de tenerse en cuenta es la resistencia de un producto químico plaguicida a las alteraciones causadas por el aire o la luz; y puede ser útil emplear antioxidantes o agentes de protección contra la luz, aunque por lo general el alivio que éstos proporcionan es sólo temporal.

Otras propiedades

Las otras características de los productos químicos plaguicidas son el olor y el color. El color carece de importancia en las aplicaciones agrícolas, pero puede tenerla, lo mismo que el olor, cuando se trata de pulverizadores que se utilizan en las casas o edificios públicos. En algunos casos puede evitarse el color en las fórmulas insecticidas para rociado extrayendo impurezas mediante procesos de decoloración en el producto técnico de formulación. Cuando el color aparece después de realizada la preparación, se buscan ingredientes que no reaccionen con ciertas impurezas del material técnico. A veces se puede eliminar el olor o disminuirlo en gran medida mediante el tratamiento del producto químico plaguicida, pero en general es más conveniente encontrar un agente aromático enmascarante adecuado que haga menos desagradable el olor propio de la formulación.

Portadores en polvo y diluyentes

Los más importantes portadores secos y diluyentes que se utilizan en las formulaciones de plaguicidas son materiales inorgánicos, principalmente de origen natural (véase el cuadro 1). Entre ellos figuran los siguientes minerales: diatomita, vermiculita, attapulguita, montmorillonita, talco, pirofilita y caolinita. Para utilizarlos en formulaciones de plaguicidas se los somete a diversos tratamientos por medio de técnicas que van desde la simple desecación y pulverizado hasta el lavado, la flotación en corriente de aire y la calcinación. Sus propiedades dependen de las estructuras cristalina y molecular y de la composición. Con frecuencia suele mejorarse las propiedades de estos

portadores y diluyentes mediante procedimientos de elaboración especiales. A continuación se describen las propiedades de los portadores y diluyentes en polvo.

Tamaño de partícula

Los portadores y diluyentes en polvo se diferencian de los portadores y diluyentes granulados principalmente en función del tamaño de partícula. La mayoría de los portadores y diluyentes de plaguicidas son productos más finos que los que se criban con la malla 200 (conforme a la serie normalizada de tamices de EE.UU.). En general, los portadores y diluyentes secos se utilizan en la formulación de polvos impalpables, bases de polvos impalpables y polvos dispersibles en agua. En general, cuanto más pequeño sea el tamaño de partícula de un material, más adecuado será éste para los preparados de polvos dispersibles en agua, porque la facilidad de suspensión en agua del polvo dispersible en ella es inversamente proporcional al tamaño de partícula. Para este tipo de producto, el 95% del portador o diluyente, como mínimo, debe pasar a través de un tamiz de malla 325 (44 μm).

Capacidad de sorción

La capacidad de sorción relativa es la medida usual para distinguir los portadores secos de los diluyentes. Los portadores sorbentes son necesarios cuando deben prepararse productos químicos plaguicidas licuados, o de temperatura de fusión baja o soluciones, en forma de bases de polvos impalpables o concentrados de polvos dispersibles en agua. Cuando se trata de preparar plaguicidas en polvo para espolvoreo, la capacidad de sorción apenas tiene importancia, a los efectos prácticos.

La capacidad de sorción puede definirse como la posibilidad de un material en polvo inerte de retener cierta cantidad de líquido sin exceder el punto de transición entre la sequedad y la plasticidad de la masa total. Un laboratorio ha adoptado la expresión "índice de sorción" para indicar el peso del material técnico que puede ser absorbido por 100 gramos de mineral en polvo inerte para alcanzar el punto de plasticidad, que se define más adelante (véase el cuadro 1). El método aplicable para determinar el índice de sorción es similar al método que utilizan los fabricantes de pinturas para determinar la cantidad de aceite de linaza que pueden absorber los pigmentos para obtener una consistencia determinada.

En la práctica, la cantidad de plaguicida líquido añadida a un portador no llega nunca a la señalada por el índice de sorción, pues es probable que de ese modo se obtuviese una mezcla muy poco fluida. Por ejemplo, la tierra de diatomeas, cuyo índice de sorción es aproximadamente 270, puede utilizarse con cuidado para producir una base de polvo de 50% de clordano. (La base de polvo se compone de 50% de clordano técnico y 50% de tierra de diatomeas.) Si se sobrepasa este 50% de concentración de clordano, el producto se vuelve cada vez más pesado y menos fluido, y se hace más difícil diluirlo con un diluyente inerte. Con frecuencia es necesario agregar otros ingredientes tales como disolventes, líquidos desactivadores y surfactantes; todos estos ingredientes adicionales tienen gran tendencia a reducir la capacidad de sorción disponible de la porción de portador inerte.

CUADRO 1. PROPIEDADES FISICAS GENERALES DE LOS PORTADORES Y DILUYENTES

Portador o diluyente	Peso específico	Densidad del material libremente amontonado (kg/m ³)	Densidad del material compacto (kg/m ³)	Capacidad de sorción de aceite (g/100 g)	Índice de sorción	Máximo grado de concentración fluida (en %)					Desactivación aproximada necesaria para pK 1,5		
						Heptacloro	Clordano	Endrina	Metilparatión	Etilparatión		Valor pH	Valor pK
Tierra de batán	2,3-2,4	256-400	465-577	100	135-237	25	40-50	75	25	25	5,2-8,0	<1	6-10
Carbonato de calcio	2,7	640-881	1 282-1 538	5-18	...	5	5	75	5	5	9,0-9,2	>3,3	0
Tierra de diatomeas	1,8-2,1	96-160	160-272	100-220	187-272	50	70	75	50	60	5,5-7,0	1	1-5
Caolinita	2,4-2,7	240-272	609-1 282	5-54	69-184	...	20-40	75	10-15	15	4,2-9,4	<1	0-3
Mica y vermiculita (dilatada)	2,2-2,7	128-737	160-737	38	...	25-40	55-60	75	...	...	6,9-7,1	...	1-3
Montmorillonita	2,3-2,8	256-865	288-1 025	23-70	80	5-25	5-40	75	5-25	5-40	4,5-9,4	<1	4-9
Piedra pómez	2,6	481	721-769	...	78	25	40	75	25	40	...	...	0
Pirofilita	2,6-2,8	449-561	833-993	25-50	76-90	15-20	20-25	75	15-20	20-25	5,4-8,1	...	0-1
Sílice	1,9-2,7	48-641	400-640	26-09	64	5-10	5-10	75	5-10	5-40	6,0-7,0	3,3	0-1
Talco	2,6-2,9	449-737	449-1 009	24-40	73	5-60	5-75	75	5-60	5-75	4,5-10,0	...	0-10
						5-10	5-10	75	5-10	5-10	6,8-9,6	3,3	0-1

En el cuadro 2, en el que figuran diversos portadores y diluyentes típicos con sus índices de sorción, puede verse que el sílice sintético, la diatomita y la tierra de batán tienen índices de sorción elevados, mientras que la pirofilita, el talco y la piedra caliza en polvo (carbonato de calcio) tienen índices de sorción muy bajos y, por eso, se clasifican como diluyentes.

CUADRO 2. CAPACIDAD DE SORCIÓN DE LOS TIPOS DE MINERAL COMUNMENTE UTILIZADOS COMO PORTADORES Y DILUYENTES DE PLAGUICIDAS

<i>Mineral</i>	<i>Índice típico de sorción^a</i>
<i>Portador</i>	
Sílice (sintético)	400
Diatomita (agua salada)	270
Vermiculita (dilatada)	250
Tierra de batán	230
Diatomita (agua fresca)	200
Perlita	200
Montmorillonita (no bentonoidea)	190
Caolinita	160
<i>Diluyente</i>	
Pirofilita	90
Bentonita	80
Piedra pómez	78
Talco	73
Sílice (natural)	64
Piedra caliza (CaCO ₃)	50
Yeso (CaSO ₄)	50

^aCantidad de clordano absorbido según el método de "barrido" (gramos por cada 100 gramos de material en polvo).

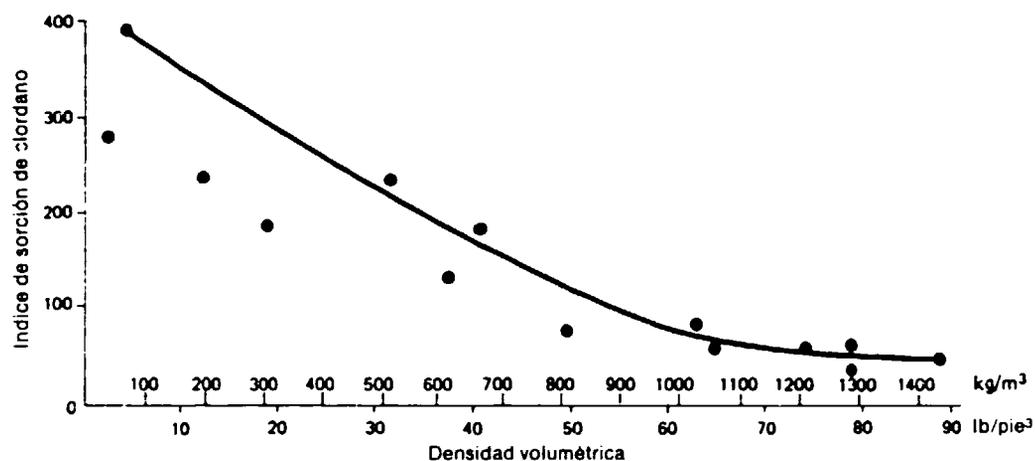
Si la capacidad de sorción de un portador, como se dijo anteriormente, se determina utilizando líquidos de densidades variables, se hallará que la capacidad de sorción en términos de peso de material absorbido varía en razón inversa de la densidad del líquido. Los proveedores suelen indicar con frecuencia el índice de absorción de aceite de linaza de muchos minerales utilizados como portadores y diluyentes. Si se conoce el índice de absorción de aceite de linaza puede estimarse el índice de absorción o sorción de clordano, por ejemplo, mediante una multiplicación por el resultado de la comparación (razón) entre la densidad más elevada y la más baja.

Densidad volumétrica

En general, hay una relación inversa entre la densidad volumétrica y la capacidad de sorción del portador o diluyente. De ahí que los diluyentes tiendan a ser más densos que los portadores. Esto puede verse en la figura I, en la que el trazado señala la relación entre la densidad volumétrica de una serie

de portadores elegidos al azar y el índice de sorción de clordano. La densidad volumétrica de portadores y diluyentes puede medirse mediante dos técnicas diferentes.

Figura 1. Índice de sorción en función de la densidad volumétrica



La técnica de medida de la densidad volumétrica en masa (o aireada) da la densidad aparente del material cuando sus partículas están libremente amontonadas, conforme a la determinación de un volúmetro. Lo que así se mide es la densidad aparente en función de un ordenamiento casual de las partículas, que se han asentado después de caer desde muy poca altura siguiendo una orientación al azar. Es un índice útil para calcular la cantidad máxima de portador o diluyente que podría agregarse a un mezclador seco; pues cuando un mezclador está en funcionamiento, el material en polvo que contiene circula constantemente, y la aireación y desorientación llegan al máximo.

La técnica de medida de la densidad volumétrica compactada da el peso de un determinado volumen de material en polvo después de haber sido sometido a vibración para darle la orientación máxima. En este caso, el material queda completamente desaireado y las partículas se han asentado con arreglo al más firme alineamiento geométrico. La densidad volumétrica compactada indica el mayor peso de material en polvo que puede envasarse en un recipiente de determinado tamaño (véase el cuadro 1). La relación entre la densidad aireada y la densidad compactada varía de un material a otro en función del peso específico, la forma de las partículas y la distribución de tamaños de las mismas.

Acidez superficial y compatibilidad química

La acidez superficial es una característica común de la mayoría de los portadores y diluyentes minerales en su forma natural, pero su grado varía en función de las estructuras cristalina y molecular del mineral. Puede definirse la acidez superficial como una distribución desproporcionada de cargas eléctricas

en el mineral para producir una superficie con centros cargados positivamente. Estos centros se denominan puntos ácidos o centros electrofilicos. La intensidad de estos puntos cargados positivamente puede variar según la composición de la superficie y el grado de distorsión en la estructura que causa la distribución desproporcionada de las cargas eléctricas de superficie.

La acidez, a su vez, influirá en las reacciones con otros productos químicos. La intensidad de los centros ácidos puede medirse con ayuda de ciertas materias colorantes conocidas con el nombre de indicadores Hammett que cambian de color en presencia de intensidades ácidas muy específicas. Estos colorantes forman bases conjugadas con los centros ácidos nucleofilicos a diferentes niveles de acidez superficial que se definen como el valor pK con un sistema numérico que oscila de + 7 a -8. Por consiguiente, el valor pK es una medida del grado de concentración del ácido (es decir, la afinidad por los electrones) del punto ácido medio.

En la práctica, el grado de concentración del punto ácido tiene importancia, así como también la cantidad de puntos ácidos en una determinada masa o peso del mineral. Por ejemplo, es probable que los puntos ácidos más activos de la caolinita tengan un valor pK igual a -8; la caolinita tiene sólo aproximadamente una tercera parte de los puntos ácidos de la montmorillonita, a igualdad de peso del material. La acidez superficial de un portador o diluyente mineral tiene gran importancia en relación con la estabilidad o el ritmo de descomposición del ingrediente activo en el preparado.

Los productos químicos plaguicidas se diferencian mucho por su susceptibilidad a la descomposición como resultado de la actividad catalítica de los puntos ácidos. Afortunadamente, estos puntos ácidos pueden desactivarse mediante ciertos productos químicos orgánicos que en forma preferencial comparten sus electrones con el mineral para formar un enlace covalente que es más fuerte que los enlaces formados entre los productos químicos plaguicidas y el centro ácido mismo. Son efectivos, con esta finalidad, los compuestos que contienen oxígeno en un enlace de éter o los derivados amínicos.

Con respecto a los minerales tensioactivos, debe ensayarse la compatibilidad de los desactivadores con los ingredientes plaguicidas en el sistema total. Aunque la urea y la hexametilenotetramina son excelentes desactivadores para preparados tales como la aldrina y la endrina, respectivamente, su utilización no es adecuada en los preparados de heptacloro, cuyo mecanismo de descomposición es diferente. En lo que respecta al heptacloro y el clordano, hay sustancias neutras, como el glicol dietilénico y otras similares, que se comportan adecuadamente como desactivadores sin hacer surgir ninguna reacción degradativa con el ingrediente activo¹. Casi siempre se agrega del 6 al 8% del material desactivador. Su empleo aumenta el costo de formulación. Cuando otras propiedades y características del portador y disolvente son satisfactorias para un preparado determinado, debe seleccionarse un material inerte que tenga una acidez superficial mínima.

La acidez o alcalinidad de portadores y diluyentes puede causar la descomposición de ciertos plaguicidas. Por consiguiente, en la formulación sólo deben emplearse aquellos ingredientes inertes que en las pruebas aceleradas de almacenamiento no influyan en el ingrediente activo. La acidez a que se hace referencia en este caso es la acidez ordinaria, no la acidez superficial de que

¹M. A. Malina, y cols. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, vol. 4, 1956, p. 1038.

hemos tratado unas líneas más arriba. Esta acidez ordinaria puede determinarse midiendo el valor pH de una suspensión, al 10%, del mineral en agua.

Además, la presencia de impurezas metálicas tales como óxidos de hierro en ciertos tipos de arcilla puede tener un efecto nocivo sobre el ingrediente activo. Si el producto químico plaguicida es sensible a las impurezas metálicas, deben seleccionarse materiales que no contengan sales de hierro extraíbles².

Fluidez

La fluidez de un portador en polvo es el ritmo con que el material puede ser vertido, removido o trasegado; depende principalmente de la forma de las partículas y de la densidad, y también, en menor grado, del tamaño de las partículas. Tiene importancia en el proceso de la formulación porque, a medida que aumenta la fluidez, es menor la energía necesaria para mezclar o elaborar el material. Es un factor importante en la aplicación sobre el terreno, pues a medida que aumenta la fluidez mejora la circulación del material por el tubo de alimentación de polvo y el medidor, y puede regularse más fácilmente el caudal de paso.

Pulverizabilidad

La pulverizabilidad es una característica de los diluyentes en polvo; consiste en la posibilidad de desplazarse a través del aire, ser transportados por corrientes de aire dentro de una zona limitada de aplicación y adherirse luego a la superficie de las plantas. No hay métodos de laboratorio precisos para ensayar la pulverizabilidad distintos de la aplicación práctica en situaciones reales o simuladas.

Efecto abrasivo

Se designa así a la propiedad que tienen ciertos portadores y diluyentes de ocasionar desgaste por abrasión en el equipo de elaboración, los dispositivos de medición y los orificios del equipo de aplicación. Los polvos dispersibles en agua preparados a base de portadores abrasivos y diluidos en agua pueden ir agrandando los pequeños orificios de las toberas de rociado, con lo cual se modifican fundamentalmente las características de flujo de las toberas y se aumenta el caudal de rociado. Cambia así el régimen de rociado, y las aplicaciones pierden exactitud. Entre los materiales abrasivos figuran la pirofilita, la piedra pómez, la sílice y la diatomita; entre los no abrasivos, la caolinita y el talco.

Portadores granulados

Los portadores granulados son materiales formados de macropartículas que constituyen la base de la mayoría de los plaguicidas granulados. Pueden ser de origen mineral o vegetal.

Entre los portadores más corrientes están los portadores minerales de tierra de batán y de montmorillonita y el portador de origen vegetal derivado

²H. L. Holler, y cols. *Industrial & Engineering Chemistry*, vol. 37, 1945, p. 403.

de las sémolas de zuros. Estos tienen la ventajosa característica física de ser más livianos por unidad de volumen que los portadores minerales, teniendo menos tendencia a crear partículas de polvo por desgaste que los últimos. Sin embargo, las sémolas de zuros tienen menor capacidad de sorción que los gránulos minerales. Una propiedad que deben poseer los portadores granulados es la capacidad de sorción, pues la forma más conveniente de preparar plaguicidas granulados es impregnar el portador granulado con el producto químico plaguicida.

Tamaño de partícula

Conforme a una especificación no oficial, el tamaño de partícula de un portador granulado debe ser el que corresponde a su paso por mallas que van de 4 a 80 (la malla 4 mide aproximadamente $4.460 \mu\text{m}$; la malla 80 mide $177 \mu\text{m}$). En la práctica, no se utiliza un campo tan amplio de tamaños de partícula. Para lograr la uniformidad del producto, el mínimo de segregación, una medición adecuada y la distribución óptima de las partículas, se suelen utilizar campos mucho más limitados. Estos campos de tamaños pueden corresponder a las siguientes especificaciones: 8/15, 16/30, 20/35, 20/40 y 30/60. Algunos proveedores de portadores granulados han adoptado la norma de que el tamaño de un 90%, por lo menos, de todas las partículas correspondientes a una especificación dada debe quedar comprendido dentro del campo de mallas establecido. Por ejemplo, la especificación 16/30 establece que el 90% de las partículas deben corresponder a las mallas entre 16 y 30; y que el 10% restante puede distribuirse entre el tamiz de malla 16 y el tamiz de malla 30.

Un tamiz de malla 16 tiene una especificación de tamaño de $1.190 \mu\text{m}$, mientras que un tamiz de malla 30 equivale a una abertura de $590 \mu\text{m}$. Pero la designación 16/30 no especifica la distribución de las partículas dentro de este campo. En realidad, la mayoría de las partículas pueden corresponder en un producto a las mallas que van de 18 a 20, y en otro producto a las que van de 20 a 25. Con todo, a ambos productos cumpliría la especificación 16/30, según se indica en el cuadro 3. Cuando la distribución de las partículas por tamaño se inclina hacia la zona correspondiente a las mallas 25 ó 30, habrá más partículas por gramo que si se da la tendencia contraria, es decir, si predominan las partículas de mayor tamaño. En el cuadro 4 figura la relación entre el tamaño de malla y el número de partículas por gramo. Podría sostenerse que con un producto que se orientase hacia el tipo de malla más fina podría obtenerse una distribución mejor al aplicarlo. Con todo, no es evidente que haya esta ventaja

CUADRO 3. DISTRIBUCION DE LAS PARTICULAS, POR SU TAMAÑO, EN DOS PORTADORES DISTINTOS

Campo de mallas	Portador (%)	
	A	B
20/25	10	20
25/30	30	40
30/35	40	30
35/40	20	10

CUADRO 4. RELACION ENTRE EL TAMAÑO DE LAS PARTICULAS Y EL NUMERO DE ESTAS POR GRAMO DE GRANULOS DE TIERRA DE BATAN FLOREX

Malla	Partículas por gramo
16/30	2 668
18/35	5 137
25/50	20 282
30/60	24 802

práctica, y la investigación sobre el terreno ha demostrado que este factor tiene poca importancia. El número de partículas por gramo de un producto granulado depende del tamaño de partícula, de su distribución por tamaños y de la densidad volumétrica del portador granulado.

Capacidad de sorción

La capacidad de sorción de los portadores granulados tiene la misma finalidad funcional que la capacidad de sorción de los portadores en polvo. Depende de la estructura cristalina y de la magnitud del área de la superficie del material. En portadores granulados de minerales como la tierra de batán y la montmorillonita, cuyo grado de porosidad es relativamente alto, la capacidad de sorción se aproxima a la de los portadores en polvo respectivos. En la pirofilita y en la piedra caliza granuladas, que la porosidad es relativamente baja, la capacidad de sorción depende fundamentalmente del área de su superficie. A medida que aumenta el tamaño de partícula disminuye el área superficial; por eso, la capacidad de sorción de los portadores granulados que acabamos de mencionar es relativamente baja.

Al elaborar gránulos de tierra de batán suele someterse a extrusión para mejorar su capacidad de sorción. Luego se procede a calcinar los gránulos extruidos, influyendo así en el contenido de humedad, la actividad catalítica, la dureza y la tendencia de los granos a descomponerse en el agua. Para identificar el tipo y grado de elaboración se utilizan las designaciones siguientes:

- A no extruido
- AA extruido
- RVM (regular volatile matter — normal en materia volátil) no calcinado, descomposición rápida en agua
- LVM (low volatile matter — bajo en materia volátil) calcinado, resistente a la desintegración en agua.

La vermiculita granulada es un mineral laminar que puede someterse a dilatación por medio del calor para producir un material sorbente. Sus propiedades sorbentes se deben a los espacios capilares que quedan entre las capas. Con todo, la baja densidad volumétrica de la vermiculita granulada limita su aceptación general como portador.

Entre los materiales granulados de origen vegetal figuran las sémolas de zuros y las cáscaras molidas de nuez o de pacana. La capacidad de sorción

de las sémolas de zuros se aproxima a la de los gránulos de tierra de batán o de montmorillonita y varía según la procedencia y el procedimiento utilizado; y la de las cáscaras de nuez y pacana no llega a ser la mitad de la de los gránulos de tierra de batán.

Densidad volumétrica

La densidad volumétrica de los portadores granulados es un factor limitativo del peso del plaguicida granulado que se carga en el tolva del equipo de aplicación. Como la capacidad de sorción varía en razón inversa de la densidad volumétrica, en la tolva del equipo de aplicación puede cargarse un peso menor cuando se trata de gránulos sorbentes que el que correspondería al mismo volumen de gránulos más pesados pero menos sorbentes. A los fines prácticos, los gránulos de tierra de batán son adecuados tanto desde el punto de vista de la densidad volumétrica como de su capacidad de sorción. El proceso de impregnación de gránulos de tierra de batán con plaguicidas líquidos o soluciones plaguicidas líquidas no modifica la forma o el tamaño de las partículas. Durante el proceso de impregnación, los líquidos son absorbidos por las estructura de las partículas de modo que éstas cobran mayor peso sin modificación importante de su volumen.

La intensidad del flujo de la aplicación granulada se regula con mediciones volumétricas a su paso por orificios ajustables y calibrados del equipo de aplicación. En consecuencia es necesario que la densidad volumétrica del producto acabado esté regulada. Además de los efectos sobre la densidad volumétrica (suponiendo que las partículas no se desgasten), debido a que el peso del disolvente aumenta y el peso del portador granulado disminuye, también disminuye el número de partículas por libra de producto acabado.

Acidez superficial

Los tipos de mineral utilizados como portadores granulares son los mismos que se emplean para portadores en polvo y diluyentes. En consecuencia, tienen el mismo tipo de acidez superficial y deben tratarse en la misma forma.

Resistencia mecánica

La resistencia mecánica de un portador granulado es su capacidad de resistir al desgaste que ocasionan las presiones mecánicas a que está sometido durante el proceso de formulación, el envasado, el transporte y la aplicación. Cuando efectivamente se produce un desgaste, el tamaño de partícula de los gránulos disminuye, y aparecen residuos finos indeseables. La montmorillonita y la tierra de batán (especialmente las de las clases RVM) suelen tener una resistencia mecánica suficiente como para que la formación de residuos finos por desgaste sea mínima. Los materiales de origen vegetal, como las sémolas de zuros y los gránulos de cáscaras de pacana y nuez, son resistentes al desgaste.

Descomposición en el agua

La mayoría de los plaguicidas granulados liberan el ingrediente activo al desintegrarse sus partículas por acción del agua. Las arcillas granuladas, como

la tierra de batán y la montmorillonita (especialmente del tipo bentonita) tienen la propiedad de fragmentarse o esponjarse a consecuencia de la hidratación. Este fenómeno permite la liberación del ingrediente activo. La pirofilita y el carbonato de calcio no se comportan de esta misma manera. Las arcillas esponjables son también útiles como un componente parcial de gránulos dispersibles.

Disolventes

Como la mayoría de los productos químicos plaguicidas son insolubles en agua, es necesario utilizar algún tipo de disolvente orgánico para preparar formulaciones líquidas o concentrados líquidos utilizados en la impregnación de preparados secos. Los diferentes tipos de disolventes para fórmulas plaguicidas se clasifican según la composición, el tipo químico, la estructura o la función. En relación con la formulación de plaguicidas es conveniente clasificar los disolventes en polares o no polares. Entre los disolventes no polares, los más importantes desde el punto de vista económico son los disolventes de hidrocarburos y los de destilados del petróleo. Entre los disolventes polares figuran las cetonas, los ésteres, los glicoles, los éteres glicólicos y las amidas de ácidos. Los hidrocarburos y los destilados del petróleo se subdividen en alifáticos o aromáticos conforme a una distinción no sólo económica sino también funcional.

El químico que prepara la formulación puede encontrar, entre los disolventes polares, tipos miscibles y tipos no miscibles en agua. Aunque el margen de elección entre los disolventes polares disponibles pueda ser amplio, la cuestión de la miscibilidad en agua junto con otros factores, incluso de tipo económico, influirán en la elección. A continuación se examinan las propiedades funcionales importantes de los disolventes utilizados en la formulación de plaguicidas.

Intervalo de destilación y punto de ebullición

El intervalo de destilación y punto de ebullición de un disolvente indica la volatilidad del mismo en situaciones de formulación o aplicación. Con respecto a los disolventes puros, el punto de ebullición es la temperatura en la que, a una presión determinada, la fase líquida está en equilibrio con la fase vapor. Por punto normal de ebullición suele entenderse el que corresponde a la presión atmosférica.

Los disolventes a base de hidrocarburos y los destilados de petróleo utilizados comúnmente en la formulación de plaguicidas son mezclas de hidrocarburos con diferentes puntos de ebullición. Para determinar el intervalo de puntos de ebullición conviene destilar el material y registrar las temperaturas a partir de la cantidad inicial proporcionada por el vapor que sale de la parte alta de la columna de destilación, y luego por fracciones, en porcentajes del volumen, hasta que la muestra no destile ya más material (esto se denomina a veces destilación Engler). Los disolventes de hidrocarburos típicos utilizados en la formulación de plaguicidas son disolventes del tipo xileno que entrarán en ebullición en el campo de temperaturas que va desde aproximadamente los 133°C a los 165°C. En las naftas aromáticas pesadas, el intervalo de

temperaturas va desde los 177°C a los 287°C, aproximadamente. Los disolventes de hidrocarburos alifáticos se utilizan en grandes cantidades; son principalmente del tipo del queroseno y su intervalo de destilación va de 190°C a 475°C, aproximadamente.

Los disolventes polares suelen ser de una pureza relativamente alta comparados con los disolventes de hidrocarburos, y su intervalo de destilación rara vez sobrepasa los 12°C. Al seleccionar un disolvente polar, se prefieren los que tienen puntos de ebullición que quedan por encima del intervalo de los 94°C a los 99°C. En casos especiales que impliquen solubilidad o fitotoxicidad, pueden utilizarse, con precaución, materiales con puntos de ebullición más bajos.

Peso específico (densidad)

El peso específico de un disolvente es el peso de un determinado volumen del disolvente en comparación con el peso de un volumen igual de agua a una temperatura determinada. La densidad del disolvente suele expresarse en gramos por mililitro (g/ml). Cuando se especifica la temperatura a que fue determinada la densidad, la densidad se convierte en valor absoluto. Entre los disolventes de hidrocarburos utilizados en preparados plaguicidas, los alifáticos, como el queroseno, tienen los valores más bajos de densidad, que van de 0,76 a 0,79. Los tipos de xileno tienen valores de densidad intermedios, que oscilan entre 0,85 y 0,88. La densidad de las naftas aromáticas pesadas va de 0,92 a 0,97.

Índice de kauri-butanol

El índice de kauri-butanol (denominado a veces el KB) mide la potencia de un disolvente en relación con la potencia disolvente del tolueno (=105). En la mayoría de los hidrocarburos aromáticos utilizados en la formulación de plaguicidas, el índice KB equivale aproximadamente al porcentaje, en volumen, de aromáticos contenidos en el disolvente.

Contenido en aromáticos

El contenido en aromáticos de un disolvente de hidrocarburo como los que se utilizan en la formulación de plaguicidas se mide en función del porcentaje que representa su volumen en relación con el volumen total. Por lo general, la potencia del disolvente aumenta con el contenido en aromáticos. El costo del disolvente aumenta con su contenido en aromáticos y con su potencia disolvente. El contenido en aromáticos de los disolventes del tipo xileno y de las naftas aromáticas pesadas va de 85% a más del 95%.

Las hojas de especificaciones de los disolventes proporcionadas por los proveedores suelen incluir datos de inspección con respecto a una partida o lote típico de un disolvente. A veces, se consignará que el contenido típico en aromáticos de un disolvente es aproximadamente el 95%, con una mínima especificación del 90 ó 91%. Al preparar concentrados emulsionables o de aceite con plaguicidas de solubilidad limitada a bajas temperaturas, el químico que prepare la fórmula debe realizar pruebas de estabilidad en frío utilizando

muestras de disolventes cuyos índices KB y porcentajes de aromáticos se aproximen todo lo posible al límite inferior de la especificación correspondiente a un disolvente determinado.

Punto de inflamación

El punto de inflamación de un disolvente indica su inflamabilidad. En términos numéricos, es la temperatura de ignición comprobada, en situaciones estrictamente establecidas, en aparatos de ensayo normalizados. Al seleccionar un disolvente para la formulación de un plaguicida debe elegirse el que tenga el más alto punto de inflamación compatible con otras propiedades necesarias. Para la mayoría de los preparados líquidos, el punto más bajo de inflamación debe ser 27°C. En los Estados Unidos, cualquier clase de líquidos cuyo punto de inflamación —determinado por el método "Tag Open Cup"³— sea inferior a dicha temperatura debe envasarse en recipientes que lleven la etiqueta roja de precaución para líquidos inflamables de la Oficina de Explosivos, tal como lo prescriben las normas del Departamento de Transporte de los Estados Unidos. Si se utilizan disolventes que tengan un punto de inflamación más bajo, deben adoptarse medidas de precaución adicionales para evitar riesgos de incendio durante la formulación y el transporte.

Potencia disolvente

La potencia de un disolvente determinado es su capacidad de disolver un material o clase de materiales específicos en determinadas condiciones de ensayo. La potencia de los disolventes utilizados en los preparados plaguicidas suele ir en aumento en el siguiente orden: compuestos alifáticos, aromáticos y polares. Aunque al ponerlos en este orden se generaliza quizá con exceso, la indicación es útil para los químicos preparadores de las fórmulas, y permite realizar unas pocas pruebas de productos químicos plaguicidas con la menor cantidad de disolventes de prueba de cada clase.

La potencia disolvente que se requiere varía bastante según la clase de producto químico plaguicida de que se trate. Es más: dentro incluso de una determinada clase de plaguicidas, como los hidrocarburos dieneclorados, la potencia disolvente necesaria varía dentro de un intervalo muy amplio. Por ejemplo, cualquier queroseno común, que es uno de los disolventes más débiles, disolverá un peso infinito de clordano técnico. La endrina, en cambio, tiene una solubilidad muy limitada en los aromáticos y rara vez se formula en concentraciones superiores al 20% del peso o 19,2 g por 100 ml.

La solubilidad puede expresarse en diversas unidades, como el peso del soluto en gramos por 100 gramos de disolvente; el porcentaje en peso del soluto en gramos por 100 gramos de solución; y el peso del soluto en gramos por 100 ml de solución. Las pruebas de potencia disolvente abarcan un campo de temperaturas que suelen descender hasta -16°C. En situaciones de frío extremado, las pruebas de estabilidad en frío se realizan a veces a temperaturas tan bajas como -39°C.

³M. B. Jacobs, y L. Scheffan, *Chemical Analysis of Industrial Solvents* (Nueva York, 1953), Interscience Publishers, pp. 109 a 111.

Miscibilidad en agua

Al preparar concentrados emulsionables, es importante elegir disolventes que sean relativamente insolubles en agua. Los disolventes de hidrocarburos alifáticos y aromáticos reúnen estas condiciones; en cambio, el problema se agudiza cuando aumenta la polaridad de los disolventes, pues suele ir acompañada de una mayor solubilidad en agua. Aunque disolventes como el ciclohexano y la isofozona son ligeramente solubles en agua, con frecuencia pueden utilizarse eficazmente, sobre todo combinados con hidrocarburos aromáticos. Los disolventes de mayor polaridad, como los éteres glicólicos y los disolventes de amidas, sólo pueden utilizarse por lo común, en proporción muy reducida, en mezclas con disolventes de hidrocarburos.

Viscosidad

La viscosidad influye poco en la calidad o características de los concentrados emulsionables. A medida que la viscosidad de un disolvente utilizado en un concentrado emulsionable aumenta, el índice de cristalización disminuye, cuando la temperatura del concentrado cae por debajo del punto de saturación de la solución. Por esa razón, al realizar estudios de estabilidad en frío durante un período mínimo de tiempo deben tomarse precauciones para no determinar la solubilidad a una temperatura baja dada cuando, de hecho, la formación de cristales en el concentrado sólo se ha retrasado. Una viscosidad elevada evidentemente retrasa el alineamiento molecular y cristalino. La adición de una cantidad muy pequeña del material cristalino a la solución puede a veces acelerar la cristalización al crear núcleos a partir de los cuales se forman nuevos cristales en la solución supersaturada.

La dispersibilidad en agua de un concentrado emulsionable es inversamente proporcional a la viscosidad del concentrado. Por eso, lo mejor para preparar concentrados no viscosos es utilizar un disolvente cuya viscosidad sea lo más baja posible y que tenga las características de solubilidad más convenientes.

Toxicidad

Es fundamental que se realicen estudios acerca de la toxicidad de los preparados plaguicidas sobre los mamíferos y de su fitotoxicidad sobre las plantas. Los disolventes pueden modificar (ya sea acelerar o retardar) la penetración de los plaguicidas a través de la piel humana, pueden influir en la toxicidad del compuesto sobre el ojo humano, etc. Por consiguiente, y a fin de proteger a todos los que deban manipular el compuesto, los resultados de las evaluaciones completas de seguridad deben figurar en una etiqueta y en prospectos adecuados acerca de normas seguras para el manejo del material (véase el capítulo X).

Los disolventes pueden influir también en el grado de fitotoxicidad de los compuestos destinados a la protección de las plantas. Los disolventes de hidrocarburos suelen ser más fitotóxicos que otros tipos de disolventes. Los hidrocarburos de más alto punto de ebullición son más fitotóxicos que las fracciones más ligeras.

Color

El color de un disolvente carece de importancia práctica cuando se trata de preparados para uso agrícola. En cambio, el color de un disolvente utilizado en preparados plaguicidas para uso doméstico y en edificios públicos puede dejar manchas en las paredes y los muebles. En consecuencia, si la formulación ha de utilizarse en el hogar o en otros lugares en los que no deben quedar manchas sobre las superficies de aplicación, el disolvente debe ser incoloro o poco menos. La mayoría de las empresas petroleras que producen disolventes alifáticos proveen a la industria de plaguicidas, especialmente, de aceites especiales tipo queroseno llamados aceites base de insecticidas desodorizados y decolorados.

Olor

El olor de los disolventes utilizados en preparados para uso agrícola tiene poca importancia; pero la mayoría de los disolventes de hidrocarburos tienen un olor característico. Una pronunciada modificación del olor de un disolvente puede obedecer a una modificación de su composición y debe controlarse, dadas sus posibles consecuencias en relación con la fitotoxicidad y con la potencia disolvente del material.

Los preparados que se utilicen en las casas o edificios públicos deben tener el menor olor posible, para evitar molestias a los usuarios. En este sentido, los disolventes alifáticos que se venden como aceites base insecticidas desodorizados suelen ser satisfactorios. A veces, para lograr un olor más agradable, se agregan en la formulación agentes aromáticos o enmascarantes especiales. La mayoría de las empresas importantes que proveen aceites esenciales o perfumes han elaborado productos especialmente para esta aplicación.

Surfactantes

Los surfactantes disminuyen la tensión interfacial entre líquidos no miscibles o entre superficies líquidas y sólidas. Hay cierto número de clasificaciones funcionales en función de las características predominantes de los surfactantes. En la formulación de plaguicidas, las características de mayor interés de los surfactantes son la reducción de la tensión superficial y la dispersión con respecto a los polvos dispersibles en agua, y la emulsionabilidad en relación con los concentrados emulsionables.

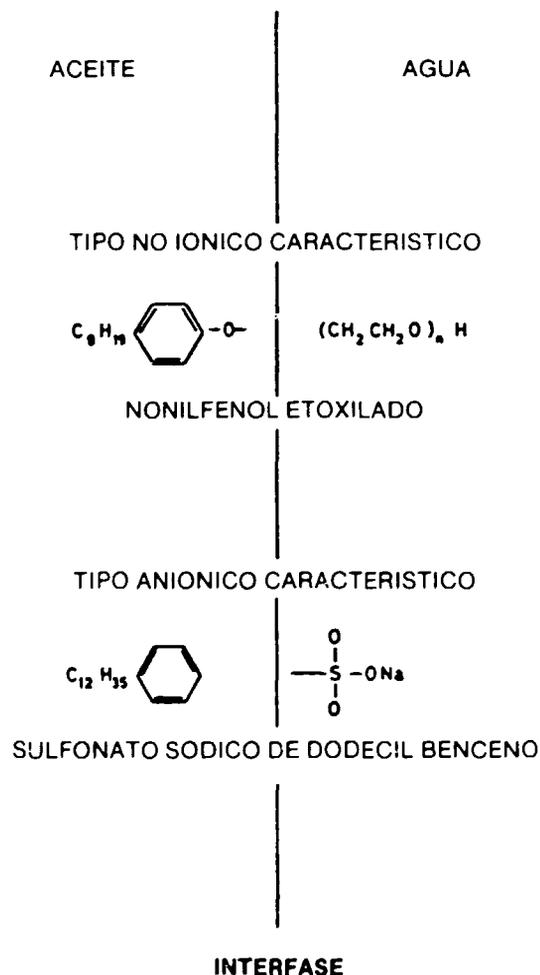
Se utiliza un surfactante para el tratamiento de sistemas que contienen dos fases no miscibles. Por esa razón, la estructura molecular de un surfactante debe componerse de una porción orientada hacia una fase, en tanto la otra porción de la molécula se orienta hacia la segunda fase del sistema. Si el sistema es aceite y agua, una porción de la molécula debe ser soluble en aceite y la otra en agua.

Tipo químico de los surfactantes

En cuanto a tipo químico, las moléculas de los surfactantes son aniónicas, no iónicas y catiónicas. En la formulación de plaguicidas agrícolas, los

surfactantes aniónicos y no iónicos son los más importantes. La figura II muestra la función esquemática de estos dos surfactantes. Los catiónicos, si bien revisten interés desde el punto de vista teórico, no se han utilizado apenas en la práctica. Un cuarto tipo es el surfactante anfótero, que combina las propiedades de los surfactantes aniónicos y de los catiónicos y funciona como uno u otro tipo, según el pH de la emulsión total. Los emulsionadores no iónicos son compatibles tanto con los emulsionadores aniónicos como con los catiónicos. En cambio, los emulsionadores catiónicos y los emulsionadores aniónicos son incompatibles entre sí.

Figura II Función esquemática de las moléculas de surfactantes



Los agentes tensoactivos utilizados en relación con los polvos dispersibles en agua suelen ser del tipo aniónico; entre ellos, la mayoría son probablemente las sales sódicas de sulfonatos de alquilbenceno. Los agentes dispersantes utilizados además de los agentes tensoactivos en relación con los polvos dispersibles en agua actúan transmitiendo la misma carga eléctrica a todas las

partículas en suspensión. Esto determina que las partículas se repelan entre sí y, en consecuencia, rechacen la floculación y aglomeración. Los dispersantes utilizados en la formulación de plaguicidas a base de polvos dispersibles en agua, pueden ser del tipo lignosulfonato con cationes como sodio o calcio, o sulfonatos sódicos o cálcicos de fenoles poliméricos. Los dispersantes son por lo general sólidos secos, en polvo, lo cual facilita su incorporación a los polvos dispersibles en agua.

Solubilidad y miscibilidad

Para que un concentrado plaguicida emulsionable sea un líquido completamente homogéneo, todos los componentes del sistema deben ser solubles entre sí en todas las condiciones de almacenamiento y de ensayo. Al preparar un concentrado emulsionable, lo primero que hay que hacer es encontrar un disolvente adecuado para la sustancia tóxica que habrá de formularse. Luego se elige el emulsionante que dé mejores resultados en materia de emulsionabilidad y dispersabilidad. Posteriormente se realizan pruebas de almacenamiento para establecer la solubilidad y compatibilidad del emulsionante con el sistema sustancia tóxica-disolvente. Por lo común, y especialmente cuando se utilizan disolventes de tipo aromático, los sistemas surfactantes continuarán siendo miscibles en la formulación. En cambio, cuando el disolvente es alifático, como el queroseno, y la concentración del ingrediente activo es relativamente baja, como por ejemplo un 20% de clordano, el sistema emulsionante puede separarse del concentrado. Esta separación puede evitarse trabajando con sistemas emulsionantes que sean solubles en queroseno o puedan mezclarse con el mismo; o bien sustituyendo en forma parcial o total el queroseno con un disolvente de xileno o de otro aromático.

Compatibilidad

Al seleccionar un emulsionante para un concentrado emulsionable, deben realizarse ensayos para verificar que entre el emulsionante y el ingrediente activo no ocurre una reacción química. Una acción degradativa de este tipo puede dar por resultado una pérdida de poder tóxico en la formulación, así como una pérdida de emulsionabilidad del sistema. Deben tomarse medidas especiales de precaución cuando se trate del empleo de emulsionantes que contengan sales aminas de emulsionantes aniónicos que puedan reaccionar con ciertos hidrocarburos clorados o con ingredientes activos de ésteres fosfatados. Un rápido oscurecimiento del sistema puede dar un indicio de que está ocurriendo este tipo de interacción. Además, la interacción se descubre mediante análisis y ensayos de emulsionabilidad luego de someter el material a pruebas aceleradas de almacenamiento.

Estabilidad

Los emulsionantes aniónicos y los no iónicos tipo éster utilizados en preparados plaguicidas son estables a todos los fines prácticos. En cambio, los surfactantes no iónicos de tipo éster pueden descomponerse en condiciones de almacenamiento acelerado o de larga duración. La presencia de cloruro de

hidrógeno desprendido de la deshidrocloración de algunos plaguicidas de hidrocarburos clorados puede causar una hidrólisis del enlace de éster. Los surfactantes o emulsionantes catiónicos utilizados en preparados plaguicidas son estables a todos los fines prácticos.

Estado físico

Los surfactantes utilizados en los preparados plaguicidas son sólidos o líquidos. No se conocen surfactantes volátiles para la formulación de concentrados emulsionables. Para la formulación de estos últimos, los surfactantes líquidos son los más convenientes, pues es fácil incorporarlos por bombeo a los tanques de mezcla, medir su caudal, y mezclarlos mediante agitación normal.

Para formulaciones a base de polvos dispersibles en agua, se prefieren agentes tensoactivos y dispersantes sólidos o secos. Para obtener la mezcla más eficiente mediante un mezclador seco, el tamaño de partícula debe ser suficientemente pequeño (inferior a la malla 100) para facilitar una mezcla uniforme.

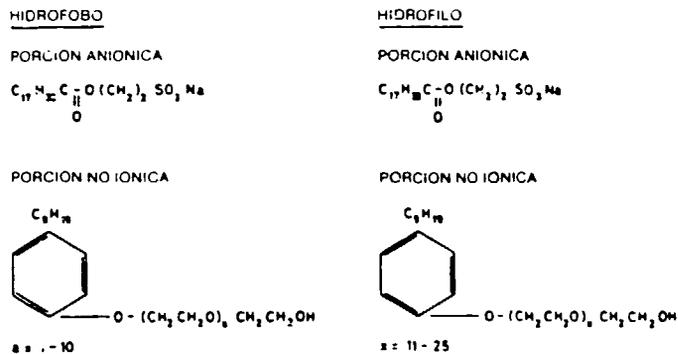
Algunos emulsionantes líquidos utilizados para la formulación de plaguicidas pueden acusar una cristalización parcial después de un almacenamiento prolongado. Cuando la cristalización se produce en los tambores de envasado, es conveniente calentar el tambor y mezclar el contenido haciendo rodar o girar el tambor antes de vaciarlo. Este procedimiento asegurará una composición uniforme del contenido. Para evitar la cristalización normal, algunos fabricantes de emulsionantes agregan una pequeña cantidad de disolvente a fin de mantener la homogeneidad del líquido.

Emulsionantes apareados

La gran cantidad de composiciones y estructuras moleculares diferentes de los compuestos plaguicidas determina que haya grandes diferencias en materia de emulsionabilidad. Además, la solubilidad variable de los productos químicos plaguicidas en diferentes disolventes es otro factor complejo en la selección del emulsionante más adecuado para un sistema. Otra complicación es que el concentrado final debe dar buenos resultados cualquiera que sea la dureza del agua, desde la más blanda a la más dura. En realidad, hasta la temperatura del agua utilizada para desleír el concentrado en el lugar de empleo puede tener efectos importantes sobre la emulsionabilidad.

Al aumentar el número de las formulaciones plaguicidas y de los diferentes productos necesarios para su aplicación, se hizo imposible seguir teniendo determinado emulsionante, o determinada mezcla de emulsionantes, para cada nuevo producto. La dificultad surgió con especial evidencia en relación con las tareas de compra, control de existencias y almacenamiento. Para atender la necesidad de simplificar la selección de emulsionantes, se prepararon sistemas de emulsionantes apareados. En la figura III se proporciona un ejemplo de estos sistemas. El sistema de emulsionante apareado se compone de dos productos; cada uno de ellos se basa en una mezcla de emulsionantes aniónicos y no aniónicos con diferentes características hidrófilas y lipófilas (por ejemplo, un miembro del par tendrá características de emulsificación adecuadas para

Figura III. Sistema de emulsionante apareado



mezclas plaguicida-disolvente que sean lipófilas, y las características del otro miembro favorecerán la emulsiónificación del sistema plaguicida-disolvente hidrófilo). Estos sistemas pueden utilizarse para atender del 90 al 95% o más de las necesidades de formulación mediante simples determinaciones de la proporción y cantidad adecuadas que deben agregarse a la mezcla disolvente-plaguicida que ha de emulsionarse.

Debido a las variaciones entre los diversos lotes de disolventes o entre las diversas partidas de productos químicos plaguicidas, puede ser necesario ajustar el equilibrio hidrófilo-lipófilo del sistema emulsionante para obtener una emulsiónificación uniforme en el producto acabado. La utilización del sistema de emulsionantes apareados facilita en gran medida ese ajuste. Cuando no pueden obtenerse resultados satisfactorios con del sistema de emulsionantes apareados existente o con algunos de los miembros del par por separado, el fabricante proporciona un emulsionante complementario que suele necesitarse en el lado hidrófilo del equilibrio hidrófilo-lipófilo. Este emulsionante suplementario, junto con el sistema de emulsionantes apareados, amplía la multiadaptabilidad implícita en la idea de los emulsionantes apareados.

Agentes auxiliares

Los agentes auxiliares se agregan a las formulaciones plaguicidas para mejorar su calidad o rendimiento. Dado que al preparar formulaciones plaguicidas se persiguen diversos objetivos —como son la máxima eficacia, la inocuidad para los cultivos deseables y la facilidad de aplicación— los agentes auxiliares pueden ser de diferentes tipos y desempeñar diversas funciones. A continuación se describen algunos de los tipos más importantes, su empleo, y los materiales disponibles para estas aplicaciones.

Agentes penetrantes

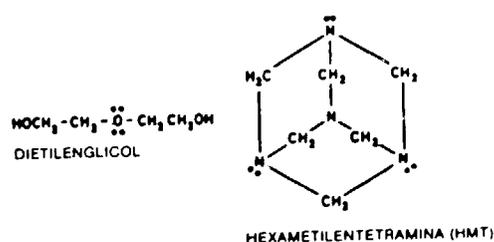
Dos importantes factores influyen en la actividad biológica de las formulaciones plaguicidas: la penetración de la formulación a través de una membrana lipida protectora exterior de la plaga, y la tasa de reacción del

plaguicida entre un entorno reactivo vital. En las formulaciones concretas es frecuente que la penetración de las membranas lípidas protectoras no sea máxima. La penetración puede aumentarse o reducirse añadiendo a la formulación surfactantes no iónicos, según las propiedades de estos agentes. La eficacia o ineficacia de un determinado surfactante para aumentar la penetración podrá comprobarse añadiendo un agente hidrofóbico a una solución y un agente hidrofílico a otra, y comparando a continuación la actividad biológica resultante de las dos soluciones con la solución original. Los aditivos penetrantes deben estar presentes en una concentración suficiente para que la solución de rociado final contenga más del 0,5% en peso del agente penetrante. En virtud de la adición de un surfactante no iónico podrá llegar a duplicarse la eficacia de la actividad biológica observada⁴.

Desactivadores

Muchas de las arcillas, sustancias minerales e inorgánicas utilizadas como portadores y diluyentes para formulaciones secas tienen la propiedad de la acidez superficial, que cataliza la descomposición de muchos productos químicos plaguicidas orgánicos. Para remediar esta acción catalítica, hay que neutralizar la acidez superficial. Los desactivadores suelen ser compuestos orgánicos que comparten o aportan un par de electrones a los puntos ácidos de la sustancia catalítica. Estos compuestos orgánicos son éteres, éteres glicólicos, cetonas, ésteres, aminas, amidas de ácidos o sulfóxidos⁵. Los ejemplos de compuestos de electrones apareados de la figura IV corresponden al dietilenglicol y a la hexametilentetramina (HMT). Ahora bien, no basta seleccionar los compuestos orgánicos al azar, porque los productos químicos plaguicidas pueden tener mecanismos de descomposición y características estructurales diferentes que sean incompatibles con los posibles desactivadores.

Figura IV. Desactivadores para la formulación de plaguicidas



El estudio del efecto de materiales oxigenados, como cetonas, glicoles y alcoholes, como desactivadores de formulaciones de heptacloro (preparados con un tipo especial de attapulguita, con arcilla Barden (un tipo de caolinita) y otros minerales) demostró que todos los componentes actuaban eficazmente

⁴Weed Society of America, "Adjuvants for herbicides" (Champaign, Illinois, 1982).

⁵F. M. Fowkes y otros, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, vol. 8 (1960), p. 203.

como desactivadores de sistemas heptacloro-arcilla, disminuyendo la eficacia en los materiales de volatilidad relativamente alta⁶. La urea es un desactivador efectivo para muchos de los minerales y arcillas utilizados en formulaciones de aldrina⁷. Los ensayos para utilizar urea en forma similar en formulaciones de heptacloro no fueron igualmente efectivos; al parecer, hay incompatibilidad entre el sistema heptacloro-urea y los puntos ácidos de las arcillas.

Otro trabajo ha demostrado que la HMT es un desactivador preferido para las formulaciones de endrina. Ahora bien, cuando la endrina se mezcla con metilparatión, lo que mejores resultados da es un desactivador de tipo neutro, como el dietilenglicol. Los ácidos grasos, como los ácidos de aceite de resina, son desactivadores efectivos para metilparatión en attapulguita⁸.

Agentes antiaglutinantes

Si los concentrados en polvo impalpable, los polvos dispersibles en agua y las fórmulas granuladas se preparan en concentraciones que se aproximan o llegan al punto de saturación de los portadores, se produce aglutinación durante el almacenamiento cuando las partículas aisladas del preparado llegan a pegarse o a concentrarse formando grumos o una masa sólida que no se quiebra si se ejerce sobre ella una presión leve. Cuando las fórmulas secas de productos químicos plaguicidas líquidos tienen tendencia a aglutinarse, ello se debe a que la película superficial del líquido forma un enlace adhesivo. La aglutinación de fórmulas secas de productos químicos plaguicidas comúnmente sólidos (especialmente los preparados por impregnación de una solución o producto químico plaguicida licuado) se produce a menudo después que la masa se ha enfriado y empieza la cristalización en las interfases de las partículas.

La adición de agentes antiaglutinantes a una fórmula evitará la formación de un adhesivo o de un enlace físico entre las partículas. En la formulación de plaguicidas secos, la tierra de diatomeas y la sílice y el silicato sintéticos micronizados se utilizan a menudo como agentes antiaglutinantes. Las arcillas de grano muy fino, como la attapulguita suelen ser útiles con este fin. Los requisitos del agente antiaglutinante son baja densidad volumétrica y alta capacidad de sorción. El pequeño tamaño de las partículas y la gran magnitud del área superficial tienen gran importancia. Los agentes antiaglutinantes deben ser además insolubles en cualquiera de las fases orgánicas o líquidas de la fórmula.

Los ciclos de temperatura producirán aglutinación si la formulación seca contiene algún material soluble en agua y una cantidad importante de agua (aproximadamente un 1% o más). La humedad contenida disuelve los ingredientes solubles en agua. La posterior evaporación deja de lado el material soluble en agua. Cuando precipita, tiende a cementar los materiales particulados. En este caso pueden ser útiles los agentes absorbentes de agua o el revestimiento de partículas por materiales menos higroscópicos.

⁶Malina y otros, *obra citada*.

⁷Fowkes y otros, *obra citada*.

⁸E. Jr. Sawyer, y J. Plon, Patente de los Estados Unidos 2.962.418. (20 noviembre 1960).

Lubricantes secos

Los lubricantes secos mejoran las características de fluencia o de escurrimiento de las fórmulas. Aunque los agentes antiaglutinantes pueden realizar parte de esta función, hay aplicaciones correspondientes a composiciones secas, para tratamiento de semillas, en las que el empleo de la fórmula no debe interferir en el deslizamiento de las semillas desde la tolva hasta su paso por el orificio regulador. El grafito en polvo, las esteatitas y algunos estearatos metálicos son materiales útiles como lubricantes secos en las fórmulas plaguicidas.

Coloides protectores

Los coloides protectores se utilizan en fórmulas líquidas o en diluciones acuosas de formulaciones de polvos dispersibles en agua para impedir la aglomeración y sedimentación de partículas dispersas. Suelen tener alto peso molecular o son materiales poliméricos solubles o dispersables en la fase continua de la suspensión. Actúan mediante uno de los dos mecanismos siguientes o en función de ambos aumentando la viscosidad de la fase continua e impartiendo una carga eléctrica similar a todas las partículas dispersas. Los materiales típicos utilizados como coloides protectores son la polivinilpirrolidona, la carboximetilcelulosa sódica, la metilcelulosa y la albúmina y el colágeno de sangre. Las bentonitas hidrófilas, del tipo extraído en Wyoming (Estados Unidos de América), son coloides protectores inorgánicos.

Agentes adherentes

Los adherentes son agentes auxiliares que pueden agregarse al concentrado de una fórmula, aunque por lo general suelen agregarse al tanque de rociado antes de la aplicación. Su función es evitar que las soluciones de rociado aplicadas a las plantas pierdan el contacto con éstas por desprendimiento o escurrimiento. Una vez que el agua o el disolvente se han evaporado, los agentes adherentes retrasan la acción de arrastre que el viento o la lluvia ejercen sobre el plaguicida depositado en la planta. Aunque muchos coloides protectores y agentes gelificantes, como la albúmina de sangre, se utilizan como agentes adherentes, pueden emplearse otros preparados, como el polisulfuro de polietileno (PEPS). Hay algunas composiciones, de dominio privado, que se utilizan como agentes adherentes, pero se aplican a la mezcla en tanque, no para su incorporación al concentrado de formulación.

Agentes contra el polvo

Los agentes contra el polvo reducen el desprendimiento de partículas de los polvos dispersibles en agua y de las fórmulas granuladas. Son por lo general sustancias líquidas y hacen que las partículas extremadamente pequeñas de los materiales secos se adhieran entre sí, disminuyendo de ese modo la posibilidad de que floten a la ventura suspendidas en el aire.

Muchos polvos dispersibles en agua contienen ingredientes activos extremadamente peligrosos para los operarios de las plantas de formulación. Estos materiales peligrosos pueden contener tiofosfatos, que se utilizan en rociados de huertos, o fungicidas mercuriales, que se emplean a menudo en los preparados para tratamiento de semillas. A fin de proteger a los operarios, estos materiales se tratan con un agente líquido (frecuentemente un material soluble en agua como la glicerina) para suprimir el polvo. Una vez que el concentrado de formulación se ha añadido al agua, el agente contra el polvo no debe alterar la eficacia del producto.

Los plaguicidas granulados, que por lo general se transportan en bolsas de papel reforzado, están frecuentemente sometidos a desgaste mecánico durante las operaciones de manutención o transporte; la erosión de los bordes y puntas de las partículas determina la formación de un polvo muy fino. Estos residuos son indeseables, pues al realizar la aplicación pueden quedar en suspensión en el aire y desplazarse a los campos contiguos. Este desplazamiento puede ocasionar daños en los cultivos de esos campos, si el plaguicida granulado es un herbicida o si deja residuos indeseables, como ocurre con los insecticidas. Para reducir al mínimo el desprendimiento de estos residuos pueden utilizarse materiales solubles en agua, como glicerina o aceite de petróleo (gasoil, lubricante para motor de viscosidad SAE 30 o residuos líquidos del cárter del motor).

Agentes antiespuma

Los agentes antiespuma son agentes auxiliares que suprimen la tendencia a formar espuma de otros agentes surfactantes utilizados como emulsionantes o agentes tensoactivos cuando la formulación se diluye con agua. La espuma es indeseable en los tanques de rociado, especialmente los de agitación circulante, porque impide que haya en las toberas la presión necesaria para un rociado adecuado. Para contrarrestar la tendencia a la formación de un exceso de espuma, se agregan agentes antiespuma al concentrado o al tanque de rociado. Los agentes antiespuma son compuestos de dominio privado, tales como la silicona líquida o el alcohol alifático de ocho a diez átomos de carbono por molécula.

Modelo de preparados y ensayos de evaluación

Ya se ha discutido anteriormente la amplia gama de propiedades físicas y químicas de diferentes productos químicos plaguicidas. Por tanto, el costo de elaboración de determinado tipo de preparado variará según las propiedades del producto químico plaguicida. Cuando determinado producto químico plaguicida no puede elaborarse a bajo costo como concentrado emulsionable para aplicarlo pulverizado, queda la alternativa de fabricarlo como polvo humectable. Análogamente, algunos productos químicos no se prestan fácilmente a ser elaborados en forma de gránulos impregnados, por lo que debiera estudiarse la posibilidad de emplear otra técnica, tal como la extrusión o la granulación en bandejas. El costo de preparación del plaguicida da idea de las propiedades de éste y de las características de comportamiento requeridas para combatir las plagas de una manera óptima.

Preparados líquidos

Los preparados líquidos figuran entre los más populares. Como grupo general, las dosis recomendadas de estos preparados pueden calcularse y aplicarse fácilmente. Cuando se conciben de una manera realista, los emulsionables y concentrados líquidos similares resultan económicos, pues pueden diluirse fácilmente en agua y aplicarse convenientemente. Cualquiera que sea su tipo, todos los preparados líquidos han de cumplir un mismo requisito: el disolvente o el diluyente fluido debe ser físicamente compatible con el ingrediente activo cualesquiera que sean las condiciones de almacenamiento. A continuación se describen detalladamente, y por orden de importancia relativa, los procedimientos experimentales para la obtención de preparados líquidos.

Concentrados emulsionables

Los concentrados emulsionables se componen del tóxico, del disolvente y del emulsionante. Las características de solubilidad del producto químico plaguicida determina el disolvente a utilizar y la concentración permisible para cumplir determinadas condiciones de almacenamiento. En cualquier concentración, la naturaleza física de la combinación del producto químico plaguicida con el disolvente determina el tipo y equilibrio del emulsionante a emplear. La selección de disolvente y de emulsionante constituye la fase inicial del desarrollo de los concentrados emulsionables.

Selección del disolvente y determinación de la solubilidad

El primer paso en la preparación de un concentrado emulsionable consiste en calcular la solubilidad de los tóxicos en disolventes adecuados. Debe ensayarse un disolvente de cada una de las siguientes clases: queroseno, disolvente de la gama de los xilenos⁹, nafta aromática pesada y ciclohexanona.

Debido a que las propiedades de los disolventes comerciales varían de unos a otros, es conveniente conocer con precisión la densidad, el intervalo de ebullición y el porcentaje de sustancias aromáticas de los disolventes de ensayo. Más adelante se describe un procedimiento sencillo, para determinar la solubilidad aproximada, en el que las cantidades son lo bastante pequeñas para conservar el tóxico, pero pueden sustituirse por otras unidades adecuadas. Se requiere el siguiente equipo:

- Buretas (5 a 25 ml) o pipetas (2 ml);
- Balanza con una sensibilidad de 0,01 g;
- Cinco tubos de ensayo de tamaño mediano;
- Baño de agua caliente;
- Refrigerador.

⁹Tal como xileno de 5° o xileno de 10°. La gama se refiere al intervalo de ebullición, cuanto menor sea éste, más puro será el disolvente.

El procedimiento experimental es el siguiente:

- a) Pesar 1.20 ± 0.02 g de una muestra representativa del tóxico en cada uno de los cinco tubos de ensayo.
- b) Introducir con una pipeta 2 ml de disolvente en cada tubo de ensayo.
- c) Calentar moderadamente cada tubo de ensayo, si es necesario, para efectuar la solución.
- d) Añadir otros 2 ml de disolvente a los tubos de ensayo en los que no se produzca la solución, y repetir el proceso de mezcla y calentamiento.
- e) A los tubos de ensayo que todavía contengan soluto sin disolver, se añaden otras cantidades de disolvente, como en la fase d), hasta que se consuman 10 ml de disolvente. Si el soluto continúa sin disolverse, abandónense los ensayos y elijase otro disolvente.
- f) Colocar en el refrigerador —graduado a 0°C — los tubos que contengan soluto disuelto. Observar si hay pruebas de que se hayan producido cristalización o estratificación al cabo de cuatro horas. Añadir cristales seminales de tóxico a los tubos que hayan permanecido claros.
- g) Añadir incrementos de 2 ml de disolvente a aquellos tubos en los que se haya precipitado soluto y repetir la fase f) hasta que se hayan consumido 10 ml de disolvente.

Los resultados del experimento figuran en el cuadro 5. Este ensayo sirve de base a mediciones de solubilidad más exactas con los disolventes más adecuados.

CUADRO 5. RESULTADOS DE LA PRUEBA DE SOLUBILIDAD

Número de incrementos de 2 ml efectuados	Solubilidad mínima	
	g/ml	lb/gal
1	600	5.0
2	300	2.5
3	200	1.67
4	150	1.25
5	120	1.0

Preparación en laboratorio de concentrados emulsionables

Es importante que una muestra representativa del plaguicida técnico se emplee para todos los preparados experimentales que se utilicen en los ensayos de estabilidad en frío o en los ensayos de emulsiónamiento. La presencia de impurezas puede afectar seriamente a las propiedades de solubilidad y de estabilidad en frío, a la densidad del preparado acabado y a la selección del equilibrio del emulsionante. Para facilitar la medida de la formulación se ha ideado un sistema de cálculo del multitóxico a fin de poder estimar con bastante precisión los porcentajes en peso de los preparados¹⁰.

¹⁰P. Lindner, *Farm Chemicals*, número de abril (1966), pp. 50 a 57.

Selección del emulsionante

Al elegir el emulsionante apropiado para el concentrado, el químico debe contar con la cooperación del investigador biológico sobre el terreno o del posible usuario para que contesten a las siguientes preguntas:

- a) ¿A qué velocidad de dilución se aplicará el preparado?
- b) ¿Qué escala de dureza del agua debe tenerse en cuenta?
- c) ¿Es probable que la temperatura del diluyente acuoso llegue a ser excepcionalmente fría o caliente?
- d) ¿Será conveniente agitar la emulsión?
- e) ¿Son especialmente importantes determinadas propiedades, tales como una dispersión espontánea rápida, una larga estabilidad o una excelente reconstitución?

La elección de un emulsionante o de una mezcla de emulsionantes para un concentrado emulsionable constituye uno de los aspectos menos entendidos de la preparación de plaguicidas. Existen muchas variables que pueden afectar al comportamiento de un emulsionante durante el emulsiónamiento o dilución en agua. Cabe formular las siguientes preguntas:

- a) ¿Por qué razón en un preparado concreto un emulsionante no es tan bueno como otro?
- b) Si una mezcla de emulsionantes resulta buena para determinada preparación ¿no puede utilizarse el emulsionante con igual éxito en otra preparación?

La respuesta a estas preguntas lógicas es que una emulsión buena o bien equilibrada entraña la selección de una mezcla de emulsionantes cuya estructura media refleje la polaridad de la fase discontinua (aceite) y de la fase continua (agua). Ambos tóxicos y sus disolventes varían considerablemente en cuanto a polaridad; de acuerdo con la terminología química, son más o menos hidrófilos (hidrosolubles) o lipófilos (oleosolubles).

Los disolventes y tóxicos que figuran a continuación están clasificados conforme a sus propiedades lipófilas o hidrófilas:

<i>Disolvente</i>	<i>Tóxico</i>
Queroseno refinado	Malatión
Queroseno (normal)	Paratión
Disolvente AR (naftaleno metilado)	Heptacloro
Nafta aromática pesada	Aldrina
Espesol 3 B	Clordano
Espesol 5	DDT
Xileno 5°	BHC
Tolueno	Lindano
Cetona (isoforona)	Dieldrina

El mecanismo de los emulsionantes puede explicarse sencillamente diciendo que reducen la tensión interfacial entre la fase acuosa y la de aceite, permitiendo así que una de las fases (normalmente la de aceite) se disperse en partículas discretas muy finas dentro de la fase continua (agua). Si los demás factores son iguales, cuanto mejor sea la reducción de las fuerzas interfaciales,

menor será el tamaño medio de las partículas de aceite discretas. Del tamaño de estas partículas de aceite depende la velocidad relativa de cremificación indeseable de una emulsión. Por ejemplo, cuanto mayor sea el tamaño medio de la partícula de aceite, mayor será la velocidad de cremificación.

La segunda función del emulsionante consiste en rodear cada partícula de una carga electrostática repelente similar, e impedir que estas partículas discretas pequeñas choquen y se recombinen en partículas mayores, acelerando la cremificación y combinándose finalmente en una segunda fase continua o de separación de aceite. En realidad, no existe una distinción tan clara entre estas dos funciones pero ayuda a explicar el comportamiento un tanto anómalo de las emulsiones. Por ejemplo, un concentrado emulsionable puede presentar una dispersión espontánea excelente, pero una deficiente estabilidad en reposo. Otras emulsiones parecen producir mucha nata pero nunca separan aceite, y otras, finalmente, separan aceite y producen poca nata.

Estas teorías serían más útiles si ayudaran a la selección de emulsionantes efectivos a base de cálculos previos de la tensión interfacial, de la polaridad, del equilibrio hidrófilo-lipófilo. Aunque se ha intentado por todos los medios aplicar estas teorías, la selección de emulsionantes sigue siendo un proceso experimental.

El desarrollo de sistemas de emulsionantes pareados constituye una ayuda para poder obtener preparados eficaces. Los emulsionantes pareados sólo muestran de una manera aproximada el lado hidrófilo de una clase de tóxicos. No obstante, cada miembro del par difiere suficientemente en el lado hidrófilo, por lo que la mezcla apropiada de ambos permite al químico obtener una preparación equilibrada de virtualmente cualquier tóxico de la clase de que se trate a cualquier concentración y con cualquiera de los disolventes más comúnmente utilizados. Existen en el mercado diversos sistemas pareados que el químico podría utilizar para trabajos de ensayo.

El método más sencillo para determinar el equilibrio aprobado de un par de emulsionantes consiste en obtener dos muestras del preparado experimental. Cada muestra debe contener un miembro del par en una cantidad arbitrariamente seleccionada (generalmente un 5%). Las mezclas en las relaciones de 0:5, 1:4, 3:2, 2:3, 4:1 y 5:0 se ensayan preferiblemente en diluciones prácticas en una o en serie de muestras de agua de dureza variable pero conocida con precisión. Una vez completado este examen inicial, pueden derivarse relaciones más exactas para un comportamiento óptimo. Aunque las normas son un tanto arbitrarias, se considera generalmente poco satisfactorio que un preparado separe aceite antes de que transcurran 2 horas, y el porcentaje de nata no debe ser superior a un 3 o un 5% de la emulsión. Al seleccionar el par de emulsionantes adecuado, conviene no elegir una combinación que sea demasiado sensible a ligeras variaciones en la relación del par. En toda secuencia de producción varían las cantidades de tóxico, de disolvente y de emulsionante. El sistema debe poder admitir estas variaciones sin que se experimenten grandes cambios en el rendimiento. Conviene más reducir los factores de rendimiento en favor de un sistema más adaptable.

Es sumamente importante hacer una advertencia sobre la exactitud de los ensayos de emulsión. Los ensayos deben realizarse de un manera uniforme, especialmente en cuanto a la temperatura del agua, al modo de añadir a ésta el concentrado y al tipo y duración de la agitación. Si no se controlan

cuidadosamente, todos estos factores determinarán una variación importante en los resultados que se obtengan en el ensayo¹¹.

Ocasionalmente, puede que sea necesario modificar el equilibrio de un lote ya preparado o efectuar otros ajustes. Conviene saber en qué dirección hemos de movernos. Las siguientes generalizaciones pueden ayudar en tales casos:

Efectos resultantes de aumentar la relación hacia el lado lipófilo

Mejor comportamiento en agua blanda;
Mayor tendencia a separar aceite;
Mejor estabilidad a mayor grado de dilución;
Mejor comportamiento en agua fría;
Mejor espontaneidad.

Efectos resultantes de aumentar la relación hacia el lado hidrófilo

Mejor comportamiento en agua dura;
Mayor tendencia a una abundante cremificación;
Mejor estabilidad a menor grado de dilución;
Mejor comportamiento en agua caliente;
Mayor estabilidad al envejecimiento.

Estabilidad de almacenamiento

La vida útil de un concentrado emulsionable depende de la mutua compatibilidad de los siguientes factores: tóxico, emulsionante, disolvente, recipiente, sales minerales disueltas, humedad que puede hallarse presente en pequeñas cantidades y resistencia general a la oxidación. Todos los tóxicos se deterioran al cabo de cierto tiempo. Normalmente sueltan productos ácidos que, a su vez, pueden acelerar la degradación del emulsionante o del recipiente. La vida de almacenamiento a veces puede prolongarse mediante el empleo de estabilizadores tales como epíclorhidrina.

Como generalmente no resulta práctico esperar varios meses o años para establecer la vida de almacenamiento de un producto antes de lanzarlo al mercado, el químico realiza los ensayos de almacenamiento a temperaturas elevadas. Lo ideal es que los ensayos de almacenamiento acelerado se realicen a base de una serie de temperaturas elevadas. Si el orden de reacción es constante a lo largo de esta serie, la estabilidad puede predecirse con bastante exactitud a temperaturas ambientes mediante la ecuación de Arrhenius. Sin embargo, la práctica más generalizada consiste en hacer una suposición práctica con respecto a la relación entre el almacenamiento a una temperatura elevada y la vida de almacenamiento en condiciones normales. Por ejemplo, una relación comúnmente utilizada es la de que el almacenamiento durante un mes a razón de 50°C equivale al de dos años a la temperatura ambiente.

Los ensayos de almacenamiento deben realizarse en el recipiente propuesto, ensayando al mismo tiempo muestras de control en recipientes de cristal. Al terminar la prueba debe efectuarse el ensayo del tóxico y determinarse las propiedades de emulsión y la acidez y compararlas con los datos obtenidos de una muestra recientemente preparada. El preparado deberá examinarse a efectos de estratificación o precipitación, y asimismo habrá de examinarse el recipiente por si hay signos de corrosión.

Los ensayos de estabilidad de almacenamiento en frío deben realizarse paralelamente a los ensayos de almacenamiento acelerado. Para los ensayos

¹¹R. W. Behrens y W. C. Griffen, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, vol. 1, 1953, p. 720.

de almacenamiento en frío se emplean pequeños frascos de cristal o ampollas de una capacidad aproximada de 4 a 5 dracmas (16 a 20 ml) con tapones de cristal que ajusten herméticamente. En cada ampolla de ensayo se colocan 8 ó 10 ml, aproximadamente, de preparado experimental. Los estudios deben efectuarse a temperaturas de -24° , 0° , 7° , y 20°C . Las muestras se "siembran" al final del tercer día y se comprueban al décimo día. Si se observa que se produce cristalización a una temperatura, pero no a la temperatura inmediata superior, la solubilidad se considera satisfactoria a cualquier temperatura entre estos límites. Si se produce una ligera cristalización a 0° o a -24°C , a veces puede hallarse un disolvente (si se están ensayando disolventes aromáticos pesados o de xileno) con un porcentaje superior de sustancias aromáticas o un número más elevado de kauri-butanol. Si los disolventes de calidad superior no son satisfactorios, el poder de disolución del sistema puede mejorarse añadiendo pequeñas cantidades de ciclohexanona.

Muchos preparados son inestables en presencia de hierro o son de por sí de naturaleza corrosiva y degradan el recipiente, dando lugar a que se produzcan fugas. Como consecuencia, los cubos y bidones de acero comúnmente utilizados para preparados emulsionables están revestidos de capas protectoras, consistentes en mezclas de resinas fenólicas y epoxilicas. Los revestimientos de alto contenido fenólico son más resistentes a la corrosividad ácida que los preparados con un mayor contenido epoxílico, pero tienen el inconveniente de que son muy frágiles, por lo que es frecuente que se rompan cuando el cubo o bidón está mellado y queda el acero al descubierto. Por tanto, resulta económico elegir un revestimiento con el mayor contenido epoxílico que la corrosividad del concentrado permita.

Concentrados de petróleo

Los concentrados de petróleo y los concentrados emulsionables tienen dimensiones similares. Se emplean principalmente en la dilución con un aceite miscible de bajo costo, tal como queroseno, gasoil o fueloil antes de ser aplicados en el campo, y no requieren ningún emulsionante. Ocasionalmente, los concentrados de petróleo se emplean para mezclar plaguicidas con fertilizantes secos o para impregnar polvo espolvoreable o gránulos.

En el caso de los concentrados de petróleo se emplean los mismos procedimientos para la elección del disolvente que en el de los concentrados emulsionables. La aceptabilidad se basa en la estabilidad en frío a una concentración razonable o práctica. Cuando estén destinados a ser diluidos en el campo con un aceite, la facilidad de miscibilidad con aceites típicos deberá ensayarse a índices de dilución prácticos. Aunque es raro que se forme un precipitado después de la dilución, su presencia indica que el disolvente carece de suficiente poder de copulación o que la concentración del ingrediente activo debe reducirse.

Normalmente, los concentrados de petróleo no son tan corrosivos para los revestimientos de los envases como los concentrados emulsionables. No obstante, deben ensayarse con bandas de acero suave o de hojalata en condiciones de almacenamiento acelerado. Asimismo deben determinarse las características funcionales del peso específico y del punto de inflamación.

Formulaciones de volumen muy reducido

Los concentrados de petróleo de volumen muy reducido suelen rociarse sin dilución. Los volúmenes de rociado oscilan entre uno y cuatro l/ha. La aplicación se realiza con aviones en vuelo rasante o aparatos de rociado en tierra.

Para quienes preparan las formulaciones de volumen muy reducido tienen primordial importancia la volatilidad y la distribución del tamaño de las partículas rociadas durante el proceso de aplicación. Entre los factores que influyen en esos parámetros cabe citar la volatilidad del disolvente, la viscosidad y la tensión superficial de la formulación, el material de aplicación, la distancia de la boca de los aparatos de rociado al objetivo y las condiciones climáticas existentes en el momento de efectuar la operación.

En general debería utilizarse un líquido de viscosidad moderada. La baja viscosidad tiende a producir durante el rociado gotitas demasiado finas. El aumento de la viscosidad tiende a aumentar el diámetro de esas gotas. En el cuadro 6 se indican casos en que las gotas de 100 μm son las más convenientes. También debería emplearse el disolvente menos volátil.

CUADRO 6. ALTURA ALCANZADA POR EL 50% DEL VOLUMEN DE DIVERSOS DISOLVENTES A 20°C

(En metros)

Disolvente	Punto de ebullición (°C)	Tamaño inicial de las gotas		
		50 μm	100 μm	200 μm
Agua	100	0,04	0,5	4,6
Ciclohexanona	156	0,05	0,6	5,3
Acetato de butil "cellosolve"	188	0,5	5,5	41
Hexilenglicol	196	3,5	37	270
Ftalato de dimetilo	282	110	990	6 400

Fuente: A. Grubermann y E. Neuenschwander, *Advances in Pesticide Science*, G. Geissbuhler, ed. (Oxford, Pergamon Press, 1979), p. 813.

En el momento de su aplicación, el tamaño medio de las gotitas de las formulaciones de volumen muy reducido debería ser de aproximadamente 100 μm (diámetro medio volumétrico). Si el tamaño de las gotitas pulverizadas se reduce a 50 μm , se registrará una considerable pérdida de rociado por efecto de la deriva. Si el diámetro de la gotita oscila entre 200 y 400 μm , su alcance será mucho menor y aumentará considerablemente el peligro de fitotoxicidad en los vegetales.

El punto de ebullición de un disolvente constituye una buena unidad de medida de su volatilidad. Cuanto más alto sea el punto de ebullición, menor es la volatilidad. Como puede verse en el cuadro 6, los disolventes más volátiles perderán el 50% de su volumen durante distancias de caída relativamente cortas.

Las posibles formulaciones deberían evaluarse con respecto a su deriva potencial (formación de finas partículas que el viento aleja del objetivo)

añadiendo a la fórmula un tinte soluble en aceite, pulverizando la fórmula en dirección descendente, colocando un objeto blanco limpio en la dirección hacia donde sopla el viento y observando la cantidad de partículas finas teñidas que han manchado el objeto. La mejor fórmula será la que haya pulverizado menor cantidad en la dirección del viento. Si no hay viento o hay muy poco, puede emplearse un ventilador para simularlo a lo largo del recorrido de la pulverización.

Concentrados acuosos

Estos concentrados plaguicidas son soluciones acuosas de sales de ácidos orgánicos (normalmente herbicidas, entre ellos el dicamba, el 2,4-D y el 2,4,5-T). Se trata principalmente de sales de dimetilamina, aunque a veces se emplean sales de sodio, de potasio o de litio.

Disolventes

Por ser el agua el disolvente utilizado para los concentrados acuosos, existe una limitación definida de la solubilidad, según el catión, de la concentración de ingrediente activo contenido en las soluciones. Las sales de dimetilamina proporcionan generalmente una estabilidad en frío adecuada y un buen rendimiento en el campo.

Efectos del agua dura

Algunos ácidos carboxílicos orgánicos, como el 2,4-D, el 2,4,5-T y el MCPA forman sales insolubles en presencia de cationes, tales como las de calcio y magnesio que contiene el agua dura. El dicamba no plantea este problema. No obstante, la dureza del agua puede vencerse mediante el empleo de agentes secuestradores químicos, agregándolos al concentrado o al depósito en el momento de la dilución en el campo. Entre los agentes secuestradores figuran los siguientes: polifosfato sódico, ácido etilendiaminotetraacético y sus derivados, y sales de ácido cítrico. Algunos lignosulfonatos se han utilizado como agentes secuestradores para impedir la precipitación del agente activo por el agua dura. Cuando el agua contiene hierro en cantidades superiores a varias partes por millón, se emplean agentes secuestradores del grupo del ácido etilendiaminotetraacético.

Acidez y pH

La adición de una base a los ácidos herbicidas en cantidades estequiométricas produce soluciones con diferentes valores pH generalmente alcalinas, por ser variables la fuerza del ácido, las constantes de ionización y las impurezas ácidas de los ácidos herbicidas. Cuanto más fuerte sea el ácido, más se acercará a 7 el valor pH. Si se emplea dimetilamina como base de la sal, resultará un exceso de producto con una amina objetable u olor a pescado.

Almacenamiento y estabilidad

Los ácidos herbicidas son por lo general químicamente muy estables en concentrados acuosos de sus sales; no obstante, los ensayos de almacenamiento

acelerado de cualquier nuevo ácido herbicida o concentrado acuoso deben realizarse en la forma normal a 50°C durante periodos de hasta 90 días. El envase de concentrados acuosos de sales ácidas herbicidas en recipientes metálicos presenta a menudo problemas de corrosión. En el caso de cubos y bidones, sin embargo, los revestimientos fenólicos muy recocidos y pigmentados, así como los revestimientos epoxídicos modificados, permiten vencer algunos de los difíciles problemas de corrosión de los recipientes. Para pequeños recipientes de hasta 4 litros, las botellas y jarras de polietileno de gran densidad resultan satisfactorias.

Evaluación de las características funcionales

Los concentrados acuosos pueden caracterizarse mediante una determinación del peso específico. Los concentrados acuosos se congelan a temperaturas muy bajas. El Banvel 4S es el concentrado de 48g/100 ml de sal de dimetilamina dicamba; se congela a -20°, aproximadamente. No obstante, cuando se calienta a la temperatura ambiente, las propiedades del preparado no experimentan cambio alguno.

Preparación en seco

Las preparaciones en seco comprenden bases de polvo, polvos dispersibles en agua, materias fluidas, polvos espolvoreables, gránulos, gránulos dispersibles y cápsulas. La preparación en seco de un nuevo producto químico plaguicida requiere un estudio previo de su compatibilidad con los portadores y diluyentes típicos.

Bases de polvo

Las bases de polvo deben estar constituidas por polvos secos, finamente divididos y fluidos, que puedan diluirse fácilmente con una variedad de diluyentes pulverizados inertes, a fin de producir un polvo uniforme para aplicación en seco, que tengan una concentración suficientemente elevada para que su almacenamiento y expedición resulten económicos, que sus dimensiones de concentración sean tales que permitan un cálculo sencillo para el proceso de dilución, que sean no aglutinantes y conserven la fluidez en cualesquiera condiciones de almacenamiento, y que sean químicamente estables durante varios años en condiciones normales de almacenamiento. Este último requisito se cumple generalmente si la desactivación se realiza en la forma antedicha, de manera que sólo se produzca un 5% o menos de descomposición durante 90 días en condiciones de almacenamiento acelerado.

Estudios de estabilidad y desactivación

Un método práctico consiste en obtener un 5% de preparado en polvo de varias clases de diluyentes y portadores minerales típicos, tales como harina fósil, attapulguita, montmorillonita, caolinita, pirofilita, talco y carbonato cálcico o piedra caliza en polvo. Conviene trabajar con una cantidad de 250 a 500 g de producto acabado. El ingrediente activo puede mezclarse en un vaso

de tamaño adecuado mediante un agitador de paletas de poca velocidad, o simplemente con una espátula metálica plana. Si el producto químico plaguicida es líquido, generalmente pueden obtenerse buenas mezclas en un mortero de porcelana de 15 a 20 cm de diámetro. Las mezclas crudas preparadas de esta forma se muelen posteriormente en un molino de laboratorio. Una vez molido, el producto pulverizado se mezcla en un tambor agitador o en una mezcladora de doble casco de medio litro o un litro de capacidad. El material se separa entonces en varias porciones y se retira una pequeña cantidad suficiente para el análisis químico inicial.

Parte del preparado se etiqueta cuidadosamente y se somete a estudios de estabilidad a la temperatura ambiente. Las otras porciones se colocan en un horno de temperatura constante y se someten a temperaturas elevadas para los ensayos de almacenamiento acelerado. A los 7, 14 y 28 días de haberse iniciado los ensayos de almacenamiento acelerado, se retiran pequeñas muestras del 5% de los preparados de polvo y se analizan en relación con los ingredientes activos. Los resultados del análisis se comparan con los del ensayo inicial del preparado y con la velocidad de disminución del contenido de ingrediente activo después de cada período de almacenamiento, para ver si existe incompatibilidad química. Si al cabo de 28 días la descomposición es menor del 1 ó 2% del ingrediente activo inicialmente presente, los ensayos de almacenamiento acelerado se continúan durante dos o tres meses.

La descomposición se produce a mayor velocidad con las arcillas más absorbentes, tales como la montmorillonita y la attapulguita. Algunos de los materiales menos absorbentes contienen impurezas muy tensoactivas que dan lugar a una rápida descomposición. La harina fósil, aunque por lo general más absorbente que la attapulguita y la montmorillonita, no posee normalmente la acidez superficial de las arcillas; la descomposición catalítica se produce por tanto a una velocidad inferior.

La descomposición de plaguicidas incorporados a portadores minerales secos se produce por uno o más de los siguientes mecanismos principales: descomposición catalítica resultante de la acidez superficial, acidez o alcalinidad del portador o diluyente y efectos térmicos. Si la velocidad de descomposición sigue aproximadamente a la de absorción de los portadores o diluyentes (con excepción de la harina fósil), la acidez superficial catalítica interviene evidentemente en la velocidad de descomposición. Sin embargo, si la velocidad de descomposición es mayor para los portadores de attapulguita o montmorillonita, es el valor pH el que interviene entonces.

La attapulguita es ligeramente alcalina; la montmorillonita, ácida. Por tanto, si la velocidad de descomposición es mayor en el caso de la attapulguita que en el de la montmorillonita, es muy probable que el ingrediente activo sea sensible a las reacciones alcalinas suaves. Si el ingrediente activo se descompone a una velocidad muy baja, o no se descompone, con talco y pirofilita, pero a una velocidad considerable con montmorillonita y attapulguita, ello se debe a la acidez superficial catalítica. Si, no obstante, la rapidez de descomposición con talco y con pirofilita es considerable y casi igual a la registrada con harina fósil y con caolinita, attapulguita y montmorillonita, el ingrediente activo es térmicamente inestable, por lo menos a la elevada temperatura de los ensayos. Otra causa de descomposición es la hidrólisis en presencia de humedad o volatilización.

La volatilización suele ser un factor poco importante que puede minimizarse realizando ensayos de almacenamiento en recipientes pequeños y herméticamente cerrados. El efecto de la humedad puede verificarse preparando un 5% de polvo sobre una muestra cuidadosamente secada de talco o pirofilita, y efectuando ensayos paralelos con el mismo diluyente, al que se irá humedeciendo en pequeñas dosis (0,5% o más).

Conviene hacer ahora una advertencia sobre la exactitud del método de ensayo. Debido a que los estudios de estabilidad de laboratorio deben basarse en métodos de ensayo químico, es necesario estudiar a fondo todos los aspectos de éste antes de emprender estudios de compatibilidad y de estabilidad químicas. La mayoría de los ensayos de preparaciones secas se basan en el análisis de un extracto, obtenido mediante disolvente, del ingrediente activo del portador o diluyente. Este extracto se analiza entonces generalmente por medios químicos, por rayos infrarrojos o por otros métodos espectroquímicos o por cromatografía en fase gaseosa. En estas etapas del ensayo es raro que se presenten grandes dificultades. No obstante, la exactitud del procedimiento de ensayo depende de la exactitud del procedimiento de extracción. A menudo pueden surgir dificultades porque el disolvente de extracción ha de poder disolver una cantidad importante del ingrediente activo y desplazar todo ingrediente activo que haya sido absorbido por las partículas del diluyente o portador. Se ha observado que las moléculas polares (dicamba, por ejemplo) son fuertemente absorbidas por algunas arcillas, como la attapulguita. Por tanto, a fin de desplazarlas, puede ser necesario un disolvente más fuertemente polar, como acetona o alcohol, para efectuar una extracción completa.

En todo estudio de estabilidad, es conveniente determinar la identidad de los productos de descomposición cuando se observe una inestabilidad del ingrediente activo después de los ensayos de almacenamiento acelerado. Sigue a continuación un análisis completo del preparado experimental para obtener un balance de materiales. Si el ensayo revela que un preparado experimental contiene solamente el 70% del ingrediente activo inicial, deberá identificarse y evaluarse cuantitativamente el 30% restante de los productos de descomposición.

Selección del portador y límites de concentración en función de las propiedades físicas

Las propiedades físicas más importantes de un producto químico plaguicida de calidad técnica que determinan la selección del portador utilizado en las bases de polvo son: el estado físico, el punto de fusión y el peso específico. Los materiales más sencillos de manejar son los productos químicos plaguicidas cristalinos o en polvo con puntos de fusión de 90° a 100°C aproximadamente. Entre los materiales más difíciles se hallan los sólidos de bajo punto de fusión, pues su naturaleza cerosa impide manejarlos convenientemente como sólidos. Aunque los productos químicos plaguicidas líquidos pueden incorporarse a portadores absorbentes por un método directo de pulverización-impregnación, el equipo necesario es más complejo de instalar y de controlar que el equipo para productos químicos plaguicidas secos en polvo.

Las propiedades más importantes de un portador para bases de polvo son el poder de sorción, el pH y la acidez superficial. No obstante, al preparar

polvos plaguicidas de alto punto de fusión, el poder de sorción tiene poca o ninguna importancia porque el ingrediente activo puede combinarse con el portador por un sencillo proceso de mezcla en seco, y reducirse la mezcla al tamaño de partícula deseado mediante molienda mecánica. Generalmente no se plantea ningún problema serio al alcanzar elevadas concentraciones del ingrediente activo en las bases de polvo con productos químicos plaguicidas de puntos de fusión superiores a 100°C. De hecho, con tales materiales pueden utilizarse incluso diluyentes de menor poder de sorción, como talco y pirofilita. Afortunadamente, estos diluyentes de bajo poder de sorción tienen generalmente una baja acidez superficial, por lo que sólo se precisan pequeñas cantidades de desactivadores. El costo de estos diluyentes es por fortuna mucho menor que el de los portadores más absorbentes. Los productos químicos plaguicidas con alto punto de fusión pueden prepararse más fácil y más económicamente que los productos químicos plaguicidas líquidos o sólidos con bajo punto de fusión.

Ya se ha señalado anteriormente que el poder de sorción de un portador mineral es inversamente proporcional a su densidad volumétrica aparente, y que el poder de sorción de un líquido determinado en porcentaje en peso de preparación acabada es directamente proporcional a la densidad o al peso específico de dicho líquido. En otras palabras, una arcilla que pueda utilizarse para preparar una base de polvo con un 40% de clordano de un peso específico de 1.6 sólo puede contener hasta el 25 o el 30% de un plaguicida líquido cuyo peso específico sea de 1.5 a 1.2. Por consiguiente, deberá conocerse el valor de sorción del clordano del portador, así como la densidad del plaguicida líquido con el portador en relación con la del clordano. Para determinar el valor de sorción del clordano, puede emplearse el ensayo de sorción "rub-out".

Dos factores adicionales que limitan el porcentaje de ingrediente activo que puede obtenerse con portadores absorbentes en bases de polvo son la muestra de ensayo o contenido equivalente activo del plaguicida técnico y la cantidad de disolvente que debe combinarse eficazmente con dicho plaguicida para incorporar el ingrediente activo al portador. Por ejemplo, el paratión-metilo técnico contiene normalmente un 80% de ingrediente activo. Por tanto, para preparar un 25% de base de polvo es necesario emplear en el preparado la relación 25/0,80 ó 31,25% de paratión-metilo técnico. Análogamente, para preparar un 25% de base de polvo de heptacloro a partir de heptacloro técnico al 74% es necesario emplear un 33,8% del heptacloro técnico. Por ser éste un sólido ceroso de bajo punto de fusión, es conveniente fundirlo y añadir una pequeña cantidad de disolvente para mejorar las características de manipulación y de pulverización. Así pues, la cantidad de líquido que ha de pulverizarse sobre el portador aumenta en un 37 o un 40%.

Por otra parte, el clordano técnico es un líquido utilizado a base de un 100% de ingrediente activo. Su pulverizabilidad puede mejorarse calentándolo ligeramente para reducir la viscosidad. Debido a su elevado peso específico, el clordano puede prepararse fácilmente hasta una concentración del 40% de ingrediente activo sobre portadores absorbentes, tales como attapulguita o harina fósil.

El clordano y el toxafeno figuran entre los pocos plaguicidas líquidos o sólidos de bajo punto de fusión que pueden prepararse en concentraciones de un 40%, o más, sobre portadores sencillos tales como la attapulguita. Ello se debe a su elevado peso específico y al hecho de ser líquido el primero, y sólido

con un punto de fusión muy bajo el segundo, y a su elevada capacidad de mezclarse o disolverse, respectivamente, en disolventes como el queroseno. Si se quiere una elevada concentración (un 40% de ingrediente activo, por ejemplo) para plaguicidas como el heptacloro, puede que sea necesario emplear harina fósil y complementar el poder de absorción del portador añadiendo material muy absorbente tal como sílice sintética. Tal preparado, obtenido a base de heptacloro técnico y de un disolvente auxiliar, contendrá de un 65 a un 70% de líquido. Debido a que la sílice sintética es un material relativamente caro, rara vez se emplea como portador primario, pero se utiliza en cambio frecuentemente para mejorar el poder de absorción de la arcilla natural.

Estabilidad de almacenamiento

La estabilidad de almacenamiento acelerado de la preparación acabada debe determinarse colocando la muestra dentro de un recipiente herméticamente cerrado en un horno a una temperatura de 50°C. Los ensayos deben realizarse sobre la muestra inicial y después de transcurrido un periodo de 30 días de almacenamiento. Ha de hacerse el análisis por duplicado de las muestras iniciales y de las ya envejecidas. La pérdida media en 30 días determinada por un ensayo debe ser inferior al 2%.

Es importante que el preparado no tienda a aglutinarse cuando se le almacene a 50°C durante 24 horas a una presión estática de 25g/cm². Esto se determina calculando el porcentaje del polvo retenido en un tamiz de la malla 100 (serie norteamericana de tamices normales) o en un tamiz de 149 μ m mediante el empleo de un aparato para agitar tamices Tyler Ro-tap¹². La cantidad retenida en el tamiz de la malla 100 debe ser inferior al 5% de la cantidad retenida en una muestra de la misma preparación que no haya estado sometida a los ensayos de almacenamiento acelerado.

Polvos dispersibles en agua

Los polvos dispersibles en agua tienen generalmente las mismas unidades de concentración (porcentaje en peso) que las bases de polvo del mismo plaguicida. Los polvos dispersibles en agua son de apariencia similar y tienen aproximadamente la misma densidad volumétrica aparente, pero existen diferencias funcionales en cuanto a su empleo. Las bases de polvo se diluyen generalmente en sustancias inertes secas pulverizadas, tales como talco o pirofilita, mientras que los polvos dispersibles en agua se diluyen principalmente en agua para preparados pulverizables. Aunque es imposible diluir un polvo dispersible en agua, en talco, pirofilita u otro material inerte para obtener un preparado de polvo espolvoreable, los polvos dispersibles en agua tienen otros ingredientes funcionales y especificaciones más rígidas que hacen que resulten más caros que los preparados de polvo para aplicación en seco.

¹²Ro-tap es la marca comercial registrada de la W. S. Tyler Co., Cleveland, Ohio, Estados Unidos. Una descripción de este aparato figura en la publicación de la Organización Mundial de la Salud *Especificaciones para plaguicidas*, 3.^a edición (1970), p. 268.

Estudios de estabilidad y desactivación

Debido a que los polvos dispersibles en agua son formas especiales de concentrados de polvo, los procedimientos para determinar la estabilidad y la necesaria cantidad de desactivador a fin de impedir la descomposición son los mismos que se emplean para los concentrados de polvo espolvoreable. Ciertos agentes humectables pueden actuar como desactivadores. No obstante, se emplean en pequeñas cantidades y sólo desactivan parcialmente la preparación.

Selección del portador y límites de concentración en función de las propiedades físicas

La preparación de polvos dispersibles en agua es similar a la de las bases de polvo espolvoreable, pues deben emplearse portadores de attapulguita absorbente, de montmorillonita o de harina fósil para plaguicidas líquidos o sólidos de bajo punto de fusión. Sin embargo, para plaguicidas de punto de fusión medio o elevado, deben emplearse como diluyentes arcilla muy absorbente o un material de bajo poder de absorción, como talco, caolinita y pirofilita. La discusión detallada de estos puntos a propósito de las bases de polvo espolvoreable es aplicable también a los polvos dispersibles en agua.

Estabilidad de almacenamiento

Debe ensayarse mediante almacenamiento acelerado. La suspendibilidad o la estabilidad tóxica de un polvo dispersible en agua deben controlarse tras el ensayo de almacenamiento.

Humectabilidad y suspendibilidad

Humectabilidad del polvo es el tiempo necesario para que determinada cantidad de la preparación esté completamente mojada y sumergida bajo la superficie del agua. Cuanto menor sea el período de tiempo (en segundos) requerido para la humectación, mejor será la humectabilidad de la preparación. Además, el polvo dispersible en agua debe permanecer uniformemente suspendido y libre de aglomerantes atascantes en el tanque mezclador durante todo el período de aplicación.

La estabilidad de una suspensión de sólidos depende del equilibrio de varias fuerzas. De acuerdo con la ley de Stokes, la estabilidad se favorece aumentando la viscosidad del medio de suspensión o reduciendo el tamaño de las partículas. Por tanto, es conveniente reducir tanto como sea posible el tamaño de las partículas mediante una trituración adecuada. Desafortunadamente, a medida que se reduce el tamaño de las partículas, las pequeñas fuerzas de atracción que actúan sobre su superficie llegan a ser importantes con respecto a la masa de las partículas. Este efecto da lugar a la unión de varias partículas y a la consiguiente formación de aglomerados mayores, los cuales se solidifican más rápidamente por este aumento de tamaño y atascan las boquillas. Ocasionalmente, este comportamiento determina la formación de un grumo floculento en el medio de suspensión.

Para impedir la formación de aglomerados, los materiales tensoactivos se introducen en la preparación como agentes de suspensión o dispersadores. Rodean cada partícula con una carga electrostática análoga y originan una reorientación de las moléculas que rodean la partícula en una capa eléctrica doble. Esta capa desarrolla un potencial con respecto al resto del sistema, impidiendo la colisión con otras partículas. Los agentes humectantes reducen la tensión interfacial entre el polvo y el medio de suspensión.

Las características de suspensión del preparado pueden mejorarse aumentando la viscosidad del medio. En la práctica, a los polvos dispersibles en agua se les añade carboximetilcelulosa sódica, polivinilpirrolidona y otros polímeros solubles en agua. Cuando se añaden al agua, estos materiales tienen sin embargo poco efecto en la viscosidad debido a su baja concentración. Ciertos preparados se benefician de su adición a causa, posiblemente, de la formación de un coloide protector en torno a las partículas para impedir la aglomeración y la solidificación.

Selección del surfactante

Se trata esencialmente de un proceso empírico. Los sistemas de surfactantes utilizados en la preparación de polvos dispersibles en agua suelen consistir en un agente humectante y en un dispersante. Los agentes humectantes son por lo general sales de sodio de ácidos sulfónicos de alquilbenceno, aunque a veces pueden emplearse dispersantes no iónicos como los derivados de óxido de polietileno de alquilfenoles. Otros dispersantes no iónicos, tales como los sulfatos de alcohol y los sulfosucinatos sódicos, proporcionan un mejor comportamiento de humectación. En algunos sistemas, sin embargo, estos materiales muestran una tendencia excesiva a formar espumas, por lo que es preciso realizar varias pruebas para poder hallar un agente humectante satisfactorio. Los dispersantes suelen ser materiales aniónicos, y con frecuencia sales de ácidos lignosulfónicos y polifenoles sulfonados. La cantidad de agente humectante y de dispersante generalmente utilizada varía de 1 a 1,5% en cada caso. Su capacidad para comportarse satisfactoriamente con determinada combinación de plaguicida portador tiene a menudo un carácter muy selectivo. La elección del par y de la relación adecuados se basa en los resultados del ensayo selectivo de cada agente humectante en combinación con cada dispersante. Por ejemplo, si de varios compuestos típicos se eligen cuatro agentes humectantes y cuatro dispersantes, se realizarán 4×4 ó 16 ensayos individuales de humectabilidad y de suspendibilidad para el sistema surfactante al mismo nivel de concentración.

Procedimiento para evaluar la humectabilidad

Pesar la mitad de la preparación experimental en una hoja de papel satinado de 10 cm. Verter el polvo, rápida pero suavemente, sobre la superficie de 100 ml de agua contenida en un cilindro graduado de 100 ml. Calcular el tiempo, con un cronómetro de segundos, desde el momento en que el polvo quede sobre la superficie del agua hasta que el 90 ó 95% del material esté mojado y sumergido bajo la superficie. El tiempo (en segundos) es el de humectación del preparado.

Materias fluidas

Las materias fluidas son fundamentalmente materias en polvo concentradas, dispersibles en agua, que se dispersan en un medio líquido. Sus preparaciones requieren todas las propiedades físicas tradicionales de las materias en polvo dispersibles en agua y además que permanezcan dispersadas o suspendidas en el líquido durante largos periodos de tiempo y con gran variedad de temperaturas.

Este mantenimiento de la dispersibilidad, o de falta de aglomeración, requiere que las partículas permanezcan separadas entre sí y suspendidas sin que formen un sedimento en el fondo del recipiente. Dado que la mayoría de las materias fluidas tienden a sedimentarse y requieren cierto grado de mezcla (comparable a los problemas que plantean normalmente las preparaciones a base de pintura de látex), estas formulaciones suelen no envasarse en cantidades superiores a un litro.

El mantenimiento de la separación física de las partículas requiere dos aditivos adicionales: un coloide hidrófilo para revestir cada partícula y aumentar la viscosidad del medio, y otro aditivo consistente en una combinación de surfactantes y polielectrólitos destinado a imponer una elevada carga superficial sobre el conjunto de partículas suspendidas.

La carga superficial impuesta al conjunto de partículas suele llamarse frecuentemente potencial zeta. Se trata del potencial eléctrico existente en la superficie sólida debido a una diferencia de carga entre los iones de la superficie y los iones contrarios del medio suspensor. Una manera de elevar suficientemente el potencial zeta para lograr la estabilidad consiste en añadir una mezcla de surfactante no iónico y un derivado fosfatado de un surfactante aniónico. El surfactante no iónico tiende a la absorción en la superficie de contacto, al mismo tiempo que el fosfato establece la carga en la superficie mediante un mecanismo de transferencia.

Las formulaciones fluidas deberían comprobarse en lo relativo a su dispersibilidad y capacidad de atravesar filtros finos después de haber envejecido las composiciones durante varias semanas a 35°C y haberlas sometido a diversos ciclos de temperatura comprendidos entre 5° y 35°C.

Polvos espolvoreables

Estos polvos plaguicidas son preparaciones para aplicación en seco en el lugar deseado sin necesidad de diluirlos. En cuanto a aspecto y forma general, los polvos espolvoreables son idénticos a los concentrados o bases de polvo. No obstante, su concentración de ingrediente activo es muy inferior, y puede variar entre un 1 y un 20%. Los polvos espolvoreables plaguicidas se preparan diluyendo o rebajando una base de polvo o concentrado en un diluyente inerte en polvo adecuado o combinando directamente el ingrediente activo con el diluyente en la concentración deseada.

El procedimiento de dilución requiere un mínimo de detalle, a fin de poder obtener un producto uniforme. La dilución es preferible cuando los polvos se preparan a base de productos químicos plaguicidas líquidos, o sólidos de bajo punto de fusión, o cuando productos químicos plaguicidas sólidos en polvo, o de elevado punto de fusión, se hallan presentes en concentraciones bajas de 1 a un 3% del ingrediente activo.

Si los preparados de polvo espolvoreable se hacen directamente a base de líquidos o sólidos de bajo punto de fusión, suele ser necesario un disolvente para mejorar la calidad de pulverización. El poder de sorción del diluyente debe ser mayor que el del talco, la pirofilita y el carbonato cálcico que se empleen. Posibles diluyentes absorbentes son la attapulguita y la montmorillonita o la caolinita, esta última algo menos absorbente. Una desventaja de preparar polvos sobre portadores absorbentes por impregnación es que a menudo se necesitan grandes cantidades de un desactivador para evitar la descomposición de ciertos productos químicos plaguicidas, tales como el heptacloro y el paratión-metilo. Si el talco, la pirofilita o el carbonato cálcico se emplean como diluyentes en el procedimiento de dilución, la desactivación del portador es a menudo necesaria o sólo requiere, como máximo, de un 1 a un 2%. Otra ventaja es que los diluyentes de bajo poder de sorción suelen costar la mitad que los portadores absorbentes.

Si los polvos plaguicidas espolvoreables han de fabricarse directamente a base de productos químicos plaguicidas sólidos o de alto punto de fusión, el ingrediente activo debe pulverizarse lo más finamente posible. Además, tras la desactivación y durante la operación de mezclado, deben tomarse muestras representativas de diversas secciones de la mezcladora. Debe analizarse la uniformidad de las muestras mediante el ensayo del ingrediente activo en cada una de ellas. Después de la mezcla mediante reducción o mezcla directa, la mezcla acabada se tritura en un molino adecuado, tal como un molino de Raymond o un micropulverizador, y se descarga en una mezcladora para asegurar su uniformidad. Como la mayoría de los diluyentes consisten en partículas muy finas, la trituración no tiene por objeto reducir el tamaño de las partículas, sino obtener una mezcla muy perfecta del ingrediente activo con el diluyente, a fin de minimizar la segregación durante el almacenamiento y lograr la uniformidad del producto durante su aplicación.

Selección del diluyente

No existe una norma generalmente aceptada para el tamaño de las partículas o la distribución de los diluyentes conforme al tamaño de éstas. Este tamaño varía generalmente entre la malla 140 (105 μm) y la malla 270 (53 μm); un 90 o un 95% de uno de los productos diluyentes más finos puede pasar incluso por un tamiz de la malla 325 (44 μm). Para aplicaciones aéreas, no obstante, los polvos de partículas más gruesas son por lo general más adecuados porque están más expuestos a caer a la deriva que los polvos sumamente finos. Al tratar cultivos de follaje muy denso, debe usarse polvo muy fino para aplicación en seco, a fin de cubrir las plantas de una manera uniforme. La pirofilita es probablemente el diluyente más ampliamente utilizado para polvos plaguicidas espolvoreables. Le siguen en popularidad el talco y el carbonato cálcico. También se emplean varios diluyentes de tipo mineral de bajo costo, por ejemplo la caliza dolomítica y la caolinita, que poseen buenas propiedades de adherencia a la superficie de las plantas. El bajo costo o la disponibilidad local de los diluyentes influyen con frecuencia en la elección. La idoneidad de cualquier diluyente debe determinarse, sin embargo, mediante ensayos comparativos en las zonas previstas para su empleo.

Estudios de estabilidad y desactivación

Aunque muchos de los diluyentes, tales como el talco y la pirofilita, tengan menor actividad superficial y menores puntos ácidos que las arcillas más absorbentes, su empleo en preparados de polvo diluido proporciona un número relativamente grande de puntos ácidos por unidad de ingrediente activo. Por consiguiente, es necesario desactivar los diluyentes para impedir la descomposición durante el almacenamiento.

Evaluación de las características físicas

Para poder aplicar el polvo con el equipo eficazmente, es importante que el preparado pueda fluir perfectamente. Por lo general, la fluencia de los preparados líquidos o sólidos de bajo punto de fusión, mediante reducción o impregnación directa, disminuye a medida que aumenta la concentración del ingrediente activo. La adición de 0.1 a 0.5% de pigmento de sílice pirógena coloidal mejora la fluencia. Debido a que los polvos plaguicidas se miden volumétricamente al ser aplicados mediante el equipo espolvoreador, la densidad volumétrica aparente del producto es importante y debe controlarse.

Gránulos

La mayoría de los plaguicidas granulares se producen impregnando por pulverización un portador granular absorbente con un producto químico plaguicida o una solución de un producto químico plaguicida. La cantidad máxima de ingrediente activo que puede incorporarse de esta manera depende del poder de sorción del portador granular y de la pureza y densidad del producto químico plaguicida o de la densidad y concentración del ingrediente activo.

Los productos químicos plaguicidas de una solubilidad demasiado baja para ser preparados por impregnación pueden elaborarse en forma granular mediante técnicas de extrusión, de revestimiento en bandejas y de revestimiento por rodillo. Aunque estas técnicas se emplean en cierto grado, requieren equipo especial y muchos fabricantes no disponen de él.

Las dos características más importantes de los plaguicidas granulares son la concentración y la gama granulométrica. Aunque la concentración máxima está limitada por las propiedades físicas del producto químico plaguicida y del portador, es sólo de 1.5% en el caso de los gránulos de endrina, y de hasta un 40% en el de los gránulos de clordano cuando el portador es attapulguita granular. El tamaño de las partículas o la gama granulométrica se basan normalmente en la selección del portador de tamaño debidamente especificado. Aunque el tamaño de los gránulos plaguicidas varíe desde la malla 4 a la 80, los tamaños de tamiz típicos son: 16/30, 20/40 y 30/60. Un portador granular utilizado para fines especiales es la attapulguita 20/25.

Otras características deseables de los plaguicidas granulares son: estabilidad en almacenamiento, resistencia al desgaste, resistencia a la aglomeración durante el almacenamiento y buena fluencia. Tratándose de productos impregnados, es difícil controlar la velocidad a que el gránulo desprende el plaguicida. Suele ser una característica inherente al propio producto químico

plaguicida y al portador. En la práctica, la velocidad de desprendimiento varía según los usos a que se destine el producto. Cada caso debe tratarse por separado.

Un requisito importante de los plaguicidas granulares es la distribución uniforme del ingrediente activo en todas las partículas. Para lograrlo mediante impregnación por pulverización, la boquilla del pulverizador debe efectuar la descarga a una velocidad sumamente baja. Debe utilizarse equipo mezclador giratorio o de tambor para minimizar el desgaste de las partículas.

Varios son los tipos de equipo adecuados para la obtención de gránulos en el laboratorio: la mezcladora de doble cono, la mezcladora de doble casco Patterson-Kelly y la mezcladora Nauta. Pueden obtenerse con capacidades de 57 litros o menos, y puede adaptárseles un dispositivo de pulverización interno. El sistema de trasvase de líquidos consiste en un depósito de pulverización de 1 ó 2 litros de capacidad, con un agitador e instalaciones de calentamiento. El líquido se hace llegar a la boquilla de pulverización mediante una pequeña bomba de engranajes o en un depósito de pulverización cerrado; se bombea hasta la boquilla mediante nitrógeno o aire comprimido. El sistema líquido debe poder operar a una presión de 1.3 a 4.0 bares. En los preparados para los que deba calentarse el líquido de pulverización, todas las líneas de pulverización y la bomba deben calentarse para impedir un descenso de la temperatura del líquido y evitar la cristalización. Entre la bomba y la boquilla se instala un filtro fino capaz de retener partículas de un diámetro inferior al de la boquilla. Para proteger la bomba de partículas extrañas se coloca un tamiz de las mallas 140 a 200 entre el depósito de pulverización y la bomba. La bomba de engranajes volumétrica debe estar dotada de un adecuado circuito en derivación y de una válvula reguladora de la presión.

Selección del portador

Los principales portadores utilizados en la preparación de gránulos plaguicidas impregnados son attapulguita granular y la montmorillonita no hinchable. La caolinita, la pirofilita, el talco y el carbonato cálcico han sido ensayados como portadores granulares, pero, generalmente, o son demasiado blandos (desgastándose por ello durante el proceso de impregnación) o su poder de absorción es demasiado bajo. La bentonita hinchable —una montmorillonita— es útil cuando no se requiere un elevado poder de absorción. La vermiculita granular posee muchas propiedades útiles para los plaguicidas granulares. No obstante, debido a su relativamente baja densidad volumétrica aparente, las tolvas han de cargarse con más frecuencia de la necesaria en el caso de preparados a base de attapulguita o montmorillonita con la misma concentración de ingrediente activo.

Los materiales vegetales que se han estudiado y utilizado en una medida limitada son los granos de maíz y cáscaras de nueces y de pacana trituradas. Los granos de maíz poseen muchas características deseables, tales como inertidad, razonable poder de absorción, resistencia a la abrasión y una densidad volumétrica aparente de unos 448 a 480 kg/m³.

Debe estudiarse el poder de absorción y la acidez superficial catalítica de todos los posibles portadores granulares. Por ser difícil medir en pequeña escala el poder de absorción de un portador granular, éste puede pulverizarse en

una trituradora de laboratorio y determinarse después su poder de sorción por el método "rub-out". En el caso de los plaguicidas granulares, el citado poder de sorción se aproxima al valor de absorción del clordano determinado por el método "rub-out". La acidez superficial catalítica y la necesidad de desactivación se determinan mediante los mismos métodos de ensayo empleados para otros preparados secos.

Las gamas granulométricas típicas que normalmente se emplean para los gránulos plaguicidas son: 16/30, 20/40 y 30/60. Estos portadores deben ensayarse para asegurar que el 90% de las partículas quedan comprendidas entre los límites superiores e inferiores de la gama volumétrica, y el 10% restante se distribuye al azar a ambos lados. Debe especificarse la cantidad máxima permitida que ha de pasar por el tamiz más fino, pues podría producirse un desgaste ulterior de las partículas durante la elaboración, el ensacado, la expedición y la manutención, produciéndose con ello "finos" no deseables. Se recomienda que un máximo de 0.1% pueda pasar a través de un tamiz de la malla 100 (149 μ m).

La densidad volumétrica aparente de un portador granular es una propiedad importante porque permite determinar tanto el tamaño del lote que puede producirse en una mezcladora de determinada capacidad como el del saco que ha de utilizarse para el envase. Debido a que la preparación de los plaguicidas granulares impregnados entraña la absorción de todos los ingredientes líquidos, el volumen de una preparación de determinado peso es igual al del portador no impregnado que contenga. El cuadro 7 muestra las propiedades de los portadores granulares típicos.

El empleo de plaguicidas sólidos en forma de preparados de polvo espolvoreable y de gránulos puede dar lugar a la compactación del producto, según la concentración del tóxico, el volumen del disolvente líquido y las condiciones de manutención. La attapulguita y la montmorillonita varían en cuanto a tamaño de partícula y poder de sorción y estas propiedades son críticas a efectos de compactación en aquellos preparados que bordeen los límites fijados. Debido a que los portadores absorben y absorben de manera diferente, el tiempo de distribución del plaguicida tiene suma importancia para ciertos portadores.

CUADRO 7. PROPIEDADES DE PORTADORES GRANULARES TÍPICOS

	Densidad volumétrica aparente (kg/m ³)	Poder de sorción relativo	Dureza relativa
<i>Inorgánicos</i>			
Arcillas y minerales			
Attapulguita	449-577	elevado	elevada
Montmorillonita	881-1 041	bajo	elevada
Diatomita	320-481	elevado	media
Vermiculita	128-192	elevado	baja
<i>Orgánicos</i>			
Materiales vegetales			
Mazorca de maíz	352-513	medio	media
Cáscara de nuez	561-721	bajo	media

En el caso de los plaguicidas semisólidos, tales como el heptacloro y la aldrina, se presentan más problemas de compactación que en el de los plaguicidas de alto punto de fusión, como la dieldrina y la endrina. Los plaguicidas líquidos rara vez dan lugar a compactación en gránulos o polvo.

Necesidades de desactivador

Los estudios de estabilidad y del nivel de desactivador para plaguicidas granulares son los mismos que para los preparados secos en polvo. Los ensayos de estabilidad iniciales pueden realizarse satisfactoriamente en pequeña escala y a concentraciones del 5% de ingrediente activo. Por no ser conveniente ni práctico impregnar uniformemente los gránulos en pequeñas cantidades, el portador granular puede pulverizarse para estos ensayos. La cantidad de desactivador requerida para cada tipo de mineral es casi la misma que para las bases de polvo espolvoreable y los concentrados. Si la cantidad se ha determinado previamente, los experimentos adicionales con portadores granulares pulverizados pueden mantenerse a un mínimo.

Al preparar plaguicidas granulares que requieran desactivación, cada partícula del portador debe desactivarse uniformemente. En el caso de productos químicos plaguicidas extremadamente sensibles y con una velocidad inicial de descomposición más rápida que la de desactivación, es necesario desactivar el portador antes de impregnar por pulverización el ingrediente activo. Si el desactivador es sólido, tal como HMT o urea, se disuelve en una cantidad mínima de agua o de otro disolvente adecuado y se pulveriza directamente sobre el portador. Los desactivadores sólidos de este tipo también pueden pulverizarse finamente y mezclarse con el portador antes de efectuar la impregnación por pulverización. Es generalmente preferible pulverizar una solución de un desactivador. Los desactivadores líquidos se impregnan por pulverización directamente sobre el portador, con o sin adición de agua, para lograr una distribución más uniforme.

Si la velocidad de descomposición de un producto químico plaguicida sobre un portador superficialmente activo es razonablemente inferior a la velocidad de desactivación, el desactivador se disuelve o se mezcla en la solución concentrada a pulverizar con objeto de que la desactivación y la impregnación por pulverización sean simultáneas. Este procedimiento conviene, por lo general, porque el gran volumen del líquido pulverizado sobre el portador aumenta la probabilidad de una distribución uniforme del ingrediente activo y del desactivador.

Selección del disolvente

Normalmente, los concentrados pulverizables utilizados para impregnar portadores granulares se elaboran en lotes al efectuar la preparación. Debido a que la pulverización se realiza a una temperatura comprendida entre la temperatura ambiente y los 82°C, no existen límites para la estabilidad de la solución en frío, como contrariamente ocurre con las bases de aceite y los concentrados emulsionables. La parte disolvente de un preparado granular desempeña las tres funciones principales siguientes: mantener el ingrediente plaguicida en estado líquido para que pueda pulverizarse, proporcionar

suficiente volumen para que el plaguicida (y el desactivador) puedan distribuirse uniformemente sobre el portador, y reducir la viscosidad del líquido o ingrediente plaguicida molido, a fin de lograr una buena atomización de éste al pasar por la boquilla pulverizadora. El líquido pulverizable se calienta con objeto de mantener una temperatura que impida la cristalización y reducir la viscosidad para mejorar la pulverizabilidad. La viscosidad de la mezcla a la temperatura de pulverización debe ser, preferentemente, inferior a (10 mPa.s). Por lo general, la efectividad de la atomización aumenta a medida que disminuye la viscosidad.

Por razones de economía y de seguridad, se prefieren los disolventes de hidrocarburo, tales como queroseno, xileno y nafta aromática pesada. Estos disolventes de bajo costo tienen puntos de fusión de 27°C o superiores. Cuando los disolventes de hidrocarburos no son satisfactorios por su escasa solubilidad, se emplean disolventes polares como la ciclohexanona, el diacetonalcohol y el alcohol propílico normal. Los disolventes volátiles, como el cloruro de metileno, se emplean teniendo debidamente en cuenta su evaporación del preparado. Es esencial que al proyectar los sistemas de evaporación se tenga primordialmente en cuenta la seguridad del trabajador. Los disolventes de mayor punto de ebullición, que se evaporan más lentamente, están incluidos en el peso final del preparado.

Para la impregnación simultánea del desactivador y del sistema tóxico-disolvente, todos los materiales se combinan en el depósito de pulverización, que debe calentarse si es necesario a fin de que alcancen la temperatura adecuada para una solución completa y una reducción de la viscosidad. Si el desactivador o mezcla de desactivador es inmisible con la solución de pulverización tóxica, un eficaz agitador situado dentro del depósito mantiene todos los materiales uniformemente dispersos. Si han de pulverizarse a temperaturas elevadas productos químicos plaguicidas y disolventes sumamente concentrados, todos los conductores de pulverización, los filtros, las bombas y las boquillas deben calentarse para impedir una pérdida de calor y una posible cristalización durante el ciclo de pulverización.

La boquilla de la mezcladora debe estar situada justamente en el centro del plano de los gránulos cuando la mezcladora se halle en movimiento. El eje de la boquilla debe ser exactamente perpendicular al plano de gránulos, y el orificio ha de estar a suficiente distancia de dicho plano, a fin de poder cubrir al máximo la superficie dentro de la periferia exterior del haz de pulverización que choca contra las paredes de la mezcladora. Se considera eficaz una boquilla que proyecte un haz cónico lleno con un ángulo de pulverización de 120°.

Pruebas de tamizado y ensayos de desgaste

Una condición necesaria en el proceso de mezcla e impregnación por pulverización es que el desgaste de las partículas —y la producción de finos, por consiguiente— sean mínimos. Una prueba de tamizado del producto acabado y del portador granular no tratado indica un desgaste excesivo si, por ejemplo, el número de partículas que pasan por la malla nominal más fina aumenta en un 5% del peso total del preparado. El problema puede resolverse de las siguientes formas: elegir un portador que sea más duro o esté menos sujeto a desgaste; seleccionar un portador que se incline más hacia el tamaño de

partícula mayor de la distribución; acortar el ciclo de mezcla; o diseñar nuevamente las diversas fases de los procesos de carga, mezcla y descarga. El desgaste producido con motivo de la manutención de los gránulos mediante equipo como elevadores de husillo puede reducirse considerablemente mediante el empleo de elevadores de cangilones o transportadores neumáticos.

Ensayos de almacenamiento y de estabilidad

Las preparaciones granulares experimentales de los hidrocarburos clorados deben ensayarse en cuanto a estabilidad en almacenamiento mediante un envejecimiento acelerado a 50°C. Las muestras se colocan en recipientes herméticamente cerrados y se mantienen a temperaturas elevadas durante períodos de hasta 84 días. Al empezar los ensayos, cada muestra se analiza con respecto al ingrediente activo inmediatamente después de la preparación. Las muestras que se hallen en condiciones de almacenamiento acelerado vuelven a ensayarse al cabo de 7, 14, 28, 56 y 84 días. Se considera aceptable una pérdida máxima del 5% del ingrediente activo al cabo de 84 días.

Gránulos dispersibles

La tecnología de los gránulos dispersibles combina, para producir este nuevo tipo de formulación, el know-how de los polvos dispersibles en agua y el de los gránulos. Con el gran número de variados ingredientes para su preparación, debe tenerse especial cuidado de seleccionar componentes cuya interacción durante su almacenamiento a largo plazo no sea considerable. La reacción entre los ingredientes queda de manifiesto, particularmente, por la pérdida de dispersibilidad de los gránulos después de su almacenamiento a una alta temperatura —50°C— durante 84 días.

Los gránulos se forman por lo general utilizando molinos de nódulos semejantes a los empleados en la elaboración de catalizadores. Se ayuda la nodulización agregando un poco de agua a la mezcla; la cantidad variará según la capacidad de sorción de los diluyentes utilizados. Después de la nodulización, los gránulos se secan en condiciones que no descompongan el tóxico.

La fragmentación de los gránulos en partículas dispersas (es decir, como un polvo dispersible en agua) se logra agregando una arcilla de tipo hinchable como bentonita o una combinación de un ácido sólido y un carbonato. Al hincharse la bentonita crea evidentemente una fuerza que rompe la estructura granular facilitando la dispersión de las partículas individuales finas. Cuando un ácido y un carbonato están presentes y el material se coloca en agua, el ácido y la base reaccionan desprendiendo dióxido de carbono y agua. El desprendimiento de dióxido de carbono gaseoso ayuda a la fragmentación y dispersión de las partículas finas.

Cápsulas

Las microcápsulas han demostrado su conveniencia cuando el medio ambiente puede afectar negativamente la estabilidad de un plaguicida o cuando lo que se desea es ofrecer al medio ambiente durante un largo período de

tiempo un desprendimiento regulado (es decir, la elaboración gradual de un plaguicida). Gran parte de la tecnología se desarrolló a finales del decenio de 1950 y en el decenio de 1960¹³ y muchas de las patentes originales (Estados Unidos 2.800.457 y Estados Unidos 2.800.458, 23 de julio de 1957) ya caducaron.

Hay muchos procedimientos de encapsulación. Uno de los más comunes entraña el concepto de coacervación, que es una separación de fases que ocurre cuando coloides con cargas negativas y positivas se neutralizan mutuamente. Si se está en presencia de una solución oleosa (que puede contener un plaguicida), ésta puede actuar como un agente nucleante por medio del cual los coloides neutralizados recubren la fase oleosa dispersa a medida que pasan por el proceso de separación de fases.

La cita que sigue, tomada de la patente 2.800.457 de los Estados Unidos, ofrece un ejemplo del proceso de coacervación:

“Se hace un sol de 20 gramos de goma arábica disueltos en 160 gramos de agua. La goma arábica en agua forma siempre iones negativos, no siendo un anfótero, independientemente del pH. Dentro de esto se emulsionan 80 gramos de triclorodifenilo. Se prepara un segundo sol de 20 gramos de gelatina de piel de cerdo, que tenga su punto isoeléctrico a pH 8, y 160 gramos de agua, y este segundo sol se mezcla con la emulsión. Se agrega entonces lentamente a la mezcla un volumen de agua, gota a gota o rociándola, revolviéndola constantemente hasta que empieza la coacervación y se continúa hasta obtener el tamaño deseado de las gotitas oleosas sobre las cuales se ha depositado el material coacervado; mientras menos agua se utilice menor será el tamaño de las partículas. Todas las operaciones anteriores se realizan con los ingredientes a 50°C. La mezcla coacervada resultante se vierte en agua a 0°C, utilizándose agua en cantidad suficiente para que el peso total de los ingredientes llegue a 3.960 gramos. La mezcla se agita y después se la deja reposar una hora a no más de 25°C. La formación de las cápsulas está ahora terminada y pueden utilizarse en suspensión como un material protector de superficies o para otros usos como un fluido, o pueden secarse y pulverizarse.”

Antes del aislamiento de las cápsulas discretas secas conviene endurecer la capa protectora polímera utilizando revestimientos reticulados de aldehído.

¹³A. Kondo, *Microcapsule Processing and Technology*, J. W. Van Valkenburg, ed. (Nueva York, M. Dekker, 1979).

III. Aspectos técnicos y ambientales relativos al emplazamiento, la construcción y el funcionamiento de una planta de formulación de plaguicidas

Kozo Tsuji, Takayoshi Maeda*, Yukikazu Okamoto* y Seizo Sumida**

En la planificación, el diseño, la construcción y el funcionamiento de una planta de formulación de plaguicidas se registra la siguiente secuencia lógica de etapas: preparación de diagramas del proceso de transformación de materias primas en productos acabados; planificación de las operaciones de envasado; satisfacción de las necesidades de almacenamiento; elección del equipo de la planta; decisión acerca del esquema de montaje de la planta y de la estructura física del edificio, y construcción.

Los capítulos IV y V abarcan la viabilidad de una planificación fundada en un análisis económico del mercado y de la gama de productos. Sin embargo, son las características físicas de los productos mismos las que determinan sobre todo el diseño y la construcción de la planta. Además de los factores estrictamente técnicos, debe prestarse consideración a los posibles riesgos laborales y a la contaminación ambiental que entraña el funcionamiento de una planta de formulación de plaguicidas. Todos esos factores en conjunto influyen en la selección de la ubicación, el diseño, la construcción y el funcionamiento de la planta

Selección del emplazamiento

Características del emplazamiento

Elección de la ubicación

Cualquiera que sea la decisión que se adopte sobre los productos que habrán de prepararse, hay ciertas exigencias técnicas y ambientales relativas al emplazamiento que no variarán. La planta debe estar situada en un terreno llano no expuesto a inundaciones, ojalá lejos de las ciudades o, al menos, no del lado desde donde sopla el viento y que tenga acceso a una fuente de mano de obra. La forma y la zona del emplazamiento deben prestarse a una ampliación posterior.

*Departamento de Investigación de la División de Plaguicidas, Sumitomo Chemical Co., Ltd. Konohana-ku, Osaka (Japón).

Estructura del suelo

La estructura del suelo debe ser capaz de resistir el peso de maquinarias pesadas, como mezcladoras, pulverizadores y máquinas empaquetadoras. El pilotaje u otros grandes trabajos de fundación sobre terreno blando o fangoso aumentarán enormemente los costes de construcción.

Clima

El clima tiene también importancia en la selección del emplazamiento. Las ubicaciones que gozan de un clima suave mantendrán bajo el coste de equipamiento y construcción. El calor o el frío extremos o la humedad excesiva tienen efectos graves sobre el funcionamiento eficiente de una planta. Debido a que muchos ingredientes y otros productos químicos activos no son compatibles, por ejemplo, con la humedad, puede ser necesaria la protección contra los elementos. Para los emplazamientos ubicados inevitablemente en climas cálidos y húmedos o en zonas adyacentes a aguas saladas, los costes de mantenimiento tenderán a ser elevados. El empleo de pintura resistente a la sal o a los productos químicos para recubrir los objetos de metal, aunque es más caro, puede a la larga demostrarse rentable.

Servicios

Si bien los servicios de que se disponga deben incluir energía eléctrica, combustibles y abastecimiento de agua, la demanda será menos crítica para una planta de formulación que para una que elabore productos químicos básicos. Los procesos de formulación de plaguicidas consisten principalmente en operaciones de mezclado y, por lo general, no envuelven reacciones químicas. Si la formulación, como normalmente es el caso, es un proceso discontinuo, el funcionamiento puede detenerse sin peligro en cualquier momento.

Eliminación de residuos¹

Debe prestarse gran atención a la eliminación de materiales residuales, especialmente de residuos tóxicos. Si bien la cantidad de subproductos o de residuos en una planta de formulación tiende a ser pequeña ya que el proceso principal es la mezcla no acompañada de reacciones químicas, el emplazamiento debe disponer de depósitos de sedimentación para residuos o una laguna o estanque de un tamaño adecuado protegido por un dique contra los derrames, junto con instalaciones de incineración.

Entre las ventajas que ofrece un estanque de evaporación, frente a otros sistemas de eliminación de aguas residuales, figuran la de minimizar la contaminación de las fuentes cercanas de abastecimiento de agua y de alimentos, la simplicidad de la construcción y del funcionamiento y el uso óptimo de recursos locales. Este sistema de eliminación exige mucho más terreno que

¹A esta sección contribuyeron principalmente George Jett, Environmental Protection Agency, Washington, D.C., y Al Dettbarn, LSE Corp., Miami, Florida, Estados Unidos de América.

otros, condición poco atractiva cuando el valor del terreno es elevado, pero especialmente adecuada en muchos países en desarrollo.

Casi todos los suelos inorgánicos, como arcilla, arena y grava, son materiales satisfactorios para un estanque de evaporación. Sin embargo, los materiales porosos o los incompatibles con las aguas residuales exigen un revestimiento de arcilla o sintético para impedir filtraciones². Salvo el revestimiento sintético, el estanque pueden construirlo trabajadores no calificados con una supervisión mínima. La instalación del revestimiento sintético exigiría una supervisión directa².

El espesor del revestimiento de arcilla depende del tipo de arcilla de que se disponga y de la duración que se requiera, pero sería generalmente de 0,5 m³. La selección del revestimiento sintético dependerá de las propiedades de las aguas residuales. Los revestimientos sintéticos se fabrican en láminas de aproximadamente 6 m de ancho y su instalación requiere trabajadores calificados para asegurar que sea correcta y que todas las juntas estén debidamente selladas.

Para construir el estanque en suelos orgánicos puede utilizarse hormigón, o como sucedáneo de un revestimiento sintético o de arcilla. Como revestimiento, el hormigón se refuerza con una malla de acero dándosele un espesor de aproximadamente 0,1 m. En suelos orgánicos el hormigón compensaría la inestabilidad del terreno. La instalación requeriría trabajadores calificados.

El factor decisivo en un estanque de evaporación es el tamaño, a su vez en función de las condiciones climáticas locales y del volumen de agua residual vertida en el estanque. El volumen de agua residual por unidad de superficie que puede evaporarse del estanque se denomina evaporación neta, la que se define como la evaporación total del estanque menos la precipitación total en el estanque. En condiciones óptimas, la evaporación total debe rebasar la precipitación. En condiciones subóptimas, puede añadirse calor para aumentar la evaporación o cubrirse el estanque para impedir que la precipitación caiga en él⁴. El cuadro 1 indica la profundidad aproximada y la superficie del estanque requeridas por cada metro cúbico de agua residual vertida en un día promedio⁵.

Para diseñar un estanque de evaporación son indispensables registros de precipitaciones y evaporaciones anuales. Otros factores que cabe tener presente son el conocimiento de los recursos locales, la estructura del suelo y el volumen de aguas residuales que se vertirá.

Para techar el estanque se dispone de diversos materiales, desde láminas de polietileno hasta paneles acanalados de fibra de vidrio⁶. Las láminas de polietileno son baratas, pero su esperanza de vida útil es sólo de tres años. Las

²David W. Shultz y P. Michael Moklas, "Assessment of liner installation procedures", en *Proceedings of the Sixth Annual Research Symposium*. Puede obtenerse gratuitamente material de consulta solicitándolo a la Agencia para el Desarrollo Internacional, ST/AGR, SA-18, Washington, D.C., 20523, Estados Unidos de América.

³R. Willinkinson, "Pesticides disposal research" (Kansas City, Midwest Research Institute, septiembre de 1978).

⁴*Environmental Science and Engineering*, "Revised contractor technical report for BAT, PSES, NSPS and BTC in the pesticide industry" (Gainesville, noviembre de 1980).

⁵Richard E. Egg y Donald L. Reddell, "Design of evaporative pits for waste pesticide solution disposal" in *Proceedings of the Sixth Annual Research Symposium*. Puede obtenerse gratuitamente material de consulta solicitándolo a la Agencia para el Desarrollo Internacional, ST/AGR, SA-18, Washington, D.C., 20523, Estados Unidos de América.

CUADRO I. RENDIMIENTO DIARIO MEDIO DE LOS ESTANQUES DE EVAPORACION

Tasa de evaporación neta (m ³ /a)	Profundidad aproximada ^d (m)	Superficie por unidad de volumen de vertido diario (m ² /m ³)	
		estanque cubierto	estanque descubierto
50	0.8	730	970
100	0.9	360	490
150	1.1	240	320
200	1.3	180	240
250	1.4	150	190
300	1.6	120	160

^dSe supone que la precipitación es igual a la evaporación en el curso de un cuatrimestre.

chapas de fibra de vidrio cuestan aproximadamente 12 veces más que el polietileno, pero tienen una esperanza de vida útil de 20 años y no sólo duran más que las láminas sino que básicamente no exigen mantenimiento. Ambos tipos de estructuras son relativamente simples de construir. La estructura del techo puede construirse *in situ* si se dispone localmente de materiales adecuados o enviarse prefabricada al lugar de emplazamiento. Debido a los largos tramos de la estructura del techo, la construcción *in situ* requiere supervisión directa. La tasa de evaporación neta de un estanque cubierto sería aproximadamente el 75% de la tasa total local de evaporación².

La sencillez y eficacia de un estanque de evaporación lo convierten en un medio idóneo para la eliminación de aguas residuales tóxicas y peligrosas. El estanque suele construirse con recursos y trabajadores locales y es posible eliminar aguas residuales de manera eficaz incluso en climas desfavorables.

Al cabo del tiempo se acumularán materias sólidas en el fondo del estanque, materias que requerirán su evaluación periódica (cada diez años aproximadamente). Estos sólidos se eliminan normalmente en un terraplén acondicionado o mediante la incineración a temperaturas elevadas. El mantenimiento de un terraplén acondicionado lleva consigo la incorporación de tierras impermeables o de revestimientos para impedir las filtraciones hacia las aguas subterráneas, la recogida y tratamiento de las aguas fluyentes de la precipitación o la construcción de un tejado, tal como se describe anteriormente, y la instalación de una cubierta general para el cierre del vertedero. Además, se construirán pozos alrededor del terraplén que se inspeccionarán periódicamente para detectar la contaminación de las aguas subterráneas.

Factores ambientales

Los olores y los residuos gaseosos o en polvo fino son también peligrosos y motivo de preocupación cada vez mayor respecto al medio ambiente, especialmente si la planta se halla enclavada inevitablemente en las proximidades de una ciudad. Deberá prestarse atención a si existen en el emplazamiento restricciones locales de zonificación. Incluso si no las hay en el momento de construir la fábrica, ello no significa que tal situación perdurará

necesariamente. La pertinencia de las consideraciones de carácter ambiental en la formulación de dos productos típicos se observa en los siguientes ejemplos:

a) Las plantas industriales que formulan polvos espolvoreables necesitan disponer de grandes solares para la producción y el almacenamiento. Es esencial disponer de equipos para facilitar protección contra los ruidos procedentes de las trituradoras de inyección o de martillos y contra la contaminación provocada por los polvos espolvoreables si la planta está situada cerca de una ciudad. Dichos equipos aumentan considerablemente los costes de producción.

b) Las plantas de formulación de concentrados emulsionables necesitan grandes cantidades de disolvente orgánico, generalmente el xileno, que acarrearán riesgos de incendio, explosiones y toxicidad. Antes de seleccionar un emplazamiento, es especialmente necesario estar informado de las restricciones legales relativas a dichos peligros. Tales restricciones cobran cada vez mayor importancia en todos los países.

Los posibles peligros ambientales derivados de las plantas industriales de formulación de plaguicidas consisten en las contaminaciones del aire y el agua, que pueden ser nocivas para la salud y los cultivos. Los olores y los ruidos excesivos se consideran factores molestos. Se deberá prestar atención especial a la disminución del ruido procedente de las trituradoras o de los pulverizadores y a los posibles olores desagradables. La contaminación del agua por disolventes orgánicos o ingredientes activos puede causar la muerte en masa de la fauna acuática o suponer un peligro para la salud humana si el agua receptora es una fuente de abastecimiento de aguas públicas.

La mayor parte de los problemas ambientales se puede controlar de manera razonable mediante técnicas de gestión adecuadas y una buena administración de la fábrica. Si a pesar de ello se produjera un accidente, el efecto que la emisión de plaguicidas tóxicos provocaría en la población sería muy grave. El solar debe escogerse, por lo tanto, teniendo en cuenta la posibilidad de un accidente de este tipo y con miras a minimizar los peligros. La contaminación de los pozos poco profundos y de las zonas acuáticas recargadas por las fugas procedentes de la cuenca hidrográfica, sobre la que pueda haberse construido la planta de formulación, se producirá casi con certeza si no se toman precauciones especiales respecto a la eliminación de todos los residuos sólidos y líquidos producidos por la fábrica. Un plan contra catástrofes deberá formar parte de las precauciones que tome cualquier maestro de obras prudente. El incidente que tuvo lugar en Seveso, Italia, en julio de 1976, y en el que se produjo la explosión de las instalaciones de elaboración de triclorofenol y la emisión de un vapor sumamente tóxico que causó graves daños a la gente, a los animales y a los cultivos en una extensa zona poblada, aunque no se trataba de una planta de formulación de plaguicidas, demostró la enorme importancia del proceso de selección del emplazamiento.

En conclusión, una planta industrial debidamente ubicada, bien distribuida y bien manejada, que minimice la contaminación ambiental, tendrá buena aceptación entre los habitantes de la localidad, especialmente si les proporciona puestos de trabajo. Una forma útil de disipar inquietudes es permitir la entrada al público en determinados días para que los vecinos del barrio visiten la planta.

Proyecto y construcción

Los cuatro factores siguientes determinan los rasgos característicos de las plantas de formulación de plaguicidas:

- a) Las propiedades físicas de los productos, que podrían ser concentrados emulsionables, polvos dispersibles en agua, polvos espolvoreables o gránulos.
- b) Los peligros físicos y biológicos, ya que los plaguicidas son tóxicos por definición y muchos de ellos se tornan inflamables debido al disolvente utilizado:
- c) La producción tiende a ser en lotes en lugar de continua, y con frecuencia se trata de la fabricación de varios productos:
- d) La utilización es estacional, lo cual afecta a la cantidad del producto que se ha de fabricar, almacenar y transportar.

Todos estos factores influyen en los pormenores tanto de distribución como de construcción de la planta. Deberá disponerse de espacio suficiente para manejar materiales voluminosos y para minimizar los riesgos de incendio. Se necesita una valla perimétrica resistente por razones de seguridad, debido especialmente a que las materias tóxicas se almacenarán en forma tanto de materias primas como de productos terminados.

Las siguientes secciones se han preparado haciendo especial referencia a las necesidades de equipo y distribución, y se ilustran por consiguiente según el proceso tipo bloque y los diagramas de circulación de los equipos.

Resumen de las operaciones de la planta de formulación

Manejo de las materias primas que entran

Las materias primas líquidas tales como los disolventes se transportan generalmente a la fábrica en camiones cisternas y se almacenan en depósitos de almacenamiento al aire libre. El disolvente se transfiere a la mezcladora a través de una tubería por medio de una bomba. Los bidones que se reciben se depositan en un almacén. Por lo tanto, se deberá disponer de varios depósitos de disolvente, una red de tuberías apropiada y un almacén con espacio suficiente para el almacenamiento de los bidones.

Las materias primas en polvo (ingredientes activos y portadores) suelen estar contenidas en bolsas de papel o en bidones. El manejo y vaciado de las bolsas y los bidones presenta problemas de higiene, a los que se hace referencia en el capítulo X.

Los portadores inertes, que se utilizan en grandes cantidades, se pueden cargar directamente en los silos de la planta desde los vehículos que los transportan sin problemas de higiene. La construcción de un silo dependerá de las cantidades utilizadas.

Peso y dosificación

La operación siguiente, común a la mayoría de las formulaciones, consiste en dosificar la cantidad correcta de materiales técnicos, portadores y otros aditivos. Con este propósito una pequeña tolva de almacenamiento con orificio de descarga en la parte inferior es un medio conveniente de mantener los materiales en un punto central común. Debajo de éste se coloca un alimentador de velocidad variable para el control de cada producto y para cargar los materiales en una báscula situada en la zona central. El peso exacto se consigue mediante la constante y fiable circulación de materiales desde la tolva de almacenamiento hasta los alimentadores de descarga. La tolva deberá tener el máximo ángulo del vértice, el mayor orificio de descarga que puedan alojar los alimentadores de descarga y la forma más idónea para facilitar la circulación de materiales.

Con el fin de evitar obstrucciones, existen muchos dispositivos, tales como vibradores empernados, almohadillas de aireación y diafragmas pulsatorios de caucho. Asimismo, existen alimentadores eléctricos de bandeja vibratoria o alimentadores de tornillo sin fin con tornillos vibratorios con corriente y conos de alimentación, con engranajes sin fin de múltiples cintas montadas en el orificio de entrada de la alimentación, así como los de tipo rotatorio.

Mezcla y combinación

Para mezclar las sustancias activas con los portadores de manera homogénea, se utiliza generalmente la mezcladora común de cinta o paletas. La impregnación de los portadores se puede efectuar también durante la mezcla. Se pueden utilizar bombas o válvulas dosificadoras incorporadas a la instalación de bombeo para aplicar ingredientes líquidos o soluciones de ingredientes sólidos. La dispersión macroscópicamente uniforme de los ingredientes activos para formar un producto debidamente mezclado y homogéneo se puede lograr utilizando varias clases de mezcladoras, por ejemplo, mezcladoras de cinta, de tambor y de conos. También existen las mezcladoras tipo Henschel y las de reja. La selección de las máquinas mezcladoras podrá determinar las necesidades de la fábrica y su distribución o estar determinada por dichos factores.

Molienda

Para moler los ingredientes sólidos activos o los productos formulados, se pueden utilizar varios tipos de trituradoras tradicionales. Entre ellas se encuentran las siguientes:

Pulverizador de martillos de gran velocidad

Trituradora de espigas (tipos horizontal y vertical), trituradora de disco de espigas y trituradora de pernos

Trituradora de martillos Victoria sin criba utilizando un clasificador neumático separado, que funciona junto con un colector para filtrar el producto

Trituradora de aspiración tipo batidora
Trituradora de inyección de aire
Trituradora universal
Trituradoras de energía hidráulica utilizando aire comprimido como medio energético para triturar.

La selección de una trituradora depende de su disponibilidad, de la calidad del producto, de la relación con las necesidades de la fábrica y su distribución. Las trituradoras de energía hidráulica se utilizan generalmente para moliendas muy finas y para la trituración final. Estas requieren aire comprimido para su funcionamiento. El suministro de aire puede hacerse mediante compresores patrón que funcionan junto con receptores de aire de tamaño adecuado, enfriadores de aire y controles intermedios.

Envasado

El envasado manual de preparados líquidos y sólidos presenta problemas de higiene y de seguridad laborales que, junto con los problemas de carácter más general derivados del peligro de explosión de los vapores y los polvos espolvoreables, se examinan en los capítulos IX y X.

Procesos específicos de formulación y de selección de equipo

Concentrados emulsionables

Los concentrados emulsionables se preparan simplemente mezclando ingredientes activos, agentes emulsores y disolventes. Para ello se necesitan como mínimo recipientes para efectuar las mezclas y aparatos mezcladores. En las figuras I y II pueden verse, respectivamente, un diagrama del proceso de fabricación y un diagrama del equipo necesario para la fabricación de concentrados emulsionables. El recipiente donde se efectúan las mezclas suele ser un sistema cerrado en el que cada componente se introduce mediante bombeo. Los disolventes usados frecuentemente y en grandes cantidades se almacenan mejor en recipientes al aire libre desde los que con una tubería se alimenta al recipiente mezclador. Para medir la cantidad que deba suministrarse se emplea un contador. El preparado de concentrado emulsionable se filtra antes de proceder a su envasado. Se recomienda revestir los recipientes de mezcla con camisas exteriores de vapor para mantener líquido el contenido. El xileno, un disolvente utilizado de manera típica, tiene su punto de inflamación alrededor de 27°C. Por consiguiente, se recomienda utilizar equipo no inflamable. También se precisa una buena ventilación para evitar que el vapor del disolvente contamine el aire.

Algunos agentes emulsores son muy viscosos por lo que es muy difícil extraerlos del bidón. La viscosidad puede reducirse poniendo en agua caliente el bidón donde se encuentra el agente emulsor. Otros materiales técnicos viscosos pueden tratarse del mismo modo o mantenerse a temperatura elevada (80°C) antes de su utilización.

Polvos espolvoreables

Los polvos espolvoreables se preparan mezclando entre un 0,1 y un 5% de ingredientes activos con portadores inorgánicos de tamaño inferior a 300 mallas. El concentrado de polvo espolvoreable, que es una mezcla de los ingredientes activos en concentración elevada, se fabrica normalmente en primer lugar para, a continuación, proceder a su ulterior dilución con los portadores. Este procedimiento se basa en las siguientes razones:

a) Es mejor triturar una mezcla de material técnico sólido y portadores porque si el material técnico se tritura aisladamente se producirá combinación y adherencia;

b) Los materiales técnicos líquidos pueden manipularse como polvo cuando se mezclan con portadores absorbentes de aceite;

c) En el caso de que la relación de dilución sea elevada se necesita más tiempo para conseguir una mezcla uniforme. Por consiguiente, es mejor efectuar dos mezclas con una relación de dilución baja. Por ejemplo, cuando se desea obtener polvo espolvoreable del 1% es mejor fabricar en primer lugar un concentrado al 20% con una mezcla de 1 a 4 y a continuación una mezcla de 1 a 19, en vez de efectuar directamente la mezcla de 1 a 99.

Cuando se utilizan materiales técnicos líquidos, la primera mezcla se efectúa empleando el mezclador de cinta equipado con un pulverizador, para a continuación efectuar la trituración con una quebrantadora, por ejemplo de clavos, con el fin de romper los coágulos que se produzcan en la mezcla. La mezcla final se efectúa con la mezcladora de cinta. El diagrama del proceso y el

Figura 1. Diagrama del proceso por bloques de fabricación de concentrados emulsionables

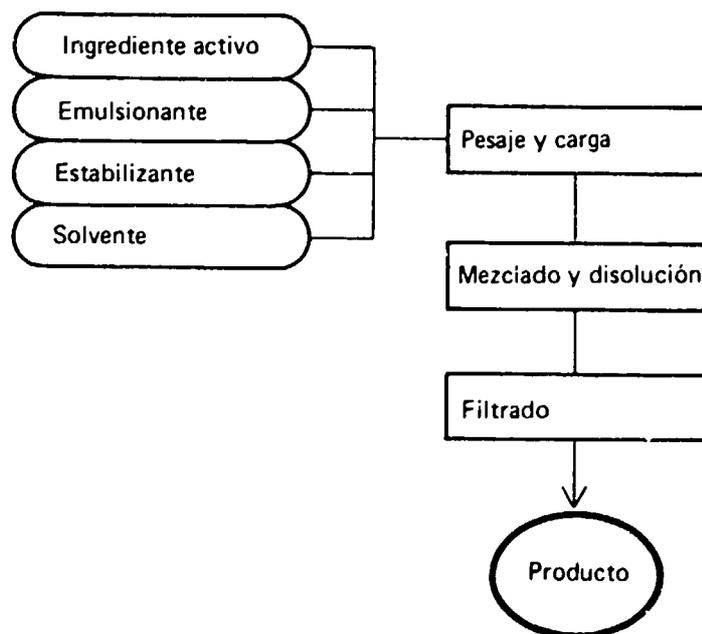


Figura II. Diagrama del equipo empleado para fabricar concentrados emulsionables

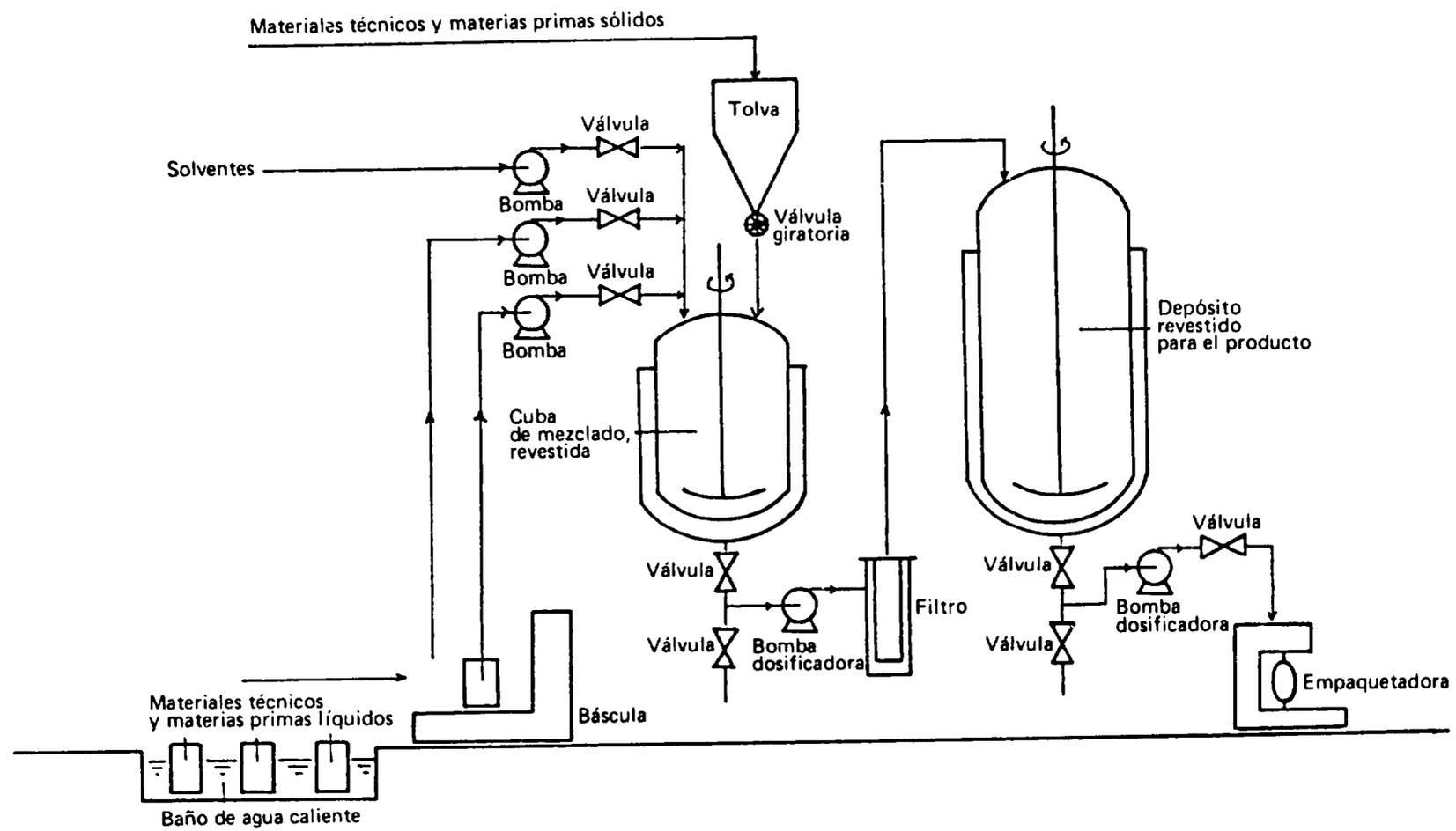


diagrama del equipo de fabricación de polvo espolvoreable que contenga ingredientes activos líquidos se reproducen en las figuras III y IV, respectivamente.

Cuando es preciso triturar en finas partículas materiales técnicos sólidos, se utiliza generalmente una quebrantadora de martillo, por ejemplo una quebrantadora micrométrica, o un atomizador. Cuando los materiales técnicos son muy duros o se precisa su trituración en partículas de varios micrómetros, se recomienda el empleo de una trituradora de chorro.

La mezcla para diluir el concentrado de polvo espolvoreable con los portadores se realiza simplemente empleando la mezcladora de cinta.

Una mezcla eficaz puede conseguirse mediante el proceso de mezcla y trituración con una quebrantadora de espiga y una nueva mezcla, en vez de efectuar una sola mezcla en la mezcladora de cinta que requiere más tiempo.

Como puede verse en la figura IV, se necesita la mezcladora de cinta, el desintegrador, el sistema de alimentación y la bomba para impulsar el polvo, el montacargas, la báscula y el tapón de cierre, etc. En estos procesos graduales es posible instalar cada máquina al mismo nivel, pero se necesita más espacio. Si no se dispone de mucho espacio, los diversos componentes del equipo de la fábrica pueden instalarse uno encima de otro, con lo que se aprovecha la gravedad para trasladar el material. Por razones de seguridad se recomienda que este proceso gradual se desarrolle dentro de un sistema cerrado e interconectado.

Cuando el abastecimiento de polvo se efectúe manualmente, en vez de automáticamente, debe instalarse una funda encima del dispositivo de admisión con el fin de extraer el polvo flotante y evitar peligros a los trabajadores. Para eliminar las sustancias extrañas se instalará un tamiz de aproximadamente 3 mm en el dispositivo de alimentación. También se emplearán imanes para eliminar los posibles fragmentos de metal.

Para el llenado y envasado manual de polvos espolvoreables es esencial una buena ventilación, que en lo posible siempre debe ser automática o efectuarse en un sistema cerrado.

Polvos dispersibles en agua

Los polvos dispersibles en agua se preparan mezclando materiales técnicos y agentes dispersores con portadores. Los diagramas del proceso de fabricación de polvos dispersibles en agua que contengan ingredientes activos líquidos y sólidos se reproducen en las figuras V y VI, respectivamente.

Los procesos de formulación son semejantes a los empleados para los polvos espolvoreables, pero en estos preparados el contenido de ingrediente activo suele oscilar entre el 50 y el 90%. Dado que el polvo dispersible en agua se emplea como suspensión en el agua, es necesario en primer lugar triturar los materiales técnicos sólidos junto con los portadores, en su calidad de auxiliares de pulverización, para la formación de partículas muy finas de aproximadamente 1 a 5 μm de material técnico pulverizado. En el caso del polvo dispersible en agua el proceso de trituración es por consiguiente muy importante, debido a lo cual lo más adecuado es utilizar una trituradora de chorro. El diagrama correspondiente al equipo de trituración puede verse en la

Figura III. Diagrama del proceso por bloques de fabricación de polvos espolvoreables (ingrediente activo líquido)

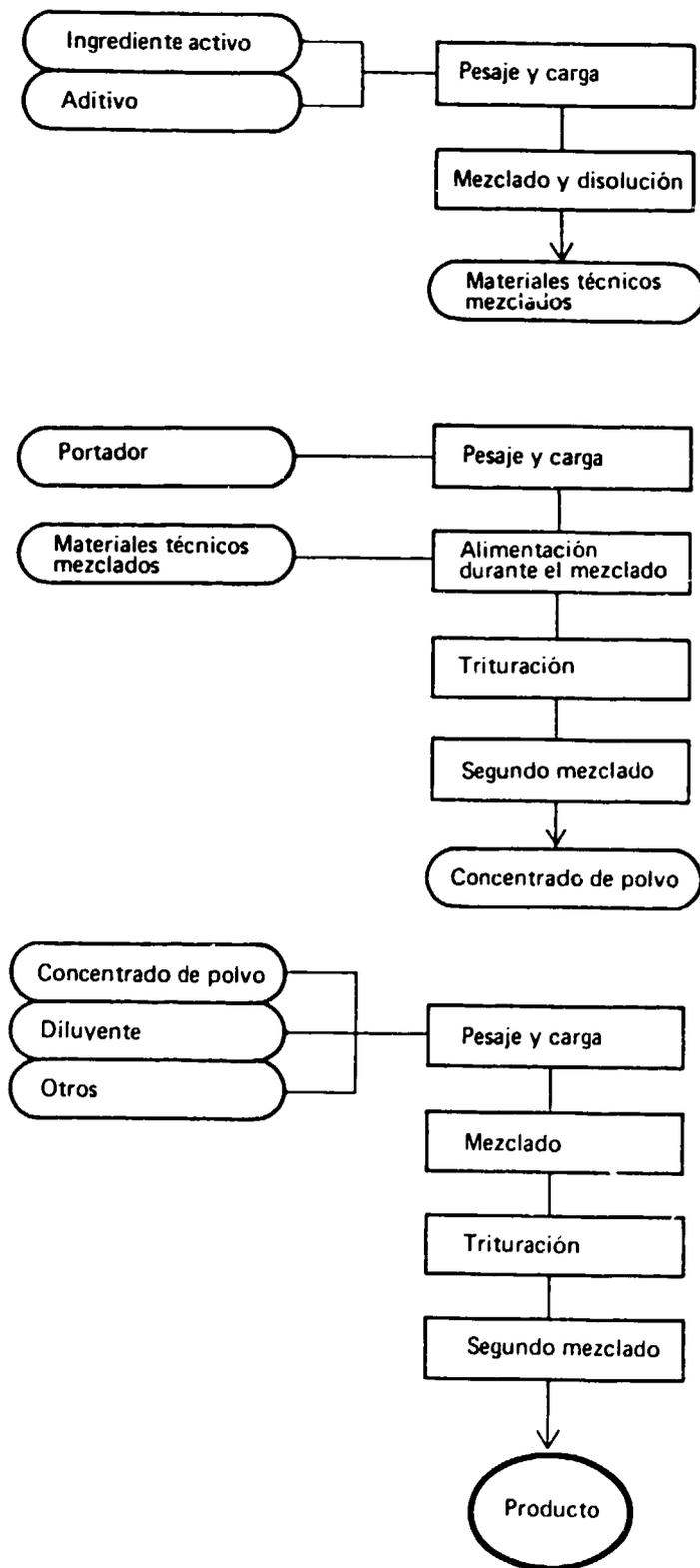
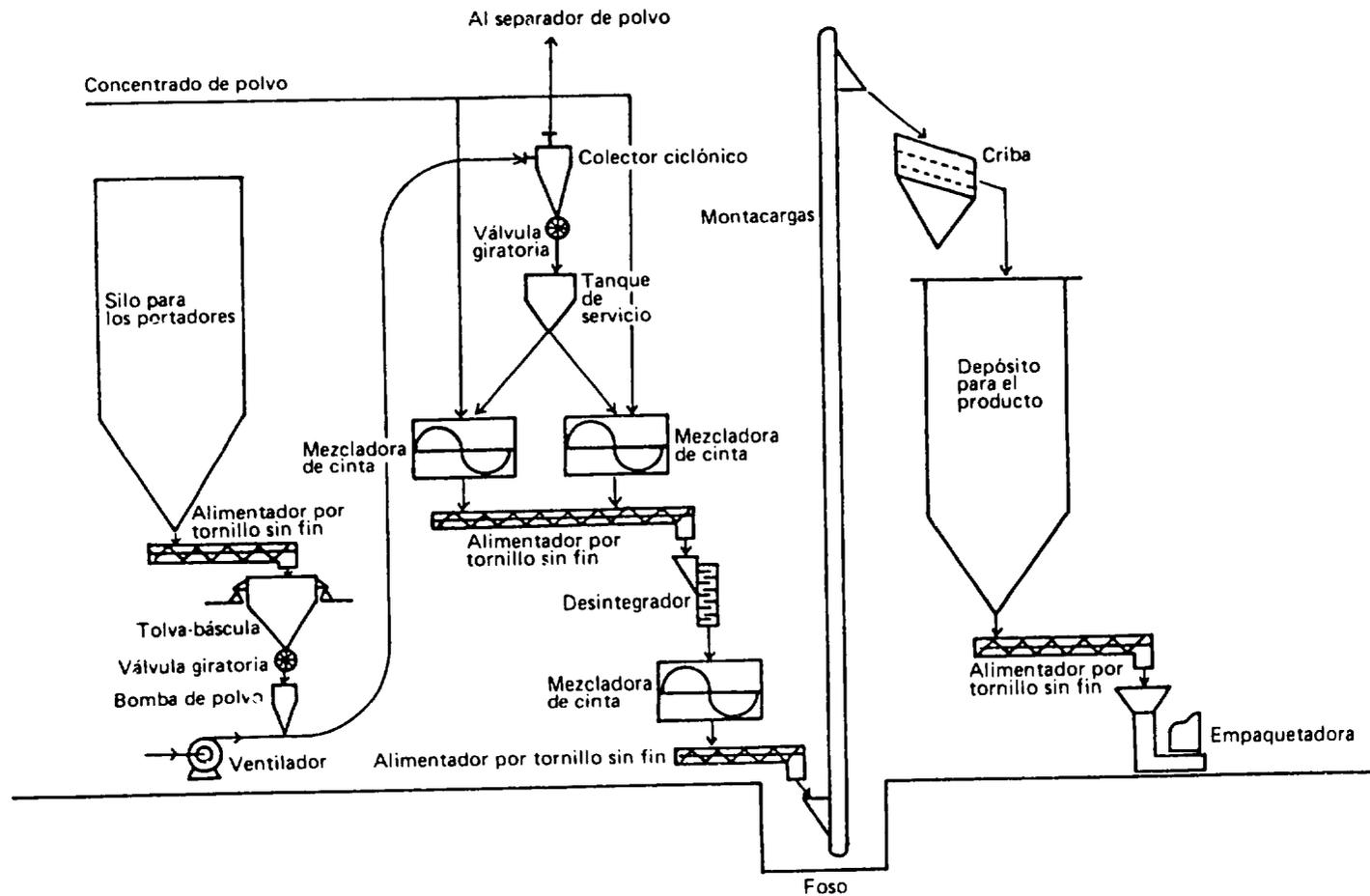
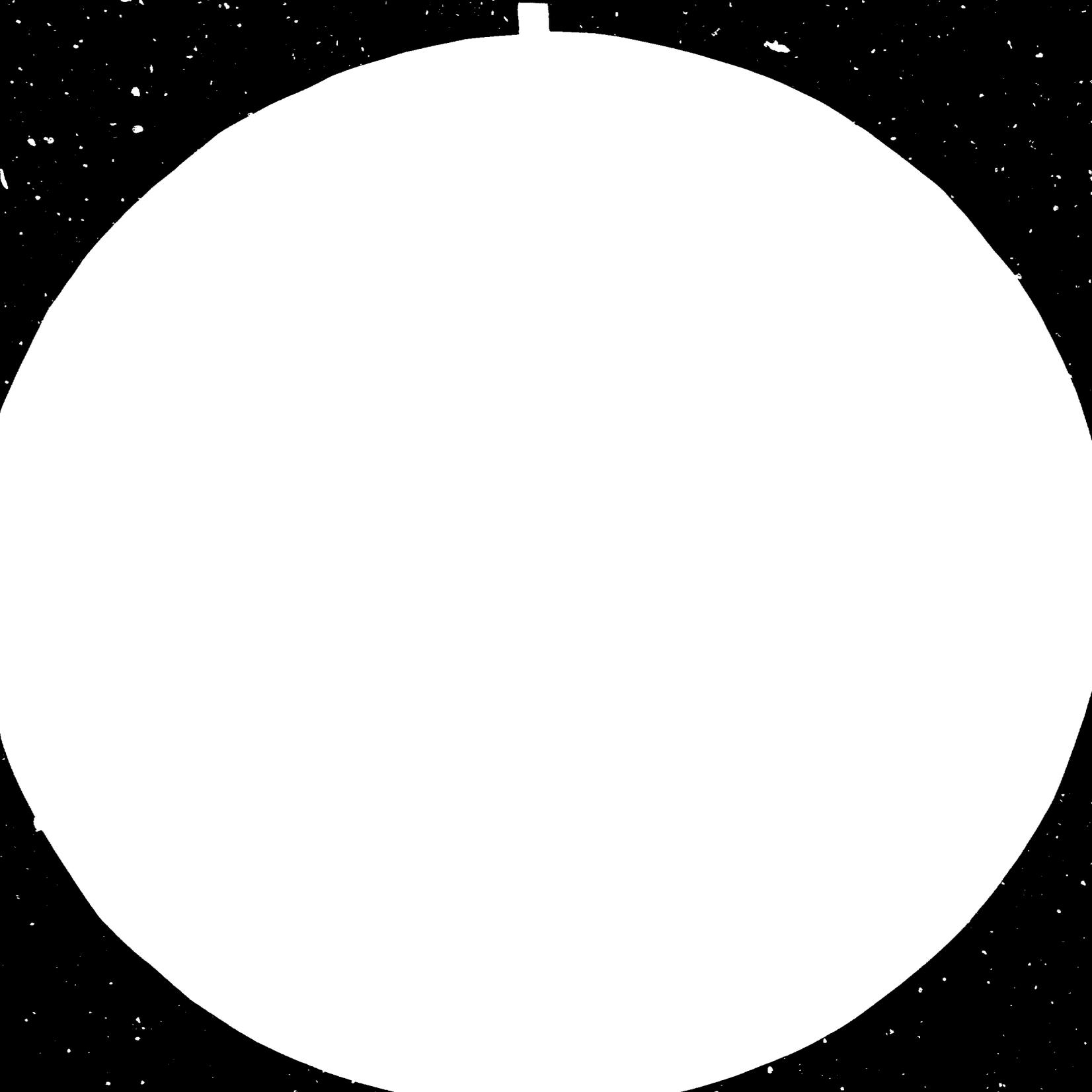


Figura IV. Diagrama del equipo de fabricación de polvos espolvoreables (ingrediente activo líquido)







28

32

36

4

25



MICROSCOPY RESOLUTION TEST CHART

NATIONAL BUREAU OF STANDARDS

STANDARDS REFERENCE MATERIAL 1963-A

NBS 1963-A RESOLUTION TEST CHART (10X)

Figura V. Diagrama del proceso por bloques de fabricación de polvos dispersibles en agua (ingrediente activo líquido)

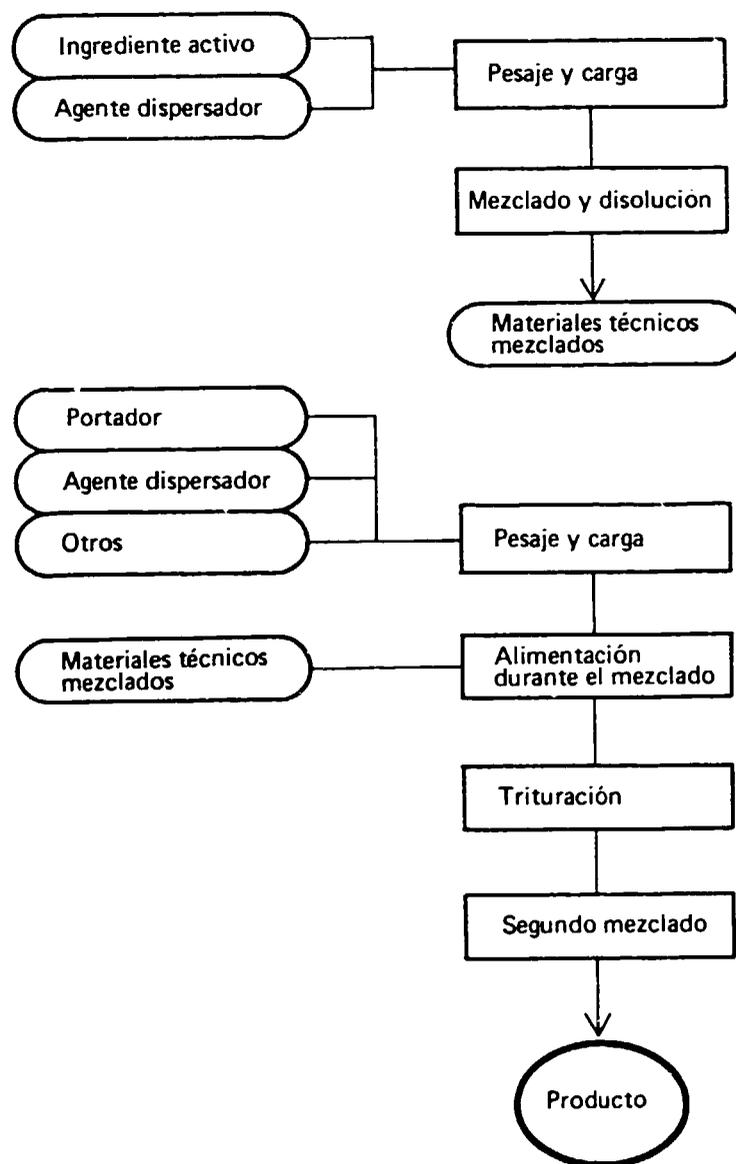


figura VII. El producto final se obtiene mediante la posterior mezcla de materiales técnicos pulverizados, aditivos y portadores. Cuando se utilizan materiales técnicos líquidos, la trituración puede efectuarse mediante una trituradora micrométrica, un atomizador o una machacadora de martillo, como en el caso de la preparación de polvos espolvoreables. En la figura VIII puede verse el diagrama correspondiente al equipo necesario para fabricar polvos dispersibles en agua y concentrado de polvos espolvoreables. Para la manipulación de los polvos dispersibles en agua deben adoptarse las mismas precauciones que en el caso de los preparados de polvos espolvoreables.

Figura VI. Diagrama del proceso por bloques de fabricación de polvos dispersibles en agua (ingrediente activo sólido)

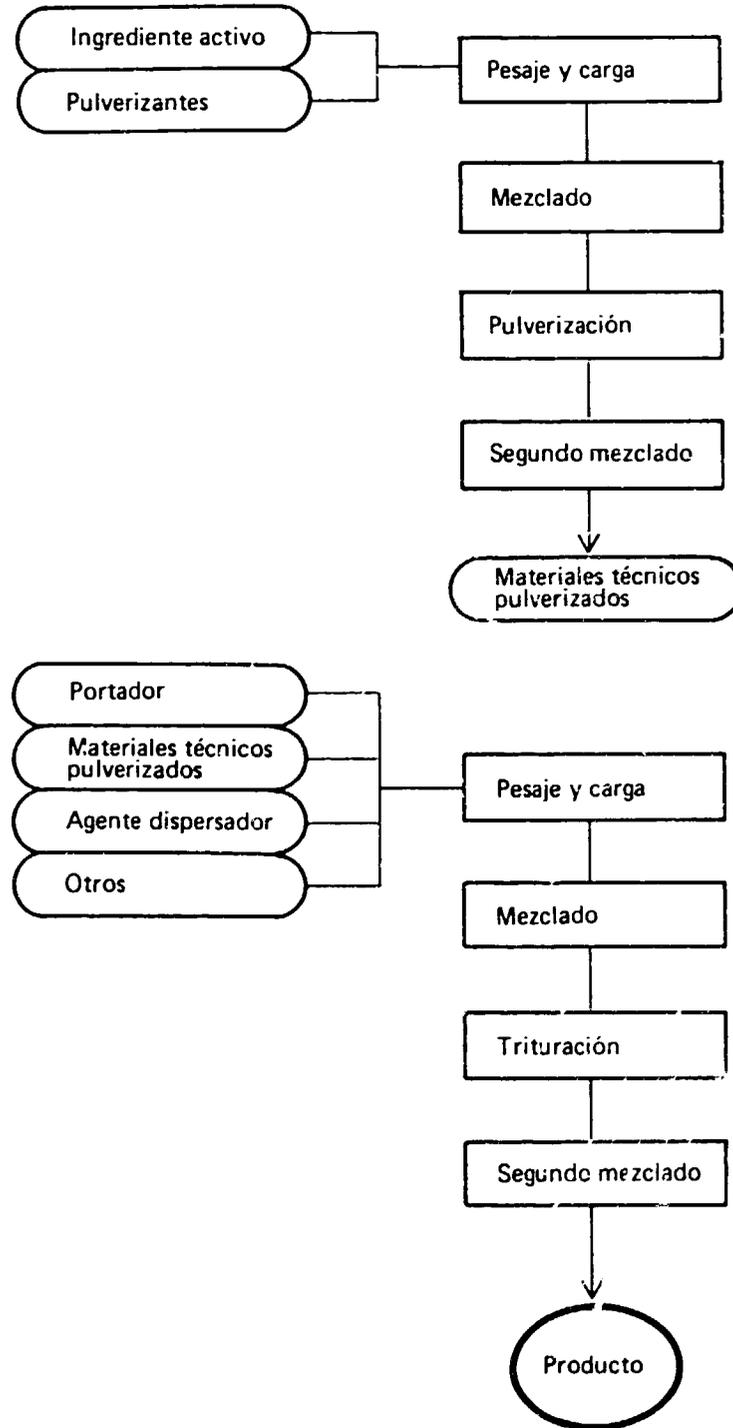


Figura VII. Diagrama del equipo empleado para el proceso de trituración

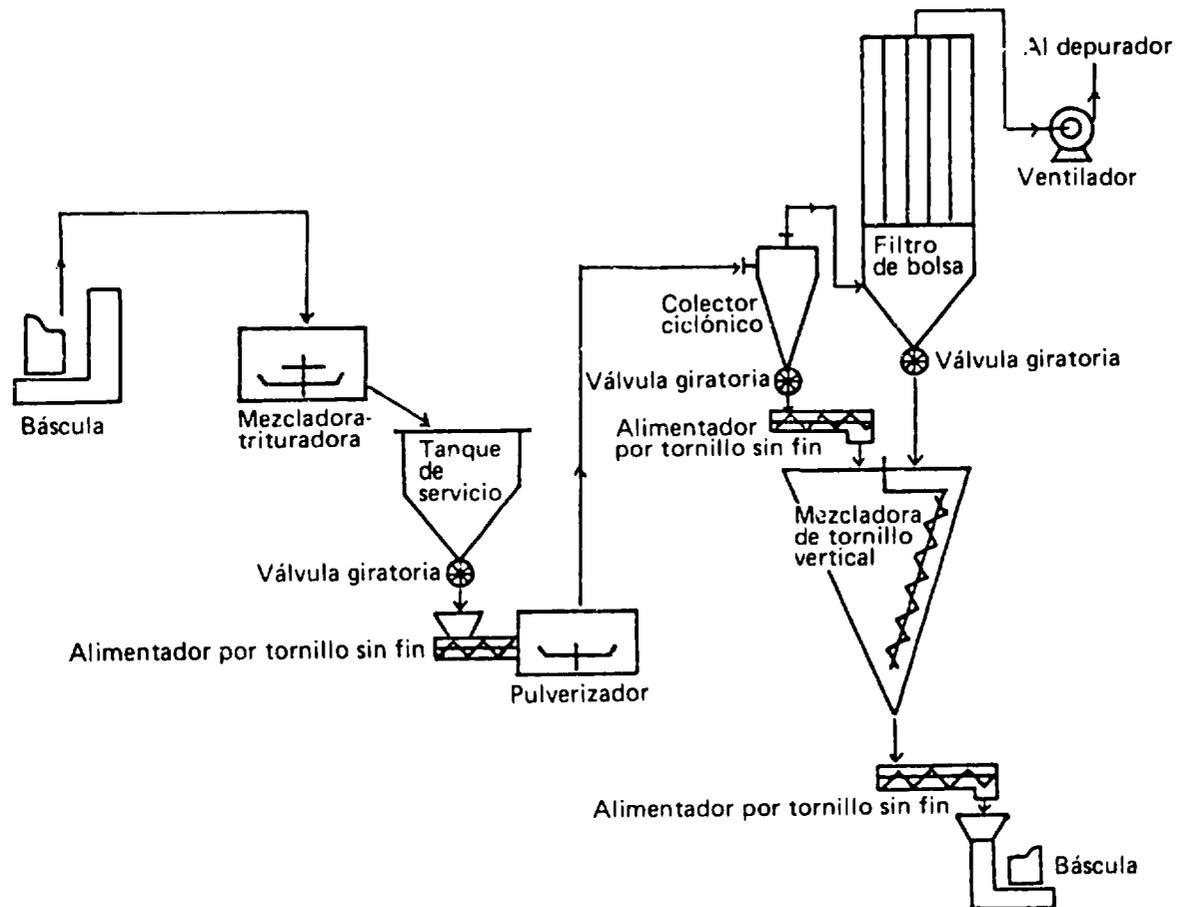
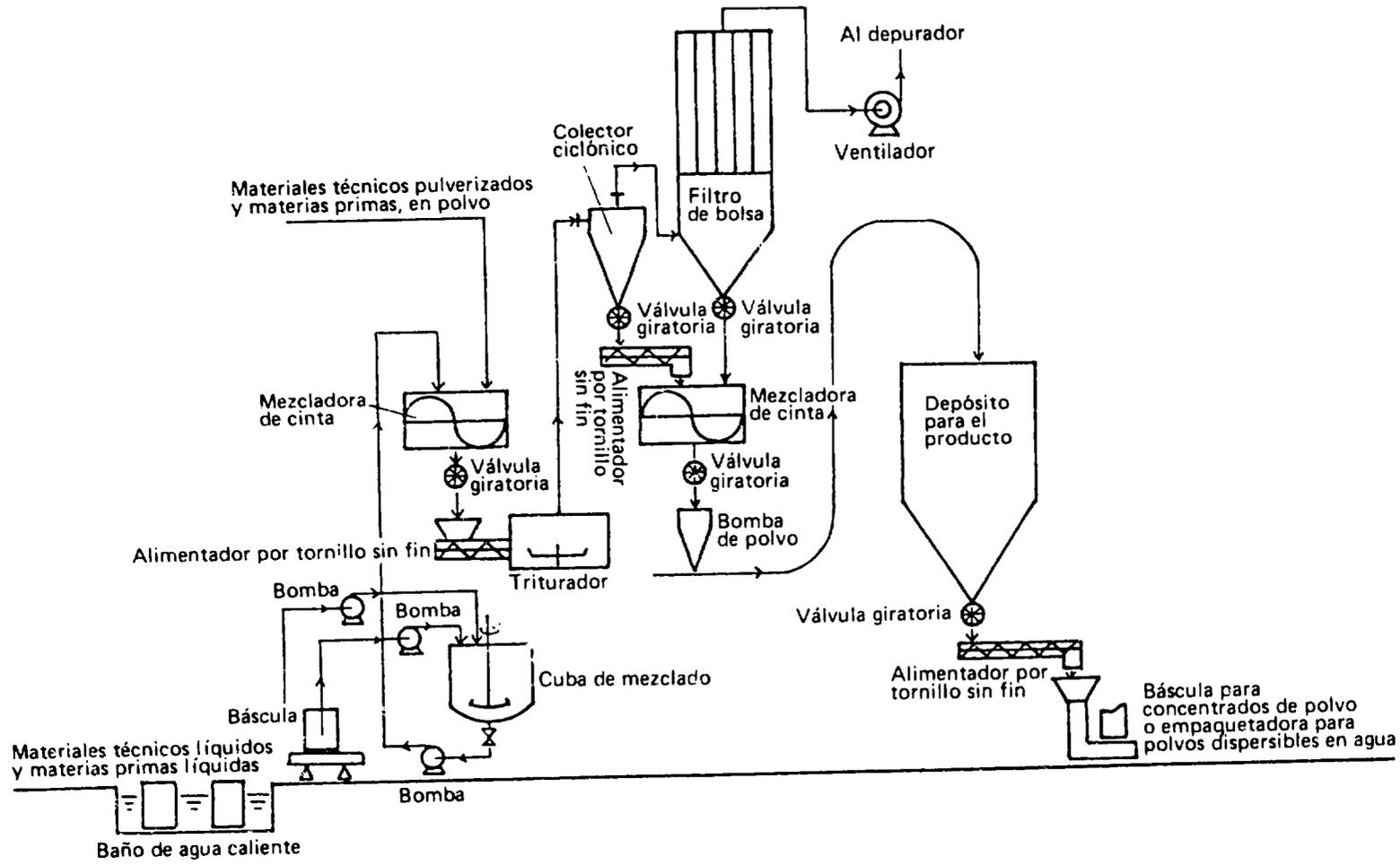


Figura VIII. Diagrama del equipo empleado para la fabricación de polvos dispersibles en agua y concentrados de polvos espolvoreables



El polvo dispersible en agua también puede prepararse con una mezcla única efectuada en una mezcladora de tipo Henschel o en una mezcladora de reja de arado.

Gránulos

Hay dos métodos para preparar gránulos, a saber, por extrusión y por pulverización.

Método por extrusión

La preparación de gránulos por extrusión se inicia amasando la mezcla de materiales técnicos, portadores inorgánicos, aglutinante y agua. En la figura IX puede verse el gráfico correspondiente a un proceso de esta clase. En primer lugar, los materiales técnicos y los portadores disolventes (por ejemplo, arcilla, talco, bentonita y carbonato de calcio), en su calidad de auxiliares de pulverización, se mezclan y trituran en partículas finas para obtener el material técnico pulverizado. A esta mezcla de material técnico pulverizado y portador se añade una solución acuosa de aglutinantes tales como lignosulfonato y alcohol de polivinilo, y se procede a amasar la mezcla. Con tal fin se utiliza un dispositivo de amasar continuo o una mezcladora de tornillo vertical. Existen muchos tipos de aparatos de granulación por extrusión. En la preparación de plaguicidas el tipo más habitual consiste en un troquel o pantalla cilíndrica situada alrededor de un eje de tornillo. Los tornillos pueden colocarse vertical u horizontalmente. La eficacia de la producción depende del tipo de portadores y de la cantidad de agua añadida. El diámetro de extrusión oscila generalmente entre 0,7 y 1 mm. Cuanto mayor sea el diámetro, más eficiente será la producción, si bien a costa de la eficacia biológica.

Los gránulos extruidos se secan en un secador de cinta o de lecho fluidificado. La temperatura de secado se determina por la estabilidad y volatilidad de los materiales técnicos. Efectuado el secado, se procede a la desintegración para reducir el tamaño de los gránulos extruidos grandes. Su tamizado permite obtener gránulos del tamaño adecuado. En la figura X puede verse el diagrama correspondiente al equipo de fabricación de gránulos.

Método por pulverización (impregnación o revestimiento)

El método de la pulverización supone el rociado del ingrediente activo o de su solución o suspensión sobre los portadores granulados fabricados con el tamaño correcto. La arcilla, la arena de sílice, el carbonato de calcio, la vermiculita y la piedra pómez se utilizan como portadores granulados, después de triturado el material para que tenga el tamaño correcto. Algunos portadores granulados se fabrican por extrusión. Los materiales técnicos líquidos se pulverizan sobre los portadores granulados dentro de un aparato mezclador con dispositivos de mezcla adecuados. Para tal fin pueden emplearse el mezclador de tornillo vertical, el mezclador de hormigón y el mezclador de tipo V, pues no destruyen los gránulos. Cuando se utilizan portadores granulados, tales como la arena de sílice y el carbonato de calcio, que no poseen capacidad de absorción de aceite, la superficie de los gránulos se hace pegajosa. En este caso, para dar fluidez se añade hidrato de sílice sintético que posee gran capacidad de absorción de aceite. Cuando los materiales técnicos

Figura IX. Diagrama del proceso por bloques de fabricación de gránulos (método de extrusión)

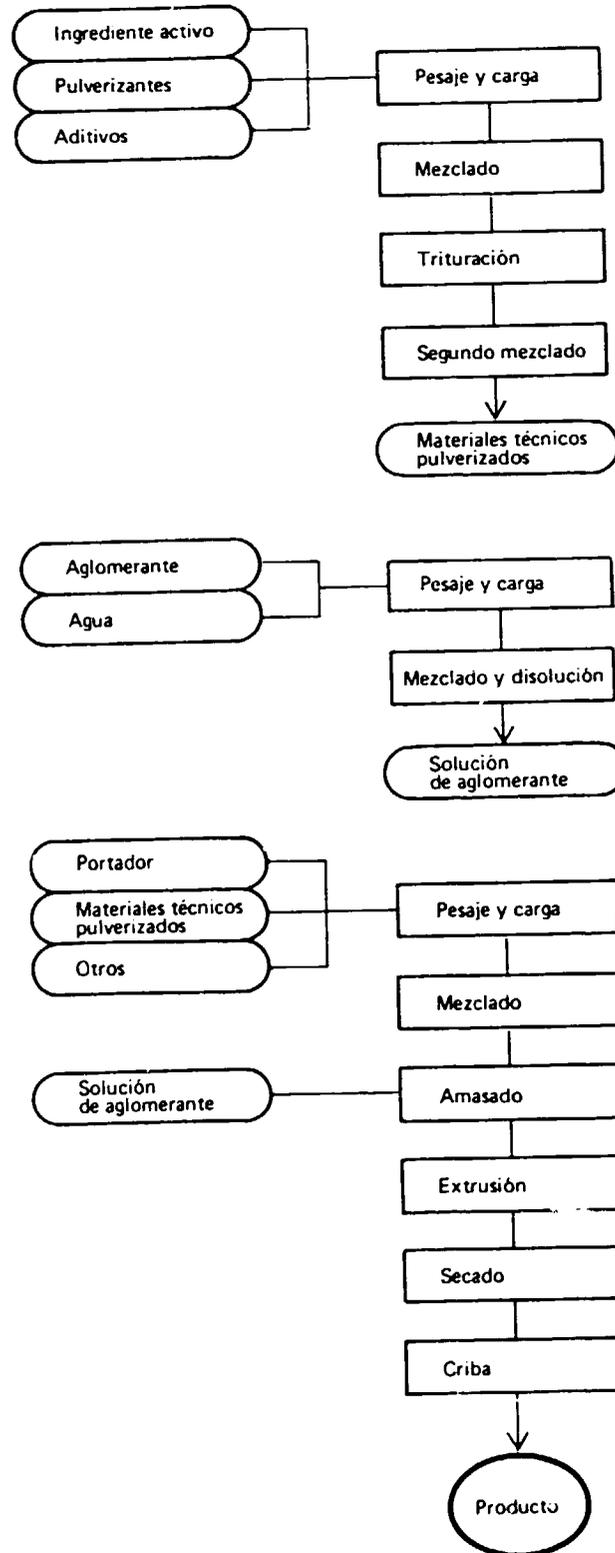
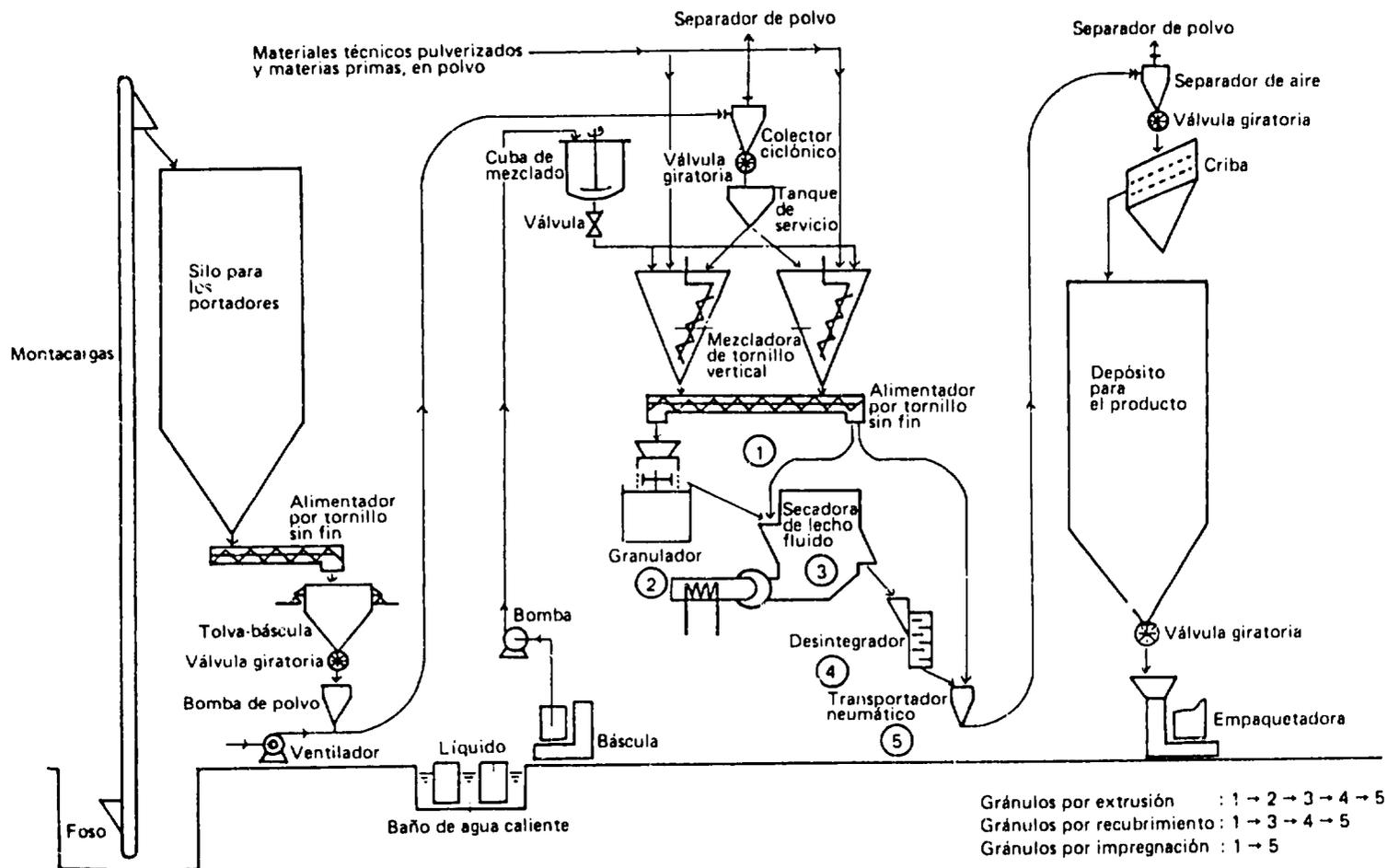


Figura X. Diagrama del equipo de fabricación de gránulos



sólidos deben revestir a los portadores, se empieza por rociar aglutinantes líquidos, tales como aceite de máquina y glicol de polietileno, para añadir luego el material técnico fino. Cuando se utilizan soluciones acuosas u orgánicas de los aglutinantes, se precisa el ulterior secado. En la figura XI puede verse un diagrama del proceso de fabricación por los métodos de impregnación y de revestimiento.

La selección del método de extrusión o del método de pulverización depende de los tipos de plaguicidas y de los portadores disponibles. Cuando se dispone fácilmente de portadores granulados es más fácil el método de pulverización. Además, la técnica de extrusión requiere tecnología perfeccionada y puede no ser apropiada para todos los países en desarrollo.

Distribución de la planta

Una vez que se ha convenido en los distintos diagramas de circulación de materiales adecuados, puede establecerse la ubicación de cada proceso (plan general de estructura) y de cada máquina que interviene en el proceso (plan de estructura por unidad). No hay ningún plan de estructura aplicable en todos los casos. Cada uno debe concebirse para que satisfaga condiciones dadas, tanto desde el punto de vista económico como funcional. Deben tenerse en consideración los siguientes aspectos.

Plan general de estructura

Plan del proceso

Los procesos conexos deben agruparse. Para facilitar el manejo y la utilización de las materias primas y el transporte de los productos acabados, los líquidos y los sólidos deben estar en bloques separados. Como la producción y el envasado formarán un flujo continuo, la mejor ubicación de la zona de envasado es a continuación de la zona de producción. Los tanques de disolventes deben estar situados cerca de las plantas de formulaciones líquidas y los silos portadores cerca de las plantas de formulaciones sólidas. Los herbicidas deben ubicarse lejos de los insecticidas y fungicidas para evitar la contaminación de un plaguicida por otro.

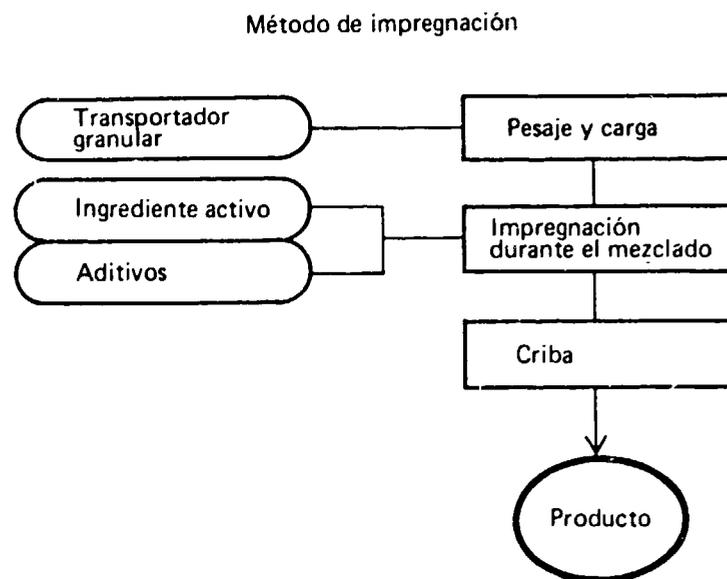
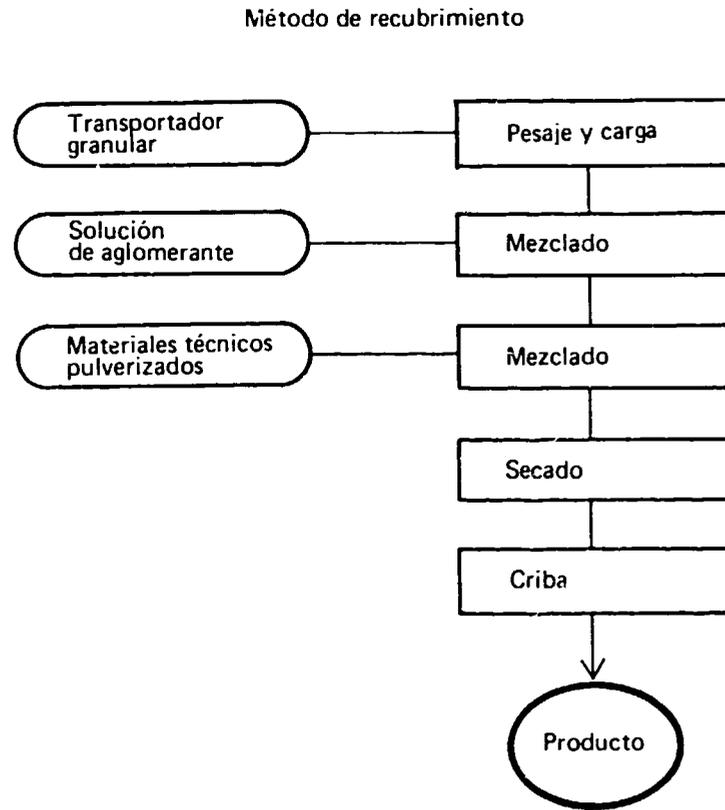
Oficinas y servicios

Las oficinas, laboratorios, almacenes, instalaciones de eliminación de residuos y otros servicios deben quedar fuera de la zona de elaboración. Los almacenes y los tanques de almacenamiento han de tener fácil acceso por carretera y por ferrocarril. Si las materias primas se transportan por vía marítima, la mejor ubicación de las instalaciones de almacenamiento es cerca del puerto.

Consideraciones de seguridad

La zona de elaboración debe disponerse teniendo debidamente en cuenta los posibles peligros de incendio y de explosiones (véase el capítulo IX).

Figura XI. Diagrama del proceso por bloques de fabricación de gránulos



Orientación de los edificios

La orientación del edificio debe tener presente la necesidad de que esté protegido del sol y del viento predominante. Para evitar que el olor se propague, la banda de sotavento del edificio no debe estar abierta. Del mismo modo, desde el emplazamiento, debe gozarse de una vista atractiva, la que podría embellecerse con arbolados y jardines.

Instalaciones recreativas

Deben preverse de instalaciones recreativas, incluso un terreno para juegos.

Requisitos de la construcción

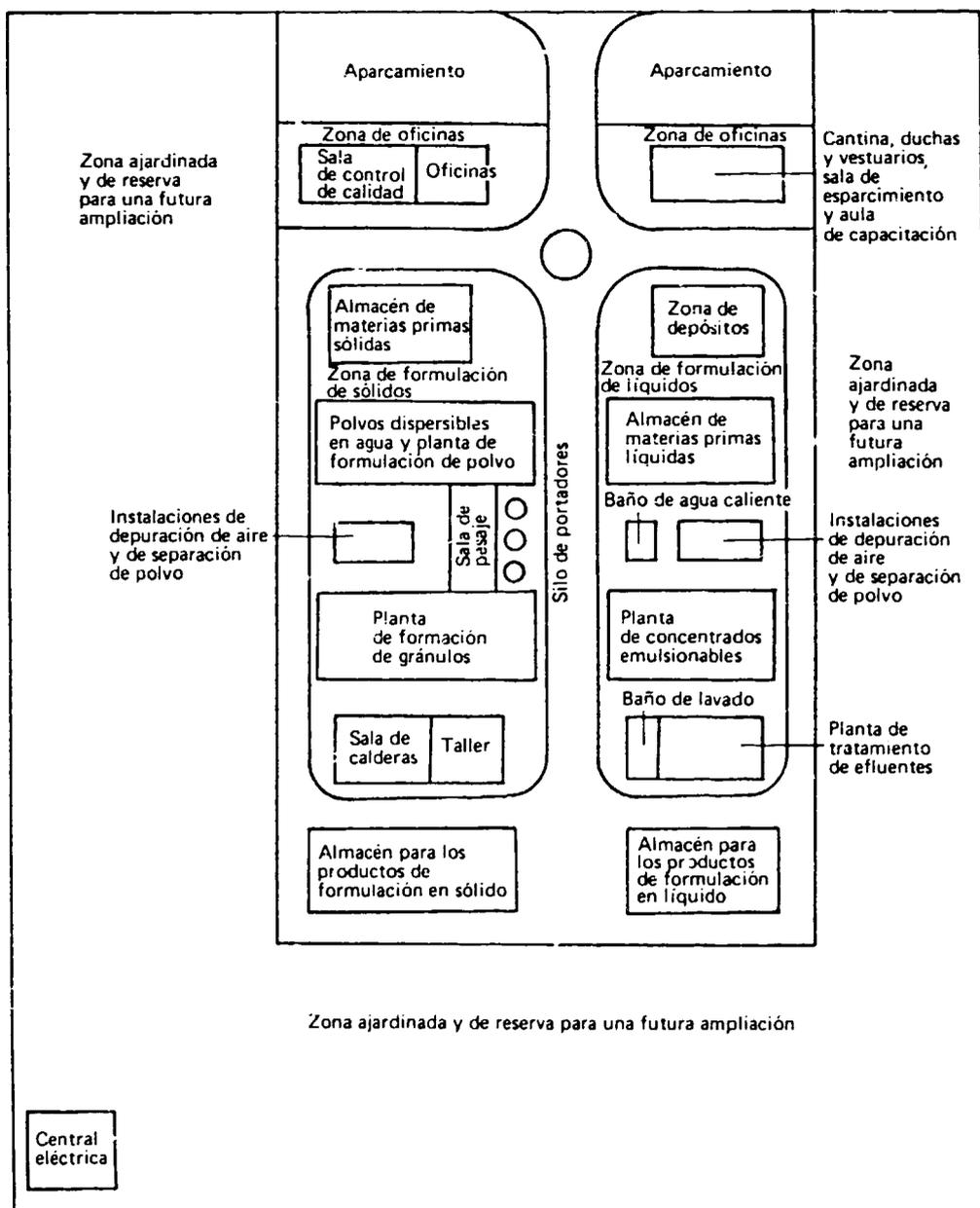
El edificio debe tener estructura de acero y ser incombustible y antisísmico. El piso debe estar hecho de material resistente al aceite, el agua, los ácidos y álcalis y ser lo suficientemente duro para resistir los golpes y la abrasión. El piso no debe ser resbaloso y sí fácil de mantener limpio sin levantar polvo. Los muros han de ser lisos y no despedir polvo. Para que no se acumule polvo, las vigas y pilares no deben tener planos lisos horizontales. La estructura de los techos debe diseñarse de tal manera que tenga en consideración la luz, la ventilación, la temperatura y la atenuación del ruido. En la figura XII aparece un ejemplo de plan general de estructura.

Plan de estructura por unidad

La experiencia ayudará a producir un plano óptimo de estructura por unidad, en el que influirán mucho la limitación del espacio y el tipo de equipo utilizado. El siguiente procedimiento de planificación es una guía útil:

- a) Hacer una lista de toda la maquinaria y el equipo;
- b) Determinar la altura de cada pieza del equipo;
- c) Disponer cada pieza del equipo según la marcha del proceso y el método operativo de la planta;
- d) Agrupar el equipo de la misma categoría;
- e) Una vez establecido claramente el sistema de mantenimiento y reparación del equipo, ordenar éste para facilitar su conservación;
- f) Disponer el equipo para cumplir las normas de seguridad;
- g) Determinar las distancias entre las unidades de la planta para facilitar el mantenimiento, la reparación y el funcionamiento;
- h) Ordenar el material de la planta para facilitar la construcción;
- i) Colocar el material de la planta que requiere frecuente inspección y supervisión cerca de la sala de control;
- j) Mantener tuberías de la menor longitud posible y reducir al mínimo el número de codos.

Figura XII. Ejemplo de plan general de estructura



Factores ambientales^a

Los factores ambientales se relacionan directamente con la eliminación de residuos provenientes de la planta de formulación. Hay residuos sólidos, líquidos y gaseosos. Los residuos sólidos producen contaminación de los suelos

^aVéase también la sección anterior de este capítulo sobre factores ambientales.

y pueden incluso contaminar las aguas subterráneas por filtración y escurrimiento. Los residuos gaseosos líquidos pueden causar contaminación atmosférica y de las aguas, respectivamente, pero los residuos sólidos pueden producir también contaminación atmosférica a causa del polvo.

Contaminación atmosférica

El aire extraído, por ejemplo, de las plantas de formulaciones en polvo debe hacerse pasar a través de filtros de bolsa, purificadores, extractores y lavadoras para quitarle el polvo. Los olores deben eliminarse con carbón activado.

Contaminación de las aguas

Se considera contaminada el agua si contiene materias residuales suficientes que la hagan no apta para el abastecimiento doméstico o industrial o para el apoyo adecuado y el crecimiento de la vida marina. Las aguas de lavado primario no deben verterse en ríos sin antes depurarse. Los desechos del agua de lavado primario contendrán grandes cantidades de plaguicidas y deben eliminarse haciéndolas llegar a un estanque de evaporación (véase la sección sobre eliminación de residuos que aparece antes en este capítulo). La eliminación de materiales residuales sólidos en la tierra puede contaminar los manantiales subterráneos por filtración de residuos superficiales. Los residuos sólidos peligrosos deben incinerarse o ponerse en bloques de concreto, o eliminarse depositándolos en un estanque de evaporación.

Contaminación sónica

Cierta clase de equipo como las trituradoras de chorro y de martillo causan gran contaminación sónica y, en consecuencia, deben instalarse en zonas cerradas separadas para evitar daño a los trabajadores o a otras personas que estén cerca. Los atenuadores de ruido son también útiles.

Funcionamiento

Especificaciones relativas al funcionamiento

Las especificaciones para el funcionamiento de la planta deben abarcar los siguientes aspectos: promoción de la seguridad y de una alta eficiencia; adaptación de los sistemas de funcionamiento al plan de producción; capacitación acelerada de los trabajadores para mantener y mejorar el proceso, y aplicación de sistemas de control de calidad. Las especificaciones tienen importancia ya que proporcionan información básica para las operaciones de control y la composición del producto y en materia de seguridad e higiene, etc. Para cada formulación deben prepararse especificaciones que abarquen los siguientes aspectos.

Nombre de la formulación y fines a que está destinada

El nombre de la formulación y su manejo particular deben ser iguales, por ejemplo, fenitrotión en polvo dispersible en agua al 40%. Además, el nombre comercial, el nombre químico común, la abreviatura, el número cifrado, etc., deben aparecer junto con la planta o el equipo utilizados. Si es necesario, debe incluirse también el nombre genérico que pueda corresponder al oficial.

Debe incluirse también una breve explicación de los fines a que está destinado el preparado y su método de aplicación, junto con las restricciones legales pertinentes si las hubiera.

Ubicación de la planta e idoneidad de los encargados de su funcionamiento

Deben describirse la planta en la que se produce la formulación y los requisitos de idoneidad de los encargados de su funcionamiento.

Especificación de la receta y de la formulación

Deben describirse la receta básica y las especificaciones de calidad, junto con el método analítico adecuado. Debe expresarse también el sistema de control de calidad para mantener la calidad de la formulación basada en las especificaciones.

En la receta y en el cuadro 2 siguientes aparece un ejemplo para el fenitrotión en polvo dispersible en agua al 40%.

Cabe señalar que los valores que aparecen en el cuadro 2 son sólo ejemplos y no siempre concuerdan con el caso real.

CUADRO 2. ESPECIFICACIONES Y METODO DE ENSAYO

<i>Concepto^a</i>	<i>Especificación</i>	<i>Límite de control</i>
Contenido de ingrediente activo ^b	40% (mín.)	41,0-43,0
Tamaño de las partículas ^c	98% (mín.)	99,5 (mín.)
Humectabilidad	60 seg. (mín.)	20-40 seg.
Suspendibilidad ^c	70% (mín.)	80% (mín.)
Dispersibilidad ^c	90% (mín.)	95% (r.in.)
Densidad aparente	0,20-0,35	0,25-0,30
Formación de espuma	20 mm (máx.)	15 (máx.)
pH ^c	5-7	5,5-6,5
Aspecto	Polvo fino de color café claro	
Estabilidad de almacenamiento		

^aA cada concepto se aplicó el método de ensayo Sumitomo.

^bContenido de ingrediente activo; no inferior al contenido nominal.

^cEl ensayo de aceleración debe cumplir con este concepto de las especificaciones después de un almacenamiento acelerado a 70°C durante dos horas.

Receta		Porcentaje del peso
Ingrediente activo	Fenitrotión (puro)	41.6
Agente dispersante	Sorpol 2495G	2.0
	SanX P-201	2.0
Portador	Tokusil GU-N	26.5
	Radiolite No. 200	27.9
		100.0

Materias primas y envases

Deben expresarse las especificaciones para los envases y las materias primas, como ingredientes activos y sustancias auxiliares, y proporcionarse información sobre el proveedor y el tipo de envase. Deben establecerse también especificaciones para cada sustancia recibida de cada proveedor, incluso valores normales, límites de control y métodos de ensayo. Deben describirse también la cantidad de materias primas requeridas para un lote o carga, o una cantidad razonable de existencia almacenada. Debido a que la calidad de la formulación depende en gran medida de las propiedades de las materias primas, especialmente de las sustancias auxiliares, es fundamental establecer una norma razonable para la selección de las materias primas y para confirmar que las sustancias utilizadas en la formulación se atienen a las especificaciones. El plan de producción debe tener en cuenta también la zona de almacenamiento. Todas estas especificaciones son esenciales para la producción rápida, barata y segura de un preparado de alta calidad.

A manera de ejemplo, los conceptos en la especificación de los portadores utilizados en la formulación del fenitrotión en polvo dispersible en agua al 40% son los siguientes: aspecto, densidad aparente, pH, capacidad de absorción oleosa, tamaño de las partículas, humedad y pérdida por ignición. En la selección del portador deben determinarse y expresarse las especificaciones de la formulación, incluso la compatibilidad con el ingrediente activo.

Procedimiento de formulación

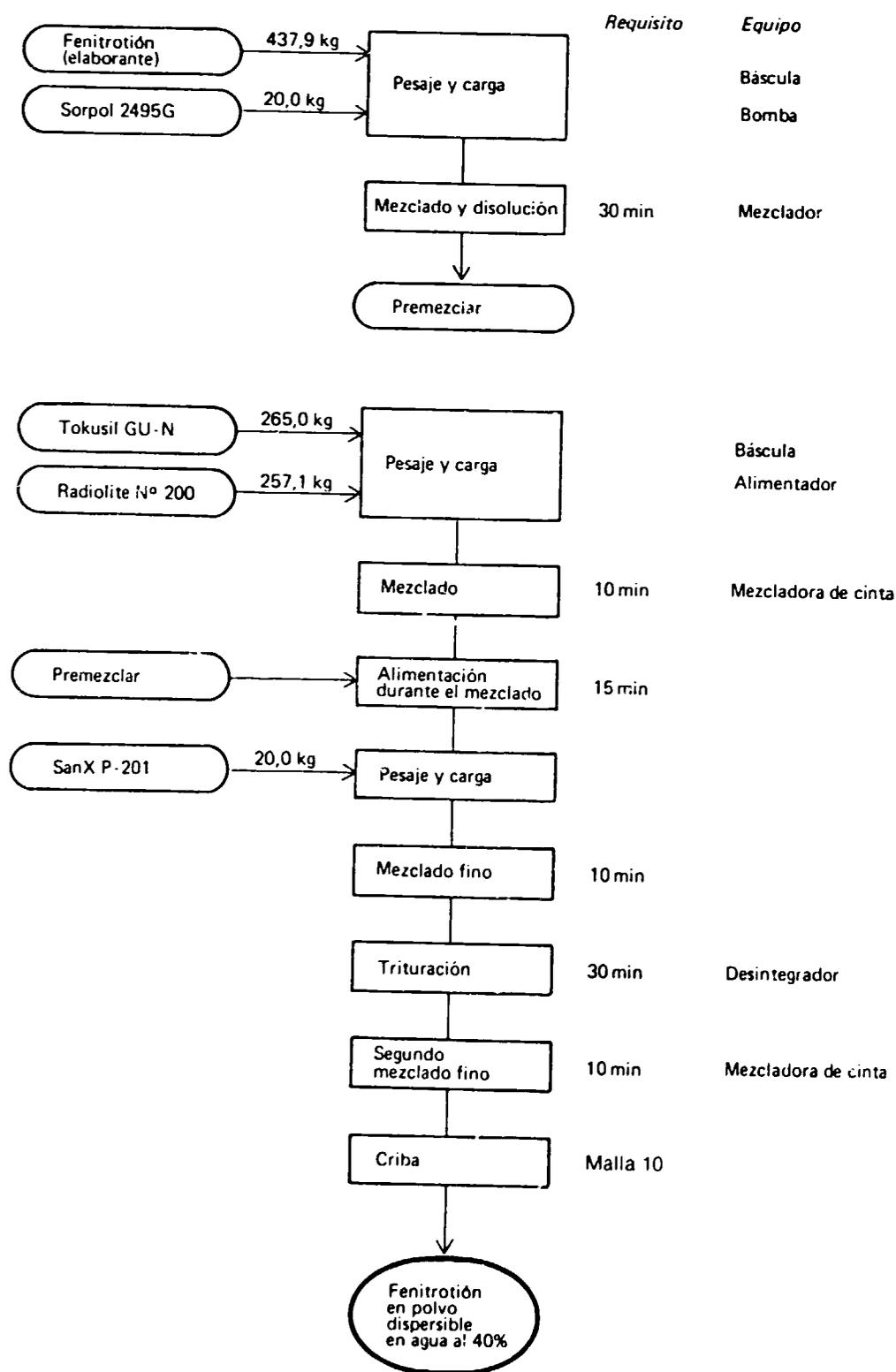
En la figura XIII aparece el esbozo del procedimiento de formulación y el flujo de las materias primas hasta llegar al producto final y las condiciones y horas de funcionamiento para cada proceso unitario. Es conveniente preparar un cronograma que muestre un ciclo de producción desde la carga de las materias primas hasta la formulación final del producto.

En la figura XIII aparece un ejemplo para la producción de 1.000 kg de fenitrotión en polvo dispersible en agua al 40%.

Equipo y funcionamiento del proceso

Debe prepararse una lista del equipo, un diagrama del proceso de fabricación y un plan de estructura por unidad de equipo. Ha de especificarse

Figura XIII. Diagrama para la producción de una tonelada de fenitrotión en polvo dispersible en agua al 40%



la capacidad máxima de producción de cada concepto del equipo y proporcionarse instrucciones sobre los siguientes aspectos:

a) Arreglos e inspección antes del funcionamiento, utilizando manuales de montaje del equipo, el manual de inspección previa al funcionamiento y el manual de comprobación para limpiar y despejar el lugar de trabajo.

b) Funcionamiento, incluso sistemas de producción y puestos de control antes del funcionamiento y durante éste:

c) Suspensión del funcionamiento e inspección, incluso paralización de la maquinaria, inspección después del funcionamiento y limpieza y despeje del lugar de trabajo.

Instrucciones relativas a la producción e higiene

Existen instrucciones escritas relativas a calidad del producto, seguridad, higiene y problemas ambientales. Debe proporcionarse también información sobre la ropa protectora personal aplicable a cada proceso unitario; a saber, calzado de seguridad, cubrecabezas, viseras protectoras, delantales, orejeras, guantes, etc. Deben agregarse también instrucciones en el sentido de que la ropa diariamente debe cambiarse y lavarse e inmediatamente después de cualquier contaminación evidente.

Control de calidad y de elaboración

Aunque en la formulación de plaguicidas no son necesarios los análisis especiales para el control de elaboración ya que el proceso es principalmente una operación de mezclado que no va acompañada por una reacción química, deben no obstante controlarse los conceptos siguientes: tamaño de las partículas, contenido de ingrediente activo y su distribución en el proceso de pulverización y en el de mezclado, punto final del secado en el procedimiento respectivo para los gránulos, etc. Existen métodos adecuados para que el muestreo, el examen y las medidas preventivas puedan realizarse rápida y correctamente.

Medidas de emergencia

Deben tenerse a mano instrucciones escritas sobre medidas de emergencia en caso de desastre o accidente, de fallos de energía y de daños en el equipo o en partes de él.

Mantenimiento

El mantenimiento periódico del equipo suele correr a cargo de una dependencia especial que aplica los manuales de mantenimiento adecuados. De todos modos, el mantenimiento diario o la inspección visual efectuada por los

Véase también el capítulo X.

trabajadores es importante y útil para detectar con prontitud los daños registrados por el equipo antes, durante y después de su funcionamiento. Es muy probable, que el trabajador experimentado observe cualquier daño evidente, si bien deberá remitirse al manual de inspección preparado para cada partida. Es importante registrar en una hoja de comprobación los resultados de las inspecciones y adoptar rápidamente las medidas necesarias.

En la hoja de comprobación debe figurar lo siguiente: ruidos insólitos, vibraciones, calor, grado de desgaste, tensión de las correas, lubricación, trastornos del sistema eléctrico, etc. En lo relativo a los materiales utilizados para el mantenimiento del equipo, tales como lubricantes y otros artículos percederos, cuando sea necesario un suministro urgente deberán registrarse el nombre, tipo, fabricantes o proveedores y precios de dichos artículos.

En las hojas de mantenimiento y producción deben registrarse los resultados de las inspecciones y las condiciones de mantenimiento y funcionamiento, tales como la cantidad de materia prima utilizada, el tiempo de mezcla, la temperatura y la corriente eléctrica. Deben especificarse el procedimiento de archivo y el tiempo durante el que se guardarán los informes.

El mantenimiento es de dos tipos: para hacer frente a averías y preventivo. El mantenimiento para hacer frente a averías consiste en la reparación del equipo estropeado. El mantenimiento preventivo consiste en el ajuste diario o periódico del equipo para evitar averías. Los datos cuantitativos y los conocimientos técnicos obtenidos gracias a la inspección periódica y al ajuste o reparación del equipo tienen gran utilidad para el ulterior mantenimiento. Este mantenimiento perfeccionado se conoce como mantenimiento correctivo y se incorpora al futuro diseño de las instalaciones con el fin de alcanzar elevada fiabilidad y un buen rendimiento del equipo. Así, el mantenimiento no sólo es la inspección y reparación del equipo sino también un elemento dinámico en el diseño de nuevo equipo y el mejoramiento de la eficacia y seguridad de la producción, lo que se conoce como mantenimiento productivo, ya que mantiene el rendimiento inicial de las instalaciones, mejora la capacidad de producción al modificar su concepción y evita accidentes secundarios debido a averías inesperadas.

El mantenimiento incluye lo siguiente:

a) *Inspección diaria:* Debe efectuarse antes, durante y después del funcionamiento de las instalaciones, para descubrir posibles averías. Los resultados de la inspección deben registrarse para referencia futura. Cuando sea necesario, se procederá a operaciones de lubricación y de limpieza;

b) *Inspección y ajuste periódicos:* Se efectuarán inspecciones periódicas con el fin de buscar y descubrir averías y desgaste del equipo. Los resultados deben registrarse con fines de referencia. En caso necesario se realizarán ajustes y reparaciones.

Sobre la base de la información obtenida de la inspección diaria y periódica, se realizarán las siguientes tareas:

a) Se procederá a efectuar modificaciones de las instalaciones, según requieran la calidad de las materias primas y el diseño de la fábrica;

b) Cuando sea necesario, se repararán las averías;

- c) Se efectuarán las reparaciones estructurales necesarias del solar, edificios, estructuras, componentes e instalaciones sanitarias;
- d) En caso necesario, se reparará el equipo de seguridad;
- e) Se efectuarán mejoras para perfeccionar el rendimiento y los procedimientos operativos y para aumentar la productividad.

Excepto en lo relativo al mantenimiento diario, suele ser conveniente que la labor de mantenimiento se realice durante los periodos de cierre con motivo de las inspecciones periódicas.

Capacitación

La capacitación de los trabajadores es esencial para el funcionamiento seguro y eficaz de las instalaciones. El contenido de la capacitación variará en sus detalles, pero lo más importante es que sea sistemática e incluya algunos temas comunes para todos los trabajadores de la fábrica de formulación, de los que a continuación se dan algunos ejemplos:

Información general acerca de los plaguicidas

Tipos de ingredientes activos y su utilización

Tipos de formulaciones y método de aplicación

Conocimientos básicos acerca de las materias primas y los productos formulados

Propiedades fisicoquímicas típicas en relación con el control de calidad, métodos de medida y especificaciones

Procedimiento de formulación

Información general acerca del equipo de formulación

Procedimientos de formulación para cada preparado

Especificaciones del proceso

Registros del proceso

Mantenimiento

Mantenimiento productivo

Registros de mantenimiento

Tipos de equipo y mantenimiento

Consideraciones en materia de seguridad, higiene y medio ambiente

Uso adecuado del equipo protector, por ejemplo guantes de goma y calzado, caretas contra el polvo, máscaras protectoras completas contra los gases químicos, y vestidos protectores.

Higiene personal y necesidad de ducharse⁸ al final de cada turno para asegurar la eliminación de todo material tóxico del pelo o el cuerpo

Interrupción del trabajo en caso de derrames con el fin de quitarse la ropa, ducharse y ponerse ropa limpia.

Es preciso someter a examen a quienes han recibido capacitación para confirmar que han asimilado las enseñanzas.

⁸Cabe señalar que las duchas instaladas para comodidad del personal en los vestuarios difieren completamente de las de emergencia situadas en lugares adecuados de la fábrica.

Responsabilidad empresarial

El concepto moderno de responsabilidad empresarial rebasa el ámbito más bien estrecho del funcionamiento de las instalaciones con un alto coeficiente de eficacia-costo e incluye el concepto más amplio del bienestar de la fuerza laboral.

Aunque en la mayoría de los países existen normas oficiales de seguridad e higiene, una dirección empresarial ilustrada se interesará también, independientemente, por la salud y el bienestar de los trabajadores de la empresa. Una fuerza laboral contenta y sana contribuye mucho a la rentabilidad y eficiencia de una explotación. Si el gerente de una empresa tiene que delegar funciones a subordinados o a un comité paritario de la dirección y de los trabajadores, esta función deberá definirse claramente, pues la responsabilidad final incumbe a la dirección.

Bibliografía

- Bodman, S. W. *The Industrial practice of chemical process engineering*. Cambridge, M. I. T. Press, 1968.
- Fawcett, H. H. y W. S. Wood. *Safety and accident prevention in chemical operations*. Nueva York, John Wiley, 1965.
- Hall, Charles V. Holding and evaporation of pesticide waste. *Proceedings of the Sixth Annual Research Symposium*.
Textos de referencia gratuitos. Pedidos: Agencia para el Desarrollo Internacional, ST/AGR.SA-18, Washington, D.C., 20523, Estados Unidos de América.
- Kovac, G. M. y J. V. Ziemba. *Food engineering* (Radnor) 41, agosto de 1962.
- Okada, T. Pesticides. *En Encyclopedia of powder process industry and technology*, No. 33 (1974).
- Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial. *Producción y formulación industriales de plaguicidas en países en desarrollo*.
Principios generales y formulación de plaguicidas (ID/75/Vol.I)
Núm. de venta: 72.II.B.5.
Chemistry and production of pesticides (ID/75/Vol.II)
Núm. de venta: 73.II.B.10.
- Palmenberg, Roger E. Calculator program aids lagoon design. *Water/Engineering and Management*, octubre de 1981.
- Peters, M. S. y K. D. Timmerhaus. *Plant design and economics for chemical engineers*. Nueva York, McGraw-Hill, 1968.
- Perry, J. H. *Chemical engineer's handbook*, 3.^a ed. Nueva York, McGraw-Hill, 1942.
- Plant Engineering. *Kagaku-Kogyo-sha* (Tokyo), 1961.
En japonés.
- Research Committee of Construction Industry, *ed. Encyclopedia of integrated management of packaging equipment* (Tokyo) 1979.
En japonés.

- Tamaoki, A., *ed.* Handbook of chemical plant construction. Tokyo, K. K. Maruzen, 1972.
En japonés.
- Van Walkenburg, Wade, *ed.* Pesticide formulations. Nueva York, Marcel Dekker, 1973.
- Vilbrandt, F. C. y C. F. Dryden. Chemical engineering plant design. Nueva York, McGraw-Hill, 1959.
- Wada, Y. *Kagaku-Kojo* 21:5:68, 1977.
- Yamaguchi, T., H. Asaru y K. Kawamura. Practical plant construction manual. *Kagaku-Kogyo-sha* (Tokyo), 1971.

IV. Criterios claves de decisión para establecer una planta de formulación local

*C. F. J. Kohl** y *L. S. Dollimore***

A comienzos del decenio de 1950, cuando la industria de plaguicidas sintéticos se expandía rápidamente en zonas con sistemas agrícolas muy desarrollados, se establecieron plantas de formulación en muchos países, especialmente en los Estados Unidos y en Europa occidental. Originalmente, se tendió a construir plantas en gran escala, totalmente integradas, con frecuencia ubicadas en los principales centros de producción de plaguicidas técnicos o bien cerca de ellos. Solían funcionar como centros de abastecimiento para satisfacer las necesidades del mercado mundial.

A fines del decenio de 1950 y durante el de 1960, comenzaron a establecerse en gran número de países en desarrollo pequeñas plantas de formulación que satisfacían necesidades específicas locales. Al principio eran simples unidades de mezclado y envasado para la producción de concentrados líquidos; las instalaciones para la producción local de polvos espolvoreables y polvos humectables se establecieron en relativamente pocas zonas. Los primeros productos tratados fueron los insecticidas. Después, y en escala mucho menor, se inició la formulación local de fungicidas y herbicidas. Estos siguieron muy de cerca la demanda de plaguicidas del mercado local, a medida que se introdujeron gradualmente modernas prácticas de cultivo y se reconocieron la conveniencia y los beneficios de los modernos métodos de lucha contra las plagas.

A finales del decenio de 1960 y comienzos del de 1970, se admitió la urgencia de formulaciones más complejas, por ejemplo los concentrados en suspensión, a efectos tanto de resolver problemas de formulación, manejo y aplicación como de reducir los costos de ingredientes y transporte. Más tarde en el decenio de 1970, la introducción de productos químicos muy activos de elevado costo, tales como los piretroides sintéticos, hizo necesarios equipos y procedimientos más precisos de mezclado, formulación y control de calidad. Al mismo tiempo, en todo el mundo se cobró mayor conciencia de los aspectos de higiene industrial, seguridad y conservación del medio ambiente, factores que contribuyeron a un aumento sustancial tanto en los gastos de capital necesarios para construir una moderna planta de formulación como en sus costos de explotación.

*Gerente de Planificación de Productos Agroquímicos, Shell International Chemical Company Limited, Londres, Reino Unido de Gran Bretaña e Irlanda del Norte.

**Gerente de Formulación en Fabricación de Productos Agroquímicos, Shell International Chemie Maatschappij B. V., La Haya, Países Bajos.

Aunque no existen estadísticas detalladas sobre la formulación local en los países en desarrollo, se estima actualmente que más del 80% de los plaguicidas utilizados se elaboran localmente, excepto en algunas zonas, particularmente en África y en ciertas partes de Asia, donde las necesidades locales de plaguicidas se satisfacen a través de la compra a organizaciones nacionales o internacionales mediante propuestas competitivas.

Planta de formulación y su infraestructura¹

Las partes claves de una planta de formulación son evidentemente la producción de formulación y las unidades de llenado. Sin embargo, estas unidades no pueden funcionar sin las instalaciones de apoyo necesarias, las que, dependiendo de la diversidad y complejidad de las operaciones de la planta, incluyen: depósito, laboratorio, taller, unidad de tratamiento de efluentes, instalaciones para la eliminación de residuos, sala de distribución, vapor o agua caliente, aire comprimido, almacenamiento a granel, comedor, sala de primeros auxilios, lavandería, duchas y vestuarios y oficinas de administración. En la figura I aparece la distribución esquemática de la planta.

Producción de formulación y unidades de llenado

Las formulaciones de productos agroquímicos pueden dividirse en dos clases diferentes, a saber líquidas y sólidas, cada una de las cuales puede luego subdividirse en otras. Por ejemplo, las formulaciones líquidas incluyen concentrados emulsionables, soluciones acuosas, concentrados miscibles en agua, soluciones de volumen bajo y ultrabajo, soluciones nebulizadas, emulsiones y concentrados en suspensión (fluidos). Las formulaciones sólidas incluyen polvos espolvoreables, polvos humectables, polvos solubles en agua, gránulos convencionales y gránulos de dispersión en agua (fluidos en seco).

Formulaciones líquidas

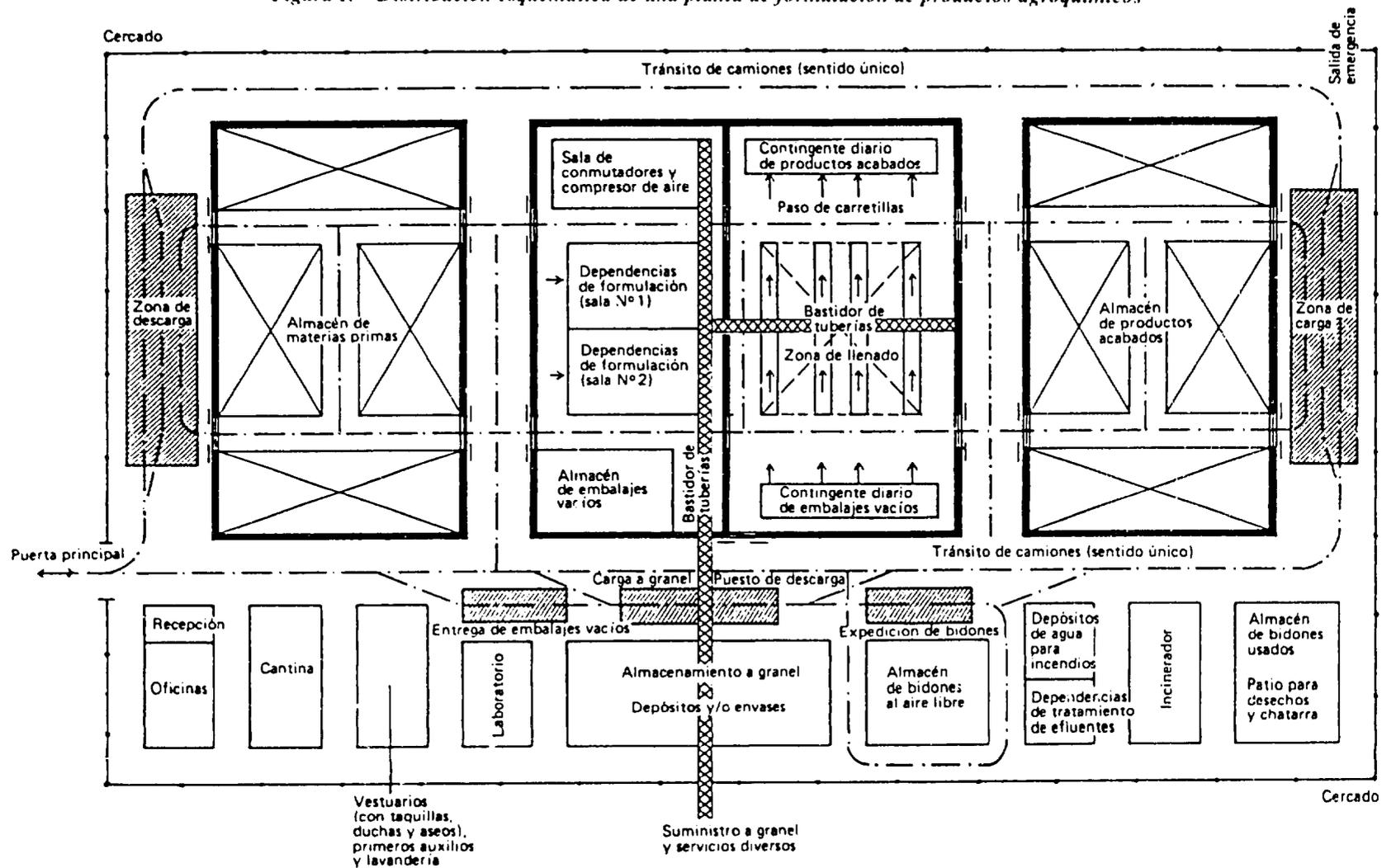
Productos convencionales

Salvo los concentrados en suspensión, la mayoría de las formulaciones líquidas convencionales se producen mezclando diferentes líquidos o bien disolviendo sólidos en líquidos. En consecuencia, estos productos pueden obtenerse y colocarse en una unidad convencional de mezclado y llenado de líquidos. Hay que prestar especial atención al tipo de productos manipulados. Por ejemplo, los productos acuosos requieren el uso de acero inoxidable u otro equipo protegido contra la corrosión y, cuando se trabaja con materiales inflamables, todo el equipo eléctrico debe ser incombustible.

Con una unidad convencional, las cantidades medidas de ingredientes activos, solventes, emulsionantes, etc., se agregan en un recipiente de mezclado

¹Véase además el capítulo III.

Figura 1. Distribución esquemática de una planta de formulación de productos agroquímicos



equipado con un agitador *ad hoc*. Si es necesario, se puede aplicar calor al recipiente para ayudar a la disolución. Se pasa luego el producto mezclado a través de un filtro (de ser indispensable) o al recipiente de almacenamiento y de allí al equipo de llenado. En vista de la popularidad de las formulaciones líquidas y el tipo relativamente simple de equipo necesario, y por lo tanto el costo relativamente bajo, dicha unidad es sin disputa el tipo más común para la producción de formulación en todo el mundo.

Concentrados en suspensión (fluidos)

Los concentrados en suspensión son suspensiones de un activo finamente dividido en un medio líquido (generalmente agua). Durante la producción, por lo general se logra la reducción del tamaño de las partículas en un proceso de trituración de dos etapas.

Dada la relativa complejidad de las unidades de concentrados en suspensión, en particular las trituradoras y las unidades de enfriamiento asociadas, el costo del capital suele ser mucho más elevado que el de una unidad de concentrado emulsionable. Como regla general, se producen concentrados en suspensión sólo a partir de productos que son insolubles en solventes aromáticos comunes y en agua. Los productos técnicos deben tener las propiedades físicas exigidas, tales como un elevado punto de fusión, para permitir su trituración. Como los concentrados en suspensión son productos especiales que exigen unidades de producción costosas, dichas plantas no abundan en los países en desarrollo.

Formulaciones sólidas

Polvos

Tanto los polvos espolvoreables como los polvos dispersibles en agua son productos triturados en seco. Los polvos espolvoreables son productos de baja concentración para aplicación directa en tanto que los polvos dispersibles en agua son productos de gran concentración que se dispersan en agua inmediatamente antes de su aplicación.

Los polvos se producen haciendo primero un concentrado de polvo espolvoreable, que es una mezcla concentrada del ingrediente activo y el ingrediente inerte que ha sido triturado en seco en una trituradora de molturación gruesa como una trituradora de martillo. Como la molturación gruesa es suficiente para los polvos espolvoreables, el concentrado se diluye luego con más ingredientes inertes para obtener el polvo final de la intensidad requerida que luego se ensaca.

Los polvos dispersibles en agua tienen partículas más finas que los polvos espolvoreables. Generalmente los ingredientes activos y los inertes mezclados se trituran en seco primero en una trituradora de molturación gruesa y luego se los tritura nuevamente para afinarlos más utilizando, por ejemplo, un pulverizador por aire, antes de ensacarlos.

La inversión de capital necesaria para una unidad de polvos espolvoreables y de polvos dispersibles en agua es generalmente mucho más elevada que la de una unidad de mezclado de líquidos. Los costos de capital se elevan aún más si

se trituran productos explosivos en polvo espolvoreable, pues se requiere eliminar la explosión, y ventilar o suprimir el gas inerte.

Los polvos dispersibles en agua han perdido popularidad con el advenimiento de los concentrados en suspensión y hay indicios de que se acentuará esta tendencia con la introducción de los gránulos dispersibles en agua más seguros en cuanto a su utilización.

Gránulos convencionales

Los gránulos convencionales son productos de aplicación directa. Pueden obtenerse mediante distintos procesos, entre ellos técnicas de rociado o adherencia, extrusión o aglomeración. La granulación por rociado es el proceso más popular porque entraña el rociado relativamente simple de un ingrediente activo líquido o de una solución de un ingrediente activo sólido sobre un núcleo granular absorbente. Los gastos de capital pueden resultar particularmente bajos para plantas que ya tengan una unidad de polvo espolvoreable o de polvo dispersible en agua porque, con frecuencia, sólo se necesita una modificación relativamente simple de una de las mezcladoras.

La granulación por adhesión es algo más complicada y suele exigir una unidad especial de granulación por adhesión. El proceso consiste en recubrir un núcleo granular sólido con el ingrediente activo y un agente aglomerante. La necesidad de utilizar un proceso de secado depende del producto.

Las técnicas de extrusión y aglomeración son más complicadas y, como resultado de esto, estas unidades no son comunes, sobre todo en países en desarrollo.

Gránulos dispersibles en agua (fluidos en seco)

Los gránulos dispersibles en agua pueden describirse mejor como polvos granulados dispersibles en agua. Su principal ventaja sobre los polvos dispersibles en agua es que no contienen polvos espolvoreables y, en consecuencia, son más seguros para el usuario. Al igual que los polvos dispersibles en agua, estos productos se dispersan en agua antes de su aplicación y, por tanto, suelen contener concentraciones bastante altas de ingredientes activos. La popularidad de estos artículos relativamente nuevos en el mercado de productos agroquímicos parece aumentar con rapidez.

Se pueden utilizar distintos procesos para producir gránulos dispersibles en agua, a saber, el secado y rociado, la extrusión y otra serie de técnicas de aglomeración. El producto acabado debe ser lo suficientemente granular para que no dé la impresión de polvo espolvoreable, ha de ser lo suficientemente resistente a la sequedad como para impedir la formación de polvo espolvoreable durante el almacenaje y el manejo y también debe ser de libre circulación y dispersarse rápidamente en agua para dar una suspensión estable.

Las plantas de producción se encuentran actualmente sobre todo en América del Norte y Europa, pero conforme aumente la popularidad de estos productos, quizá se establezcan también esas plantas en países en desarrollo, reemplazando en cierta medida las existentes de polvos dispersibles en agua y concentrados en suspensión. En términos de costo de capital, dichas unidades son comparables con las de una planta de polvo dispersible en agua.

Instalaciones de apoyo

Como ocurre con todas las operaciones de fabricación, las plantas de formulación requieren instalaciones de apoyo básicas de administración, comedor, depósito, taller y servicios de planta tales como suministro eléctrico, vapor o agua caliente y aire comprimido. Además, como muchos productos agroquímicos pueden ser tóxicos y entrañan un riesgo para el medio ambiente, si no se los manipula adecuadamente, y dado que todos los productos agroquímicos se evalúan según su rendimiento, las plantas de formulación exigen las instalaciones especiales de apoyo descritas a continuación.

Laboratorio²

Un laboratorio bien equipado y con una buena dotación de personal es parte esencial de una moderna planta de formulación. Su papel clave es asegurar que la calidad de los productos que salen de la planta cumple los requisitos de la reglamentación local y las indicaciones que figuran en la etiqueta del producto.

Un laboratorio puede exigir una inversión considerable si se necesita equipo especial para, entre otras cosas, cromatografía de gases, cromatografía de líquidos de gran resolución, espectrometría infrarroja o ultravioleta y visible, aunque la inversión resulte pequeña si se la compara con la requerida para las unidades de producción. No obstante, con el costo creciente de los ingredientes activos, se amortiza pronto la inversión hecha en el laboratorio porque un buen control de calidad evita el desperdicio de ingredientes activos, asegura niveles de calidad adecuados para el producto y facilita una investigación cabal y una rápida atención de las posibles reclamaciones de parte de los clientes.

Tratamiento de efluentes y eliminación de residuos³

Las operaciones de una moderna planta de formulación deben ocuparse debidamente de cualquier efluente o residuo producido durante la formulación. En casi todas las plantas, una buena limpieza puede eliminar virtualmente los efluentes acuosos (que suelen ser los más difíciles de tratar) utilizando métodos de limpieza no acuosos, por ejemplo, eliminando todo líquido derramado con serrín y limpiando a fondo los recipientes con solvente que puede almacenarse hasta que se produzca el próximo lote del mismo producto. Para las plantas donde sea inevitable el efluente acuoso, como una de concentrados en suspensión, la complejidad de la unidad de tratamiento de efluentes puede variar desde un estanque de evaporación hasta una intrincada aspiradora por rotación y un filtro de carbono activo.

Generalmente se considera que el control de los contaminantes del aire es parte de la unidad efectiva de producción de formulación y puede requerir filtros de polvo espolvoreable y purificadores.

²Véanse también los capítulos VI y VII.

³Véanse también los capítulos III y XI.

Los residuos sólidos se eliminan mejor en un incinerador especial. Sin embargo, esas instalaciones suelen exigir una inversión relativamente grande y sólo se justifican en plantas medianas o grandes. Por lo tanto, no se las encuentra con frecuencia en los países en desarrollo, donde las plantas tienden a ser pequeñas, pues producen sólo para el mercado local. Las plantas sin instalaciones propias de incineración deben confiar esta tarea a las instalaciones de un contratista local o bien a los servicios para eliminar residuos tóxicos prestados por las autoridades locales. Incluso esto puede no ser viable en algunos países en desarrollo, en cuyo caso, necesitarán recurrir a otros procedimientos tales como tratarlos químicamente o detoxificarlos y enterrarlos en un vertedero bien controlado.

Primeros auxilios y asistencia médica

Aunque todas las plantas deben tener un botiquín básico de primeros auxilios, las que operan con productos sumamente tóxicos necesitan además una sala con equipo para tratamiento de urgencia que pueda utilizarse, si es necesario, hasta que el paciente pueda ser transportado a un hospital local. La sala y el equipo exigen sólo una pequeña inversión y un gerente de planta celoso de la seguridad dispondrá lo necesario para su instalación en consulta con sus asesores en medicina y toxicología.

Duchas y vestuarios

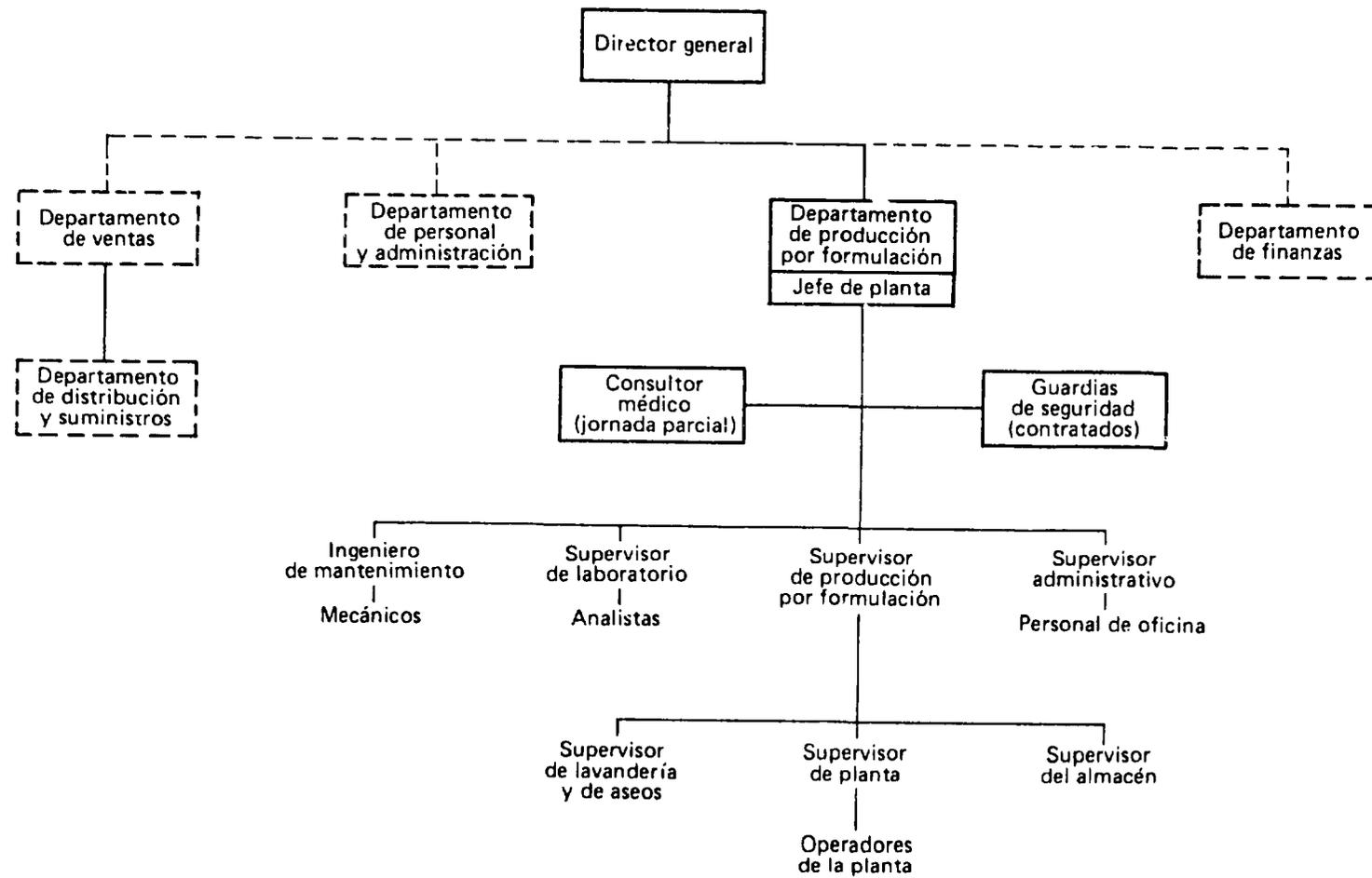
Para reducir al mínimo la exposición a productos potencialmente tóxicos, los trabajadores de las plantas de formulación deben utilizar ropas de trabajo especialmente protectoras y, a fin de prevenir la contaminación de su indumentaria diaria, se necesitan duchas y vestuarios especiales. Lo ideal es que la planta de formulación posea su propia lavandería y entregue mudas o monos limpios a sus empleados. Las medidas de seguridad también exigen un diseño especial para las salas de recreación y los aseos.

Organización y personal

En la figura II se presenta un diagrama de organización habitual para una pequeña planta de formulación que funcione un solo turno y esté integrada a una organización de ventas. Las plantas de formulación de mayor dimensión cuentan con una organización más amplia y detallada, incluyendo, por ejemplo, un director de personal, un director financiero y un ejecutivo de prevención de accidentes y seguridad. Cuando existen varios turnos es menester aumentar proporcionalmente el número de operarios directos y, según sea el caso, contratar personal adicional de mantenimiento y laboratorio.

Administrar una planta moderna de formulación y su funcionamiento de manera segura y eficaz se ha convertido en una tarea bastante compleja que requiere conocimientos técnicos especiales. Es necesario que el director de la planta y los jefes superiores de departamento sean profesionales calificados con cierta experiencia en las operaciones correspondientes a la preparación de

Figura II. Organización habitual de una pequeña planta de formulación integrada a una organización de ventas



productos químicos. El personal especializado de nivel intermedio, como los analistas del control de calidad y los capataces de los equipos, deben poseer un nivel razonable de educación, formación y conocimientos técnicos. En categorías inferiores, sobre todo en el plano de operario de planta y mecánico de mantenimiento, es indispensable una buena formación. Reviste la mayor importancia mantener una rotación de la plantilla de nivel inferior, para permitir que el personal independientemente de su categoría, adquiera y preserve un alto grado de experiencia, conocimientos prácticos y conciencia en materia de seguridad.

La formulación como operación orientada al mercado

La formulación se considera básicamente como una operación orientada hacia el mercado, y, en consecuencia, las plantas de preparación de productos, incluyendo las instalaciones de llenado y empaquetado, deben estar ubicadas por regla general en los mercados más importantes o cerca de ellos. En los casos en que existan mercados de suficiente volumen y potencial, la necesidad de acortar las líneas de distribución y de responder sin tardanza a la demanda, junto con la disponibilidad local de los ingredientes (materiales de llenado y solventes), puede constituir una sólida justificación económica para el establecimiento de plantas de formulación próximas a los mercados. No cabe duda que resulta preferible desde un punto de vista económico y logístico transportar un tonelaje relativamente reducido de plaguicidas técnicos e ingredientes especiales, tales como los agentes de humectación, a la planta de formulación con miras a su incorporación en preparaciones menos concentradas, que resulten idóneas a efectos de su utilización sobre el terreno, en lugar de trasladar a distancias considerables tonelajes sustancialmente más elevados de preparaciones acabadas.

Aunque el uso de plaguicidas en un determinado mercado o sector de un mercado revele en buena medida una tendencia coherente, cuando se obtenga el promedio de dicha utilización a lo largo de un período de tres a cinco años, las ventas de diferentes preparados agroquímicos pueden fluctuar de manera considerable, según sea el tipo y volumen de productos, en determinadas temporadas o años, ya que la demanda depende en sumo grado de diversos factores incontrolables, sobre todo: condiciones climáticas prevalecientes; incidencia de las plagas; competencia e introducción de nuevos productos; y factores estacionales especiales.

La producción en las pequeñas plantas locales de formulación se orienta normalmente a satisfacer la demanda a corto plazo, y sólo se producen por regla general cantidades limitadas de un reducido número de sustancias con miras a su almacenamiento. Por otra parte, dado que hay períodos de gran importación, y para responder a una súbita demanda, las reservas de ingredientes onerosos (agentes humectantes, emulsificadores, etc.) deben ser relativamente elevadas. La cercanía de la planta de formulación al mercado permite a ésta enfrentarse más eficazmente a dichas eventualidades. Ello requiere, sin embargo, que exista comunicación y coordinación eficaces entre las organizaciones y departamentos de ventas, distribución y producción locales. El funcionamiento en el terreno debe ser suficientemente flexible en

términos de diseño de plantas, capacidad de las principales líneas de productos, reservas de los ingredientes más importantes y personal, a fin de poder hacer frente y responder con presteza a los súbitos cambios que se produzcan en la demanda.

La ubicación de una planta de formulación cerca de un determinado mercado tiene otra ventaja: nos referimos a que el diseño de las instalaciones y el programa de producción pueden adaptarse más fácilmente a las necesidades locales. Esta es una cuestión cuya importancia va en aumento ya que en los mercados locales se hace sentir cada vez más la necesidad de contar con variantes de preparación específicas de cualquier producto activo estándar. Además, habida cuenta de la creciente importancia de los productos plaguicidas mixtos, el diseño de diferentes productos preparados, aparte de la preparación de variantes de un solo producto, es una necesidad para muchos países. Así, por ejemplo, el desarrollo de un nuevo algodón insecticida para tomar en consideración las diferencias inherentes al conjunto de plagas en diversas regiones y países, puede implicar el diseño de más de 30 productos distintos, lo que a su vez, quizá haga necesario desarrollar y producir 200 variantes de formulación. En consecuencia, resulta claramente ventajoso concentrar el desarrollo y la producción de un limitado número de preparaciones específicas en determinados países o regiones.

Dada la proliferación de plantas de formulación en muchos países desarrollados y en desarrollo durante los últimos 20 años, se ha tomado conciencia del grave problema que supone el hecho de que el volumen de ventas y, por ende, el nivel de suministros de las plantas no permiten en muchos casos obtener una rentabilidad razonable. Habida cuenta de que el perfil de la demanda es altamente estacional y de las incertidumbres que rodean al pronóstico de las condiciones del mercado, resulta habitual que muchas plantas funcionen solamente durante un breve período al año, esto es, antes y durante la verdadera temporada de ventas; de ahí que permanezca inutilizada una parte considerable de la capacidad de producción disponible. Ello puede afectar adversamente los planes en materia de mano de obra y la gestión económica de las plantas de formulación, especialmente en los países en desarrollo, que cuentan con una dimensión y potencial de mercado restringidos.

Como se señaló anteriormente, está aumentando la complejidad de las plantas de formulación, en razón de los avances producidos en la tecnología de formulación y los requisitos cada vez mayores para elevar los niveles de calidad, la higiene industrial, la seguridad y la protección ambiental. Hay que escoger, por tanto, personal calificado para dirigir dichas actividades y debe impartirse una formación concienzuda a los operarios de las plantas, a fin de que efectúen el trabajo de manera segura y eficaz. Todos estos factores han contribuido a acrecentar en grado apreciable las inversiones iniciales en equipo para las plantas, e incrementado de manera considerable los costos de funcionamiento, en comparación con los que originaban actividades análogas hace 10 ó 15 años. En este sentido, ha adquirido relevancia aún mayor el carácter estacional de las empresas locales y el problema inherente al suministro de las plantas. Además, es menester examinar cuidadosamente el emplazamiento y dimensión de las plantas de formulación antes de adoptar decisiones de inversión.

Sin embargo, la producción local de preparaciones puede suponer un verdadero ahorro en el caso de muchos plaguicidas muy conocidos en el mercado, entre otras cosas, porque se disminuye así la necesidad de obtener divisas para financiar importaciones. Dejando al margen las estrictas consideraciones de comercialización, la posibilidad de disponer de subsidios a la inversión e incentivos especiales en materia fiscal, así como la imposición de barreras arancelarias a la importación de productos acabados, pueden ser factores de peso a la hora de establecer actividades locales de formulación.

Criterios cruciales de viabilidad para la creación de plantas locales de formulación

Los siguientes criterios básicos se aplican para determinar la posibilidad de éxito de una planta de formulación. Estos criterios son válidos tanto para las zonas desarrolladas como en desarrollo.

Volumen y potencial del mercado

Habida cuenta de que el objetivo prioritario de una nueva empresa de formulación es plegarse a las condiciones futuras del mercado, resulta esencial definir de modo adecuado el potencial futuro de cada preparación de productos químicos, merced a una investigación del mercado adecuada. Ello implica analizar detalladamente la índole del mercado, su dimensión y potencial futuro. En caso de que dicha información no se encuentre ya disponible a partir de otras fuentes, puede ser preciso realizar un análisis a fondo de las prácticas agronómicas presentes, la utilización de productos agroquímicos y las características especiales del mercado local de plaguicidas. Han de analizarse también la estructura del mercado respecto de los posibles clientes, la red de distribución requerida y la necesidad de contar con instalaciones de almacenamiento adecuadas, así como la ubicación de dichas instalaciones. En el contexto del mercado de un país en desarrollo reviste particular importancia obtener información confiable sobre los planes de desarrollo agrícola y las políticas gubernamentales, toda vez que estos factores son muy importantes para calcular la tasa de cambio y la orientación probable del desarrollo agrícola durante el período de vida del nuevo proyecto de formulación.

Cabe así calcular la demanda y crecimiento del mercado para cada sector de productos y cada producto a partir de la información de mercados básica, las predicciones de las probables tendencias económicas y agronómicas, y las pautas futuras del empleo de plaguicidas. Existen muchos factores que pueden distorsionar las cifras correspondientes a la demanda. Hay, en consecuencia, distintas posibilidades: que las condiciones prevaletientes en un determinado año favorezcan con mayor o menor intensidad la incidencia de una plaga, que el arrastre de inventarios de una temporada a otra apunte al declive de la demanda de un producto, medida en términos de importaciones, que la demanda de un plaguicida sea muy elevada sencillamente porque resulte el producto importado más barato, aunque su rendimiento y la gama de control

sean limitados. Es posible, empero, identificar dichas distorsiones, mediante estudios de mercado concebidos y dirigidos adecuadamente. Un análisis realista de costo-rendimiento proporcionará, por ende, una sólida base para la selección de los plaguicidas y los tipos de formulación más adecuados con miras a la producción en una zona determinada.

Por último, los pronósticos de venta y las condiciones de empaquetado deben ser suficientemente detallados para cada producto, a fin de dar una dimensión y diseño apropiados a las unidades de preparación y a las líneas de empaquetado. Habrá que determinar igualmente para cada ingrediente activo el tipo de preparación y el tamaño del contenedor y el empaque, así como el volumen y el período de ventas. Los datos relativos a la demanda deberán indicar en qué mes del año se requieren los productos y las principales zonas de distribución. En algunos países en desarrollo el transporte por carretera puede verse limitado en la estación lluviosa, lo que hará que a efectos de distribución del producto se precise semanas o incluso meses antes de que ésta se lleve realmente a cabo.

Disponibilidad local de materias primas

La rápida disponibilidad de ingredientes de formulación baratos cuya calidad no se altere, sobre todo tratándose de solventes y sustancias de llenado, es crucial para el funcionamiento económico de las plantas de formulación locales. Cabe la posibilidad de que la importación de dichos materiales reduzca apreciablemente el atractivo económico de los productos de formulación local, ya que los gastos de porte, las primas de seguro y los derechos de importación pueden incrementar considerablemente los costos de los materiales. Asimismo, las largas líneas de embarque crean problemas logísticos y son impracticables desde el punto de vista de la producción estacional. Parece poco probable que el proceso de fabricación responda rápidamente a las inciertas exigencias del mercado, a menos de mantener un nivel excesivo de inventarios en las plantas, lo que puede traer consigo que se desperdicie una de las grandes ventajas de la fabricación a nivel local. Por razones similares, la disponibilidad local de pequeños contenedores de embalaje y materiales de empaquetado es muy conveniente. Debe quizá señalarse que, a causa de las características de los ingredientes localmente disponibles, resulta difícil, por no decir imposible, reproducir exactamente la concentración, propiedades y especificaciones de una preparación importada. En cualquier caso, es esencial evaluar mediante ensayos de laboratorio la adecuación al uso propuesto de las propiedades físicas y químicas de los ingredientes locales. El rendimiento de las preparaciones elaboradas a partir de dichos ingredientes debe comprobarse en el terreno antes de tomar decisiones encaminadas a establecer instalaciones de formulación local.

Por consiguiente, un aspecto importante, que ha de considerarse antes de seleccionar el material local, es su calidad. Las especificaciones de ingredientes y materiales de empaquetado se definen durante la elaboración de las formulaciones. Tras establecer especificaciones que abarquen todas las características fundamentales, es esencial que la calidad de los futuros suministros se sitúe dentro de los límites de especificación fijados. Entre otros criterios que requieren también atenta consideración figuran la seguridad y el costo del

suministro. Dependiendo de las circunstancias y la disponibilidad locales, es en general conveniente invitar a diversos proveedores locales a presentar propuestas competitivas.

Ingredientes activos

Puede darse el caso de que no se disponga localmente de plaguicidas activos con miras a su formulación en el terreno, porque se requieran pequeños tonelajes que no justifican su fabricación local. Asimismo, los arreglos de suministro concertados con los proveedores extranjeros han de abarcar aspectos tales como el precio, la cantidad y la seguridad del suministro. Hay que convenir igualmente en arreglos de embarque, y el nivel de inventarios en las plantas suministradoras debe permitir responder a la demanda no prevista de productos preparados.

Disolventes

En muchos países, los disolventes hidrocarbúricos (aromáticos) se obtienen mediante operaciones de refinería llevadas a cabo en el propio país. Otros disolventes orgánicos utilizados en formulaciones agroquímicas, tales como alcoholes, ésteres, cetonas, glicoles y éteres glicólicos, a veces tienen que ser importados salvo en los países que poseen capacidad petroquímica.

Antes de cambiar un disolvente importado por su equivalente local, es esencial confirmar que todas las características fundamentales del disolvente elaborado localmente, tales como el producto de destilación, el contenido en aromáticos, el punto de inflamación, la potencia disolvente, la miscibilidad en agua, el contenido de agua, etc., se hallan dentro de los límites definidos de la especificación. Deberá llegarse a un acuerdo sobre las especificaciones con el proveedor local a fin de garantizar que los futuros envíos del producto mantengan la calidad de manera constante. Además, incluso cuando las características físicas parezcan satisfactorias, con los concentrados emulsionables puede ocurrir que el disolvente equivalente de elaboración local requiera un equilibrio emulsor diferente del correspondiente al disolvente importado. Esto habrá que determinarlo también antes de efectuar cambio alguno.

Portadores y diluyentes

Uno de los factores claves que habrá que tener en cuenta cuando se trate de decidir sobre la conveniencia de construir una planta local para la elaboración de polvos humectables o espolvoreables es la disponibilidad de un suministro local de un portador o diluyente apropiado. Esto tiene importancia especial en el caso de los polvos espolvoreables muy concentrados, ya que económicamente no tendría sentido tener que importar grandes cantidades de diluyente inerte.

Aparte de reunir todas las características necesarias, entre ellas, tamaño apropiado de partícula, capacidad de sorción, fluidez y efecto abrasivo, es esencial que los portadores y diluyentes de elaboración local sean compatibles con los ingredientes activos utilizados. El proceso de selección del portador y el diluyente se suele llevar a cabo en primer lugar mediante el análisis de una muestra suministrada por el proveedor. Sin embargo, una decisión no deberá

basarse exclusivamente en la muestra, ya que ésta podría no ser representativa de los suministros futuros. Por lo tanto, se debe comprobar que la fuente mineral mantiene su calidad de manera continua y uniforme y que las reservas son suficientes. Por último, se analizará una muestra representativa del portador comparando sus características con las especificaciones requeridas y en las formulaciones definitivas. También es importante averiguar si el acceso a la reserva, ya sea por carretera o por ferrocarril, es adecuado en todo tipo de condiciones atmosféricas, ya que los suministros podrían verse afectados por este motivo. En condiciones de transporte potencialmente adversas, deberá disponerse en la planta de existencias suficientes y se acordarán condiciones especiales de envío con el proveedor.

Surfactantes

Los surfactantes comprenden los emulsionantes, los agentes humectantes y los agentes de suspensión. El tonelaje de estos productos utilizado en la industria agroquímica a nivel nacional es relativamente pequeño, y por lo tanto para abastecer este mercado únicamente no es común la fabricación local.

También aquí la calidad es un factor primordial. Cuando se haya efectuado una formulación utilizando productos locales, la forma más eficaz para comprobar su calidad es preparar una muestra pequeña de la formulación y analizar sus características con respecto al surfactante.

Agentes auxiliares

Los agentes auxiliares abarcan una serie de productos especiales, entre ellos, desactivadores, agentes antiaglutinantes, agentes adherentes, agentes estructurales y antiespuma, etc. Tales productos que, al igual que los surfactantes, se utilizan en pequeñas cantidades, generalmente no se fabrican localmente y han de importarse.

Envases

La disponibilidad local de envases tales como frascos, cubos, latas y bidones es un factor clave cuando se trate de estudiar la posibilidad de efectuar la formulación localmente, ya que la importación de recipientes vacíos sería una operación cara y sumamente ineficaz. El material para el envase puede consistir en recipientes de vidrio, metal o plástico. Los frascos de cristal son asequibles en todo el mundo y constituyen el tipo más sencillo de envase, ya que su selección se basa principalmente en aspectos físicos patentes tales como el peso y las dimensiones del frasco, y cualquier problema de compatibilidad se asocia únicamente con la inserción y la tapa. Los recipientes metálicos tales como latas, cubos y bidones pueden presentar otros problemas debido a su incompatibilidad con el producto. Cuando exista este problema, tal vez sea necesario enlazar el interior de los recipientes, aplicando a veces varias capas. Los recipientes de plástico suelen ser ideales para productos acuosos, pero para los no acuosos la cuestión de la compatibilidad con frecuencia presenta un grave problema.

En vista de las consideraciones relativas a la seguridad y debido al gran valor de la mayoría de los productos agroquímicos, la selección de recipientes apropiados y el control eficaz de la calidad son factores absolutamente esenciales. Estos aspectos deberán cubrirse en los acuerdos contractuales con proveedores locales.

Recursos técnicos locales

Los conocimientos de especialistas se requieren no sólo durante el proyecto y la construcción de una planta de formulación, sino especialmente una vez que ésta entra en funcionamiento con el fin de conservar el equipo y disponer de servicios técnicos generales suministrados por especialistas.

El proyecto de una planta de formulación requiere conocimientos especiales con los que tal vez no se cuente en algunos países en desarrollo, pero que a menudo se pueden obtener fácilmente a través de entidades del exterior, tales como empresas industriales con experiencia en agroquímica. Según el nivel de desarrollo técnico de la industria secundaria local (subestructura industrial), se podrán obtener equipos importantes y disponer de servicios públicos y de instalaciones generales. La mayoría de los países disponen de recursos para obras de ingeniería civil y para la construcción local de plantas industriales. En los países donde los recursos técnicos son limitados o inexistentes, es posible, por ejemplo, disponer de una planta para la mezcla de líquidos, construida de forma modular, y, fácilmente instalable, que se puede fabricar en el extranjero e importarla después lista para su montaje.

Una vez que comienza la fabricación, el tipo más importante de apoyo técnico local necesario para una planta de formulación consistirá en la reparación y mantenimiento de las máquinas de la planta, tales como trituradoras, compresores, motores y válvulas, equipo de laboratorio e instalaciones generales. La escasa magnitud de la mayoría de las operaciones locales de formulación normalmente no justifica el establecimiento de un amplio servicio técnico y un departamento de mantenimiento en el propio emplazamiento de la planta, por lo que tales servicios tal vez tengan que contratarse en el exterior. Cuando localmente no se disponga de estos servicios de apoyo, la planta deberá contar con un técnico capacitado para llevar a cabo dichas funciones. Al mismo tiempo, si la maquinaria no se fabrica localmente, habrá que disponer de piezas de repuesto de todos los equipos claves.

Disponibilidad de personal y mano de obra especializados

Con el fin de facilitar la contratación de personal, deberá contarse con un plantel básico de personal local con formación directiva, técnica y científica y de mano de obra técnicamente capacitada. Es posible que se requiera asistencia y capacitación temporales por parte de especialistas del exterior. Según la magnitud de la operación, habrá que proceder a la contratación de personal en las siguientes esferas de actividad (véase también la figura II):

Gestión de la fábrica

Departamentos de administración y asuntos financieros

Funcionamiento de la planta: supervisores de fabricación y capataces, equipo de operarios para cada formulación y línea de envase, equipo para manejar las máquinas de eliminación de residuos (incineradores) y de tratamiento de efluentes

Equipo para el servicio y el mantenimiento técnicos

Control de calidad y apoyo técnico para la comercialización

Almacenamiento y envío

Servicios médicos

Deberá concederse atención especial a la contratación de personal experimentado y de alto nivel para cargos directivos claves. Esta es una medida importante para conseguir un funcionamiento eficaz, libre de peligros, y ambientalmente seguro. La forma más sencilla de encontrar una fuente de personal experimentado para los cargos claves es emplazar la planta dentro de una zona industrial o en sus proximidades, que sea compatible con la esfera de actividad de que se trate (industria química) y con las necesidades del mercado y la distribución. Con el fin de contratar y retener personal competente y experto se adoptará un sistema de salarios competitivos con halagüeñas perspectivas de ascenso profesional. Como se menciona anteriormente, en algunos países la rotación de personal puede ser muy elevada, y tal vez sea especialmente difícil retener al personal capacitado, como técnicos de mantenimiento y analistas de laboratorio.

La complejidad de las operaciones de una planta de formulación varía considerablemente. Por ejemplo, las instalaciones para la mezcla de líquidos no son tan difíciles de hacer funcionar como las fábricas de concentrados de suspensión o de polvos dispersibles en agua. Así pues, la formación necesaria para los operarios y maquinistas de la planta está determinada en gran parte por la complejidad de las instalaciones operativas o por el procedimiento a seguir. Debe tenerse en cuenta, sin embargo, que el manejo de muchos plaguicidas puede ser potencialmente peligroso si no se siguen las prácticas operativas correctas. Por consiguiente, los operarios deberán poseer un nivel que les permita capacitarse fácilmente con el fin de llevar a cabo los procedimientos definidos. La adopción de un programa de capacitación periódico y bien trazado es la mejor manera de mantener una planta de formulación en su máximo rendimiento operativo.

Evaluación económica

Desde el punto de vista económico, la inversión en una fábrica de formulación de plaguicidas no difiere de las inversiones que se realizan en otras instalaciones para la fabricación de productos químicos. Por consiguiente, para evaluar la viabilidad económica de las instalaciones locales de formulación pueden emplearse los mismos criterios de decisión. Para que esta inversión valga la pena, los beneficios futuros previstos en forma de beneficios económicos, ahorro de costos y posibles beneficios sociales deben poder compararse de manera suficientemente favorable con los gastos iniciales de

capital y otros recursos. El objetivo de toda evaluación económica es cuantificar los beneficios y los recursos necesarios y garantizar que el proyecto examinado constituye la mejor opción posible para alcanzar los objetivos perseguidos.

En la evaluación económica, la fábrica de formulación de plaguicidas se considera una operación integrada, es decir, un centro independiente generador de costos y beneficios. A partir del año del primer gasto proyectado, el flujo anual de efectivo se calcula con relación a la duración total del proyecto (habitualmente 10 años). Se analiza y se mide el interés económico del proyecto, aisladamente y en comparación con otras opciones, valiéndose para ello de diversos indicadores de rentabilidad tales como plazos de desembolso, valor actualizado y tasa de rentabilidad interna.

Se recomienda además realizar un análisis de sensibilidad con respecto a las principales partidas del flujo de efectivo, es decir, el volumen de ventas, los precios (ingresos de la fábrica), los gastos de capital y los principales elementos del costo de producción, con el fin de determinar los efectos de los cambios de las diferentes estimaciones sobre la rentabilidad del proyecto de formulación en conjunto. El análisis de sensibilidad identifica las estimaciones cuyas variaciones o incertidumbre influyen de manera importante en la viabilidad financiera del proyecto.

En los casos de gran incertidumbre, por ejemplo cuando la estructura de la demanda futura de los principales productos puede variar considerablemente, quizá sea necesario realizar un análisis pormenorizado del riesgo, especialmente cuando está en juego una inversión de capital relativamente grande. El análisis del riesgo no sólo tiene en cuenta los efectos de las variaciones de las estimaciones (análisis de sensibilidad), sino también las posibilidades de que se produzcan.

A continuación se examinan las principales partidas del cálculo del flujo de efectivo, la utilización de indicadores de rentabilidad y los análisis de sensibilidad, con especial referencia a los proyectos de inversión en fábricas de formulación de plaguicidas.

Principales partidas del flujo de efectivo

Ingresos por ventas y derechos de formulación

Los ingresos por ventas constituyen la principal partida de ingresos en efectivo de las fábricas de formulación y si se realiza alguna formulación por contrato se obtienen ingresos adicionales en forma de derechos de formulación.

Los ingresos anuales por ventas o por derechos de formulación se obtienen multiplicando las cantidades de cada formulación fabricadas durante el año por el precio de venta (ex fábrica) o los derechos de formulación por tonelada, respectivamente. Habida cuenta de que se trata de la partida de ingresos en efectivo más importante para evaluar la viabilidad de una fábrica de formulación de plaguicidas, es esencial que las estimaciones de las cantidades fabricadas, el precio de venta y los derechos de formulación sean lo más precisas posible.

Gastos de capital

Para estimar con precisión los gastos de capital necesarios para la construcción de una fábrica de formulación, debe definirse adecuadamente el alcance del proyecto. Es necesario tener en cuenta los elementos siguientes:

a) *Tipo de formulación.* El proceso y el equipo necesario estarán determinados por el tipo de producto de que se trate, por ejemplo, concentrados emulsionables, gránulos, polvos dispersibles en agua, etc.:

b) *Estimación del volumen de ventas.* El estudio del mercado permite estimar la cantidad anual de cada producto concreto que debe fabricarse durante el período de evaluación, teniendo en cuenta las variaciones estacionales. De estos datos se deducen los programas de formulación anuales y, tras determinar el número de turnos que deban establecerse, lo que puede ser un factor dependiente de las circunstancias locales o de los costos laborales, será posible definir la capacidad del equipo de todas las dependencias de la fábrica. También podrá determinarse la capacidad del almacén y el tamaño necesario de las instalaciones de utilización general, tales como cantinas, lavabos y servicios públicos;

c) *Recetas de formulación.* Proporcionan información pormenorizada sobre el proceso y la concepción del equipo, incluidos los diversos ingredientes que deban dosificarse, ya se trate de sólidos, líquidos, o ambos, etc;

d) *Tipo y tamaño de los envases.* Se necesita conocer los datos previstos con respecto al envasado de los productos finales con el fin de definir el tipo, tamaño y capacidad de producción de esta clase de equipo;

e) *Consideraciones en materia de seguridad y medio ambiente.* Los factores de esta clase determinan por ejemplo si un proceso debe contar con medidas contra explosiones, si deben instalarse filtros o depuradores para eliminar los gases de escape y si se necesita un incinerador o una dependencia de tratamiento de las emanaciones.

Una vez finalizado el diseño de la fábrica y acordado el lugar de su emplazamiento, se podrán definir las especificaciones correspondientes a las diversas partidas del equipo, obtener presupuestos de los proveedores de equipo y de las empresas locales de ingeniería y construcción y, finalmente, determinar datos precisos sobre los gastos de capital. Si la fábrica se construye en zona verde, la estimación de capital deberá tener en cuenta los gastos de desmonte, la construcción de vías de acceso y el suministro de los servicios públicos básicos. En la práctica, durante las primeras fases de toda evaluación se realiza siempre una estimación preliminar de las necesidades de capital con el fin de conocer en principio si el proyecto es o no viable.

Costos de explotación

Los costos de explotación incluyen gastos tales como el costo de la mano de obra y de la gestión, los alquileres, los materiales de mantenimiento, los reactivos de laboratorio, el combustible, la electricidad y las materias primas. En una fábrica de formulación estos costos pueden dividirse en lo que se conoce como costos variables y costos fijos.

Costos variables

Se denominan variables porque varían directamente cuando se produce un cambio en el nivel de producción. Incluyen los elementos siguientes: ingredientes de formulación (ingredientes activos, emulsores, disolventes, etc.); materiales de elaboración (filtros, nitrógeno utilizado para condicionar la atmósfera, etc.); materiales de embalaje; y materiales auxiliares (vapor, electricidad, aire comprimido, agua, etc.). Para facilitar la preparación del presupuesto, los materiales auxiliares se consideran a veces como costos fijos.

Costos fijos

Se conocen como fijos porque se considera que no varían significativamente cuando se modifica el nivel de producción. Pueden subdividirse en costos fijos directos y gastos generales.

Costos fijos directos

Son costos directamente imputables a las actividades de formulación, envasado, mantenimiento y almacenamiento e incluyen lo siguiente: mano de obra operativa (salarios y horas extraordinarias, pluses por turnos trabajados, gratificaciones, vacaciones, subsidios de enfermedad, aportaciones al fondo de jubilación, aportaciones a la seguridad social, etc.), es decir, el costo directo bruto que representa para la empresa su propia fuerza laboral; mano de obra contratada y ocasional; mantenimiento de las instalaciones (facturas de los contratistas encargados del mantenimiento, costos laborales del personal de mantenimiento, costos de material); servicios públicos (electricidad, combustible, agua, eliminación de desechos, tratamiento de residuos, etc.), cuando no se incluyen dentro de los costos variables; gastos de laboratorio (mano de obra, reactivos, mantenimiento del equipo de análisis, etc.).

Gastos generales

Se trata de los costos de carácter general que no pueden atribuirse directamente a ninguna parte concreta del funcionamiento de la fábrica e incluyen los correspondientes a la administración general, almacenamiento y envío, departamentos de finanzas y servicios generales tales como seguridad, porteros, personal de cantina, enfermeras y servicios de oficina, etc.

Capital de explotación

El capital de explotación incluye los fondos retenidos en las existencias de materias primas y productos acabados, las deudas exigibles, las cantidades adecuadas y los créditos recibidos de los proveedores. A efectos de evaluación es preciso uniformizar según las circunstancias locales los datos relativos a los insumos. Por ejemplo, las existencias de materias primas pueden considerarse equivalentes a tres meses de necesidades anuales, las existencias de productos acabados a un mes de las necesidades anuales y el plazo medio de pago de deudas puede fijarse en un mes. Sin embargo, en la práctica la industria agroquímica es estacional y por lo general se acumulan las existencias hasta que empieza la temporada de aplicación, momento en que, a reserva de las

condiciones climáticas y de la incidencia de las plagas, todas las existencias se venden en breve tiempo.

El número de meses durante los que se mantienen existencias de materias primas sigue el mismo modelo, si bien cuando es preciso importar materiales, como por ejemplo ingredientes activos, muchas veces es necesario mantener existencias durante largos períodos. Cuando se trata de ingredientes de producción local de los que exista un suministro rápido y abundante sólo será necesario mantener existencias por breve tiempo. Los plazos para el pago de deudas varían considerablemente según los países.

Los anteriores supuestos se han utilizado en los cuadros 1 y 2 para calcular el flujo de efectivo de un proyecto típico de fábrica de formulación de plaguicidas. En lo relativo a las existencias de productos acabados, se supone que la mayor parte (de tres a seis meses de producción) será distribuida y comercializada por cuenta de las compañías comerciales de que se trate, que pueden o no integrar la misma empresa.

Acuerdos de financiación

Para financiar el proyecto puede ser necesario o conveniente, según las circunstancias locales, utilizar préstamos de instituciones financieras, de gobiernos o de otras fuentes (organizaciones de ayuda al desarrollo), especialmente si el capital que se requiere no puede obtenerse de fondos propios. En ese caso, los pagos de intereses, los reembolsos de préstamos y, cuando corresponda, los incentivos a la inversión, tienen que incluirse en el cálculo del flujo de efectivo. Como los gastos de capital suelen escalonarse a lo largo de todo el período de diseño, concepción tecnológica y construcción, alcanzando su punto máximo en las etapas finales de construcción de la planta, las partidas del flujo de efectivo tienen que graduarse en consonancia.

Valor residual

El valor residual de un proyecto es el valor de enajenación, después de una determinada vida útil del proyecto, de los activos o negocios, incluso el capital circulante, después de deducir cualquier tributación dimanada de la enajenación y otros costes de cierre, como gastos de restauración del emplazamiento. Sin embargo, a efectos de evaluación, los activos fijos (excluido el terreno) se calculan generalmente según el valor en los libros (coste de adquisición menos la depreciación acumulada en los libros). El terreno se incluye al valor futuro estimado de mercado. Las existencias se venden en el año final de funcionamiento o puede suponerse un valor residual equivalente al coste de mercado o de reposición a finales del período de evaluación (año horizonte). En la práctica, para un proyecto agroquímico se elige un horizonte de 10 años, o inferior, pues no suele ser posible estimar con exactitud un flujo de efectivo que rebase ese período.

Impuesto sobre la renta

El monto del impuesto que habrá de incluirse en el cálculo del flujo de efectivo depende del ingreso fiscal anual neto y de la tasa del impuesto sobre la

CUADRO 1. CALCULO SIMPLIFICADO DEL FLUJO DE EFECTIVO DE UN PROYECTO DE FABRICA DE FORMULACION DE PLAGUICIDAS
(En miles de libras esterlinas constantes del primer año del proyecto)

	Año de ejecución del proyecto								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Gastos de capital	(600)	(1 400)	—	—	—	—	—	—	—
Valor remanente de la fábrica	—	—	—	—	—	—	—	—	800 ^a
Ingresos por ventas (ex fábrica)	—	—	600	900	1 350	1 650	1 950	1 950	—
Derechos de formulación	—	—	50	300	800	800	800	800	—
Ingresos brutos de explotación	—	—	650	1 200	2 150	2 450	2 750	2 750	—
Gastos de explotación									
Fijos	—	—	(200)	(200)	(200)	(200)	(200)	(200)	—
Variables	—	—	(337)	(469)	(687)	(837)	(975)	(975)	—
Totales	—	—	(537)	(669)	(887)	(1 037)	(1 175)	(1 175)	—
Ingresos netos de explotación	—	—	113	531	1 263	1 413	1 575	1 575	—
Depreciación fiscal (10% anual)	—	—	(200)	(200)	(200)	(200)	(200)	(200)	—
Valor del aumento o disminución de las existencias de productos acabados	—	—	82	22	4	11	(5)	0	(114)
Cargas fiscales (50%) ^b	—	—	(0)	(174)	(534)	(612)	(685)	(688)	—
Valor del aumento o disminución de las existencias de materias primas ^c	—	84	33	55	58	34	—	—	(244)
Flujo de efectivo neto anual	(600)	(1 484)	80	302	691	767	890	887	1 158
Flujo de efectivo acumulativo	(600)	(2 084)	(2 004)	(1 702)	(1 011)	(244)	646	1 533	2 691

^aEn la práctica un cálculo de flujo de efectivo se realizaría en moneda del día y por consiguiente el valor remanente de la fábrica y la depreciación fiscal diferirían menos del valor inicial que en el presente cuadro y del valor actualizado neto y la tasa de rentabilidad interna que se deducen en el cuadro 2.

^bSe supone que el 50% de los impuestos se cargan a los ingresos netos de explotación y al aumento de las existencias de productos acabados (que se presume corresponden a las necesidades durante un mes del año siguiente y se valoran con unos costos de producción depreciados en un 10%), después de tener en cuenta la depreciación fiscal de la inversión industrial inicial a razón de un 10% anual.

^cPara simplificar el cálculo de capital de explotación no se ha incluido a deudores y acreedores y se ha supuesto que las existencias de materias primas corresponden a las necesidades durante tres meses del año siguiente.

CUADRO 2. INDICADORES DE RENTABILIDAD DEDUCIDOS DE UN CALCULO SIMPLE DE FLUJO DE EFECTIVO ACTUALIZADO
(En miles de libras esterlinas constantes del primer año del proyecto)

	Año de ejecución del proyecto								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Flujo de efectivo neto anual	(600)	(1 484)	80	302	691	767	890	887	1 158
Flujo de efectivo acumulativo	(600)	(2 084)	(2 004)	(1 702)	(1 011)	(244)	646	1 533	2 691
Factor de actualización a medio año (10%)	0,953	0,867	0,788	0,716	0,651	0,592	0,538	0,489	0,445
Flujo de efectivo actualizado (10%)	(572)	(1 287)	63	216	450	454	479	434	515
Flujo de efectivo acumulativo actualizado (10%)	(572)	(1 859)	(1 796)	(1 580)	(1 130)	(676)	(197)	237	752

- Notas: 1. Las cifras del flujo de efectivo neto anual proceden del cuadro 1.
 2. Cálculo basado en una explotación de seis años y una duración del proyecto de nueve años.
 3. Valor actualizado neto del proyecto con una tasa de actualización del 10% durante los 9 años de duración = 752.000 libras esterlinas.
 4. Tasa de rentabilidad interna del proyecto = 17,9%.

renta aplicable localmente. En muchas partes del mundo se otorgan ciertos incentivos tributarios para estimular el desarrollo de la industria local y éstos deben tenerse en cuenta en el cálculo del flujo de efectivo. Al estimar la deuda impositiva, debe tenerse presente la depreciación fiscal de la inversión.

Cálculos del flujo de efectivo

El flujo de efectivo para un proyecto se obtiene relacionando los ingresos y egresos anuales para un determinado período de años. En el cuadro 1 aparece un flujo de efectivo simple típico para un proyecto de planta pequeña de formulación de concentrados emulsionables en un emplazamiento existente, que no entraña financiación externa. El ejemplo se basa en las presunciones siguientes:

a) El activo fijo se escalonaría a lo largo de dos años, con la mayor parte de la inversión en el segundo año, cuando el equipo de elaboración estuviera instalado;

b) El capital circulante aparece en el año previo al funcionamiento, cuando se acumulan existencias de materias primas, con un aumento gradual en los años siguientes conforme aumentan las ventas.

Los flujos de efectivo deben expresarse en la moneda principal realmente invertida en el proyecto y generada por éste. Cuando interviene más de una moneda, la moneda local debe adoptarse como unidad común de medida, y, de ser posible, han de tenerse en cuenta estimaciones de probables variaciones del tipo de cambio.

Las altas tasas de inflación hacen necesario considerar los efectos de ésta en las distintas partidas de flujos de efectivo. No debe suponerse que todas éstas siguen el ritmo del índice de inflación general para un determinado país, ya que los efectos de los controles de precios, de los aumentos de salarios, etc., en aspectos específicos pueden diferir para partidas diversas del flujo de efectivo. El procedimiento que se recomienda es estimar las partidas de flujo de efectivo en "moneda del día", partiendo de los precios o de los costes unitarios prevalecientes en el año base y utilizando supuestos acerca de las tasas de inflación para los diversos componentes del flujo de efectivo. El flujo neto de efectivo, calculado en "moneda del día", se convierte entonces a moneda constante ajustando los flujos netos anuales de efectivo al valor que habrían tenido en el primer año de gastos de capital, utilizando un índice de inflación general.

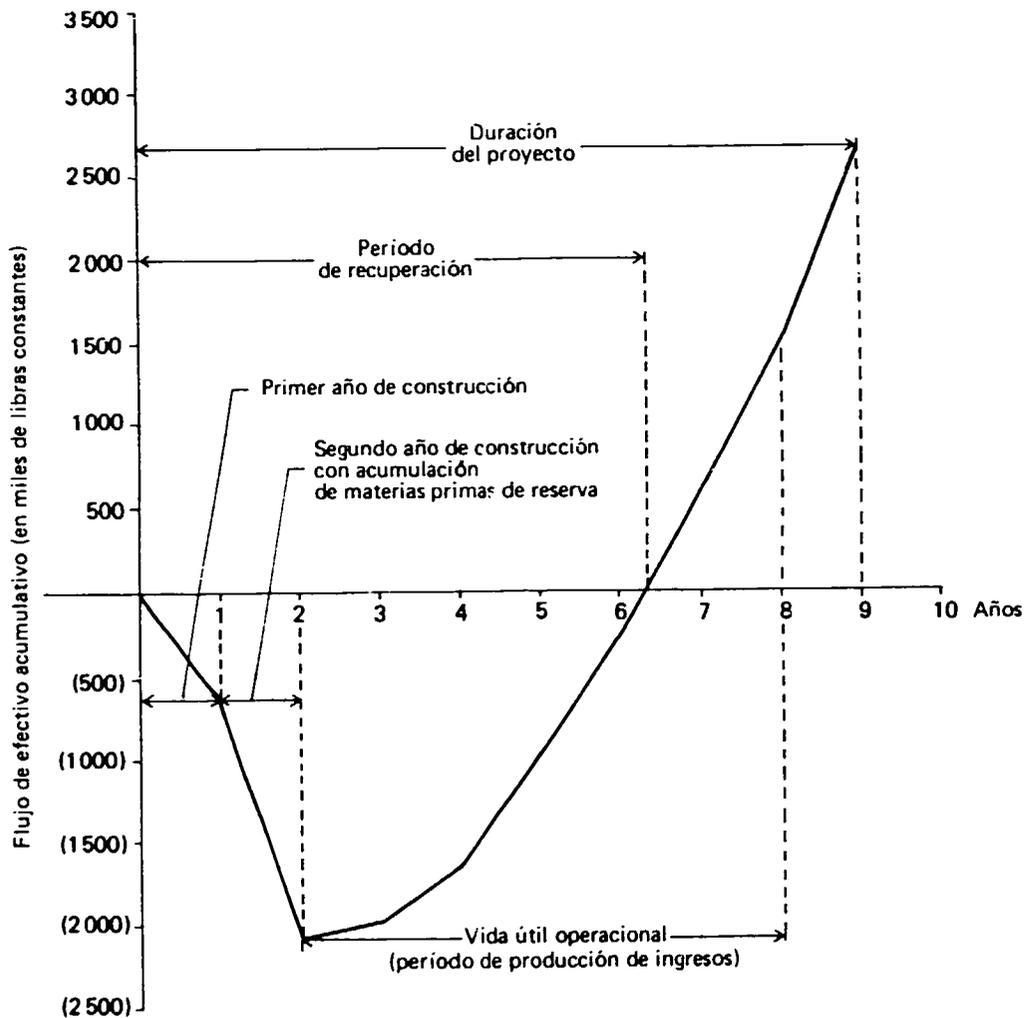
Indicadores de rentabilidad

A continuación se describen los principales indicadores de rentabilidad.

Período de recuperación

El período de recuperación es el tiempo que tarda el flujo de efectivo neto acumulado en moneda constante para que llegue a ser positivo (véase la figura III). El período de recuperación de un proyecto no es una medida de

Figura III. Gráfico del flujo de efectivo acumulativo, en el que se indica el período de recuperación (las cifras del flujo de efectivo se han tomado del cuadro I)



rentabilidad total, ya que nada dice acerca de lo que le sucede al proyecto una vez que se ha alcanzado el período de recuperación. Sin embargo, es un indicador útil para ayudar a evaluar ciertas clases de riesgos. Por ejemplo, si existe la posibilidad de que un proceso resulte anticuado en un plazo breve debido a nuevos avances tecnológicos, entonces una empresa deseará un período corto de recuperación, como de dos a tres años, o aun menor.

Valor actualizado

El valor actualizado es el monto de excedente de caja en moneda constante generado por el proyecto durante su explotación a una determinada tasa de descuento. Por ejemplo, si la tasa de descuento (tasa mínima aceptable de rendimiento de la inversión) se fija en un 10% y un determinado proyecto

genera además del 10% un excedente en efectivo de 2 millones de dólares durante su explotación por ocho años, su valor actualizado es entonces (VA 10 sobre 8 años) equivalente a 2 millones de dólares. Para un cálculo del valor actual la tasa de descuento que habrá de aplicarse al proyecto es la tasa mínima de rendimiento en moneda constante que una empresa aceptaría para una inversión, teniendo en cuenta el grado de exposición a riesgos comerciales específicos.

Tasa de rentabilidad interna

La tasa de rentabilidad interna es la tasa de rentabilidad en moneda constante de la inversión original que probablemente un proyecto genere durante su vida útil. Puede estimarse también como el tipo de descuento que arroja una cifra cero de valor actualizado neto. El cuadro 2 muestra un cálculo de flujo de efectivo actualizado para los datos utilizados en el cuadro 1 y proporciona los indicadores de rentabilidad derivada del valor actualizado y de la tasa de rentabilidad interna.

Análisis de sensibilidad

Antes de adoptar cualquier decisión de construir una planta de formulación, deben determinarse los indicadores de rentabilidad con una variación, por ejemplo, del 10% en los datos del insumo principal. Con los proyectos de plantas locales de formulación, esto suele significar estimaciones del volumen de formulación, precios de venta o ingresos y gastos de capital. A medida que el ámbito de un proyecto se perfila mejor, la estimación de los gastos de capital resulta más exacta perdurando el volumen y el precio de venta como los rubros claves en duda. Si la rentabilidad de un proyecto de planta de formulación se muestra muy sensible a un cambio en el volumen o en el precio de venta, lo que a menudo ocurre, y la estimación parece dudosa, debe entonces ponerse en tela de juicio la sensatez de seguir adelante con el proyecto.

Al analizar el flujo de efectivo de un proyecto es importante también establecer qué parte del excedente del valor efectivo actualizado a la tasa de descuento elegida se debe al valor residual. Si es una parte importante, no constituye entonces un principio acertado justificar un proyecto basado en gran medida en una supuesta venta de los activos al final del año horizonte.

Tendencias futuras en la formulación de plaguicidas

Si bien algunos sectores de productos plaguicidas, en particular los herbicidas, han experimentado un gran desarrollo, existe aún un campo apreciable para la innovación en todos los sectores de productos importantes debido a la caída en desuso de productos a raíz de problemas reglamentarios y de resistencia y a la introducción en el comercio de productos nuevos superiores. Además, el perfeccionamiento continuo de las formulaciones existentes y el desarrollo de nuevos tipos de formulaciones de productos técnicos ya conocidos plantearán a los científicos dedicados a la formulación y

a los formuladores comerciales nuevas interrogantes todavía durante muchos años. En los párrafos siguientes se describen diversas tendencias en la investigación y el desarrollo de plaguicidas, las que influirán mucho en las actividades futuras de formulación tanto en los países desarrollados como en los en desarrollo.

Se espera que en los próximos decenios se hará hincapié en el descubrimiento de nuevos compuestos que sean más activos y selectivos y que puedan utilizarse con un mínimo de riesgo para el productor, el usuario y el medio ambiente en general. Como resultado de esto, los productos básicos conocidos de gran volumen y con un amplio campo de aplicación tenderán a ser reemplazados gradualmente por nuevos productos selectivos con un mercado potencial más limitado. Esto contribuirá evidentemente a la diversidad y complejidad de los procesos locales de formulación. Además, la tendencia actual a los productos más activos con tasas de aplicación tan bajas como de unos pocos gramos por hectárea, contra kilogramos en el pasado, no sólo importará un desafío al diseño y producción de preparados desde un punto de vista tecnológico, sino que afectará también inevitablemente la economía y la viabilidad de las explotaciones locales.

Se están desarrollando nuevos tipos de formulaciones, destinadas principalmente a mejorar el rendimiento del plaguicida para ciertas aplicaciones, a eliminar los efectos secundarios inconvenientes y a disminuir el coste de producción. Los nuevos avances en el sector de los concentrados en suspensión y, en particular, de los gránulos dispersibles en agua, son ejemplos de lo anterior. Las instalaciones convencionales para la formulación de plaguicidas pueden no ser adecuadas para la elaboración de algunos de los nuevos productos, e indudablemente serán necesarias nuevas inversiones.

Con el valor cada vez mayor de los productos derivados del petróleo se prevé un reemplazo de los disolventes aromáticos convencionales por opciones más baratas. Esto podría incluir suspensiones y emulsiones basadas en agua. Se prevé también un paso a productos basados en disolventes aromáticos de alta concentración a fin de reducir los costes unitarios de la formulación. Sin embargo, debido a las bajas tasas de aplicación de muchos plaguicidas modernos, esto significará la utilización de menores volúmenes de formulación por hectárea, lo que puede exigir un desarrollo paralelo en el tamaño y diseño de los envases para facilitar la dosificación más exacta de las formulaciones en los pulverizadores.

El rápido avance de los métodos modernos de cultivo en los países en desarrollo requeriría nuevas técnicas de aplicación de plaguicidas en la protección de los cultivos. La técnica de aplicación en volúmenes ultrabajos ofrece ya grandes ventajas en muchas zonas. En el próximo decenio es posible que se introduzcan a escala comercial otros avances de esta técnica y nuevos progresos en la esfera de las aplicaciones en gotitas controladas y en las técnicas de rociado electrostático. Esos avances podrían también influir mucho en la viabilidad de unidades de formulación diseñadas originalmente para manejar grandes cantidades de formulaciones convencionales.

El conocimiento creciente de los problemas de la seguridad en la utilización, de la higiene laboral y de la conservación del medio ambiente y el avance concomitante de la tecnología en esas esferas, influirá profundamente en el desarrollo de plaguicidas y en el funcionamiento de las fábricas. En la

elaboración de plaguicidas y formulaciones técnicas se prestará más atención a las medidas de protección personal, al diseño, concepción tecnológica y construcción conscientes de la contaminación, a la disminución de ésta, a la eliminación de residuos y a las instalaciones para tratamiento del efluente. Para las pequeñas plantas de formulación el valor de esas instalaciones especiales podría superar la inversión de capital que se requiere para la unidad de producción misma. Al evaluar las oportunidades de nuevas inversiones este aspecto debe examinarse cuidadosamente.

El desarrollo de plaguicidas y formulaciones técnicamente más complejos redundará en la necesidad de instalaciones y procedimientos de control de calidad también más complejos. Esto es ya evidente con la comercialización de isómeros ópticos como ingredientes activos. Los laboratorios de control de calidad tendrán que estar equipados con instrumentos analíticos especiales de alta precisión y para su funcionamiento será necesario disponer de personal calificado. Además, los laboratorios de control de calidad se utilizarán cada vez más como una fuente de desarrollo local de formulaciones.

Las tendencias generales en los esquemas de desarrollo y utilización de plaguicidas y formulaciones que antes se describen demandarán cada vez más un alto grado de competencia profesional, de diversificación y flexibilidad en los sistemas de producción y también en la elaboración de formulaciones. Una actividad local de formulación es más probable que tenga éxito si dispone del apoyo continuo de un esfuerzo importante de investigación y desarrollo. Tanto en la evaluación primera de oportunidades para instalaciones locales de formulación económicamente viables como en el mantenimiento de su viabilidad en el futuro, la cooperación es evidentemente un factor clave.

V. Comercialización y distribución

*M. N. Hill**

En el capítulo anterior se examinaban los criterios económicos sobre los que se basa la decisión de instalar una planta de formulación. En él se subrayaba, con razón, la necesidad de un criterio orientado hacia el estudio del mercado. El presente capítulo se concentra en el concepto de la propia comercialización, de la que forma parte importante la distribución del producto.

Aunque la comercialización se examina desde el punto de vista del fabricante, la actividad en realidad comienza con el cliente, en este caso el agricultor, a quien se puede definir como el usuario final del producto. En realidad, habrá una serie de etapas comerciales intermedias en la cadena de distribución en las que el dinero podrá cambiar de manos, pero la comercialización es el proceso continuo por el cual las necesidades del agricultor se identifican y satisfacen mediante los recursos del fabricante a través de la cadena de distribución. En otras palabras, la comercialización puede considerarse como la integración de todas las operaciones necesarias para alcanzar los siguientes objetivos:

- a) Definir el mercado.
- b) Satisfacer las necesidades del momento y, en la medida de lo posible, anticipar las futuras.
- c) Dirigir el producto a través de todas sus etapas, antes y después de la fabricación, así como durante la misma, hasta que llegue a su último usuario.
- d) Mantener e incrementar la aceptabilidad del producto y del fabricante, especialmente a través de la marca de fábrica, que es símbolo de la calidad del producto.

El proceso de comercialización puede dividirse en cuatro etapas principales que coinciden parcialmente en el tiempo, a saber: investigación del mercado, plan de acción, ejecución y control y retroacción.

Investigación del mercado

Cuando un plaguicida sea susceptible de comercialización, deberán formularse las siguientes preguntas:

- a) Cuestiones relativas a los cultivos:
 - i) ¿Qué cultivos se hallan en peligro y cómo encajan dentro de la estructura agrícola en lo que se refiere a asignación y valor de las tierras?

*Director de Marketing, Actividades Industriales, The Wellcome Foundation Ltd., Londres, Reino Unido de Gran Bretaña e Irlanda del Norte.

- ii) ¿Qué tipo de maleza, insecto, plaga o enfermedad ataca los cultivos, y en qué estación del año se produce dicho ataque?
 - iii) ¿Tienen relación con el ataque las condiciones climáticas?
 - iv) ¿Existe algún peligro para las especies a las que no va dirigido el plaguicida cuando se utiliza éste?
- b) Cuestiones relativas a la situación del agricultor:
- i) ¿Se encuentra el cultivo, ya sea de plantación, con fines comerciales o para el sustento particular, en curso de labranza?
 - ii) ¿Qué ganancia obtiene el agricultor?
 - iii) ¿Se subvencionan los gastos del agricultor?
- c) ¿Llegará el plaguicida al agricultor a través de un distribuidor y posteriormente de un minorista, o es el Estado el distribuidor?
- d) ¿Qué grado de ayuda técnica puede esperar el agricultor de la red de distribución o del servicio estatal de ampliación agrícola?
- e) ¿Existen otros medios de hacer frente a los daños de las cosechas?, y si es así ¿qué características del producto que se intenta comercializar podrán resultar superiores a las de sus competidores?

Se responderá a las preguntas anteriormente formuladas con el fin de permitir al promotor de la venta evaluar el mercado existente, prever las tendencias futuras del mercado y pasar a adoptar las medidas siguientes en el proceso de comercialización.

Plan de acción

La esencia del arte de vender consiste en parte en la habilidad para tomar un producto técnicamente igual a otro y presentarlo de forma tal que ofrezca claras ventajas para el usuario, incluso cuando el precio por unidad del ingrediente activo siga siendo el mismo. El promotor de la venta de un plaguicida tiene varias armas a su disposición, todas las cuales quedan dentro del apartado del plan de acción.

Producto

El promotor ni siquiera vende un producto como un medio de resolver un problema. En otras palabras, en lugar de vender simplemente una formulación de ingredientes activos, el promotor ofrece una formulación específica de calidad buena y uniforme que, por ejemplo, atacará las plagas o se adherirá a las malas hierbas o a los cultivos en condiciones adversas, y cuya aplicación causará el mínimo perjuicio al medio ambiente y a las especies que no se intenta atacar.

Envase

Los envases deberán diseñarse de manera que su contenido se pueda verter y medir con un riesgo mínimo, y cuya cantidad sea tal vez suficiente para aplicarlo a una superficie determinada, reduciéndose así el derrame o la acumulación de existencias, que darían lugar a un posible deterioro y a una inmovilización innecesaria de fondos (véase el capítulo XII). Durante el transbordo de la mercancía hacia el lugar donde ha de venderse y a lo largo de todo el proceso de distribución, los envases sirven como recipientes de almacenamiento del producto. Por consiguiente, el envase deberá ser lo suficientemente resistente para transportar el producto durante periodos largos, especialmente cuando el contenido esté muy concentrado y sea potencialmente peligroso para la vida o el medio ambiente.

Etiquetado

Las etiquetas deberán concebirse no sólo para transmitir la información reglamentaria y otros datos esenciales, sino también para expresar con claridad, mediante el color o el diseño, muchas otras cuestiones de interés (véase el capítulo XII), y posiblemente para establecer un estilo propio de la casa que caracterizará a otros productos de la misma entidad y confirmará su buena calidad.

Proyecto de la planta

La decisión sobre qué formulaciones se habrán de efectuar repercute en el proyecto y aprovisionamiento de la planta y la maquinaria, cuestión ésta que cubren totalmente los capítulos III y IV.

Necesidades de personal

Por último, será necesario planear la organización y contratar al personal. Los servicios requeridos de la red de distribución se examinan detalladamente más adelante.

Ejecución

La tercera fase del proceso de comercialización consiste en la ejecución. Se supondrá que el producto que se ha de formular se basa en un ingrediente activo obtenible a partir de una serie de fuentes diferentes, es decir, que es un tipo de producto básico más que un específico. Este supuesto se basa en que el propietario de un específico tendrá ideas muy firmes sobre cómo comercializarlo y tratará de participar directamente en su venta, incluso cuando el

producto haya de ser formulado por un tercero. En el análisis siguiente, el promotor de la venta de un producto negocia el suministro del ingrediente activo y otras materias primas y componentes.

Costes de producción y de las materias primas

La calidad y el precio del producto terminado dependerán de la habilidad para comprar del promotor de ventas y de la eficacia del proceso de producción y de la gestión (véase el capítulo III). El coste total de fabricación de un plaguicida comprende los gastos fijos de la planta, la amortización y los gastos generales, más el coste de financiar una cantidad muy considerable del capital de explotación, representado por las existencias de los productos terminados (inventario), el coste de los deudores (cuentas por cobrar) y los gastos de ventas, tales como publicidad y el personal de ventas.

Precio de venta

El coste total de fabricación raramente determina el precio de venta, el cual no se basa en una simple fórmula de coste más un beneficio teórico declarado. Los costes se suelen considerar como una coacción para fijar el límite mínimo de los precios. En la determinación de los precios se hace hincapié en consideraciones tales como qué admitirá el mercado, el grado de competencia, y la percepción del consumidor sobre la relación entre el coste del producto y los beneficios obtenidos. La fijación de precios también puede estar determinada por la selección de estrategias específicas de comercialización, por ejemplo, la posibilidad de orientarse hacia costes bajos y un gran volumen de ventas o viceversa. Asimismo, los precios pueden verse afectados por una política gubernamental sobre subvenciones y por los precios que establezca el Estado para los productos agrícolas. Por consiguiente, la comercialización debe considerarse como algo que comienza con el consumidor, y lo que quede después de cubiertos todos los gastos, incluyendo los correspondientes a los intermediarios en la cadena de distribución, es el excedente disponible para el reparto en forma de dividendo y como nueva inversión.

Así pues, una previsión realista del precio de venta es un factor esencial cuando se trate de evaluar la viabilidad de cualquier inversión. Deberá tenerse en cuenta además, sin conceder demasiada importancia a la cuestión, que el precio de venta de un producto en una fábrica local de formulación no tiene por qué ser necesariamente inferior al precio de un producto equivalente importado ya descargado y con los derechos de aduana pagados. Si el producto fabricado localmente no es capaz de competir, el Estado tal vez decida subvencionar los precios o adoptar otras medidas proteccionistas, ya que deseará evitar perjudicar al agricultor, especialmente al agricultor pobre, sustituyendo los productos importados por los locales a precios considerablemente más altos.

Por último, cuando exista más de una planta local de formulación, el Estado tal vez decida contratar el suministro de los productos que necesite mediante subasta pública. En tales casos, puede existir la tentación de cotizar precios basados en el coste marginal de producción, es decir, en los costes

variables solamente (véase el capítulo III). Si la cantidad de que se trate es una parte muy considerable de la producción total de la planta, los resultados pueden ser económicamente desastrosos.

Personal de ventas

La venta de plaguicidas exige personal con conocimientos técnicos que, al vender su producto, pueda ofrecer información especializada a los posibles clientes. Al mismo tiempo, el vendedor debe averiguar las necesidades particulares de sus clientes y transmitir la información a la directiva, desempeñando así un papel esencial en el proceso de comunicación mutua que constituye la esencia de una buena comercialización. La existencia de una gran cadena de distribución dentro del país posibilitará a los principales distribuidores, en cooperación con el personal de ventas del fabricante, enviar sus propios vendedores al terreno. Por lo tanto, es un ingrediente esencial de la actividad de promoción de plaguicidas el componente capacitación, que con frecuencia incluye seminarios y cursos de formación para el personal de ventas del distribuidor. El principal agricultor dentro de una zona puede convertirse en el mejor promotor de los productos, dada la relativa facilidad con que los agricultores se familiarizan con los métodos utilizados por sus vecinos. Es posible ponerse en contacto con los departamentos gubernamentales y conviene hacerlo para asegurarse su apoyo en lo que se refiere a las recomendaciones técnicas convenientemente establecidas.

Por último, si bien la directiva debe tener presente que no se ha efectuado ninguna venta hasta que se haya percibido el pago, una política crediticia bien definida y prudentemente administrada sentará las bases adecuadas para proseguir con el negocio.

Publicidad y promoción

Como la cadena de distribución puede incluir dos o más eslabones entre el fabricante y el agricultor, por lo menos tres grupos humanos deben conocer la existencia, la utilidad y el precio del producto. La función de la publicidad y la promoción es asistir en la comunicación de la información con el fin de dar a conocer el producto y estimular el deseo de comprarlo por primera vez o de seguir comprándolo. Al cumplir esta función presta apoyo tanto al personal del promotor de ventas como al programa de venta del distribuidor principal y de sus puntos de distribución al menudeo. En otras palabras, debe apoyar tanto la venta al distribuidor y al detallista como la venta de uno de ellos o de ambos al agricultor.

Por ser la publicidad un tema complejo y de índole psicológica, este capítulo indicará sólo las diferentes opciones al alcance del promotor de ventas.

Este puede elegir uno o todos los medios de comunicación disponibles para enviar su mensaje, a saber, periódicos, revistas comerciales y profesionales, radio y televisión, cine, carteleras y carteles, exposiciones y ferias comerciales, correo directo, actividades de relaciones públicas como difusión de información a la prensa, publicaciones, incluso material de punto de venta y,

por último pero no por eso menos importante, el etiquetado y envasado. El hábil uso de los medios de comunicación disponibles permitirá al promotor de ventas llegar a todos sus posibles clientes, desde el más alto funcionario público hasta el agricultor más pobre.

El mensaje puede anunciar el lanzamiento de un nuevo producto o simplemente recordar el nombre del producto o bien la estación del año en que debe utilizarse. El medio o los medios de comunicación elegidos deben ser los más adecuados para los destinatarios. El contenido del mensaje con frecuencia ha de cumplir preceptos legales encaminados a asegurar que se presentan correctamente las indicaciones de eficacia y seguridad, junto con las instrucciones adecuadas y las medidas de precaución para el manejo del producto. Si no existe esa reglamentación, tales cuestiones quedan sometidas al arbitrio del promotor de ventas. Aunque la industria en general procede en forma responsable a este respecto, hay no obstante excepciones en las que, por lograr una óptima comercialización de sus productos, se vulneran las normas de toda la industria. Prescindiendo de las exigencias legales, el contenido del mensaje difundido por el anunciante debe considerarse dentro del contexto cultural y social del país. Las comunidades rurales se caracterizan por una fuerte resistencia al cambio y la adhesión a las formas tradicionales. En consecuencia, el mensaje publicitario debe enunciarse claramente y apoyarse en ejemplos prácticos de fácil comprensión.

La publicidad puede insistir en los puntos de venta únicos de un producto o difundir un simple mensaje técnico y comercial que explique sus beneficios para el agricultor. Si el mensaje es técnicamente más complicado, se necesita el contacto personal, la experiencia del vendedor y los servicios de divulgación, demostraciones y reuniones con agricultores. La cadena de distribución tiene que conocer con antelación la frecuencia y la programación de los anuncios publicitarios para que pueda apoyar la campaña a través de sus propios esfuerzos de venta en las tiendas o los de sus vendedores. La presentación comercial, incluido el uso de expositores y de material de punto de venta como por ejemplo recipientes graduados en plástico, sombreros, camisetas y otras prendas con el nombre o el logotipo del producto, difunden el mensaje publicitario entre el público. Representan un grado de refinamiento en la comercialización que puede ir más allá de lo necesario o de lo que puede sufragarse en un determinado país. Pero en un mundo rápidamente cambiante, lo que hoy parece fuera del alcance o novedoso se convierte mañana en algo común. La meta sigue siendo difundir un mensaje que resulte verdaderamente provechoso para el agricultor, pero se fracasará completamente en este intento si éste no tiene a su disposición la infraestructura de distribución o las facilidades de crédito necesarias.

Distribución

Desde el punto de vista del agricultor, el distribuidor o el detallista tiene una función principal, suministrarle el producto idóneo al precio justo y en un envase de la medida adecuada en el momento en que lo necesita. No sólo es posible que el agricultor no pueda comprar el producto con antelación y almacenarlo para su uso posterior, sino aun que tampoco pueda pagarlo hasta

después de vender la cosecha. El distribuidor o el detallista necesita por lo tanto financiar sus existencias y a sus deudores, función ésta que en muchos países puede desplazarse del sector privado al sector público, cuando no es efectivamente asumida por el Estado. Como el distribuidor principal (regional) quizá tenga que transportar suministros a grandes distancias, puede resultar indispensable que el gobierno posea sus propios medios de transporte, procure que se construyan caminos para hacer llegar al agricultor sus suministros y los almacene hasta que se necesiten.

Cuando la distribución queda en manos del sector privado, suele estar a cargo de pequeñas empresas comerciales ubicadas cerca de las zonas de venta. Dichos distribuidores operarán normalmente con una gran variedad de productos agrícolas además de las formulaciones de plaguicidas. Según el nivel de demanda del producto plaguicida, tal vez se requiera un considerable esfuerzo de parte del fabricante para que haya existencias disponibles cuando se las necesite. La lentitud del transporte y la falta de una buena red de carreteras utilizables en toda época dificultan la comunicación. Los plaguicidas son una necesidad estrictamente de temporadas, por lo que es arriesgado predecir niveles de incidencia de las plagas y, en consecuencia, de demanda de plaguicidas. Desde el punto de vista del distribuidor, las existencias inmovilizan capital que podría utilizarse en otro giro de su negocio. Por eso suele ser difícil persuadir al distribuidor a que tenga existencias adecuadas de plaguicidas para satisfacer cada necesidad. Aun cuando se importe el plaguicida en el marco de licitaciones gubernamentales, la reticencia a invertir capital en una esfera tan imprevisible como la lucha contra las plagas puede hacer que cantidades de plaguicidas demasiado pequeñas lleguen con mucha tardanza.

En consecuencia, cabe el diálogo eficaz entre el fabricante y la cadena de distribución para asegurarse de que se disponga de los productos plaguicidas adecuados en el momento y el lugar en que se necesiten. Este proceso puede exigir el apoyo del gobierno por conducto de una planificación futura para hacer frente al posible ataque de las plagas, y de políticas de inversión o fiscales elaboradas para ayudar a mantener los niveles determinados de existencias de plaguicidas. La educación de los usuarios y la reglamentación del uso de plaguicidas contribuirían a armonizar la relación entre la oferta y la demanda de éstos y mejorarían su distribución y disponibilidad.

Cotejo y aprovechamiento de la experiencia

Puede resultar útil compendiar algunos de los factores que la directiva de la empresa ha de examinar al final de la temporada para cotejar los resultados con los pronósticos y prepararse para el año entrante.

Volumen de ventas

El volumen vendido será el volumen facturado al primer cliente, que es normalmente el principal distribuidor. Es mucho más importante evaluar el volumen absorbido efectivamente por el mercado, que dependerá de una

evaluación razonable de las existencias restantes al fin de la temporada en la cadena de distribución. Quizá sólo sea posible obtener una estimación de las existencias del distribuidor principal. La información obtenida servirá de base para el programa de producción del año siguiente, aunque habrá muchos otros factores que considerar, como la incidencia real de las plagas comparada con las estadísticas para un año promedio.

Valor de ventas

El valor facturado bruto recibido menos todos los costes representan el nivel de solvencias. El precio de venta unitario puede exigir una revisión a la luz de la reacción del mercado al que se destina el producto.

Costes

Habrá que responder a las siguientes preguntas:

- a) ¿Correspondieron los costes al pronóstico?
- b) ¿Existe un equilibrio adecuado entre existencias de materias primas, volumen de producción, ventas y existencias de productos acabados?

Información procedente del mercado

Se necesita la siguiente información procedente del mercado, o reacción:

- a) ¿Cuál fue el rendimiento del producto? ¿Qué aspectos positivos y negativos señaló el usuario o el distribuidor?
- b) ¿El producto se consideró bueno?
- c) ¿Resultó el envase eficaz, seguro y de la dimensión correcta?
- d) ¿Se entendía claramente la etiqueta?
- e) ¿Resultó eficaz la publicidad? ¿Qué medio de comunicación resultó más eficaz? ¿Suscitó comentarios la comercialización?
- f) ¿Pudieron comprar los agricultores en el momento y el lugar que desearon?
- g) ¿Vendieron los distribuidores y detallistas a los precios previstos u ofrecieron descuentos extraordinarios?
- h) ¿Cuál fue la reacción de la competencia?
- i) ¿Cuál fue la reacción de las autoridades gubernamentales?

Se necesita evaluar la información anterior y otros extremos para determinar qué medidas pueden ser necesarias antes de iniciar el programa de ventas del año entrante.

Conclusión

El análisis presentado en este capítulo refuerza la opinión de que el negocio de formulación de plaguicidas es una operación orientada hacia el mercado. Al prestar la debida atención a todos los aspectos de este proceso, el promotor de mercado aumenta el valor del ingrediente básico activo y convence al agricultor de que el producto que este último está comprando le ofrece un beneficio indudable a cambio de su desembolso.

VI. Establecimiento de un laboratorio de plaguicidas¹

*D. P. Nag**

El diseño de un proyecto concreto y el funcionamiento subsecuente con éxito de un laboratorio de plaguicidas depende de la identificación precisa de sus funciones, que varían según sus propósitos y objetivos y pueden comprender una unidad de investigación para el descubrimiento y la síntesis de nuevos ingredientes activos², una unidad de investigación y desarrollo de nuevas formulaciones, un organismo regulador y las necesidades normales de una planta de formulación. Por consiguiente, es fundamental examinar las funciones de un laboratorio de plaguicidas para un objeto determinado, antes de considerar el diseño del proyecto y las necesidades básicas del laboratorio. En este capítulo se considerará sólo el laboratorio asociado con las necesidades ordinarias de una planta de formulación (véase la sección sobre productos formulados en el anexo I).

Funciones de un laboratorio anexo a una planta de formulación

La función principal de un laboratorio anexo a una planta de formulación es el control de calidad de los productos. Esta función incluye: análisis de las materias primas e ingredientes necesarios para la formulación, análisis del producto acabado según las especificaciones, ensayo biológico de la actividad plaguicida y, en algunos casos, ensayos de gran toxicidad.

Una función secundaria se relaciona con la supervisión de la salud de los trabajadores de la planta que participan en procesos tóxicos.

Antes de su comercialización es fundamental la identificación y caracterización de un producto químico. Si el producto no ha sido debidamente caracterizado, las partidas posteriores pueden ser diferentes, invalidando así todo ensayo que se haya realizado sobre el material inicial.

*Subdirector de la División de toxicología médica del Laboratorio Central de Insecticidas, Dirección de protección vegetal, cuarentena y almacenamiento, Faridabad (India).

¹Partes de este capítulo fueron actualizadas y tomadas de los capítulos 5 y 7 de la edición de 1972 de esta publicación, *Producción y formulación industriales de plaguicidas en países en desarrollo*, vol. 1, *Principios generales y formulación de plaguicidas* (publicación de las Naciones Unidas, núm. de venta: S.72.II.B.5).

²En el anexo I aparece una selección de la gama muy amplia de datos que se requieren para el registro y la certificación de un nuevo ingrediente activo. La sección sobre productos formulados es aplicable al laboratorio que se examina en este capítulo.

Antes de que se autorice el empleo de los productos, deben realizarse determinaciones sobre la estabilidad del plaguicida técnico y sus formulaciones, y la estabilidad de los productos debe demostrarse para la duración requerida de almacenamiento. Es necesario probar que los productos no se degradan apreciablemente debido a un almacenamiento prolongado o a un almacenamiento en condiciones adversas, como el calor o la humedad. Esto es pertinente en el contexto de las instalaciones de almacenamiento de que se disponga y de las prácticas seguidas por los agricultores de los países en desarrollo. Aun un plaguicida como el malatión, con buenos antecedentes de seguridad, causó 2.500 casos de envenenamiento en el Pakistán en 1976 entre los encargados de la pulverización contra la malaria, cinco de los cuales fueron fatales¹. Una investigación realizada por la Organización Mundial de la Salud en colaboración con diversos laboratorios demostró que el accidente se debió a una impureza tóxica importante, el isomalatión.

Las impurezas se forman a veces durante el almacenamiento como resultado de la acción recíproca del ingrediente activo y portadores inertes o diluyentes. En consecuencia, es necesario estudiar la toxicología de las formulaciones plaguicidas después de someterlas a un almacenamiento acelerado y a condiciones naturales de almacenamiento a largo plazo, especialmente en países tropicales.

Necesidades del laboratorio

En las secciones siguientes se describen algunas necesidades típicas de un proyecto de laboratorio anexo a una unidad de formulación y abarcan la ubicación, los locales, el equipo y el personal del laboratorio. El laboratorio puede variar desde una organización sencilla compuesta de diversos técnicos químicos que realizan los ensayos físicos para la determinación del tamaño de las partículas (tamizado) y la emulsificación y análisis químicos de los ingredientes activos, hasta una plantilla de químicos profesionales que desarrollan métodos analíticos, analizan todas las formulaciones acabadas, comprueban las especificaciones de todas las materias primas y realizan los ensayos relativos a la contaminación recíproca (véase también el capítulo VIII). Independientemente del tamaño del laboratorio, deben tomarse muestras suplementarias y para análisis de todas las materias primas y de cada lote o tanda del producto acabado. Todo el trabajo de análisis de muestras recibidas en el laboratorio debe archivararse para que sirva de referencia fácil en caso de reclamaciones y de una posible inspección oficial, como lo requiere una buena práctica de laboratorio.

Ubicación y construcción

Siempre es conveniente establecer el laboratorio de plaguicidas en el mismo lugar de la unidad de formulación, pero no contiguo a la planta de elaboración. Indudablemente que es recomendable ubicar el laboratorio cerca de la administración, ya que un laboratorio limpio y bien equipado puede

¹Organización Mundial de la Salud, Serie de Informes Técnicos, No. 634, 1979.

ser también un ejemplo relevante de una instalación generalmente bien administrada. Es conveniente también en el contexto de los países en desarrollo ubicar el laboratorio en un lugar en el que las fluctuaciones de temperatura sean mínimas, para minimizar así el costo de mantenimiento que supone la instalación de aire acondicionado en el laboratorio. El diseño concreto del edificio varía, dependiendo de la disponibilidad local de edificios ya construidos, de materiales de construcción, etc.

Instalaciones

El laboratorio debe tener alimentaciones de energía, aire acondicionado (si es necesario) y servicios de mantenimiento. El edificio o edificios del proyecto pueden ser estructuras renovadas o de construcción reciente.

Probablemente algunos países podrán atender en gran parte a sus propias necesidades. Sin embargo, la maquinaria, el equipo de formulación, los reactivos, la cristalería, los aparatos científicos, los instrumentos, las campanas extractoras de humo y los libros y revistas para la biblioteca deberán ser generalmente importados. El transporte terrestre y marítimo de los aparatos de vidrio y del equipo electrónico y de análisis es caro, largo y arriesgado; a menudo, la manipulación es descuidada, causando desperfectos al equipo. Ese tipo de daños es evitable si la dirección del proyecto puede organizar, por conducto de los departamentos oficiales correspondientes, una vigilancia y una manipulación especiales de las cajas y paquetes en los muelles y en el transporte al laboratorio.

Equipo e instrumentos del laboratorio

En el diseño de un laboratorio de control de productos químicos la seguridad reviste primordial importancia. Otro aspecto importante es el aseo o limpieza para eliminar la contaminación recíproca durante el análisis de muestras. Así, es de suma conveniencia una sala con buena ventilación ubicada no directamente al lado de las instalaciones de elaboración y envase.

Es imperativo disponer de una campana extractora de humos con buena ventilación y a prueba de explosiones para realizar operaciones con materiales tóxicos o muy inflamables. Son indispensables un lugar de almacenamiento de disolventes a prueba de explosiones y lugares de almacenamiento seco y refrigerados para los productos acabados. Más adelante, en la sección sobre seguridad del laboratorio, se examinan otros aspectos de seguridad.

En el anexo II aparece una lista de instrumentos básicos para un laboratorio de control de productos químicos bien equipado. La mayoría de estos instrumentos se requieren para satisfacer las *Specifications for Pesticides Used in Public Health* (Especificaciones para los plaguicidas empleados en sanidad pública), de la Organización Mundial de la Salud.

Un cromatógrafo gas-líquido es actualmente uno de los instrumentos analíticos más comúnmente utilizados para los análisis de formulaciones (véase el capítulo VII). Entre otras ventajas, tiene la de ser una prueba rápida, reproducible y fácil. Debido a que los detectores son muy sensibles, como el detector de ionización por llama, es necesario analizar cantidades más

pequeñas del producto, reduciendo así las interferencias de impurezas y otros componentes de la formulación que complicarían los métodos espectrofotométricos y requerirían limpieza antes de los análisis finales. En consecuencia, el método de cromatografía gas-líquido (CGL) se presta para analizar muchas muestras por día. Como un ejemplo de la aceptación de esta técnica de análisis de formulación, diversos laboratorios de control de calidad de productos químicos de formuladores importantes que trabajan por encargos poseen sólo un aparato CGL y una microbalanza como su instrumentación analítica y pueden cumplir los servicios requeridos por su empresa cliente.

La cromatografía en capas delgadas (CCD) es otro procedimiento analítico muy sencillo que no requiere servicios de reparación electrónica complejos. Esta técnica puede emplearse para ensayos de identificación química y de contaminación recíproca. Tanto la cromatografía de gas-líquido como la cromatografía en capas delgadas pueden realizarlas técnicos después de un periodo de capacitación relativamente breve. Con estos dos procedimientos y una inversión de capital modesta se puede llevar a cabo gran parte del trabajo de análisis para el control de calidad de formulaciones de plaguicidas.

Biblioteca y libros de consulta

Como muchas instalaciones de formulación y laboratorios de control químico asociados pueden estar ubicados en una zona aislada lejos de una buena biblioteca, se recomienda establecer una selección básica de libros de consulta y periódicos científicos. Al final de este capítulo se encontrará una lista seleccionada de publicaciones que se recomiendan.

Seguridad del laboratorio

Ya al iniciarse la fase de planificación de un laboratorio, debe tenerse muy en cuenta la seguridad (véase también el capítulo X). Al encargar suministros para el proyecto debe incluirse el equipo habitual de seguridad para el laboratorio, como gafas protectoras, guantes de goma, mandiles, etc. No debe descuidarse la instalación en el laboratorio de extintores de incendios y mangueras de seguridad con válvulas de apertura rápida y cabezales de aspersión. Debe instalarse equipo de primeros auxilios y servicios para la higiene del personal. Como antes se dijo, es obligatoria una campana extractora de humos que tenga buena ventilación. Deben seguirse los mismos procedimientos para la eliminación de residuos y desechos del laboratorio que se indican en el capítulo III.

Es preciso abstenerse de comer, beber o fumar en el laboratorio. Todas éstas son reglas de sentido común y se deberá ejercer una buena supervisión para tener la seguridad que se respetan.

La administración del laboratorio debe destacar la necesidad de la seguridad para todo el personal relacionado con él. La comprensión de la seguridad y la actitud hacia la prevención de accidentes puede no ser tan usual como en ciertos países industriales altamente desarrollados. El mejoramiento de esta situación demanda educación y paciencia. Probablemente una de las

primeras medidas debe ser la formación de un comité de seguridad integrado por miembros del personal. El comité debe establecer y aplicar un programa de seguridad práctico que incluya el cumplimiento de un código básico sencillo de normas esenciales de seguridad.

Personal

El director o supervisor del laboratorio será normalmente responsable del control de calidad del producto. Esta persona, o el químico analista responsable ante ella, deben tener título universitario.

El químico analista asumirá la responsabilidad de la macrodeterminación de la composición porcentual de los productos técnicos, materias primas y fórmulas finales. Sin embargo, muchas pruebas, tales como los análisis mediante tamizado, la determinación de la gravedad específica, etc., pueden correr a cargo de técnicos previamente capacitados, ya que la mayoría de estas pruebas son de rutina, si bien de la interpretación de los resultados debe responsabilizarse un químico profesional.

Algunos laboratorios de formulación quizá no puedan realizar todas las pruebas necesarias en sus instalaciones. Una de las razones puede ser que el único método existente para ensayar el ingrediente activo requiera un instrumento de análisis del que no se disponga en las instalaciones. En este caso será necesario enviar las muestras a un laboratorio analítico oficial o comercial capacitado.

Puede ser conveniente que entre el personal exista un técnico en electrónica. Dado que los instrumentos constituyen actualmente parte esencial de los procedimientos de análisis químico, el técnico en electrónica será de utilidad inestimable para mantener los instrumentos en condiciones adecuadas. A menudo, se pierde mucho tiempo y la producción se retrasa cuando los instrumentos se estropean y no hay expertos ni piezas o utillaje para su reparación.

Es necesario un funcionario administrativo para acelerar la gestión de suministros locales, coordinar los procedimientos burocráticos y los servicios en los locales, y supervisar al personal de oficina y de servicios.

La capacitación de personal será una parte integrante del plan de operaciones del laboratorio. Además del personal científico calificado, son importantes otros varios niveles de formación. El personal científico puede recibir su formación académica y su especialización en el propio país, o bien puede tener la oportunidad de continuar su formación y especializarse en cuestiones plaguicidas en el extranjero, mediante becas y otras disposiciones. Pero un proyecto necesita para funcionar técnicos calificados que puedan ayudar al personal científico y permitir un uso más eficiente de ese personal, que es escaso. En los países en desarrollo, no debe pasarse por alto la necesidad de técnicos calificados o semicalificados; ese personal deberá poder manejar con seguridad y eficiencia reactivos, equipo e instrumentos sencillos, y contar, medir, pesar y tomar muestras significativas. Los técnicos calificados pueden asumir funciones más importantes a medida que aumenta su competencia; por lo tanto, esos puestos deben tener más incentivos y más prestigio.

Los supervisores deben hacer que la capacitación constituya parte integrante del laboratorio ya que es esencial la formación profesional de nuevo

personal, especialmente en lo relativo a la manipulación segura de los productos químicos y a la higiene personal. También puede disponerse de asistencia técnica de los organismos de las Naciones Unidas y otras organizaciones tales como la Agencia para el Desarrollo Internacional, de los Estados Unidos. Las solicitudes para conseguir asistencia de esta clase deben elevarse por los conductos oficiales apropiados.

ANEXO I

DATOS QUE DEBEN PROPORCIONAR LOS LABORATORIOS DE PLAGUICIDAS DEDICADOS AL DESCUBRIMIENTO Y SINTESIS DE NUEVOS INGREDIENTES ACTIVOS

Información necesaria sobre propiedades químicas y físicas

Ingredientes activos

- Fórmula estructural
- Nombre químico
- Fórmula empírica y peso molecular
- Número o números de clave del fabricante
- Temperaturas de fusión y de ebullición y temperatura de descomposición
- Presión del vapor (preferiblemente a 20°C; únicamente cuando supere 10^{-5} milibares)
- Solubilidad en agua (preferiblemente a 20°C)
- Coefficiente de distribución entre el agua y un disolvente no miscible
- Contenido mínimo del ingrediente activo, en porcentaje del peso
- Contenido máximo de impurezas de fabricación pertinentes y aditivos, en porcentaje del peso

Productos formulados

- Contenido de ingrediente activo
- Componentes incluidos en la formulación del producto comercial, por ejemplo, ingrediente activo, agentes auxiliares e inertes
- Estabilidad de almacenamiento (tanto en lo relativo a la composición como a las propiedades de aplicación)
- Gama de densidades (en el caso de líquidos únicamente)
- Inflamabilidad: Líquidos (temperatura de inflamación)
- Sólidos (debe declararse si el producto es inflamable)
- Acidez
- Alcalinidad
- Contenido de humedad
- Densidad volumétrica (polvos)
- Humectabilidad (para los polvos dispersibles)
- Espuma persistente (para las fórmulas aplicadas en agua)
- Suspensibilidad (para los polvos dispersibles y los concentrados en suspensión)
- Prueba de tamizado en seco (para gránulos y polvos espolvoreables)
- Estabilidad de la emulsión (para los concentrados emulsionables)

Datos sobre la eficacia del producto

- Efectividad
- Fitotoxicidad

Desplazamiento en la planta o el animal tratado
Persistencia en el suelo, el agua, etc.
Compatibilidad con otros productos químicos
Instrucciones con respecto a la dosis (concentración)
Tiempo de aplicación, tipo de aplicación, equipo y manera como debe utilizarse el insecticida en el momento de la aplicación

Datos experimentales sobre residuos

Métodos de muestreo y análisis de residuos en alimentos y piensos, en el agua y en el suelo, y en la fauna
Nivel de residuos previsto en los cultivos combustibles y en el suelo, es decir: cantidad de residuos registrada con arreglo a prácticas agrícolas adecuadas, y curva de desaparición del residuo

Datos experimentales en materia de seguridad

Estudios de toxicidad aguda en mamíferos

Oral
Dérmica
Por inhalación
Irritación de ojos y piel
Sensibilización de la piel

Estudios de toxicidad subaguda en mamíferos

Oral, 90 días
Dérmica, 21 días
Por inhalación, 14 días

Estudios toxicológicos complementarios en mamíferos

Estudios de toxicidad crónica
Neurotoxicidad
Teratogénesis
Efectos en la reproducción
Carcinogénesis
Sinergismo y potenciación
Metabolismo
Efectos tóxicos de los metabolitos y residuos procedentes de plantas tratadas

Información sobre peligros para la fauna

Toxicidad para: Aves (toxicidad aguda)
Peces (toxicidad aguda)
Abejas
Ganado
Animales salvajes

Estabilidad de la fórmula propuesta

Estabilidad en diferentes condiciones agroclimáticas
Tasa de descomposición
Identidad de los productos de descomposición

ANEXO II

LISTA SELECCIONADA DE INSTRUMENTOS DE ANALISIS DE UN LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD DE PLAGUICIDAS

Cromatografía gas-líquido

- Columnas de vidrio
- Detector de llama por ionización hipersensible
- Electrómetro: sensibilidad, 10-11 A; desviación 1% por hora
- Registrador de banda o integrador electrónico numérico, alcance i mV, o computadora para medición de área

Balanza analítica

Medidor de pH

Espectrofotómetro o colorímetro fotoeléctrico: rayos infrarrojos y ultravioleta, espectro visible

Vibradora de tamices para pruebas

Bloque para medir la temperatura de fusión

Aparato de Karl Fischer para determinar el contenido de agua

Medidor cerrado para determinar la temperatura de inflamación

Bomba de Parr o frasco de Schoniger para medir el cloro total

Aparato de cromatografía en capas finas, incluido un densitómetro automatizado (optativo)

LISTA DE PUBLICACIONES SELECCIONADAS SOBRE PLAGUICIDAS

Libros

- Berg, Gordon L., *ed.* 1982 Farm chemicals handbook, Willoughby, Ohio, Meister: 1982 Revisión anual. "Pesticide dictionary".
- Blalock, C., J. Shaughnessy y D. Johnson. Acceptable common names and chemical names for the ingredient statement on pesticide labels. 4.^a ed. Washington, D.C., Environmental Protection Agency, 1979.
- CIPAC handbook. Preparado por R. de B. Ashworth y col. Harpendon, Reino Unido, Collaborative International Pesticide Analytical Council, 1973. v.1.
- Guidelines on analytical methodology for pesticide residue monitoring. Washington, D.C., Federal Working Group on Pest Management, 1975.
- Herbicide handbook of the Weed Science Society of America, Champaign, Illinois, Weed Science Society of America, 1974.
- Horwitz, W., *ed.* Official methods of analysis. 13.^a ed. Washington, D.C., Association of Official Analytical Chemists, 1980.
- Manual of chemical methods for pesticides and derives. Washington, D.C., Association of Official Analytical Chemists, 1976.
- Specifications for pesticides, insecticides, rodenticides, molluscicides, herbicides, auxiliary chemicals, spraying and dusting apparatus. Ginebra, Organización Mundial de la Salud, 1967.

- Spencer, E. Y. Guide to chemicals used in crop protection. London, Ontario, Research Institute, Departamento de Agricultura del Canadá, 1973.
- Wiswesser, W. J. *ed.* Pesticide index. College Park, Maryland, Entomological Society of America, 1976.
- Worthing, D., *ed.* The pesticide manual, 6^a ed. Worcestershire, Reino Unido, British Crop Protection Council, 1979, 655 p.
Dirigido anteriormente por H. Martin.
- Zweig, G. y J. Sherma, *eds.* Analytical methods for pesticides, plant growth regulators and food additives. Nueva York, Academic Press, 1963-1982. v. I-XII.

Publicaciones periódicas

- Journal of agricultural and food chemistry (Washington, D.C.).
- Journal of pesticide science (Saitama, Japón).
- Journal of the Association of Official Analytical Chemists (Washington, D.C.).
- Journal of the science of food and agriculture (Londres).
- Pesticide abstracts (Washington, D.C.).
- Pesticide monitoring journal (Washington, D.C.).

VII. Principios de análisis de formulaciones plaguicidas

*W. R. Bontoyan**

Los métodos de análisis utilizados por los laboratorios reguladores para determinar el contenido de plaguicidas de productos comerciales deben ser lo más concretos, rápidos, precisos y sencillos posible.

Durante los decenios de 1950 y 1960 en el análisis instrumental predominó la espectrofotometría en infrarrojo. En los Estados Unidos sólo a finales del decenio de 1960 la cromatografía gas-líquido (CGL) pasó a ser el método de análisis instrumental de formulaciones plaguicidas más comúnmente utilizado. Sin embargo, el análisis CGL de productos formulados no llegó a ser corriente en muchos países europeos hasta la segunda mitad del decenio de 1970. En los Estados Unidos, el análisis de formulaciones plaguicidas por cromatografía en capas finas (CCF) fue objeto de gran utilización en el decenio de 1960 y a comienzos del de 1970, como un medio para detectar contaminantes y ciertas impurezas asociados con la elaboración de formulaciones plaguicidas.

En el Segundo congreso internacional de química de los plaguicidas, Bontoyan y Caswell [1] examinaron en detalle los diversos aspectos del análisis de formulaciones. Si bien su estudio proporciona aún información general importante sobre técnicas que utilizan diversas formas de análisis químicos, ha llegado el momento de examinar y considerar un ámbito más amplio de los análisis de formulaciones que incluya tanto los análisis químicos por vía húmeda como los análisis instrumentales. La tendencia actual en Europa occidental y en América del Norte es hacia el análisis por alto rendimiento o por cromatografía líquida de alta presión (CLAP), que es tan rápida como la CGL y tiene las ventajas adicionales de que la descomposición química debida a las altas temperaturas es muy escasa o nula y que las tasas del flujo se pueden variar. Puede utilizarse también con disolventes individuales o en combinación con otros disolventes móviles para lograr la separación y resolución. Actualmente la CLAP se utiliza principalmente con sistemas de detección en ultravioleta, con la posibilidad de seleccionar una longitud de onda específica para una absorbencia máxima. Existen también sistemas de detección por fluorescencia y sistemas experimentales que emplean el análisis químico por descomposición térmica de resistencia de cursor con detectores específicos (como fósforo y nitrógeno), pero estos sistemas son actualmente de menor importancia.

*United States Environmental Protection Agency, Washington, D.C. (Estados Unidos). Lo expuesto en este capítulo representa las opiniones personales del autor y no refleja necesariamente las oficiales del Gobierno de los Estados Unidos.

El empleo por los laboratorios reguladores de análisis por CCF fue probablemente la causa directa de la minimización de la contaminación recíproca, hasta el punto en que ya no se considera generalmente un problema importante en los Estados Unidos. Si bien la CCF es aún una herramienta valiosa de análisis, ha perdido terreno frente a la CGL que puede ser empleada, especialmente por los fabricantes, para detectar contaminación a niveles que están muy por debajo de la sensibilidad de la CCF. Sin embargo, algunos países en desarrollo emplean la CCF para estimar los residuos plaguicidas en materiales a granel y en productos formulados. Sus laboratorios utilizan la CCF debido a la falta de gas portador para los análisis por CGL y de disolventes de calidad para la CLAP, a los efectos adversos de la gran humedad sobre los espectrofotómetros en infrarrojo y cubetas salinas y a que no se dispone de mantenimiento adecuado de los instrumentos. En consecuencia, la CCF, en conjunto con el análisis químico en húmedo, representarán probablemente parte importante del análisis de formulaciones en los países en desarrollo durante muchos años.

Los laboratorios de la Association of Official Analytical Chemists (AOAC) y de la Environmental Protection Agency (EPA) de los Estados Unidos, en estrecha cooperación con laboratorios de los Estados, han hecho avances importantes en el fomento del empleo de la CLAP. En un futuro próximo, el análisis por columnas capilares CGL puede llegar a ser el método principal de análisis para las formulaciones plaguicidas.

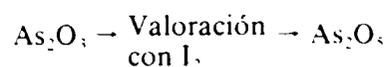
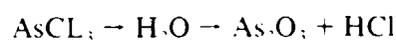
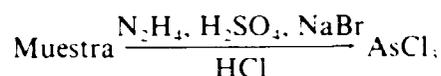
Si bien la CLAP y la CGL convencional son los métodos primarios de análisis, todos los tipos de análisis deben utilizarse en vista de los más de 30.000 productos plaguicidas registrados para la venta sólo en los Estados Unidos. Teniendo esto en cuenta, más adelante se describen métodos diferentes expuestos en la publicación de la AOAC *Official Methods of Analysis* [2] y en el *Manual of Chemical Methods for Pesticides and Devices* de la EPA [3]. Si es posible, para los análisis regulatorios deben emplearse siempre los métodos de la AOAC. Estos métodos han sido estudiados en colaboración y sujetos a análisis estadísticos estrictos. Otro conjunto de métodos que han sido objeto de tales ensayos rigurosos son los del Collaborative International Pesticides Analytical Council (CIPAC) [4]. Los métodos de la EPA han sido examinados a fondo por químicos analíticos federales y estatales de los Estados Unidos y aceptados por consenso general. Todos los métodos de la EPA han sido sometidos al menos a análisis de confiabilidad en el laboratorio de origen y por lo general no son impugnados en caso de litigio. A continuación aparecen resúmenes breves de algunos métodos por vía húmeda clásicos y cuadros que contienen parámetros de análisis instrumental utilizados por laboratorios reguladores en todo el mundo.

Métodos generales (química húmeda)

Un número importante de plaguicidas se prestan a análisis químicos por vía húmeda clásicos. Si bien muchos de esos plaguicidas pueden analizarse por métodos complejos, como la absorción atómica (AA), puede ser difícil justificar

el valor del equipo que se requiere teniendo en cuenta la frecuencia del empleo de tales métodos de análisis por los laboratorios reguladores. A continuación se describen brevemente diversos métodos químicos por vía húmeda que aún se emplean en el análisis de formulaciones plaguicidas.

Arsénico [2]

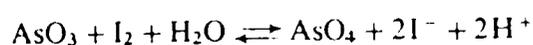


Descripción de métodos aplicables a arseniacales inorgánicos

Una muestra que contenga aproximadamente 0,4 g de As se hace hervir en 50 ml de una solución de sulfato de hidracina y bromuro sódico durante 2 a 3 minutos, agregándosele luego 100 ml de HCl. El destilado se retiene en dos matraces receptores que contengan H₂O, concentrados uno a continuación del otro.

El contenido de los matraces receptores se traspasa a matraces de 1 litro y una alícuota de 200 ml se valora con una solución normal de I₂ al punto final de almidón. El porcentaje de As se calcula como As₂O₃ o As₂O₅. En la publicación de la AOAC *Official Methods of Analysis* [2] aparece un diagrama del aparato.

Arsénico (arsenito y arseniato sódicos) [3]



El arsénico en formulaciones acuosas que no contengan ninguna otra sustancia oxidable o reducible puede valorarse directamente con yodo para el arsenito y, después de la reducción, para el arseniato. La determinación de los compuestos de arsénico inorgánico en las formulaciones que contengan sustancias orgánicas requiere la oxidación de la sustancia orgánica con HNO₃ y H₂SO₄, seguida de la reducción con KI y la valoración con una solución normal de yodo.

Clorotoluro y cloroxurón [2]

La formulación plaguicida se extrae con CH₂Cl₂. El ácido libre se remueve con ácido y el extracto se hidroliza por álcali a Me₂NH que se destila. El destilado se valora con ácido normal. Los subproductos relacionados que pueden interferir se determinan semicuantitativamente por CCF.

Cobre [2]

Este método, que lleva consigo la determinación del electrólito, es aplicable al cobre inorgánico y al cobre en presencia de material orgánico o asociado con éste. Se somete a electrólisis una solución que contenga cobre (oxidada hasta su máximo estado de valencia); el cobre se electrodeposita sobre un cátodo de platino y se pesa.

Se pesa una muestra que contenga de 50 a 100 mg de Cu en un matraz Kjeldahl de tamaño apropiado y se oxida hasta que la solución se aclare. La solución se transfiere a un recipiente graduado de 250 ml, el volumen se ajusta a 200 ml y la electrólisis se lleva a cabo utilizando un ánodo rotatorio y un cátodo calibrador ponderado con una corriente de 2 a 3 A. Una vez que se haya depositado todo el cobre (en 30 minutos aproximadamente), se añaden de 15 a 20 ml de H₂O al electrólito y se continúa la electrólisis durante unos minutos más. Si no se produce una nueva deposición sobre la superficie recientemente expuesta del electrodo, se lava con H₂O sin interrumpir la corriente. El cobre depositado se pesa tras lavarlo con alcohol y secarlo.

Naftenato de cobre [2]

Una muestra con un contenido aproximado de 0,2 g de Cu se hace reaccionar con NO₃H liberando el naftenato orgánico, el cual, junto con otros materiales orgánicos, se separa con éter de petróleo. El cobre en solución acuosa se deposita electrolíticamente sobre un cátodo de platino y se pesa.

Hipoclorito sódico, cloro disponible, hipoclorito cálcico [2]

El cloro tal como se obtiene reacciona con una solución normal de As₂O₃ excedente. El As₂O₃ excedente se contravalora con una solución normal de I₂ hasta la fase final en la obtención del almidón. El porcentaje de cloro disponible se determina mediante la diferencia entre el miliequivalente total de As₂O₃ añadido y el número de miliequivalentes de I₂ utilizados para contravalorar.

Captán [3]

El método es aplicable a la formulación de captán de gran concentración y se basa en la medición del cloro hidrolizable contenido en el captán. La presencia de cualquier material que contenga cloro hidrolizable sería perturbadora. El cloro de la muestra se mide antes y después de la hidrólisis. La cantidad de captán presente es proporcional a la diferencia entre las cantidades de cloro inicial y final.

Herbicida de clorotriazina [3]

Se utiliza una valoración potenciométrica con NO₃Ag para determinar el cloro iónico total. Este incluye cloro procedente de la clorotriazina mediante

tratamiento con morfolina y cualquier otro cloro inorgánico presente en la muestra. El cloro inorgánico se sustrae del cloro total y el cloro orgánico resultante se calcula como un herbicida de clorotriazina.

Dioncap [3]

Como el nitrógeno se halla presente en forma de nitrato (oxidado), hay que convertirlo a la forma de amino (reducida) antes de determinarlo mediante el procedimiento normal Kjeldahl. Esto se realiza haciendo reaccionar la muestra con ácido salicílico y ácido sulfúrico concentrado para formar ácido nitrosalicílico. La adición de un agente reductor, tal como el zinc, reduce entonces el grupo de los nitratos a un grupo de aminos, formando el ácido aminosalicílico. Este compuesto se digiere con ácido sulfúrico concentrado en estado de ebullición en presencia de un catalizador oxidante para formar sulfato amónico a partir del aminonitrógeno. La solución se hace entonces fuertemente alcalina, y el amoniaco liberado es destilado y absorbido en ácido normal.

Bisditiocarbamatos de etileno (BDCE) [2]

El BDCE se digiere con SO_4H_2 para separar el S_2C . El S_2C se fija en una solución de metanol y KOH para formar el correspondiente xantato, que se valora con una solución normal de I_2 hasta la fase final en la obtención del almidón.

Diurón, monurón [3]

La dimetilamina se separa mediante hidrólisis alcalina. La dimetilamina se destila y valora con ácido normal.

Endosulfán [3]

La determinación se basa en la hidrólisis alcalina del endosulfán para producir sulfato sódico, que se hace reaccionar con un excedente de una solución acidulada normal de yodo. El excedente de la solución de yodo se valora con una solución normal de tiosulfato sódico. El endosulfán se calcula a partir de la cantidad de yodo utilizada por el sulfito sódico.

Endotal [3]

La muestra se neutraliza con SO_3H_2 debido al hidróxido sódico residual procedente de la fabricación. Después se evapora y se incinera para convertir el ácido carboxílico en carbonato que se determina mediante la acidimetría. Las sales de ácidos carboxílicos distintas del endotal son perturbadoras. Si el sulfato amónico se halla presente, éste debe ser volatilizado.

Etilhexanodiol [3]

El anhídrido acético se hace reaccionar con grupos hidroxílicos de etilhexanodiol y el excedente se valora con hidróxido de sodio. Los alcoholes, los glicoles, los fenoles y los grupos amino en las aminas primarias y secundarias deben separarse antes del análisis.

Nitrofenoles (por ejemplo, DNOC) [3]

Un volumen de una solución de cloro estannoso superior al que necesita una porción ponderada de la muestra se valora con $\text{Cr}_2\text{O}_3\text{-K}_2$ normal sin hacerlo reaccionar con la muestra. Una segunda porción idéntica se hace reaccionar con la muestra y el exceso se valora. La diferencia en las valoraciones representa la cantidad equivalente de $\text{Cr}_2\text{O}_3\text{-K}_2$ en la muestra. Otros compuestos oxidantes, reducibles mediante cloro estannoso, se valoran con $\text{S}_2\text{O}_3\text{Na}_2$ normal y se sustraen como miliequivalentes de los miliequivalentes del $\text{Cr}_2\text{O}_3\text{-K}_2$ de la muestra. Los nuevos miliequivalentes son iguales al compuesto de nitrofenol de la muestra.

Estaño en compuestos organoestánnicos [3]

El compuesto organoestánnico se digiere con SO_3H_2 y con NO_3H , se lo reduce con Ni y Fe, y se lo valora con IO_3K y almidón como estaño elemental. Luego se lo calcula para el compuesto organoestánnico específico.

Piretrinas I y II [3]

Las piretrinas se hidrolizan con hidróxido sódico alcohólico para obtener ácidos monocarboxílico y dicarboxílico, los que se extraen con éter y destilado en corriente de vapor de agua para la separación. La piretrina I de ácido monocarboxílico se extrae del destilado en tanto que la piretrina II de ácido dicarboxílico se extrae del residuo. Se valoran ambas con álcali común.

Fosfuro de zinc [3]

Al principio se lava una porción de muestra pesada con agua destilada para retirar todo el tartrato de antimonio y potasio que causaría interferencia con la evolución cuantitativa de la fosfina proveniente del fosfuro de zinc. Se trata la muestra lavada con SO_3H_2 en una atmósfera de nitrógeno para que libere la fosfina que pasa rápidamente por efecto del nitrógeno dentro de varios matraces de absorción que contienen una solución normal de permanganato potásico. Se calcula la cantidad de fosfuro de zinc a partir de la cantidad de la reacción MnO_4K con la fosfina desprendida de la muestra. Es posible determinar el tartrato de potasio en la solución lavada mediante la titulación con una solución de yodo.

Métodos espectrofotométricos infrarrojos

Los métodos infrarrojos son simples y rápidos de aplicar y se basan en la teoría de que los enlaces químicos específicos absorben longitudes de onda determinadas de energía infrarroja. La cantidad de absorbencia depende directamente de la concentración del producto químico que contiene el enlace químico determinado. Sin embargo, sólo se prestan al análisis infrarrojo aquellos productos químicos cuyas concentraciones muestran una absorbencia lineal sobre una escala práctica de concentración. El cuadro 1 sirve de guía para el análisis infrarrojo de plaguicidas. Véase también la recopilación de espectros infrarrojos para los plaguicidas de uso frecuente en el *EPA Manual* [3] y *Analytical Methods for Pesticides and Plant Growth Regulators*, vol. IX [5].

CUADRO 1. GUIA PARA ANALISIS DE FORMULACION DE PLAGUICIDAS MEDIANTE LA ESPECTROFOTOMETRIA INFRARROJA

<i>Plaguicida</i>	<i>Formulación</i>	<i>Método descrito en</i>
Aldicarb	Sólidos	AOAC <i>Official Methods</i> [2]
Atrazine	Sólidos	EPA <i>Manual</i> [3]
Azinphosmethyl	Sólidos	EPA <i>Manual</i> [3]
BHC	Polvos	EPA <i>Manual</i> [3]
Benefin	Gránulos, concentrados emulsionables	EPA <i>Manual</i> [3]
Benomyl	Sólidos	EPA <i>Manual</i> [3]
Bensulide	Gránulos, polvos espolvoreables, concentrados emulsionables	EPA <i>Manual</i> [3]
Binapacryl	Dispersiones, concentrados emulsionables, polvos espolvoreables	EPA <i>Manual</i> [3]
Carbaryl	Sólidos, suspensiones líquidas	AOAC <i>Official Methods</i> [2]
Carbofurán	Sólidos	EPA <i>Manual</i> [3]
Clordano	Gránulos solamente	AOAC <i>Official Methods</i> [2]
Cloroxurón	Polvos dispersibles en agua de grado activo	EPA <i>Manual</i> [3]
Coumaphos	Polvos	EPA <i>Manual</i> [3]
Cyanazine	Sólidos	EPA <i>Manual</i> [3]
DDT	Polvos de grado activo	EPA <i>Manual</i> [3]
DDVP	Sebos de arena y azúcar, 0,5% en peso de solvente pulverizado, 1,0% en peso de aerosol para ganado con solvente de hidrocarburos	AOAC <i>Official Methods</i> [2]
Diazinón	Líquidos	EPA <i>Manual</i> [3]
Dibromochloropropane	Concentrados emulsionables, gránulos	EPA <i>Manual</i> [3]
Dichlobenil		EPA <i>Manual</i> [3]
Dieldrina	De todo tipo, excepto aquellos que contienen hidrocarburos de petróleo	AOAC <i>Official Methods</i> [2]
Dinocap	Polvos espolvoreables, polvos, gránulos	EPA <i>Manual</i> [3]
Dinoseb	Concentrados emulsionables	EPA <i>Manual</i> [3]
Disulphotón		EPA <i>Manual</i> [3]
Endosulfán	Concentrados emulsionables, gránulos	EPA <i>Manual</i> [3]
Endrina	De todo tipo, excepto aquellos que contienen hidrocarburos de petróleo	AOAC <i>Official Methods</i> [2]
Ethión		EPA <i>Manual</i> [3]
Fluometurón		EPA <i>Manual</i> [3]
Karbutilate	Sólidos	EPA <i>Manual</i> [3]

CUADRO 1 (continuación)

<i>Plaguicida</i>	<i>Formulación</i>	<i>Método descrito en</i>
Metoxicloro	Polvos espolvoreables, polvos	EPA <i>Manual</i> [3]
Ovex	Sólidos	EPA <i>Manual</i> [3]
Phorato	Sólidos	EPA <i>Manual</i> [3]
Pyrazón		EPA <i>Manual</i> [3]
Resmethrin	Aerosoles	EPA <i>Manual</i> [3]
Ronnel		EPA <i>Manual</i> [3]
Rotenona		AOAC <i>Official Methods</i> [2]
Thiram	Polvos espolvoreables, gránulos, polvos	EPA <i>Manual</i> [3]
Trifluralin	Concentrados emulsionables, gránulos	EPA <i>Manual</i> [3]
Vernolate	Concentrados emulsionables, gránulos	EPA <i>Manual</i> [3]

Métodos cromatográficos (GLC y HPLC)

Actualmente el GLC y el HPLC son probablemente las técnicas de uso más difundido para el análisis de formulaciones plaguicidas. No obstante, es necesario admitir que muchos de estos métodos no han sido estudiados en forma conjunta y que no se deberían utilizar cuando se dispone de un método AOAC. Cuando se utiliza un método GLC que no ha sido confirmado por esos estudios, el analista debe tener presente los problemas asociados con el análisis HPLC, pero es posible que se provoque la hidrólisis de algunos plaguicidas en presencia de solventes móviles hidrófilos. Para ambas técnicas, debe utilizarse en lo posible normas internas. Se elaboraron los cuadros 2 y 3 como guía para el análisis GLC y HPLC de plaguicidas. En los volúmenes VI y XII de *Analytical Methods for Pesticides and Plant Growth Regulators* [5] se consideran en detalle estos métodos.

En la publicación *Specifications of Pesticide Use in Public Health* [6] de la OMS se describen métodos de análisis de formulación. La FAO también publica una serie útil de "Especificaciones de productos protectores de plantas". Sin embargo, éstas suelen ser menos detalladas, pues su finalidad es asegurarse de que los plaguicidas correspondientes cumplan con sus propósitos, en tanto que las especificaciones de la OMS se elaboran además para asistir en la compra de materias primas.

CUADRO 2. GUIA PARA ANALISIS DE FORMULACION DE PLAGUICIDAS MEDIANTE HPLC

<i>Plaguicida</i>	<i>Formulación</i>	<i>Método descrito en</i>
2,4-D	Sales, ésteres 2,4-D	AOAC <i>Official Methods</i> [2]
Butylate		EPA <i>Manual</i> [3]
Carbaryl	Polvos espolvoreables, polvos	EPA <i>Manual</i> [3]
Chlorophenoxy herbicides	Esteres	EPA <i>Manual</i> [3]
Coumaphos	Sólidos	EPA <i>Manual</i> [3]
Diazinón	Líquidos	EPA <i>Manual</i> [3]

<i>Plaguicida</i>	<i>Formulación</i>	<i>Método descrito en</i>
Diurón	Sólidos	EPA Manual [3]
EPTC	Líquidos	EPA Manual [3]
Ethión	Polvos, concentrados líquidos, aceites	AOAC Official Methods [2]
Folpet	Sólidos	AOAC Official Methods [2]
Linurón		EPA Manual [3]
Malatión	Todos	EPA Manual [3]
Metilparatión	Líquidos	AOAC Official Methods [2]
Metilparatión	Todos	EPA Manual [3]
Paratión	Todos	EPA Manual [3]
Picloram	Sólidos	AOAC Official Methods [2]
Resmethrin	Líquidos, aerosoles	EPA Manual [3]
Warfarín	Todos	EPA Manual [3]

CUADRO 3. GUIA PARA ANALISIS DE FORMULACION DE PLAGUICIDAS MEDIANTE GLC

<i>Plaguicida</i>	<i>Formulación</i>	<i>Método descrito en</i>
Alachlor	Todos	EPA Manual [3]
Bromacil	Aceites, sales, líquidos	EPA Manual [3]
Butylate, EPTC, molinate, tillam, vernolate	Gránulos, líquidos	AOAC Official Methods [2]
Cloroxurón	Todos	EPA Manual [3]
Coumaphos	Todos	EPA Manual [3]
Cycloate	Todos	EPA Manual [3]
DBCP	Todos	EPA Manual [3]
Dacthal	Gránulos	AOAC Official Methods [2]
Diazinón	Líquidos	EPA Manual [3]
Endosulfán	Todos	EPA Manual [3]
Ethoprop	Todos	EPA Manual [3]
Fluometurón	Todos	AOAC Official Methods [2]
Formothión	Todos	AOAC Official Methods [2]
Heptachlor	Todos	AOAC Official Methods [2]
Malatión	Todos	AOAC Official Methods [2]
Methoxychlor	Todos	EPA Manual [3]
Metilparatión	Líquidos, polvos	AOAC Official Methods [2]
Monocrotophos	Todos	EPA Manual [3]
Paratión	Líquidos	AOAC Official Methods [2]
Propargite	Todos	EPA Manual [3]
Pyrethrines	Líquidos, aerosoles	EPA Manual [3]
Resmethrin	Aerosoles, líquidos	EPA Manual [3]
Ronnel	Todos	EPA Manual [3]
Terbutol	Todos	EPA Manual [3]
Triazines		
Ametryne, atrazine	Polvos	AOAC Official Methods [2]
Chlorobenzilate, prometón	Líquidos	AOAC Official Methods [2]
Prometryn, propazine, simazine, terbutyn	Polvos	AOAC Official Methods [2]
Trifluralín	Sólidos	AOAC Official Methods [2]
Zinc phosphide	Cebos para cereales	EPA Manual [3]

REFERENCIAS

1. W. R. Bontoyan y R. L. Caswell, *Proceedings of the 2nd International IUPAC Congress of Pesticide Chemistry*, vol. 5, 1971, p. 523.
2. Association of Official Analytical Chemists, *Official Methods of Analysis*, 13.^a ed., W. Horwitz, ed. (Arlington, Virginia, 1980).
3. United States Environmental Protection Agency, *Manual of Chemical Methods of Pesticides and Devices*, W. R. Bontoyan, ed. (Arlington, Virginia, Association of Official Analytical Chemists, julio 1976).
4. R. De B. Ashworth y cols., comp., *CIPAC Handbook*, vol. I, *Analysis of Technical and Formulated Pesticides* (Gembloux, Belgium, Collaborative International Pesticides Analytical Council, 1980).
5. G. Zweig y J. Sherma, eds., *Analytical Methods of Pesticides and Plant Growth Regulators*.
Vol. VI, *Gas Chromatographic Analysis* (1972), p. 765.
Vol. IX, *Spectroscopic Methods of Analysis* (1977), p. 297.
Vol. XII, *Pesticide Analysis by HPLC* (en prensa, 1982).
6. Organización Mundial de la Salud, *Specifications of Pesticide Use in Public Health*, 5.^a ed. (Geneva, 1979).

VIII. El control de calidad en la producción de plaguicidas

*Mason H. Woolford, Jr.**

En esta memoria se va a considerar un sistema ideal de control de calidad de plaguicidas aplicable a una fábrica que se dedique a la formulación de una amplia gama de dichos productos. Con las instalaciones ordinarias —equipo de trituración, de relleno y de mezclado— es probable encontrar en la formulación de productos plaguicidas problemas tales como la mutua contaminación, la pérdida de potencia, la formulación incorrecta y el envasado defectuoso. Cualquiera que sea la magnitud de las operaciones, es necesario contar con algún control sistemático para tener la seguridad de que el producto que se entrega al usuario es de calidad uniforme. Esta es la función del control de la calidad de los productos.

El control de la calidad de los plaguicidas en los países tecnológicamente desarrollados es un concepto ya bien arraigado. Hay unos cuantos industriales formuladores que apenas practican el control de la calidad, pero la mayoría de los grandes industriales cuentan con sistemas de control de calidad muy perfeccionados. Cuanto mayores son las fábricas y el volumen de producción, mayor es la necesidad del control de calidad. En toda operación de formulación, existe como mínimo la necesidad de verificar si el producto final cumple las normas correspondientes. ¿Cuáles serían las consecuencias si el capataz de producción se olvidase del agente emulsionante, o si un concentrado emulsionable de paratión se envasara y etiquetase como un insecticida de malatión específico, o si se llenaran con exceso los frascos de vidrio con una fórmula consistente en un líquido que se dilata durante el tiempo cálido o se congelara con el frío e hiciese reventar el frasco? Todos estos problemas pueden evitarse aplicando un método eficaz de control de calidad. Si el producto que se fabrica no es de calidad buena y uniforme, se producirán pérdidas económicas. Por el contrario, el fabricante que cuente con un programa de control de calidad eficiente y económico podrá vender un producto eficaz.

Objetivos e importancia del control de calidad

El objetivo último del control de calidad es lograr invariablemente productos de alta calidad. Para el personal de producción o de laboratorio resulta difícil conocer las necesidades del cliente, ya que, entre las personas que

*Anteriormente con la American Cyanamid Company y en la actualidad jubilado. Revisado y actualizado por F. H. Smith, Jr., Coordinador de la calidad de la producción, American Cyanamid Company, Princeton, New Jersey.

componen ese personal, son muy pocas las que tienen contacto directo con el cliente. Por ello, el personal de producción y de laboratorio tiene que basarse en la información que le transmite otro personal de su propia organización, como son los vendedores, los ingenieros agrónomos, los representantes de los servicios técnicos, que tienen más contacto con los clientes y comprenden sus preferencias, necesidades y quejas. Por consiguiente, el personal en el terreno y en la planta debe cooperar estrechamente a fin de ofrecer productos que satisfagan las necesidades del consumidor.

Es lógico que el cliente espere que el producto que compra responda a lo que asevera al respecto su fabricante. El producto comprado hoy debe tener el mismo color, fluidez y emulsionabilidad que el comprado ayer o el que se haya de adquirir mañana. Estas características del producto son apreciadas por el cliente, quien, gracias a ellas, confiará en que el fabricante proporcionará invariablemente productos de alta calidad. Sin embargo, hay otras características, como la potencia del producto, la compatibilidad de los ingredientes del preparado entre sí y con el recipiente, la estabilidad prevista a largo plazo del producto, que el cliente no puede apreciar a simple vista. Si la actuación en relación con alguna de estas características es deficiente, es probable que se produzcan graves pérdidas económicas.

Hay muchas definiciones del concepto de calidad del producto y del sistema aplicable para su control. Citamos a continuación algunos ejemplos típicos:

Calidad: "Se entiende por calidad de un producto el grado en que posee las características concebidas en su diseño y para su producción y que contribuye a que cumpla determinada función, cuando se aplique conforme las instrucciones correspondientes¹".

Control de calidad: "Un sistema eficaz para coordinar los esfuerzos de mantenimiento de calidad y mejoramiento de la misma de los diversos grupos de una organización con el fin de producir en los niveles de calidad que resulten más económicos a la vez que proporcionen plena satisfacción al cliente²".

Hay que darle calidad al producto en todas las etapas: investigación, desarrollo tecnológico y producción. El tener siempre presente la importancia de la calidad del producto debe ser un principio orientador que presida toda la labor, desde la concepción misma del producto pasando por las diversas etapas de su desarrollo hasta la entrega final del producto al cliente.

Hay que tener en cuenta que esta labor de desarrollo de productos de calidad y de perfeccionamiento de un sistema que ayude al mantenimiento de la calidad entraña costos adicionales. El criterio aplicable es mantener un producto de calidad en forma eficiente y económica.

La responsabilidad funcional del control de calidad debe delegarse en una persona que dependa de otra que esté en un escalón jerárquico suficientemente elevado para poder adoptar decisiones que entrañan la desaprobación de lotes de productos que no lleguen al nivel debido, aun cuando ello pueda ocasionar

¹ *General Principles of Total Control of Quality in the Drug Industry* (1967), Pharmaceutical Manufacturers Association.

² A. W. Feigenbaum, *Quality Control: Principles, Practice and Administration* (Nueva York, McGraw-Hill, 1950).

demoras e incumplimientos de plazos de entrega. Lo ideal sería que el jefe o director del servicio de control de calidad tuviese la misma categoría que los jefes de los departamentos de ventas y fabricación. Aunque rara vez se cumpla esta condición ideal, la función de control de calidad nunca debe quedar relegada ni subordinada a la del departamento de venta o de fabricación.

Por otra parte, no se debe permitir que la función de control de calidad se haga tan independiente que se convierta en un fin en sí misma, y exija un grado de perfección que no se pueda alcanzar. El departamento de producción se ha de ocupar de cumplir plazos de entrega, acomodarse a los costes y de la producción, y, por consiguiente, no suele ver con agrado la interferencia del departamento de control de calidad. Por otra parte, la principal función del departamento de control de calidad es el mantenimiento de ésta. Cuando cada uno de los departamentos comprenda cuáles son los fines del otro se podrá mantener un mejor equilibrio entre las exigencias de producción y las de calidad.

No se puede mantener un nivel de calidad elevado sin aplicar los debidos controles. Por consiguiente, hay que hacer que todos los empleados tengan presente la necesidad del control de calidad y los directivos de quienes dependan las actividades de control de calidad deberán hacer que se distribuya un escrito en el que se explique la política y el programa del control de calidad³.

Funciones de la sección de control de calidad

Una sección de control de calidad eficaz realizará las funciones siguientes:

- a) Desarrollar métodos de análisis y establecer especificaciones para las materias primas y los productos acabados;
- b) Establecer especificaciones para los materiales de envasado;
- c) Probar el diseño del equipo y exigir que se modifique éste cuando se descubra que sus deficiencias originan una producción de baja calidad;
- d) Analizar continuamente las prácticas de producción y comunicar toda circunstancia que reste calidad al producto;
- e) Comprobar si las materias primas recibidas se ajustan a las especificaciones;
- f) Verificar si todas las tandas o lotes de producción acabados se ajustan a las especificaciones. Después de esta verificación, se autorizará la venta de los lotes que cumplan con todas las especificaciones y se rechazarán todos los que no lo hagan, con instrucciones para desecharlos o modificarlos;
- g) Atender las reclamaciones de los clientes;
- h) Inspeccionar los materiales acabados y verificar el contenido de los envases;
- i) Reunir muestras representativas para su análisis.

³*Ibid.*

Inspección

El personal del departamento de control de calidad deberá incluir inspectores cuyas funciones se comprendan plenamente. El personal de control de calidad, debidamente capacitado, podrá descubrir deficiencias en la producción, por ejemplo, que el llenado con los líquidos o polvos se hace en forma inadecuada o que las etiquetas estén mal fijadas, o cualquier otra falta que, en su opinión, contribuya a reducir la calidad. Estas deficiencias deberán comunicarse al supervisor de producción, que interrumpirá ésta hasta que se corrija el defecto. Es preferible que los problemas relativos a la calidad se descubran pronto, y no después de que todo el lote haya pasado por una fase de producción determinada. Además, es inadmisibles dejar que descubra esta falta de calidad el cliente o un organismo regulador.

La inspección de calidad se debe realizar con cuidado, inteligencia y tacto; de otro modo el programa entero resultará molesto al departamento de producción. Por consiguiente, los inspectores de calidad deben seleccionarse cuidadosamente, evitando personas entrometidas, que no serían idóneas para desempeñar esta función.

Se habrán de observar las pautas de muestreo siguientes:

a) El muestreo de materias primas y productos acabados lo realizarán expertos de la sección del control de calidad, y no personal del departamento de producción;

b) Los procedimientos de muestreo se establecerán cuidadosamente, prestándose atención especial a los productos que necesiten un cuidado particular;

c) Al manejar sustancias tóxicas y peligrosas se observarán las precauciones de seguridad pertinentes;

d) Las muestras serán representativas;

e) Puesto que aprobar o rechazar los productos depende de la muestra que se tome, se aplicarán con gran cuidado técnicas de muestreo adecuadas y estadísticamente significativas.

Reclamación de los clientes

Las reclamaciones de los clientes se transmitirán al departamento de control de calidad y se las atenderá rápida y completamente. Si estas reclamaciones se repiten, podría ser que el producto adoleciera de un defecto de calidad grave, lo que requerirá una amplia evaluación del mismo que tal vez señale la necesidad de volver a formularlo, adoptar otro material de envasado, cambiar de emulsificador o tomar alguna otra medida.

Hay varios tipos de reclamaciones y diversos métodos para atenderlas. Por ejemplo si el problema se refiere a la emulsificación deficiente, se debe pedir una muestra abundante del agua que utiliza el cliente para el análisis de laboratorio, que se llevará a cabo además del examen de la técnica y del equipo de mezclado. También es importante visitar con regularidad a los clientes para observar cómo utilizan el material. Es posible que los clientes no sigan o lean

las instrucciones, o que éstas sean ambiguas y hayan de revisarse. La observación del funcionamiento del equipo puede sugerir ideas para mejorar la formulación.

Siempre que sea posible, las muestras irán al laboratorio de ensayo en un envase adecuado. Las botellas y los tapones de polietileno con revestimiento interno de plástico soluble son inadmisibles, porque las reacciones químicas entre el producto líquido y el material de envasado pueden enmascarar el problema de formulación. Los gránulos y polvos deberán enviarse en botellas de boca ancha o en bolsas de papel fuerte, que se podrán adaptar con un tratamiento contra la humedad y confeccionar con polietileno resistente.

Especificaciones

El departamento de control de calidad deberá encargarse de las especificaciones de todas las materias primas, formulaciones acabadas y materiales de envasado, que, si es posible, se establecerán por decisión de un comité. En este comité participarán representantes de los departamentos de ventas, fabricación y control de calidad, y su presidente será un representante de este último.

Las especificaciones son las normas a que deben ajustarse las materias primas recibidas, así como los lotes de productos acabados que se envían a los clientes. Las especificaciones indican los límites permisibles dentro de los cuales pueden variar las características de un producto o compuesto sin que dejen de ser aceptables su calidad y sus resultados. Si el producto no cumple con las especificaciones, se deberá rechazar. Siempre que sea posible, deberá darse a las especificaciones mayor rigor a medida que se vaya reuniendo experiencia en la fabricación de nuevos productos, y si se propone que se suavicen las especificaciones, será preciso revisar el procedimiento de producción. Mejorando éste se perfeccionará el producto, mientras que aplicando especificaciones más tolerantes tal vez se obtenga un producto de calidad dudosa.

Se deberán establecer las especificaciones para las materias primas utilizadas en las formulaciones, para los productos acabados y para los materiales de envasado. En la mayoría de los casos, el proveedor de materias primas aplicará sus propias especificaciones. Un proveedor de confianza, seguirá especificaciones estrictas. Aunque las materias primas se pueden aceptar, en general, si el proveedor las ha dado por buenas, es prudente comprobarlas, especialmente si la presencia de un contaminante conocido en la materia prima puede causar la descomposición o aun la toxicidad de la formulación del plaguicida. Con frecuencia, un exceso de acidez, de alcalinidad o de agua causa la descomposición de un producto. Se pueden verificar ocasionalmente las materias primas para asegurarse de que las sustancias contaminadoras no superan los límites especificados. También se deberá comprobar periódicamente el tamaño de los gránulos de arcilla, especialmente en los casos en que el producto presenta un problema de formación de polvo. Los diluyentes en polvo y los gránulos también deberán verificarse periódicamente para descubrir si contienen materias extrañas como, por ejemplo, clavos, cordeles de las operaciones de desatado, palos, piedras o cualquier otro material que pueda interferir con la aplicación del producto.

Sólo se utilizarán para la fabricación las materias primas que cumplan con las especificaciones y que apruebe el departamento de control de calidad. Se adoptará un sistema de marcas o etiquetas para distinguir los materiales aprobados para la fabricación de los que todavía no se hayan ensayado. Los materiales que se acaben de recibir y todavía no se hayan ensayado o aprobado se deberán almacenar separados de los lotes aceptados o aprobados. Es preciso buscar nuevas fuentes de materias primas para asegurar un suministro constante. Ocasionalmente, los proveedores agotan sus existencias y la falta de material puede causar una pérdida de beneficios al fabricante, puesto que no podrá satisfacer los pedidos a tiempo.

Los materiales de nuevos proveedores, especialmente los diluyentes de arcilla y los emulsificadores, se verificarán para ver si son compatibles con la formulación de la empresa. Algunos insecticidas que son estables en forma técnica y en formulaciones líquidas se descomponen fácilmente cuando se mezclan con los portadores minerales de calidad comercial utilizados para preparar formulaciones en forma de polvos espolvoreables y de polvos dispersibles en agua (véase el capítulo VII). Antes de utilizar en una formulación un nuevo portador, se deberá ensayar preparando una pequeña tanda y verificando por medio de un análisis químico si se descompone el plaguicida (véase el capítulo VII).

Es preciso conocer las propiedades inherentes del plaguicida, el portador y el diluyente, para producir preparados que puedan guardarse durante largo tiempo sin descomponerse y que posean características físicas satisfactorias. La superficie de algunos portadores tiende a ser catalítica debido a la presencia de iones metálicos, óxidos metálicos u otros puntos peligrosos en la superficie, que contribuyen a la descomposición del plaguicida cuando está almacenado durante largo tiempo. Estos efectos nocivos son especialmente intensos en las formulaciones diluidas de algunos plaguicidas que se preparan directamente en arcilla muy sorbente y cuando se diluyen concentrados en polvo. Empleando desactivadores se pueden mejorar algunos portadores hasta hacerlos compatibles con el plaguicida. Sin embargo, se habrá de ensayar cada desactivador para cada plaguicida, ya que el desactivador apropiado para uno puede no serlo para otro.

Los emulsificadores nuevos y antiguos se habrán de ensayar periódicamente preparando un lote pequeño y verificando en la práctica sus propiedades de emulsificación. En ocasiones, también es aconsejable obtener una muestra por anticipado antes de comprar el plaguicida.

En muchos casos, en las especificaciones para los disolventes se deben incluir los límites respecto a la humedad, la acidez o la alcalinidad. Algunas sustancias orgánicas fosforadas son especialmente sensibles a las condiciones alcalinas y se degradan rápidamente en valores pH algo mayores que el punto neutro. En algunos plaguicidas, no se pueden tolerar indicios de metal. Generalmente, los fabricantes de plaguicidas técnicos proporcionan este tipo de información. Se deberán verificar periódicamente la gravedad específica y el color de los disolventes.

El fabricante facilita generalmente las especificaciones para los plaguicidas técnicos, garantizando un mínimo (por ejemplo, no menos del 95%). A fines de fabricación, quizá sea necesario obtener el resultado del análisis del lote que se compra. La venta de las sustancias vegetales (piretrina, rotenona, sabadilla,

riana especiosa y escila roja) se basa en los datos de su análisis. Generalmente, la información sobre las compatibilidades y usos del preparado se contiene en un manual de formulación que proporciona el suministrador.

Para determinar las especificaciones de la formulación acabada, el departamento de control de calidad debe conocer el uso final del producto. Un concentrado emulsionable deberá formar una emulsión estable en las condiciones del método de ensayo; los polvos dispersibles en agua deberán pasar pruebas realistas de suspensibilidad; los polvos espolvoreables deben cumplir las exigencias respecto al tamaño de las partículas. Se deberán tener en cuenta la acidez, alcalinidad, presencia de agua o metales, compactación, estabilidad a temperaturas elevadas y diversas otras variables. Es importante que el aspecto físico, color y fluidez no varíen de un lote a otro. Se deberá prestar una atención primordial al contenido en ingrediente activo.

Las especificaciones respecto al contenido en plaguicidas dependen generalmente de la precisión y reproductibilidad de los procedimientos de análisis y producción utilizados y de la velocidad de pérdida de los ingredientes activos durante el almacenamiento. Los lotes de producto a granel se deberán almacenar en un lugar cerrado hasta el momento que éste se requiera para llenar los envases para la venta. Antes de este llenado el departamento de control de calidad verificará si el plaguicida cumple todas las especificaciones.

Se deberán establecer especificaciones para los materiales de envasado. Puesto que el contenido en humedad es importante para los polvos espolvoreables y los polvos dispersibles en agua, los sacos deberán estar revestidos de un material que impida penetrar la humedad. Algunos portadores pueden absorber agua, lo que puede ser nocivo para la estabilidad del producto. La absorción de humedad puede diluir el producto y hacer que el porcentaje de ingrediente activo sea menor. Algunos plaguicidas tienen un olor desagradable y requieren un cierre muy ajustado, especialmente si el producto se ha de guardar en un almacén cerrado.

El disolvente u otro componente de la formulación puede afectar las botellas de polietileno. Por esta causa, después de permanecer varios meses almacenadas las botellas se aplastan o se deforman. La formulación no deberá afectar al revestimiento interno de los tapones; son preferibles los tapones de polietileno a los obturadores de caucho o a los de cartón revestido de plástico.

Se verificará el volumen de las botellas de vidrio y polietileno y se verá si presentan mellas, roturas o agujeros. Las partidas procedentes de un proveedor pueden muy bien tener una capacidad diferente a las que ofrece otro. Es preciso procurar no llenar las botellas demasiado, dejando cierto espacio para evitar los problemas que puede causar la expansión del producto durante su almacenamiento en un clima cálido.

Muchos plaguicidas técnicos líquidos y formulaciones líquidas son inestables cuando se envasan en recipientes metálicos, debido a la acción recíproca entre el ingrediente activo y el metal. Para evitar este efecto, quizá sea necesario revestir el interior de los bidones de acero con dos capas de una resina no reactiva aplicada correctamente y solidificada de acuerdo con las recomendaciones del fabricante. Es esencial que esta capa interior no tenga soluciones de continuidad, por lo que todas las partes del bidón deberán estar adecuadamente revestidas. Conviene realizar pruebas de la estabilidad del almacenamiento con determinados productos antes de adoptar un revesti-

miento específico para su uso comercial. Se habrá de verificar si los envases de metal cumplen las especificaciones relativas al volumen y especialmente a los escapes.

En relación con la redacción e impresión de las etiquetas, función que puede corresponder al departamento de control de calidad, habrá de cuidarse de que los textos de las etiquetas se ajusten a las disposiciones reglamentarias dictadas por los organismos nacionales e internacionales. Las instrucciones para utilizar los productos deberán estar claramente escritas y no prestarse a malentendidos. Las fórmulas químicas deberán estar correctamente escritas.

Si las etiquetas no dependen del departamento de control de calidad, éste deberá por lo menos procurar que las etiquetas sean correctas en todos sus detalles y estén redactadas e impresas de conformidad con las reglamentaciones pertinentes. Las etiquetas se deben colocar bien en las botellas y envases a fin de que el producto envasado tenga un aspecto atractivo (véase el capítulo XII).

Métodos de análisis o ensayo⁴

Se dispondrá de métodos de análisis para los ingredientes activos de todas las formulaciones. Generalmente, el fabricante de plaguicidas básicos indica, a solicitud, los métodos que han de emplearse. Los métodos de análisis de las formulaciones corrientes de los plaguicidas más empleados también se consiguen fácilmente, por ejemplo, las especificaciones de la OMS, del Consejo Internacional para la Colaboración en los Análisis de Plaguicidas (CIFAP) o cualquier otro conjunto similar de especificaciones. Estos métodos se reconocen generalmente como oficiales y sus resultados son reproducibles y representan el contenido de ingredientes activos del producto, incluso si se ha producido alguna degradación como resultado de su antigüedad, condiciones de almacenamiento inadecuadas, o bien a causa de otros factores que puedan haber contribuido a la descomposición.

Los métodos normales de análisis para los demás ensayos que han de realizarse se encuentran indicados en diversos conjuntos de métodos reconocidos. Como la determinación del peso específico, la rotación específica, el índice de refracción, la emulsificación, la densidad aparente (polvos espolvoreables y gránulos), el color, el pH, el tamaño de partícula, la dispersibilidad, la acidez o alcalinidad. El departamento de control de calidad puede realizar otros ensayos desarrollados en su propio laboratorio. Es preciso que estos ensayos sean reproducibles en cualquiera de las diversas condiciones de los diferentes laboratorios. Un ejemplo de método de ensayo sería el método para medir la espumación (característica indeseable) de un polvo dispersible en agua mezclado y esparcido en el campo con un tanque de aspersión.

En una planta en que se fabriquen diversas formulaciones líquidas, las pruebas de identidad son indispensables. No bastará de ningún modo basarse en el olor, el color o en otras propiedades físicas. Actualmente se utiliza con frecuencia la cromatografía. La mayor parte de los concentrados emulsificables parecen similares, pero su toxicidad y aplicación pueden ser muy diferentes. Lo mismo puede decirse de los polvos espolvoreables, los polvos dispersibles en agua y gránulos, si en la misma planta se fabrican diversas variedades de éstos.

⁴Véase también el capítulo VII

Para cada materia prima, plaguicida técnico, formulación acabada y producto envasado se mantendrá un registro en el que se anotarán las especificaciones, métodos de análisis y resultados de los ensayos. Las especificaciones se revisarán periódicamente y se modificarán cuando sea necesario. Los métodos de análisis se cambiarán a medida que se descubran otros mejores. Un cambio en la especificación no siempre significa un cambio en el método. A veces un cambio en el método puede requerir un cambio en la especificación, si el nuevo método es más correcto o preciso. Las especificaciones habrán de ser tan estrictas como lo permita la producción, el método de análisis y la estabilidad del producto. Se procurará siempre fabricar un producto que tenga constantemente la misma apariencia, dé los mismos resultados y sea igualmente atractivo para los clientes. Para conseguir este objetivo es muy conveniente que las especificaciones sean realistas y estén bien concebidas.

Estabilidad

Las formulaciones de plaguicidas deberán ser estables durante todo el tiempo en que se supone puede utilizarlas y almacenarlas el cliente. Los productos destinados a la agricultura se preparan con mucha anticipación a la temporada de cultivo, para entregarlos a los clientes cuando los necesiten. A veces, las existencias almacenadas se conservarán para utilizarlas al año siguiente; por lo tanto, el ingrediente activo de la formulación deberá conservar la potencia indicada en la etiqueta durante, por lo menos, un año y medio después de su fabricación. Algunos plaguicidas técnicos son muy estables cuando no están en contacto con otras sustancias, pero una vez formulados se degradan con bastante rapidez. Por ejemplo, algunas de las sustancias orgánicas fosforadas se hidrolizan con facilidad incluso en un medio ligeramente alcalino, pero son relativamente estables en un medio ácido. Los emulsionantes pueden degradarse o reaccionar con un ingrediente de la formulación y perder su eficacia con el paso del tiempo. Para la formulación de plaguicidas es esencial conocer las propiedades del ingrediente activo. Esta información se obtiene generalmente del suministrador del material técnico y comprende, entre otros datos, los relativos a las compatibilidades, las condiciones de almacenamiento, los materiales de envasado adecuados, las solubilidades y las propiedades químicas y físicas generales que interesan al formulador.

En la mayoría de los casos, el suministrador primero no conoce todas las condiciones en que pudiera utilizarse un producto y, probablemente, no determina la estabilidad del producto con todos los emulsionantes, acondicionadores, sustancias adhesivas y dispersivas y soportes que se encuentran disponibles. Un formulador puede hacer combinaciones que nunca haya imaginado el fabricante del producto. En este caso, el formulador deberá realizar los estudios de estabilidad apropiados.

Las formulaciones nuevas se deberán ensayar periódicamente, durante un período mínimo de dieciocho meses a temperatura ambiente (25°C), durante un período de doce meses a 37°C y durante tres meses a 45°C. En estos ensayos se determinará el contenido en ingredientes activos, el emulsionamiento y el aspecto (formación de sedimentos, decantación, cambios de color y formación de olor), la suspensibilidad, el tiempo de humectación y la tendencia a la

aglutinación. Con este estudio sobre la estabilidad se determina la cantidad suplementaria de ingrediente activo necesaria para mantener la potencia indicada en la etiqueta durante el período especificado.

Los disolventes están generalmente bien normalizados. El disolvente de una calidad determinada suministrado por un fabricante es muy similar al que pueda suministrar otro fabricante. Las especificaciones varían poco. Si se sustituye un disolvente por otro, como por ejemplo ciclohexanona por xileno se observarán diferencias en cuanto a la solubilidad, la compatibilidad y el emulsionamiento. Se deberá realizar un estudio de estabilidad con una muestra preparada con el nuevo disolvente.

A fin de comprobar la calidad de los productos tal como se aplican en el campo, durante la operación de llenado se deberán tomar envases completos de la cadena de muestras como muestras representativas. Se tomarán muestras de diferentes lotes a lo largo del año, se almacenarán a temperatura ambiente y se inspeccionarán periódicamente durante un período no menor de dos años. Así se podrá obtener información que permitirá anticipar y evitar las reclamaciones de los clientes. Por lo menos, los problemas relativos a la calidad del producto se podrán reconocer y resolver antes de que lleguen a ser graves.

Contaminación de un plaguicida por otro

Durante los últimos años se ha planteado el grave problema de la contaminación cruzada, o presencia de un plaguicida en la formulación de otro. Esta contaminación ha ocasionado incidentes, como por ejemplo la presencia de residuos ilegales de hidrocarburos clorados en huevos. Una investigación demostró que la causa era la contaminación del plaguicida aprobado, por otro que no había sido aprobado. La presencia de un herbicida en un insecticida formulado para utilizarse en un cultivo agrícola puede provocar la pérdida de toda la cosecha o de parte de ella.

El alcance de este problema de contaminación no se descubrió hasta que se contó con nuevas técnicas e instrumentos de análisis de gran sensibilidad. Antes de ese momento muchos formuladores no se daban cuenta en absoluto de dicho problema.

Ahora que se conoce el problema, se están ideando medios de evitarlo. El principal método de prevención es limpiar completamente el equipo inmediatamente después de preparar una formulación de plaguicidas y mantener limpias y ordenadas las instalaciones. Es importante programar bien la producción, y se deberán realizar pruebas adecuadas para asegurarse de que se han eliminado del equipo todos los restos de la formulación anterior.

Se reconoce generalmente que el diseño de la mayor parte de las máquinas para moler, combinar y mezclar hace difícil que puedan limpiarse rápida y eficazmente a un coste razonable. Muchas plantas de formulación estaban construidas sin seguir otras especificaciones que las particulares del cliente, y es preciso modificarlas considerablemente para establecer un programa de control de calidad adecuado.

Se podría redactar y promulgar un código relativo de las prácticas de fabricación correctas, como lo ha hecho la Administración de Alimentos y

Medicamentos de los Estados Unidos para la industria farmacéutica y para ciertas mezclas con sustancias medicinales, destinadas a piensos.

La Asociación nacional de agroquímica (NACA, iniciales correspondientes al título en inglés) de los Estados Unidos viene estudiando este tipo de contaminación y ha sugerido las tolerancias de contaminación de un plaguicida por otro, según el plaguicida específico de que se trate y el uso final del producto. A continuación, se ofrecen algunas directrices que figuran en un informe de la NACA acerca de la contaminación de unos plaguicidas por otros.

“En la preparación de formulaciones plaguicidas líquidas se habrá de prestar gran atención a eliminar cualquier resto de la formulación precedente en todo el equipo mezclador y en los aparatos de llenado. Esto se hará por medio de enjuagues con disolventes. La cantidad de disolventes que requiera cada uno de estos enjuagues variará según el tamaño del equipo, el tipo del producto y el disolvente utilizado.

“En casi todos los tipos de equipo, para mantener continuamente la circulación del líquido de enjuague basta generalmente emplear de 80 a 200 litros de disolvente. Cada vez se hará circular el líquido de enjuague de tres a cinco minutos por todo el sistema de máquinas y tambores, a fin de que el disolvente lave y disuelva todos los posibles contaminantes. Se deberán retirar y limpiar todos los filtros móviles del sistema. Los filtros fijos se limpiarán y los residuos extraídos se destruirán o se eliminarán depositándolos en lugares adecuados.

“El número de enjuagues requeridos para eliminar del sistema todos los contaminantes puede variar de uno a cinco, pero tan solo se podrá determinar correctamente por medio de un análisis químico. Si el disolvente empleado para el enjuague es el mismo material que se usa para fabricar el producto, el líquido de enjuague se podrá guardar con cuidado, después de marcarlo con una etiqueta para usarlo como disolvente la próxima vez que se fabrique el mismo producto.

“Es muy importante tener la seguridad de que la muestra obtenida para el análisis sobre la contaminación es representativa del material acabado. Por lo tanto, las muestras deben de tomarse en el punto de envasado y no en el tanque mezclador.

“Respecto a las formulaciones en forma de gránulos, se ha de tener muy en cuenta que es muy importante limpiar correctamente el interior de las mezcladoras de tipo tambor debido a que las partículas impregnadas son atraídas por la superficie interior del tambor. Quizá se requiera una limpieza con dispositivos mecánicos. En otros casos, podrá ser conveniente la limpieza al vapor o con agua caliente. Por medio de una inspección visual se determinará si los procedimientos de limpieza son eficaces.

“Es necesario examinar cada aparato mezclador para determinar la cantidad de material que retiene una vez vaciado, después de cada tanda de producción y antes de la limpieza. Los procedimientos de limpieza sólo se considerarán adecuados cuando se haya investigado detalladamente el equipo empleado y las prácticas adoptadas.”⁵

⁵National Agricultural Chemicals Association, *Manual for Prevention of Cross-Contamination of Pesticide Chemicals* (Manual para la prevención de la intercontaminación de sustancias químicas plaguicidas) (Washington, D.C., Subcommittee on Cross-Contamination of the Grady Committee, 1965).

Detectar la presencia de un plaguicida en la formulación de otro, mediante análisis, cuando la proporción está en el orden de las partes por millón es, con frecuencia, una tarea que requiere toda la habilidad de un químico analítico (véase el capítulo VI). Por ejemplo, un concentrado emulsionable al 50% contiene 50 partes, en peso, de plaguicida técnico. El producto mismo quizá sólo tenga una garantía de un 90% de pureza. El concentrado emulsionable resultante se compone de un 45%, en peso, de plaguicida y otro 5% de emulsionante, constituyendo el resto el disolvente. El 5% de esta formulación del producto técnico mismo es probablemente de composición completamente desconocida y contiene uno o más componentes que en un análisis pueden comportarse de un modo similar al contaminante buscado.

Para compensar esta cantidad desconocida, se prepara una muestra de la formulación en el laboratorio con los mismos ingredientes que contiene el lote acabado. Se habrá de procurar con cuidado que esta mezcla contenga la misma proporción de plaguicidas técnicos. De este modo, el contaminante quizá se descubra con relativa facilidad, o quizá se haya de buscar otro método de análisis.

IX. Normas de aceptación internacional relativas a la seguridad industrial en la explotación de plantas de formulación de plaguicidas

*M. G. Srivastava**

En las plantas de formulación de plaguicidas, las exigencias de seguridad tienen por lo menos la misma importancia que en otros tipos de instalaciones de elaboración de productos químicos. Se plantean riesgos de distinto tipo en diversas etapas. Aparte del riesgo normal que suponen la maquinaria y las piezas móviles, existe la posibilidad de que los operarios de la planta se vean expuestos a plaguicidas en forma de líquidos, vapores y polvos. El trabajo con la maquinaria de formulación también supone peligros en potencia, y pueden producirse riesgos de incendio al estar cargado el ambiente de polvo o de emanaciones.

El presente capítulo se ocupa principalmente de los peligros potenciales que plantea el contacto de los trabajadores con la maquinaria y el equipo en las plantas de formulación de plaguicidas, mientras que las facetas de higiene industrial relativas a la exposición a productos químicos tóxicos se abordan con mayor detalle en el capítulo siguiente.

Una de las tareas principales de la dirección consiste en concienciar a los operarios sobre los posibles riesgos que conlleva su trabajo y educarlos acerca de los métodos a adoptar para hacer frente a los peligros que entraña el funcionamiento de la planta. En este capítulo se trata de determinar las áreas de peligro y sus causas, así como los métodos de reducirlos a un mínimo. La dirección deberá prestar máxima atención a la planificación de la disposición general, la adquisición del equipo y la construcción de las plantas de manera minuciosa.

El capítulo III versa detalladamente sobre la disposición general de las plantas. Desde el punto de vista de la seguridad de funcionamiento, el equipo adquirido deberá cumplir las especificaciones nacionales e internacionales como, por ejemplo, las establecidas por la American Society for Testing and Materials, la British Standards Institution, la Indian National Standards Institution, la Organización Internacional del Trabajo y la Organización Internacional para el Establecimiento de Normas.

Las condiciones climáticas repercuten en las normas. Por ejemplo, en los climas cálidos es preferible dedicar la máxima atención a asegurar en la medida de lo posible la mejor calidad en el diseño y construcción de la planta a

*The Alkali and Chemical Corporation of India Ltd., Madrás, India.

fin de evitar que haya que depender sobremanera de la protección de los trabajadores mediante el empleo de ropa de seguridad incómoda.

Deberán establecerse reglamentos de seguridad para cada planta. Si ya existen reglamentos gubernamentales para la industria en general, las normas establecidas primarán sobre los reglamentos de las plantas. Pese a la existencia de reglamentos legales y normas de plantas que se ocupan de ciertos ámbitos que pueden plantear problemas, como, por ejemplo, el mantenimiento de las calderas, el almacenamiento de gases y materias primas inflamables, los servicios de evacuación de polvos y los sistemas de eliminación de efluentes, no dejarán de producirse accidentes. Así pues, la toxicidad inherente de los plaguicidas exige la firme dedicación al logro de normas elevadas de seguridad a todos los niveles de empleo. Por lo tanto, es indispensable contar con operarios altamente calificados y bien capacitados. Los siguientes apartados tratan de los diversos aspectos de una instalación de formulación de plaguicidas que exigen la observancia de precauciones de seguridad.

Peligros relativos al funcionamiento

La maquinaria que se emplea en los equipos de formulación para producir mezclas líquidas, formulaciones hidrodispersibles, gránulos, polvos fluidos, etc., no es complicada. No obstante, es preciso disponer de documentos completos y correctos de todos los procesos y adoptar ciertas precauciones para garantizar la seguridad de los trabajadores en operaciones tanto normales como excepcionales.

Líquidos inflamables

El equipo consiste principalmente en recipientes y agitadores de acero inoxidable o vidriados. La operación puede realizarse a la temperatura ambiente o a una más elevada, según la solubilidad del plaguicida en el portador. La solubilización se consigue mediante el empleo de serpentines de calefacción. Deberán observarse las precauciones necesarias.

Carga de los recipientes

Es indispensable adoptar precauciones de seguridad al cargar ingredientes en el recipiente así como durante el proceso de mezcla. Por ejemplo, los sólidos deben cargarse lentamente para impedir su ignición debido a la acumulación de electricidad estática. Naturalmente, todo el sistema, inclusive los recipientes, debe estar puesto a tierra. Los disolventes y las materias técnicas y primas en estado líquido deben cargarse por separado en el recipiente mezclador por medio de sus sistemas respectivos de bombas y válvulas.

Ventilación

La mayoría de los disolventes y ciertas materias primas plantean un riesgo de incendio o explosión y, a veces, un riesgo debido a la inhalación de vapores

tóxicos (véase más abajo), por lo que deben adoptarse precauciones especiales. Deberá instalarse un sistema adecuado de ventilación entre cuyos elementos figuren ventiladores aspirantes. Los gases de escape deben pasar un filtro o depurador secundario desde donde se descargan inocuamente a la atmósfera sin violar los reglamentos medioambientales.

Otros riesgos de explosión e incendio

A continuación se reseñan las exigencias mínimas para evitar peligros de incendio:

- a) Los motores e interruptores eléctricos deberán ser antideflagrantes; además no deberá existir el riesgo de que se produzca una explosión de importancia en caso de que penetre material en el sistema;
- b) Deberán prohibirse terminantemente las llamas abiertas y el fumar;
- c) Las herramientas y accesorios que desprendan chispas deberán mantenerse a distancia de las áreas de trabajo.

Bombas y válvulas

Los anillos obturadores de las bombas pueden plantear problemas. Si están demasiado apretados pueden convertirse en fuente de calor y, por lo tanto, en peligro potencial de incendio. También puede darse el caso de que las bombas y válvulas tengan escapes, lo que exigirá la instalación y el mantenimiento de cubos recogedores para la eliminación segura de su contenido.

Termorrecuperadores

El funcionamiento defectuoso o las averías de los termorrecuperadores pueden dar lugar a una acumulación de calor y, por lo tanto, a riesgo de incendio.

Recipiente mezclador

El agitador del recipiente mezclador es un elemento móvil rápido del equipo que está ajustado cuidadosamente para no rozar con las paredes del recipiente. Antes de proceder a manejar el equipo, debe dejarse suficiente espacio para merma y cerrarse bien la tapa para evitar el rebose debido a la formación de espuma y a las salpicaduras provocadas por el agitador. También pueden producirse accidentes si no se para el agitador o si se pone en marcha por inadvertencia mientras se friegan las paredes del recipiente. Por lo tanto, es preciso colocar el interruptor de puesta en marcha en lugar seguro e impedir que sea accionado por descuido.

Más adelante se reseña un sistema de seguridad para el aislamiento de circuitos e interruptores.

Líquidos tóxicos

A continuación se consignan otras precauciones relativas a la formulación de productos tóxicos (o tóxicos e inflamables). El capítulo X se ocupa de las precauciones personales que deberán adoptar los operarios.

Deberá obtenerse permiso de la dirección antes de entrar en un recipiente mezclador que haya contenido material tóxico. Deberán especificarse las condiciones de entrada y rotularse el recipiente con una etiqueta de "fuera de servicio". No deberá iniciarse nuevamente el proceso hasta que se haya dado autorización para retirar la etiqueta. Un método útil consiste en clasificar las materias primas con arreglo al procedimiento de manutención y al tipo de protección personal que exigen (véase el capítulo X). Se pueden rotular los recipientes, el equipo y las áreas de trabajo con un código alfabético que indique un peligro potencial en concreto, como, por ejemplo, toxicidad o inflamabilidad. Una empresa que maneja productos químicos de caucho ha creado un sistema alfabético de etiquetado (A, AB, ABC) correspondiente a los procedimientos de manutención y el nivel de equipo protector personal necesario. Con arreglo a dicho sistema, se podría aplicar las siguientes designaciones al equipo protector:

- a) "A" exige guantes ligeros de cuero o algodón;
- b) "AB" (= + B) exige, además, guantes de un solo uso y el empleo de un dispositivo protector de las vías respiratorias o de gafas protectoras, según sea apropiado;
- c) "ABC" (= + C) exige, además, zapatos protectores, batas desechables o delantales de plástico.

Se consignan los procedimientos de manutención correspondientes con arreglo al mismo sistema alfabético. Deberán tomarse las medidas oportunas para garantizar que un sistema de ese tipo sea gestionado como es debido después de su puesta en marcha.

Sólidos

Se emplean distintos tipos de equipo de trituración y molienda para conseguir partículas de tamaño correcto para la formulación. Cada elemento del equipo plantea peligros potenciales de distinta índole.

Trituradoras de mandíbulas

Las trituradoras de mandíbulas funcionan por medio de martillos o mazas y sirven para reducir minerales diluentes a polvo grueso. Es preciso comprobar todos los días los martillos y las mazas, puesto que pueden causar graves desperfectos a la propia máquina y exponer a los operarios a posibles peligros debidos a proyectiles metálicos si se separan piezas cuando la máquina está en funcionamiento. Dichos accidentes se producen cuando los dispositivos de sujeción están sueltos y las piezas se han desgastado de manera no uniforme.

Pulverizadores

Para triturar la premezcla formada por plaguicidas de calidad técnica, diluentes y otros aditivos al grado deseado de finura se emplean molinos de rodillos formados por piezas de movimiento rápido, por lo que las inspecciones para eliminar obstrucciones deberán realizarse solamente una vez que se haya detenido la máquina y se haya localizado la obstrucción.

Los productos químicos susceptibles de fusión a gran temperatura producida por fricción provocan obstrucciones al aglomerarse. A menudo, los operarios deben abrir las ventanillas de observación para desatascar los rodillos atorados con ayuda de sondas. La máquina deberá haberse detenido por completo antes de abrir las ventanillas. De igual modo, deben abrirse las bocas de ventilación para aumentar la circulación del aire y ajustar las temperaturas del interior. En dichos casos, los ajustes deberán llevarse a cabo únicamente después que la máquina se haya parado.

Hay que dar la misma importancia a un sistema seguro de puesta en marcha que no conlleve el riesgo de atrapar a alguien en la maquinaria que haya sido puesta en marcha inesperadamente. La llave del interruptor de arranque deberá estar en manos de una sola persona cuyo nombre figurará en la etiqueta. Existen varios dispositivos con cerraduras o llaves múltiples para cerrar el sistema e impedir que sea conectado nuevamente hasta que se accionen todas las llaves o se quite la cerradura y se emplee la última llave para abrir el interruptor. Para mayor seguridad, los técnicos que trabajen en el sistema de cierre podrían disponer de las llaves necesarias para los dispositivos de cerradura.

Mezcladores

El material pulverizado se homogeneiza en los mezcladores. Según el tipo de mezclador que se utiliza, deben observarse las precauciones adecuadas. Los mezcladores tipo tolva y de tornillo sin fin entrañan, en general, mayores riesgos debido al continuo impulso y a la estructura misma de la máquina. Es fundamental que las tapas de los mezcladores estén correctamente cerradas durante el funcionamiento, el que debe interrumpirse cuando sea necesario realizar alguna reparación. Además, no se deben disturbar, con la mano o con ayuda de pequeñas sondas, las bolas de material sin agitar.

Granuladores

Cuando se utilizan granuladores tipo de extruidores, la pasta simple o que contiene plaguicidas, se alimenta a través del extruidor. Deben observarse las mismas precauciones mencionadas para los mezcladores de tornillo sin fin. Es preciso para evitar accidentes colocar con mucho cuidado la pasta en el extremo de alimentación del extruidor.

En esta operación, el secado se efectúa principalmente aplicando un chorro de aire caliente. La temperatura del aire en el punto de salida puede alcanzar hasta 85°C. Se debe procurar que las personas no se expongan directamente al chorro de aire.

Ventilación y recolección de polvos

En los lugares de trabajo donde se producen polvos fluidos se puede contaminar la atmósfera. La carga estática, las nubes o partículas de polvo de la materia orgánica pueden provocar incendios o explosiones. Por consiguiente, las plantas que producen formulaciones sólidas, deben tener, además de ventiladores aspirantes, equipo de captación de polvos y, en su caso, de protección contra las explosiones. Todo equipo que opere con polvos inflamables debe estar efectivamente unido a tierra. Es fundamental que no se disperse el polvo en la planta, ya que además de los peligros mencionados puede causar graves problemas de mantenimiento.

Equipo de rellenado

Los conductos de circulación de líquidos y sólidos terminan en el punto de llenado. Las máquinas de rellenado, automáticas o semiautomáticas se usan con frecuencia, especialmente para el envasado de los preparados líquidos. Según el tipo de la máquina y del producto químico (espumoso o no), es necesario adoptar precauciones para evitar salpicaduras, derrames y la contaminación de los obreros. En consecuencia, es necesario adaptar las máquinas a cada formulación para asegurar la cantidad y la velocidad de salida correcta. Los operarios deben llevar gafas, guantes y trajes protectores cuando trabajan con dichas máquinas (véase el capítulo X). Deben asignarse guardias para la protección de las máquinas de rellenado. Las máquinas para el rellenado de líquidos deben también contar con un mecanismo de cierre automático de modo que el producto deje de salir en el momento en que el envase se ha llenado al nivel deseado. Se deben proporcionar recipientes para recoger los derrames y el líquido de lavado de los envases llenos, y distribuir los contenidos de manera adecuada. Es preciso que exista una ventilación suficiente en el punto de llenado y, cuando se trata de polvos, debe instalarse un sistema de aspiración. Una medida de seguridad consiste en la conexión a tierra de los contenedores de metal durante su llenado. Para ello se puede emplear una pinza de contacto dentada unida a un conductor puesto a tierra o colocando los bidones en un plato metálico también puesto a tierra.

Servicios

Equipo elevador

A menudo, para trasladar los concentrados, disolventes, mezclas preliminares de plaguicidas, etc., de los paquetes voluminosos a los mezcladores o pulverizadores se emplean grúas. Si bien ésta es una operación segura, es muy importante el control periódico de las cadenas y de los dispositivos sujetadores, tarea que, en general, exigen los reglamentos. Los bidones se deben enganchar y asegurar correctamente a fin de evitar derrames y desprendimientos accidentales durante la izada que podrían causar daños a los obreros.

Calderas y equipo resistente a la presión

Las plantas de formulación más grandes disponen de calderas generadoras de vapor para el calentamiento gradual y contenedores de los preparados. Cuando se emplean tales recipientes o equipos resistentes a la presión, en el diseño se deben prever medidas para evitar el estallido de las tuberías. Los tubos de salida y equipos deben estar provistos de aberturas y válvulas de seguridad para evitar cualquier aumento excepcional de la presión. Las válvulas de seguridad deben ser cortas y rectas y orientadas en sentido opuesto a los trabajadores. Reviste importancia fundamental la inspección y la verificación regular de todo el equipo de presión, actividad que debe ajustarse a las normas, disposiciones reglamentarias y directrices relativas a la seguridad de las fábricas.

Mantenimiento general

Es necesario establecer y vigilar un nivel adecuado de mantenimiento. El mantenimiento regular del equipo, especialmente si lo integran piezas móviles, que lo proteja de un desgaste excesivo, constituye una operación esencial. Como esta labor entrañará un tiempo de inactividad que podría ser perjudicial durante la estación en que la demanda de plaguicidas alcanza su punto máximo, las verificaciones y el trabajo de mantenimiento se deben completar fuera de dicho período. En las plantas de formulación que utilizan diversos tipos de equipo se debe planificar con anticipación el programa de las operaciones de mantenimiento.

En este contexto, es importante señalar una vez más la importancia de establecer sistemas para autorizar debidamente el ingreso en las zonas donde puede haber peligro de intoxicación. Sólo podrá entrar el personal autorizado, quien se encargará de controlar el ingreso. El personal suplente debe presentarse en caso de urgencia.

La posibilidad de accidentes durante el mantenimiento disminuirá si los mecanismos de cierre mencionados se incorporan a los sistemas mecánicos, eléctricos y químicos. Las válvulas deben marcarse claramente de modo que ninguno haga funcionar, por ejemplo, el sistema de nitrógeno cuando se necesita la tubería neumática.

Almacenamiento de materias primas y productos acabados¹

El almacenamiento en los depósitos de la planta y sobre el suelo del taller requiere espacio suficiente para la circulación de hombres y materiales. Los obstáculos, la manipulación descuidada y el depósito de contenedores, llenos o vacíos, en la zona de trabajo pueden representar una seria amenaza a la seguridad del personal. Por consiguiente, es preciso imponer una rigurosa disciplina para que se respeten las normas de seguridad establecidas.

Las emanaciones, con frecuencia, representan un peligro en los almacenes donde se depositan los plaguicidas volátiles o disolventes. En consecuencia, el

¹Véase también el capítulo XI.

diseño de estos almacenes debe prever una buena ventilación natural. También será conveniente instalar ventiladores para la salida de aire que puedan accionarse desde el exterior, poco antes de la apertura de las puertas de ingreso. Es preciso adoptar precauciones contra incendios y explosiones, análogas a las que se aplican en la planta misma, como se ha descrito más arriba. Se emplean horquillas elevadoras, carretillas motorizadas y otro equipo análogo para transportar desde los almacenes plaguicidas de calidad técnica y otras materias primas y sacar los envases acabados. En estas operaciones es importante instruir a los conductores para que manipulen de modo adecuado los diversos tipos de envases. Pueden emplearse paletas para reducir al mínimo el riesgo de deslizamientos. Es preciso establecer y respetar alturas máximas para el apilamiento (para más detalles véase el capítulo XI). Se deben controlar las carretillas de horquilla elevadora para evitar la producción de chispas.

Limpieza

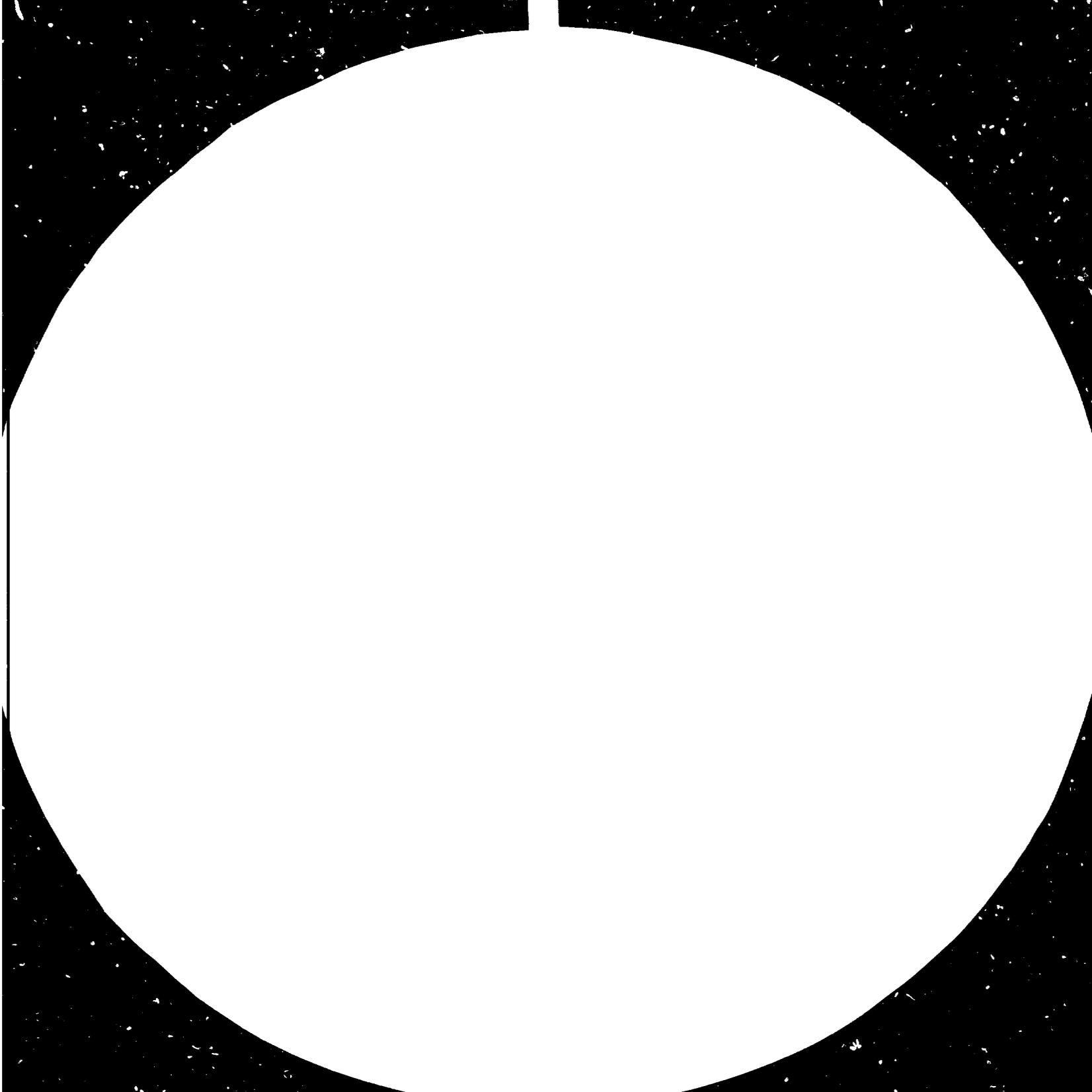
Limpieza del suelo

El depósito de finas partículas de polvo o el derrame de disolventes, aceites u otros fluidos pueden provocar accidentes durante la circulación de trabajadores o materiales. Por consiguiente, el mantenimiento de la limpieza del suelo constituye una práctica de seguridad fundamental. Es preciso contar con rodillos para la limpieza de los suelos y equipo para la extracción de polvo. Antes del comienzo de cada turno, deben limpiarse los suelos eliminando los derrames y depósitos. Una buena medida de limpieza consiste en eliminar inmediatamente cualquier derrame que se produzca durante el turno de trabajo. Esto evitará también el traslado de las sustancias nocivas derramadas a otros lugares de la planta.

Eliminación de efluentes²

Además de la contaminación ambiental por la pérdida casual de efluentes, líquidos de lavado, etc., debe considerarse el riesgo de la exposición de los trabajadores (véanse también los capítulos X y XI). La recolección de efluentes, residuos, materiales no especificados, líquidos de lavado y otros desechos, como el polvo que contienen las mangas para filtrar, debe constituir una práctica habitual. Es necesario instalar en cada unidad de formulación sistemas y equipos bien diseñados, como los que se describen en el capítulo III, para el tratamiento (incluida la supresión de la toxicidad) de tales desechos. Cuando se descargan en aguas corrientes o estancadas, fluidos a los que se les ha quitado la toxicidad, se realiza un control periódico para asegurarse de que el tratamiento ha sido eficaz y que el nivel de residuos no rebasa los límites aceptables. De manera análoga, deben establecerse sistemas para la eliminación segura de los envases vacíos de concentrados de plaguicidas y de otras sustancias tóxicas en estado sólido (véase el capítulo XI).

²Véase también el capítulo III.





28

32

36

40



MICROCOPY RESOLUTION TEST CHART
NATIONAL BUREAU OF STANDARDS-1963-A
STANDARD REFERENCE MATERIAL - 2500
ANSI AND ISO TEST CHART NO. 2

Señales de advertencia

A fin de reducir los riesgos, es fundamental instalar en los talleres y depósitos las siguientes señales de advertencia:

- a) Para los productos químicos volátiles y disolventes: Prohibido fumar; prohibido encender fuego;
- b) Para los productos químicos tóxicos: Peligro! Una calavera con huesos cruzados (o cualquier otro símbolo de fácil lectura);
- c) Para las cajas de distribución de líneas de alto voltaje: Peligro! Alta tensión y el símbolo de un rayo;
- d) Indicaciones de las salidas de emergencia.

El diseño y el mensaje deben tener en cuenta las diferencias de idiomas y aptitudes culturales.

Servicios de primeros auxilios

El personal especialmente capacitado debe tener fácil acceso a manuales de primeros auxilios y antidotos para los casos de accidentes, exposición a los plaguicidas, ingestión de los mismos, etc. Además, los supervisores y los capataces deben recibir formación en primeros auxilios. Los botiquines de primeros auxilios deben colocarse en lugares destacados del taller, y en la planta han de instalarse duchas de emergencia y servicios para el lavado de los ojos. Debe asegurarse la posibilidad de recurrir rápidamente a un médico para el tratamiento de las lesiones o exposiciones graves.

Manuales de seguridad e inspección

Los directores de la fábrica deben asegurar que se proporcione a los trabajadores un manual detallado sobre sistemas de seguridad, redactado en un lenguaje sencillo. Es importante que los trabajadores asistan a un curso de capacitación sobre sistemas de seguridad antes de iniciar sus labores en una planta de formulación. También son convenientes los programas de repaso. La dirección debe efectuar inspecciones periódicas para verificar si las normas de seguridad prescritas se cumplen de manera adecuada.

En los últimos años se ha desarrollado una nueva técnica para detectar zonas de peligro y reducir al mínimo los riesgos. Esta técnica se denomina estudio de riesgos y viabilidad. Supone un estudio formal antes de poner en servicio una planta o de modificar una planta en funcionamiento. Lo lleva a cabo un equipo de tres personas, dos de ellas, un trabajador del sector de elaboración y un ingeniero, relacionadas con la planta. El tercer miembro del equipo, también un técnico, no está vinculado a la planta ni a su funcionamiento.

El equipo emprende un estudio crítico del diseño, equipo, gráficos de fases de fabricación y del emplazamiento de la planta (sea que esté en funcionamiento o por iniciar las actividades). Identifica los lugares donde puede haber riesgos debido a las materias primas, fallas del equipo, reacciones del proceso

o cualquier otra causa. Luego recomienda las modificaciones que sean esenciales para eliminar los riesgos para la seguridad de los trabajadores y demás personal de la planta. El estudio también contribuye a perfeccionar los programas de capacitación de los operarios y a mejorar los niveles de seguridad. Puede resultar eficaz un sistema de premios colectivos para estimular un comportamiento cuidadoso por parte de los trabajadores y recompensarlos por las horas de trabajo transcurridas sin accidentes. Muchas plantas industriales que han introducido este sistema de premios han logrado un comportamiento más cuidadoso del personal y mejores niveles de seguridad.

BIBLIOGRAFIA

- Criteria for recommended standard for occupational exposure during the manufacture and formulation of pesticides (1978). También se pueden obtener microfichas (conjunto de cinco) o un extracto de esta publicación.
- Departamento de Sanidad, Educación y Bienestar de los Estados Unidos. Health and safety guide for pesticide formulators. Cincinnati, Ohio. National Institute for Occupational Safety and Health, 1977.

X. Higiene del trabajo e higiene industrial en las plantas de formulación de plaguicidas¹

*Karl M. Naef**

Muchos insecticidas pueden ser nocivos para el hombre, los animales domésticos o salvajes, pues muy pocos afectan exclusivamente a la plaga que se quiere eliminar. Los herbicidas pueden destruir o dañar los cultivos y muchos fungicidas pueden resultar tóxicos para especies deseadas.

En las aplicaciones normales, la cantidad de plaguicidas que se aplica en determinado lugar es relativamente pequeña y los riesgos de exposición imprevista de los hombres o del ambiente son limitados. No obstante, durante la formulación, el envase y el almacenamiento, pueden manejarse cantidades considerables o productos con niveles de concentración relativamente altos. Se ha comprobado que si se adoptan medidas de precaución adecuadas, se pueden manejar impunemente incluso las sustancias muy tóxicas. En caso de accidentes, se disminuirán considerablemente los riesgos de la exposición si se prevén procedimientos eficaces para los casos urgentes. El principal objeto de este capítulo es señalar diversas maneras para eliminar las exposiciones innecesarias y proponer métodos para proteger la salud de los trabajadores en las plantas de formulación.

Puede lograrse un gran nivel de seguridad tanto con equipos muy complicados, a menudo costosos, como con equipos más simples, siempre que se proporcione educación y capacitación adecuada a los trabajadores. Este último método es el más común en las plantas de formulación de plaguicida .

Educación de los trabajadores

Solamente el personal bien informado adoptará rápidamente las precauciones adecuadas tanto para protegerse a sí mismo como para proteger a sus colegas y al medio ambiente. Por eso, es necesario brindar una buena capacitación a todo el personal que trabaja en las plantas de formulación y envasado, y supervisar muy cuidadosamente a las personas que reciben esta capacitación. Además, los programas regulares de capacitación son fundamentales para evitar la adquisición de malos hábitos de trabajo. Es conveniente

*Producción agroquímica, CIBA-GEIGY Limitada, Basilea, Suiza.

¹Este capítulo es en parte una revisión del capítulo 8 de la anterior edición (1972) de este texto: H. R. Wolfe, "Problemas de seguridad relacionados con la contaminación a que están expuestos los obreros en las plantas de formulación de plaguicidas", en *Producción y formulación industriales de plaguicidas en países en desarrollo*, vol. II (publicación de las Naciones Unidas, núm. de venta: E.72.II.B.5).

llevar un registro permanente de la instrucción impartida a fin de saber cuándo debe dictarse un curso de repase.

La educación y la capacitación deben incluir los temas siguientes: conocimiento de los posibles peligros que entrañan los productos químicos que se emplean; instrucciones para el uso seguro y correcto del equipo; instrucciones y procedimientos sobre higiene y seguridad; instrucciones y procedimientos aplicables en casos de urgencia, como derrames, incendios, lesiones, contaminación, envenenamiento, etc.

Peligros químicos

Además de los peligros de incendio (véase el capítulo XI), especialmente con las formulaciones líquidas, y la contaminación ambiental que provocan algunos productos químicos, muchos plaguicidas también son tóxicos.

Intoxicación

La intoxicación puede resultar de la absorción por la piel, la inhalación de vapores o polvos de plaguicidas o, caso menos común, la ingestión misma de los plaguicidas. El contacto con la piel es la causa más común de envenenamiento. Y es más común de lo que debería serlo, en parte porque las personas suelen ignorar que han estado en contacto con plaguicidas (quizá a través de ropa rota o manchada), y en consecuencia no adoptan medidas para repararlo; en parte porque aun cuando sepan que han tenido este contacto, piensan que el peligro existe sólo cuando hay una lesión en la piel. En efecto, muchos plaguicidas en forma líquida o en polvo pasan rápidamente a través de la piel sana e intacta a la sangre (los ojos y la superficie vecina a los órganos genitales son particularmente vulnerables).

La inhalación puede ser una de las formas más rápidas de envenenamiento, ya que los humos y vapores pasan directamente a la sangre a través de los pulmones.

La ingestión es la causa menos común de envenenamiento accidental. Si se produce es, en general, porque las personas han comido y bebido en la zona de trabajo, o han fumado con las manos contaminadas.

Incendios

Muchos plaguicidas en forma líquida contienen disolventes orgánicos inflamables o que pueden ser muy inflamables, como los envases de rociadores en aerosol. Como durante las actividades es muy difícil asegurar que nunca se mezcle el aire con los vapores inflamables, deben adoptarse todas las precauciones posibles para evitar la presencia de una fuente de ignición. El equipo eléctrico debe ser inexplorable o, al menos, a prueba de chispas. Deben evitarse las llamas descubiertas o las herramientas que producen chispas. Las personas, los contenedores y el equipo deben estar suficientemente unidos a tierra para impedir la acumulación de electricidad estática y su subsiguiente descarga.

Muchos plaguicidas orgánicos en polvo, al dividirse en el aire en partículas muy finas, pueden explotar violentamente si se encienden con suficiente energía. Deben evitarse las fuentes de ignición. Con frecuencia, éstas se producen por la entrada de cuerpos extraños en molinos rápidos o por el incendio o explosión de una mezcla de disolventes con aire. Una explosión puede a menudo sacudir los polvos que se encuentran en los bordes y provocar una segunda explosión aún más grande. La acuciosa limpieza es fundamental para evitar la acumulación de polvos.

Contaminación ambiental

En una planta bien organizada el peligro más probable para el medio ambiente se relaciona en la descarga accidental de los productos debido al mal funcionamiento del equipo o a errores del operario. La capacitación y la enseñanza propenden a eliminar esta última causa, mientras que el mantenimiento preventivo sirve para mantener el equipo en condiciones óptimas. En caso de que esas medidas fracasen, deben aplicarse las siguientes: aislar con canales las zonas claves de la planta o instalar conductos de desagüe que desemboquen en un embalse impermeable; establecer sistemas de vigilancia para los filtros o purificadores de aire; efectuar una limpieza meticulosa para evitar que los restos del producto se lleven a las zonas vecinas.

Otra fuente de posible contaminación ambiental se relaciona con la descarga en el aire de productos tóxicos de descomposición después de un incendio, o la inundación de canales de drenaje, cursos de agua superficial o agua subterránea con agua contra incendios contaminada. Los efectos se pueden reducir mediante un cuidadoso aislamiento o conduciendo las aguas de desagüe a pozos colectores a fin de volverlas a utilizar en la lucha contra incendios.

Empleo seguro y correcto del equipo

No se iniciará la fabricación de ninguna formulación sin el correspondiente procedimiento escrito en el que se hayan incorporado los peligros y las precauciones que se deben adoptar. Constituye una buena práctica tener fichas de datos sobre cada uno de los productos químicos que se emplean. Deben distribuirse instrucciones escritas sobre los procedimientos para el funcionamiento del equipo. La capacitación sobre el equipo tendrá por objeto evitar la adquisición de hábitos de trabajo erróneos o peligrosos.

Todo el equipo de formulación debe diseñarse de modo de reducir, dentro de lo posible, todos los riesgos de exposición directa o indirecta de los trabajadores. Será más fácil lograrlo con sistemas cerrados. Durante la carga y descarga del sistema, cuando el cierre puede resultar molesto, la ventilación por aspiración local constituye el único método eficaz para evitar el escape de polvos y vapores nocivos de una fuente claramente determinada, y la consiguiente contaminación del lugar de trabajo. Pero aun esta precaución resultará inútil si no se procura evitar la formación de polvos.

¹Véase también el capítulo III.

Ventilación

Con objeto de que la ventilación aspirante sea eficaz, es indispensable que esté situada cuanto más cerca sea materialmente posible del punto en el que se originen los polvos, emanaciones y demás fuentes de contaminación. Es recomendable que la ventilación produzca una corriente de aire con una velocidad nominal de 0.5-1.0 m/segundo por los huecos de ventilación y los puntos de descarga.

El aire recogido por la ventilación del foco de contaminación deberá filtrarse antes de descargarlo a la atmósfera si se da la presencia de polvos. Si se extraen solamente vapores, las propiedades de los productos determinarán la necesidad de emplear un depurador o, sencillamente, de tratarlos de forma satisfactoria por medio de la dilución. Debe estudiarse cuidadosamente el punto de descarga (altura por encima del tejado, dirección predominante del viento, etc.).

Una buena ventilación general del área de trabajo resulta siempre necesaria para que la temperatura y la humedad sean más agradables, pero, por regla general, no basta por sí sola para mantener el lugar de trabajo libre de contaminantes. A menudo, puede conseguirse una ventilación general a bajo coste mediante edificios que tengan los costados abiertos. Si no, el empleo de bocas de ventilación cerca del piso y en el tejado o inmediatamente debajo del alero es un método bastante útil.

Si se da el caso de que la ventilación del foco de contaminación no resulta práctica debido a las dimensiones, la forma o la función del equipo, este último deberá instalarse en una cabina provista de un ventilador independiente. En el interior de la cabina, la fuente de contaminación deberá estar situada entre el operario y el punto de extracción de aire. La cabina no garantiza la protección de los que trabajan en su interior.

Si el grado de cerramiento y el volumen de ventilación activa no garantizan la total protección del trabajador, éste deberá llevar ropa y dispositivos protectores personales que serán los adecuados para el riesgo que entrañe su trabajo.

Supervisión médica

Independientemente de la magnitud de la operación de la planta o de su tipo, es conveniente efectuar algún tipo de supervisión médica, que resultará indispensable en los lugares donde se formulen productos químicos tóxicos como hidrocarburos clorados, compuestos orgánicos de mercurio, sustancias orgánicas fosforadas o carbamatos. Se recomiendan firmemente los reconocimientos médicos previos al empleo, tanto para los empleados permanentes como para los que trabajan en régimen de contrato.

En las plantas donde se manejen sustancias orgánicas fosforadas o carbamatos, se deberán determinar los niveles básicos de actividad de la colinesterasa en la sangre con anterioridad a la exposición a dichas sustancias, análisis que es preferible realizar durante los reconocimientos previos al empleo. Debe comprobarse periódicamente la actividad de la colinesterasa de todo el personal que participe en la formulación y el envasado de dichos

compuestos, incluso la plantilla de mantenimiento que trabaje en el equipo. Para tales determinaciones deberá utilizarse un hospital o un laboratorio con material y personal adecuados y titulados. Deberá guardarse un registro minucioso de los resultados, que serán interpretados por un médico. En las referencias [1-8] se describen diversos métodos de análisis.

La siguiente guía puede resultar útil para interpretar los resultados (véase también [5]):

a) Un descenso de más del 20% de la actividad de la colinesterasa en la sangre con respecto a la cifra anterior a la exposición exigirá una investigación acerca de la causa posible de la exposición probable y la adopción de medidas correctoras:

b) Un descenso de más del 40% indica que el trabajador debe ser apartado del tipo de trabajo que pudiera ser origen de la exposición hasta que la actividad de la colinesterasa en la sangre se halle dentro de un margen del 20% de la cifra anterior a la exposición.

Debe consultarse a un médico para que éste indique el momento prudente de reanudar el trabajo regular.

Si se sospecha que existe intoxicación, o que ésta es aguda, deberá obtenerse inmediatamente la ayuda del médico o del hospital con el que se ha concertado un acuerdo de supervisión médica. Debe informarse por adelantado al médico o al hospital de todos los datos relativos a la índole de los productos químicos manipulados; aquéllos deberán tener a su disposición los antidotos necesarios, como, por ejemplo, atropina y PAM (pralidoxima). También deberá disponerse de un manual de primeros auxilios para casos de intoxicación por plaguicidas como el publicado por el Organismo de Protección Ambiental de los Estados Unidos en 1977.

En el mejor de los casos, la planta deberá disponer de su propio centro de primeros auxilios con una enfermera residente capacitada. Debe existir un mínimo de materiales y medios de primeros auxilios que permita el tratamiento de cortaduras, rasguños, quemaduras y fracturas, y es preciso disponer de medios para sacar a las personas que sufran lesiones o intoxicaciones graves fuera de la zona de peligro y transportarlas a centros especiales de tratamiento.

Si no se cuenta con una enfermera residente capacitada, deberá designarse a varios empleados en calidad de especialistas en primeros auxilios, quienes recibirán capacitación sobre los procedimientos básicos de dicha especialidad y, en caso necesario, sobre la administración de atropina.

Higiene y seguridad

Ropa protectora

Con objeto de reducir el riesgo de exposición por accidente, los empleados deberán llevar monos de manga larga en todo momento. No se permitirá ropa de calle bajo la ropa de trabajo. Tampoco se permitirá que los trabajadores se vayan a casa con los monos de trabajo puestos. Es sumamente recomendable calzar botas de seguridad cauchotadas o de cuero con puntera de acero. Las

perneras de los monos deberán quedar perfectamente ajustadas por encima de las botas para impedir que los plaguicidas en forma seca penetren en el calzado.

Las manos deberán protegerse mediante el uso de guantes largos de caucho o de plástico sin forro. El material elastomérico de dichos guantes tiene que ajustarse a los compuestos que se manipulen. El guante largo protege la parte de la muñeca que no queda tapada normalmente por las mangas. Al carecer de un forro de paño, su interior resulta más fácil de limpiar. Se recomienda un guante de peso mediano, puesto que uno pesado no permite suficiente flexibilidad en los dedos y uno ligero se rasga o se desgasta con demasiada rapidez. Para mayor comodidad en climas cálidos, puede llevarse debajo del guante de caucho otro de algodón ligero desechable.

Si existe la posibilidad de que se produzcan salpicaduras de líquidos, deben llevarse gafas irrompibles, anteojos o incluso una careta. En este caso se necesita especialmente un delantal impermeable. Es también recomendable el empleo de delantales en los puestos de ensacado o de mezcla donde, a menudo, la contaminación de la parte delantera de la ropa es considerable.

Debe preverse la protección de la cabeza con cascos o gorros de tela si existe el riesgo de golpearla o cuando haya que impedir que el polvo se pose en el cabello.

Puede darse la posibilidad de que haya que proteger las vías respiratorias mediante máscaras contra polvos o mascarillas de respiración capaces de filtrar el compuesto de que se trate. Los cartuchos de los filtros se deberán cambiar cada siete horas si la exposición al plaguicida es considerable, y con más frecuencia si se nota el olor de éste a través de la mascarilla. Las almohadillas del filtro se deberán cambiar si se atascan y hacen difícil la respiración. Se utilizarán máscaras antigás provistas de filtros del tipo de bote cuando existan concentraciones elevadas de vapores muy tóxicos. Es aconsejable utilizar una mascarilla de respiración con suministro propio de aire cuando se trabaje en el interior de los tanques de mezcla o de las toivas de entrada del plaguicida en polvo durante las operaciones de limpieza y reparación.

Para que la máscara sea eficaz, deberá estar muy ajustada contra la cara a fin de que no pueda penetrar el tóxico. Después de su empleo, se retirarán los cartuchos y los filtros y se lavará la pieza correspondiente a la cara con agua y jabón. Una vez secada la máscara, se volverá a armar y se comprobará que los obturadores están en la posición correcta. La máscara se guardará en una caja en lugar seco para garantizar que no se contamine en su parte interior antes de volver a usarla.

El empleo de ropa protectora debe corresponder al grado de riesgo o de exposición del trabajo de que se trate. A menudo, resulta útil colocar rótulos en el equipo o etiquetas en los recipientes de productos químicos que indiquen los tipos de protección que debe vestir el trabajador para cada tarea concreta (véase también el capítulo IX).

Higiene personal

Aunque la empresa proporcione un ambiente de trabajo relativamente seguro, el obrero que trabaja en una planta de formulación deberá esforzarse en protegerse de una absorción excesiva de plaguicidas practicando una higiene personal cuidadosa.

Se prescribirá el uso de parte de la ropa protectora citada en párrafos anteriores, o incluso toda, para diversas operaciones, lo que dependerá de la índole de los productos químicos que haya que manipular. El trabajador deberá cerciorarse de que las prendas están visiblemente limpias antes de ponérselas.

El trabajador lavará sus guantes antes de quitárselos al final de su turno de trabajo. Los monos sucios se recogerán para llevarlos a la lavandería y no se guardarán en el ropero. Seguidamente, el obrero se duchará utilizando jabón en abundancia para eliminar por completo del cabello y la piel todo resto de plaguicida antes de ponerse la ropa de calle. La empresa debe facilitar medios adecuados para mudarse y lavarse, así como roperos distintos para prendas personales y de trabajo.

Si un obrero llega a contaminarse excesivamente en cualquier momento con un plaguicida en forma seca o líquida, deberá desvestirse por completo inmediatamente, ducharse (deberá utilizarse una ducha de emergencia que arroje abundante agua) y limpiarse concienzudamente antes de ponerse una muda limpia de ropa de trabajo y reanudar sus actividades. Si ha estado trabajando con compuestos orgánicos fosforados, muy tóxicos, el trabajador deberá ser observado por un médico capacitado por si presentase síntomas de envenenamiento.

La empresa es responsable de proporcionar ropa de trabajo lavada al empleado, a quien se deberá informar del peligro potencial que supone la ropa contaminada por plaguicidas.

El obrero deberá encargarse también de la limpieza diaria de la ropa protectora impermeable como, por ejemplo, los delantales, las botas y los guantes. Es sumamente importante limpiar tanto el interior como el exterior de los guantes de caucho y examinarlos periódicamente por si estuviesen agujereados o rasgados. Se deberán cambiar los guantes que tengan defectos.

Los obreros no deberán nunca fumar, mascar tabaco o chicle, beber o comer mientras estén trabajando con plaguicidas. Deberá existir un recinto limpio independiente para dichos fines. Antes de comer, beber o fumar los obreros se lavarán las manos y la cara. También deberán lavarse las manos antes de orinar.

Seguridad

El emplazamiento de la planta deberá estar cercado y contar con la protección adecuada para impedir la entrada de intrusos. Deberá comunicarse con firmeza a los visitantes que no se aproximen a las zonas potencialmente peligrosas.

Deben observarse estrictamente las normas de seguridad relativas a la ropa protectora, la prohibición de fumar y el empleo de herramientas que desprendan chispas. Se recomienda firmemente el empleo de símbolos y rótulos de fácil comprensión que indiquen las restricciones y muestren las vías de escape y la ubicación del equipo de socorro, como, por ejemplo, los extintores de incendios y los teléfonos.

La limpieza y el buen orden son aspectos significativos de la seguridad. Se deberán guardar correctamente los artículos, envases o equipos que no sean

necesarios para la operación. No debe impedirse el acceso al equipo que se esté utilizando y las vías de escape estarán libres de obstrucciones.

La limpieza y el buen orden son indispensables para que la exposición ambiental sea mínima. Se recogerán inmediatamente todos los derrames. Los líquidos derramados se recogerán por absorción con un sólido sin polvo adecuado como serrín, arcilla granular u otro material absorbente. No se deben eliminar por vía del alcantarillado. Es posible que, después de barrer los materiales absorbentes haya que descontaminar el área con arreglo a las propiedades del plaguicida.

Los plaguicidas sólidos en forma seca se pueden barrer con una escoba y un cogedor o, de preferencia, con ayuda de una aspiradora industrial. Los desechos se recogerán en un recipiente cerrado y se eliminarán de forma segura. Es mucho más fácil limpiar los suelos lisos e impermeables que los desiguales. Merece la pena dedicar mayor esfuerzo durante la construcción de la planta para conseguir un suelo liso.

Deben evitarse los desagües, pero, en caso de que existan, no deben empalmar directamente con cursos de agua o alcantarillas públicas. Se recomienda por lo tanto la instalación de un pozo de sedimentación o un tanque de retención desde el que se bombeará el líquido purgado. Se dejará que los desechos líquidos se evaporen en un estanque de eliminación, ya que resultan más fáciles de evacuar por su menor volumen (véase el capítulo III).

Procedimientos de emergencia

Si las medidas preventivas no resultaran suficientes para evitar contratiempos o accidentes, se deben prever medidas de emergencia para limitar las consecuencias de los mismos. Dichas medidas pueden ejecutarse con rapidez y eficacia únicamente si se practican con regularidad y se verifica y mantiene el equipo periódicamente.

Se deberá establecer un procedimiento de alarma y evacuación que permita un recuento rápido del personal. La situación dictará las medidas que haya que tomar para recoger a las personas que no estén presentes y sacarlas de la zona de peligro con ayuda de los dispositivos protectores apropiados. El plan comprenderá un sistema de notificación a los supervisores, las autoridades, los vecinos, etc. Todo el personal de la planta deberá practicar ejercicios de evacuación periódicamente.

Es prudente llegar a un acuerdo con los bomberos de la localidad para que presten ayuda inmediata en caso de incendio. Deberá informarse con todo detalle a los bomberos de la naturaleza de los productos químicos que se manejan y de la existencia de zonas específicas de riesgo elevado en el interior de la planta. Si tardan en llegar más de diez minutos, deberá crearse un pelotón contra incendios formado por el personal de la planta e instruido si es posible por los bomberos de la localidad para que constituya una unidad eficaz.

Si se produjesen derrames o inundaciones de importancia, es preciso interrumpir en primer lugar la causa del derrame e impedir que los contaminantes lleguen a cursos de agua, alcantarillas, o aguas subterráneas, y

que se extiendan a los terrenos colindantes mediante diques de material absorbente o arena.

A menudo resulta expeditivo en la práctica nombrar un asesor de seguridad e inocuidad que tenga las responsabilidades siguientes:

- a) Analizar los accidentes y sucesos que hayan ocurrido con objeto de evitar que se repitan;
- b) Examinar la eficacia de las prácticas y procedimientos laborales desde el punto de vista de la seguridad y la higiene;
- c) Interpretar la legislación de sanidad y seguridad en el trabajo que sea aplicable a las actividades de la compañía;
- d) Fomentar la seguridad, la higiene y la conciencia ambiental entre el personal;
- e) Proponer programas y cursos de instrucción;
- f) Contribuir a los planes de emergencia del emplazamiento, etc.

Dentro de este contexto, es aconsejable que sea nombrada una comisión de seguridad formada por supervisores y los trabajadores.

Medida de la exposición

Las precauciones para proteger al trabajador pueden tomarse únicamente si se tiene pleno conocimiento de la cantidad de contaminante a que pueda estar expuesto en la planta. Para ello se emplean métodos directos e indirectos de medición [9].

Entre los métodos directos figuran los aparatos tomamuestras de aire autónomos que el operario lleva durante un turno completo con el conducto de admisión de aire cerca de la cara. Mediante la desorción de los posibles contaminantes y su microanálisis se puede obtener un cálculo bastante exacto de los contaminantes suspendidos en el aire a que haya podido estar expuesto el obrero en su trabajo concreto. De acuerdo con ello cabe adoptar medidas de corrección entre las que puede figurar la obligación de llevar equipo protector. No obstante, dicho método no puede aplicarse a la exposición por vía dérmica y es necesario recurrir a frotar zonas de la piel con un material absorbente y determinar la cantidad de contaminante recogida para efectuar un cálculo de la exposición real.

Por lo tanto, en numerosas ocasiones resulta más exacto recurrir a métodos indirectos que depender de los derivados metabólicos o de la reactividad bioquímica en los fluidos corporales. El ejemplo típico lo constituye la medición de la actividad de la colinesterasa en la sangre para calcular la exposición a los compuestos orgánicos fosforados o las tasas de coagulación de la sangre después de la exposición a cumarinas.

El nivel de excreción urinaria de p-nitrofenol y de ácido 4,4'-dicloro-difenilacético constituye un índice útil de exposición profesional al paratión y al DDT, respectivamente.

Resumen

Los trabajadores de las plantas de formulación y producción de plaguicidas suelen estar expuestos a niveles relativamente elevados de compuestos plaguicidas. Por lo tanto, es importante que todos los trabajadores, así como los directivos, tengan muy en cuenta los peligros potenciales que puede suponer la exposición a dichos compuestos. El personal deberá conocer las medidas de precaución que han de tomarse cuando se manejen los distintos compuestos, las posibles vías de entrada en el organismo y la forma de protegerse. Independientemente de la magnitud de operación de la planta, es aconsejable que los empleados estén sometidos a cierta supervisión médica. Los peligros de lesiones o enfermedad se pueden reducir a un mínimo si se cuenta con empleados correctamente capacitados y educados. La instrucción sobre la utilización correcta y cuidadosa del equipo puede prevenir la contaminación innecesaria del ambiente de trabajo. Se usarán ropas y dispositivos de protección en los lugares indicados o donde lo determine la medición directa o indirecta del nivel de contaminante. El mantenimiento adecuado de todo el equipo reducirá la posibilidad de contratiempos a un mínimo. Se fomentará la higiene personal así como la limpieza y el buen orden en general.

La eliminación de los desechos deberá ajustarse a los reglamentos locales.

REFERENCIAS

1. G. Voss y K. Sachsee, "Red cell and plasma cholinesterase activities in microsamples of human and animal blood determined simultaneously by a modified acetylthiocholine/DTNB procedure", *Toxicology and Applied Pharmacology*, vol. 16, No. 3 (mayo 1970), p. 764.
2. Ellman y otros, "A new and rapid colorimetric determination of acetylcholinesterase activity", *Biochemical Pharmacology*, vol. 7, 1961, pp. 88 a 95.
3. W. Prellwitz, S. Kapp y D. Müller, "Vergleich von Methoden zur Aktivitätsbestimmung der Serumcholinesterasen (Acetylcholinacylhydase E.C.3.1.1.8.) und deren diagnostische Wertigkeit", *Journal of Clinical Chemistry and Clinical Biochemistry*, vol. 14, 1976, pp. 93 a 97.
4. M. Knedel y R. Böttger, "Eine kinetische Methode zur Bestimmung der Aktivität der Pseudocholinesterase (Acetylcholin-acylhydase 3.1.1.8.)", *Klinische Wochenschrift*, vol. 45, 1967, pp. 325 a 327.
5. D. M. Forsyth y C. Rashid, "Treatment of urinary schistosomiasis with trichlorophone", *The Lancet*, 28 octubre 1967, p. 909.
6. "Acholest", papel reactivo (Linz, Austria, Österreichische Stickstoffwerke).
7. "Monotest", método (Mannheim, República Federal de Alemania, Boehringer Mannheim).
8. "Lovibond", método "in situ" (Salisbury, Reino Unido de Gran Bretaña e Irlanda del Norte, The Tintometer Ltd.).
9. D. Morgan, *Recognition and Management of Pesticide Poisonings*, 2.^a ed. (Washington, D.C., Environmental Protection Agency, 1977). Obtenible en microficha de AID, ST/AGR, SA-18, Washington, D.C. 20523, gratis.

BIBLIOGRAFIA

- Guidelines for the safe handling of pesticides during their formulation, packing, storage and transport. Bruselas. Grupo Internacional de Asociaciones Nacionales de Fabricantes de Productos Agroquímicos, 1982.
- Health and safety guide for pesticide formulators. Cincinnati, Ohio, National Institute for Occupational Safety and Health, mayo de 1977. Publicación DHEW (NIOSH) No. 77-100.
- Industrial ventilation. 15.^a ed. Lansing, Michigan, Committee on Industrial Ventilation, 1979. Catálogo de la Biblioteca del Congreso, Ficha No. 62-12929.

XI. La seguridad en el almacenamiento, transporte y eliminación de los plaguicidas y de los envases

Malcolm Harmer y Homer R. Wolfe***

Para lograr un control satisfactorio y una manipulación segura de los materiales potencialmente peligrosos, ya se encuentren en almacén o en tránsito, deben tenerse en cuenta tanto las exigencias normales de las operaciones diarias como la especial naturaleza de los problemas provocados por accidentes, tales como derrames e incendios. Al evaluar los problemas de seguridad es preciso partir de la base de que es inevitable que tales accidentes ocurran de vez en cuando, y mantener un sentido de proporción con respecto al tipo y a la magnitud de los riesgos.

En condiciones normales, la gran mayoría de plaguicidas no entrañan muchos riesgos durante el almacenamiento. La exposición a los productos químicos puede ocurrir sólo como consecuencia de un derrame accidental, pero en tales casos se pueden solucionar los posibles problemas de manera segura siguiendo los procedimientos establecidos. Además, como es raro que los plaguicidas se depositen en grandes recipientes, la cantidad de material derramado de un solo contenedor, si se procede debidamente, será reducida y posiblemente no cause más que un ligero trastorno.

La posibilidad de que se produzcan daños más graves suele asociarse a la acción de un agente externo, el más importante de los cuales es el fuego. Si bien algunos plaguicidas se formulan con solventes inflamables que se incendiarían rápidamente, otros productos no inflamables en forma de polvos o gránulos pueden provocar problemas difíciles o incluso graves cuando se exponen al calor. En estas situaciones los riesgos derivan de la fabricación de productos de descomposición tóxica y de la posible descarga de agua contaminada empleada contra el fuego en los canales de desagüe y en los cursos de agua. Por lo que el autor sabe, tales incidentes raras veces provocan daños graves, pero pueden causar un vasto perjuicio al medio ambiente debido a la contaminación de lagos y ríos.

En el caso de productos en tránsito, el control que el consignador puede ejercer es muy limitado, y precisamente en estas circunstancias se han producido algunos de los accidentes más graves que afectaron a personas y animales. El empleo de envases seguros y de etiquetas claras y explícitas

*Division Safety Adviser, Imperial Chemical Industries Plant Protection Division, Yalding, Kent, Reino Unido de Gran Bretaña e Irlanda del Norte.

**Retirado del Servicio de Salud Pública, United States Environmental Protection Agency (EPA), Health Effects Research Laboratory, Wenatchee Pesticide Research Branch, Washington, D.C., Estados Unidos de América.

constituye una primera medida inmejorable para prevenir derrames accidentales de plaguicidas durante el transporte, pero para evitar la peligrosa contaminación de un plaguicida por otro, es fundamental que dichos productos se almacenen lejos de los productos alimentarios y de otros productos destinados al uso o consumo del hombre o los animales, tales como piensos, vestidos, aceites comestibles, tabaco y cosméticos.

Aunque siempre existe cierto grado de riesgo, la experiencia ha demostrado que se puede hacer mucho para reducir el peligro y remediar cualquier incidente que ocurra. Para ello, es fundamental realizar con cuidado la selección, mantenimiento y explotación de los locales nuevos y de los existentes destinados al almacenamiento y a la distribución. Para la aplicación de las normas de seguridad recomendadas no tienen gran importancia las dimensiones de la planta. En todos los casos deben seguirse los principios fundamentales de una buena administración.

La seguridad de los plaguicidas en almacén

Ubicación del almacén

Aunque para el almacenamiento de plaguicidas pueden seguirse utilizando muchos locales cuya ubicación dista de ser ideal, cuando se instala uno nuevo es posible elegir su ubicación y, tal vez, el tipo de construcción.

Deberá examinarse cuidadosamente la proximidad, el tipo y el uso de las fincas cercanas, evitando, dentro de lo posible, los locales vecinos a viviendas, escuelas, hospitales, tiendas y otras zonas superpobladas. Han de tenerse debidamente en cuenta los efectos que el incendio puede tener en la vecindad; a la inversa, no deben ignorarse los riesgos que las propiedades vecinas podrían entrañar para el almacén. Se evitarán los lugares vecinos a aserraderos, estaciones de gasolina y otras zonas que entrañen riesgos relativamente grandes, y si esto no es posible, se adoptarán precauciones adicionales en la construcción. Es conveniente que esté completamente separado de los edificios vecinos, con un espacio libre de al menos 10 metros alrededor del depósito que sirva de cortafuegos. Este espacio permitirá el acceso de vehículos de emergencia en caso de incendio, factor que debe tenerse en cuenta además del acceso necesario para los vehículos en condiciones normales.

Será necesario conocer la ubicación de ríos, canales de riego, otros cursos de agua y alcantarillados y adoptar las precauciones necesarias para evitar su contaminación. Esto es especialmente importante en caso de incendio, pues el desagüe del agua fuertemente contaminada empleada para combatirlo puede provocar graves problemas de contaminación, con consecuencias al menos tan graves como las del incendio mismo. En zonas expuestas a inundaciones los almacenes deben ubicarse lejos o por encima del nivel máximo de crecida.

Construcción del almacén

Todos los materiales que se empleen en la construcción de nuevos locales destinados al almacenamiento de productos químicos agrícolas serán necesariamente no inflamables. Si los locales existentes no satisficieran esta

condición, deberá examinarse cuidadosamente la posibilidad de que los materiales de construcción existentes, como los bastidores de madera del techo, propaguen el incendio en todo el edificio. Para juzgar la idoneidad del almacén se tendrá en cuenta el tamaño del mismo, el tipo de materiales depositados en los locales, y la existencia de separaciones en el interior para casos de incendio. No obstante, en determinadas circunstancias si a una construcción inadecuada se une una ubicación también desfavorable, el local podría resultar inapropiado para el almacenamiento de plaguicidas.

Muchos edificios nuevos pueden construirse alrededor de una estructura de hormigón armado, con propiedades piroresistentes. Si se emplea acero, es preciso proteger el metal al descubierto de los efectos del fuego, utilizando un revestimiento aislante no combustible, como vermiculita.

Las paredes se construirán con ladrillos, u otro material análogo no combustible que también ofrezca un alto grado de seguridad en caso de que se intente penetrar por la fuerza en el local. El amianto, cemento u otros revestimientos relativamente endebles no son adecuados en este último aspecto, aunque por razones de economía pueden utilizarse en la parte superior de las paredes siempre que las zonas inferiores, que son más vulnerables, tengan una construcción sólida. Los revestimientos frágiles pueden también perjudicarse con la manipulación de los materiales si se utilizan en las paredes inferiores de los depósitos.

Al diseñar los techos deberá pensarse en la evacuación de humos y de calor en caso de incendio. Para ello se pueden instalar secciones móviles que se abran automáticamente cuando la temperatura alcance un nivel determinado o, simplemente, emplear material frágil, como revestimientos de cemento amiantado. Ahora bien, estos últimos en lugar de permitir la salida controlada del calor y del humo, se harían añicos debido a los efectos del calor y las llamas. Con claraboyas de plástico en el techo, que para la iluminación interna son preferibles a las ventanas corrientes en las paredes se obtendrán resultados semejantes. Las ventanas presentan también inconvenientes desde el punto de vista de la seguridad.

En los edificios grandes, o incluso en los almacenes más pequeños que contengan grandes cantidades de líquidos inflamables, deberá considerarse la posibilidad de construir paredes interiores. Si están debidamente construidas harán que disminuya la cantidad de materiales en peligro en cada parte del edificio y servirán para separar los materiales que entrañan mayores riesgos de incendio.

Para que las paredes de separación interior sean eficaces, deberán construirse con material no inflamable, preferiblemente ladrillos y llegar hasta el techo. En los nuevos edificios, se recomienda que estas paredes interiores sobresalgan del techo por encima del edificio aproximadamente un metro aunque en los locales ya construidos podría ser demasiado costoso.

Las puertas de las paredes de separación interior serán piroresistentes. Si no cuentan con un mecanismo de cierre automático, debe tenerse cuidado de que queden cerradas cuando los obreros abandonen el local. Un método sencillo y económico para que las puertas interiores se cierren automáticamente en caso de incendio consiste en colocar un contrapeso y un eslabón fusible.

Los pisos deberán ser de hormigón y conservarse sin grietas, con una superficie lisa para facilitar la limpieza.

A pesar de las precauciones que se adopten para minimizar los riesgos de incendio, deberá suponerse que tal incidente puede ocurrir y preverse medidas para contenerlo y controlar los efluentes, principalmente el agua contaminada empleada para extinguirlo. El método más económico es la construcción de umbrales en todas las puertas exteriores, formando una canaleta en el suelo del edificio. En general, será necesario construir los umbrales con rampa para que puedan pasar las carretillas de horquilla elevadora y demás vehículos. La inclinación de la rampa no deberá superar un décimo. Se sugiere que los umbrales tengan al menos 15 cm de altura. Cuando se trata de nuevos edificios, otro sistema puede ser excavar durante la construcción el suelo hasta una profundidad de 15 cm con una entrada en rampa a las puertas empleadas para el acceso de vehículos. Pero si se adopta este sistema, debe considerarse la posibilidad de que penetren las aguas de lluvia y habría que adoptar las medidas adecuadas para evitarlo.

Deberán evitarse las alcantarillas en el interior de los almacenes y, si existen, obturarlas a nivel del suelo. Los depósitos que se emplean para el almacenamiento de líquidos inflamables, como los productos a base de solventes, habrán de contar con una protección cerámica.

Instalaciones y equipos

El equipo eléctrico de los almacenes deberá mantenerse en buenas condiciones. En particular, el equipo para carga de baterías se colocará en un lugar bien ventilado para permitir la dispersión inocua del gas de hidrógeno generado durante la carga, y mantenerse bien alejado de los productos almacenados y de otros materiales combustibles. Todos los accesorios eléctricos, incluidas las lámparas, se instalarán en un lugar apropiado para que no se dañen durante la manipulación de los materiales.

Cuando sea necesario el calor para la conservación de los materiales, se recomiendan métodos seguros de calefacción indirecta, como aire caliente. El equipo de calefacción deberá tener una instalación fija y no ser portátil, la corriente de aire caliente no debe estar dirigida a los productos, que deben depositarse en lugares bien apartados de las fuentes de calor.

En los locales destinados al almacenamiento no será necesaria la ventilación a presión siempre que se proporcione una buena ventilación natural, instalando ventiladores en los techos o en los muros, justo por debajo del nivel del techo y cerca del suelo.

Habrà de disponerse de equipo contra incendio colocado en puntos estratégicos, cerca de las puertas y junto a las zonas que entrañan mayores riesgos, como los compartimientos para la carga de baterías. Deberá incluir extintores de incendio de un tipo adecuado, carretes de manguera y sistemas de alarma de incendio.

Se tendrá también en cuenta la ubicación y la capacidad de las fuentes de agua en el exterior que puedan servir para la lucha contra los incendios. En ésta se recomienda utilizar, cuando sea posible, nebulizadores de agua, en lugar de surtidores potentes. Estos últimos desperdician agua, no son eficaces en la lucha contra los incendios y producen una mayor descarga de agua contaminada que puede ocasionar problemas ambientales. Para ello deberá

buscarse la oportunidad de estudiar con el cuerpo de bomberos de la localidad los problemas inherentes a la lucha contra los incendios relacionados con plaguicidas, y examinar detalladamente las medidas necesarias para proteger al personal y al medio ambiente.

Procedimientos relativos a las operaciones¹

En el almacén es fundamental una cuidadosa supervisión de las operaciones y que el personal tenga un conocimiento básico de los materiales que manipula y de las precauciones que debe adoptar. Evidentemente, para ello es muy importante la selección, designación y capacitación de los supervisores, ya que será a ellos a quienes corresponderá principalmente capacitar al personal.

La limpieza es de extrema importancia, y la disposición ordenada de las existencias, cuya salida seguirá el orden de adquisición, ayudará mucho a reducir el deterioro y el daño de los envases. Bajo ninguna circunstancia se almacenarán los plaguicidas en lugares donde puedan estar en contacto con los productos alimenticios y demás elementos destinados al consumo del hombre o de los animales, contaminándolos.

El supervisor debe procurar que el personal del almacén use el equipo protector necesario, que ha de mantenerse siempre en buenas condiciones. Las personas que trabajan en los almacenes deben usar habitualmente monos. En caso de derrame, serán necesarios también los siguientes elementos: botas impermeables, guantes y delantales, protectores de los ojos, y una máscara para protegerse de los polvos o emanaciones ligeras. Deberán instalarse en lugares estratégicos servicios para el lavado de las manos y de los ojos, y duchas de emergencia (véase también la sección más adelante sobre primeros auxilios y protección del personal de almacén).

No se permitirá comer, beber ni fumar en las zonas de trabajo, y se procurará que el personal de los almacenes se lave cuidadosamente las manos después del trabajo y antes de la comida.

No podrán entrar al almacén las personas no autorizadas, y en todas las entradas deberán colocarse letreros señalando esta prohibición y la prohibición de fumar.

Separación de los productos dentro del almacén

Según el tipo y la cantidad de materiales de que se trate, puede ser conveniente establecer cierto grado de separación a fin de reducir los posibles peligros de incendio o evitar problemas de incompatibilidad.

En caso de incendio los líquidos y aerosoles inflamables aumentarán considerablemente la velocidad de propagación del fuego en el edificio. En los lugares donde haya grandes cantidades de estos materiales se recomiendan paredes de separación pirorresistentes. Aunque tal vez este sistema sólo sea factible en los grandes almacenes, también en las unidades más pequeñas puede lograrse algún tipo de aislamiento formando una barrera de productos no inflamables, preferiblemente a base de agua. También pueden servir los

¹Véase también el capítulo X.

productos en forma de polvos secos y gránulos, pero, si contienen una gran cantidad de ingredientes activos, en caso de incendio pueden dar lugar a peligrosos productos de descomposición. Además no servirían para disminuir la velocidad de propagación del fuego en el edificio.

Los materiales oxidantes y potencialmente inestables entrañan un riesgo especial, y se recomienda muy especialmente separarlos efectivamente en una zona bien ventilada, lejos de todos los productos inflamables. En el caso de cebos, la elección del depósito dependerá de los demás materiales que se almacenen en los lugares vecinos, pero los productos que poseen un olor fuerte deben mantenerse bien separados de los cebos.

La importancia de mantener los herbicidas separados de los demás plaguicidas dependerá, en gran parte, del tipo de materiales y del tipo de envase que se utilice. Por ejemplo, los polvos herbicidas empaquetados en sacos de papel de múltiples capas, son especialmente vulnerables y resulta difícil controlar la propagación del polvo derramado. Tales envases deberán mantenerse apartados de los plaguicidas no herbicidas. Por el contrario, cuando se emplean envases menos vulnerables, por ejemplo bidones de acero, no es tan importante separarlos.

Uno de los problemas que presenta la separación, especialmente en función de la resistencia al fuego, es su costo y, en caso de almacenes pequeños, las restricciones físicas que resultan de la división de la zona de trabajo en unidades más pequeñas. En tales circunstancias, tal vez sea más conveniente el empleo al que antes se ha aludido de productos no inflamables, especialmente a base de agua, para formar barreras de seguridad en torno o entre las existencias de líquidos inflamables.

Ya se ha señalado la importancia de mantener los plaguicidas en tránsito lejos de los productos alimenticios y de otros materiales destinados al uso o consumo humano. Tales materiales deberán mantenerse fuera de los almacenes de plaguicidas. También es importante no almacenar junto a los plaguicidas sustancias que entrañen un elevado riesgo de incendio. Los almacenes mixtos sin separación son aceptables si contienen sólo una cantidad mínima de sustancias inflamables, pero no lo son y deben evitarse cuando en ellos se conservan grandes cantidades de estas sustancias sin separarlas de los productos plaguicidas.

Altura de los apilamientos

La altura recomendada de los apilamientos varía según el tipo de envase utilizado, aunque en ningún caso debe exceder a la máxima que puede alcanzarse sin causar daño a los envases inferiores. En el cuadro que figura a continuación se señalan las alturas máximas de apilamiento que se consideran seguras para distintos tipos de envase.

Sobrepassar las alturas recomendadas sin utilizar un tipo u otro de bastidor de plataformas o de estantería podría causar daños excesivos e innecesarios a los envases. Las plataformas deberán estar también alejadas de las instalaciones eléctricas aéreas y caso de efectuarse el apilamiento cerca de ventanas, incluso las del techo, deben tenerse en cuenta los efectos de la deterioración de los envases y los productos causados por los rayos del sol y el agua de lluvia arrastrada por el viento.

ALTURAS MAXIMAS DE APILAMIENTO

<i>Tipo de envase</i>	<i>Número de envases por plataforma</i>	<i>Número máximo de plataformas por apilamiento</i>
Bidón de acero	1-2	4
Bidón de fibra	2	3
Bidón de plástico	2	2
Saco de papel	4-5	3
Saco de polietileno	4-5	3
Caja de fibras que contiene latas	4-6	4
Caja de fibras que contiene envases blandos, como botellas de plástico o saquitos	4-6	2
Caja de madera	2-4	4

Primeros auxilios y protección del personal de los almacenes

La posibilidad de contaminación del propio personal de los almacenes es mucho mayor en el caso de derrames, por lo que deberá haber en los almacenes productos absorbentes y adsorbentes como arena, vermiculita, piedra pómez o bentonita. Los desechos tóxicos irán a un centro de eliminación autorizado o se enterrarán lejos de los cursos de agua. Para limpiar el producto derramado es imprescindible la utilización del equipo protector antes descrito, aunque pese a esta precaución es posible que se produzca la contaminación accidental de la piel o los ojos, en cuyo caso deben adoptarse rápidas medidas. Después de quitarse todas las vestimentas contaminadas debe lavarse a fondo con jabón y agua las partes del cuerpo contaminadas y en caso de contaminación de los ojos irrigarse inmediatamente con agua limpia. En todos los casos de contaminación de los ojos o de contaminación grave de la piel, deberá consultarse a un médico o enviar a la persona afectada a un hospital para su ulterior examen. Deberá haber un botiquín de urgencia y un empleado especializado en la prestación de primeros auxilios.

Se aconseja encarecidamente informar al servicio médico de la localidad sobre la naturaleza de las sustancias conservadas en almacén. Caso de ser necesario, se solicitará al fabricante asesoramiento sobre la toxicidad específica de los productos y se enviará al hospital o clínica de la localidad una remesa de antídotos.

El personal de los almacenes debe tener pleno conocimiento de la naturaleza de los plaguicidas y de la posibilidad de que el cuerpo absorba ciertos productos a través de una piel intacta así como mediante los procesos mejor conocidos de ingestión e inhalación de polvos y vapores. La ingestión, el proceso probablemente menos corriente, suele producirse cuando los trabajadores comen, beben o fuman con las manos contaminadas.

La seguridad de los plaguicidas en tránsito

Todas las personas que participan en la producción industrial de plaguicidas han de tener ciertas nociones de los peligros que entraña el transporte de sustancias químicas tóxicas. Cada vez es mayor la preocupación

que suscitan los problemas de salud motivados por el derrame de plaguicidas tóxicos en los muelles de carga así como en los depósitos, barcos, camiones, vagones de ferrocarril y otros vehículos de transporte. Debe hacerse, por tanto, cuanto sea posible para garantizar la seguridad del transporte de compuestos hasta su entrega al consumidor.

Varios incidentes han corroborado la gravedad del problema. En 1967, como resultado de dos incidentes de contaminación de sacos de harina ocurridos en las bodegas de barcos por escape de plaguicida endrina, se registró en el Oriente Medio un total de 26 casos de muertes y más de 800 casos de enfermedad entre las personas que consumieron la harina contaminada². En México, durante ese mismo año, el empleo de azúcar y harina contaminada con paratión causó 15 muertes y muchos casos de enfermedad³ y en Colombia, murieron 63 personas y 165 resultaron enfermas por haber ingerido alimentos elaborados con harina contaminada con paratión al ser transportada en camiones⁴. En el Canadá, dos niños sufrieron una grave intoxicación por haber dormido en sábanas de franela ligera que se habían contaminado con paratión en la bodega de un barco transatlántico⁵.

En los Estados Unidos se han producido varios incidentes causados por derrame. Uno de los más graves produjo la contaminación de un bulto de pantalones de algodón por la acción del compuesto organofosfático mevinphos que es altamente tóxico. Los pantalones habían sido transportados en el mismo camión que los plaguicidas⁶. Antes de que los investigadores localizaran y retiraran del mercado la partida, seis niños se habían contaminado por usar los pantalones. En 1968, seis personas de una misma familia de Texas sufrieron una grave intoxicación por comer tortillas hechas con harina contaminada por el compuesto organofosfático carbofenotión⁷. La harina había sido adquirida en una tienda de mercancías recuperadas de ferrocarriles en donde se la expedía en envases de papel sin etiqueta de 45 kg. Las muestras de harina tomadas del cubo de la basura contenían 3.220 ppm del plaguicida. También se dio el caso de la contaminación de máscaras de oxígeno transportadas en el mismo camión en que se llevaba el plaguicida de hidrocarburo clorado endosulfán⁸. Los envases del plaguicida se rompieron y el polvo penetró en los tubos respiratorios a través de sus extremos descubiertos. Las empresas implicadas solucionaron voluntariamente el problema. En otro incidente se contaminaron las galletas transportadas en un camión junto al compuesto organofosfático azinfosmetilo⁹. El polvo plaguicida se depositó en los paquetes de alimentos y fue necesario destruir 150 cajas de galletas.

²D. E. Weeks, *Bulletin of the World Health Organization*, vol. 37, 1967, p. 449.

³E. Márquez Mayaudon y otros, *Salud Pública de México*, vol. 10, No. 3, 1968, p. 449.

⁴M. Gómez Ulloa y otros, "Epidemiological investigation of the food poisoning which occurred in the municipality of Chiquinquirá, Colombia, a preliminary report" (Ministerio de Salud Pública, Bogotá), 1968. Traducido y publicado por el Bureau of Occupational Health, State of California, Department of Health.

⁵L. S. Anderson y otros, *Canadian Medical Association Journal*, vol. 92, 1965, p. 809.

⁶M. C. Warren y otros, *Journal of the American Medical Association*, vol. 184, 1963, p. 266.

⁷R. Hatcher, M. S. Dickerson y J. F. Peavy, *Morbidity and Mortality*, Weekly Report, 5 octubre 1968, p. 376.

⁸*United States Food and Drug Administration Papers*, vol. 2, No. 4 (1968), p. 31.

⁹J. G. Striager, *United States Food and Drug Administration Papers*, vol. 2, No. 4, 1968, p. 4.

Para reducir los accidentes al mínimo es preciso proporcionar información sobre la toxicidad de los plaguicidas y los peligros que encierran y también dar a conocer las medidas de seguridad que se deben observar para su transporte. Además, es menester dar normas de seguridad a las personas que se ocupan de las operaciones de limpieza en casos de accidente. Las recomendaciones del Comité de Expertos en el Transporte de Mercancías Peligrosas, de las Naciones Unidas¹⁰, son el punto de referencia común de las disposiciones adoptadas para la prevención de accidentes en tránsito. Por ellas se prohíbe el transporte de líquidos o sólidos intoxicantes Clase B de la EPA en el mismo vehículo que cualquier tipo de comestibles y piensos o cualquier otro producto destinado al consumo humano o animal.

Todos los vehículos utilizados para transportar esas sustancias tóxicas deben someterse a inspección antes de ser utilizados nuevamente. Si se producen escapes o derrames de plaguicidas se solicitarán inmediatamente al expedidor del material instrucciones sobre el mejor método de descontaminación. Ningún vehículo contaminado, salvo los dedicados exclusivamente al transporte de sustancias tóxicas, volverá a entrar en servicio hasta que no se hubiera descontaminado.

Como, pese a seguir en vigor las mencionadas disposiciones, siguen produciéndose accidentes conviene insistir constantemente en la importancia de su notificación.

Sugerencias para aumentar la seguridad del transporte de plaguicidas

Los plaguicidas no deberán transportarse en el mismo vehículo que los productos alimentarios, los piensos para animales o cualquier otro producto destinado al uso o consumo humano o animal. Antes de comenzar la carga deberá examinarse la situación del vehículo y comprobar que no existen suelos en mal estado ni salientes que puedan dañar a los envases. De forma semejante, no se cargarán envases que muestren signos de daños o derrames ya que es muy posible que creen problemas durante el transporte. Se observarán precauciones semejantes en las bodegas de los barcos y de las pequeñas embarcaciones.

Cuando sea necesario, se recubrirá la carga con alquitranado, sujetándola fuertemente con cuerdas y si se transporta en contenedor deberá empacarse y afianzarse firmemente para evitar el movimiento y posibles daños a los envases durante el tránsito.

No se emplearán vehículos en que no exista una clara separación entre la carga y el conductor porque en el caso de derrame los humos o polvos que se desprendan del producto pueden ejercer un efecto perjudicial en el conductor.

Los vehículos deberán llevar documentación apropiada para que en caso de accidente pueda identificarse la naturaleza y procedencia de la carga.

Sería muy conveniente que los conductores tuvieran nociones básicas de los productos que transportan y que los vehículos utilizados llevaran un equipo de protección sencillo, como guantes inatacables por los ácidos, protección

¹⁰*Tranportes de Mercancías Peligrosas* (publicación de las Naciones Unidas, núm. de venta: S.77.VIII.D).

ocular, un delantal de caucho o plástico, además de un cepillo, una pala y una pequeña cantidad de arena o cualquier otro material absorbente. En casos especiales deberá llevarse un antídoto con instrucciones para su utilización en caso de urgencia. En la práctica, sin embargo, es posible que los vehículos propiedad de empresas o que regularmente se dedican al transporte de estas mercancías puedan cumplir esta especificación, que sería difícil de satisfacer en el caso de conductores y vehículos que sólo ocasionalmente transportan plaguicidas.

Disposiciones y precauciones aplicables en caso de derrame de plaguicidas

Cuando ocurre un accidente, es de primordial importancia evaluar el efecto tóxico de los plaguicidas de que se trate. Algunos productos químicos plaguicidas tienen un grado relativamente bajo de toxicidad y sería difícil prever situaciones en que los trabajadores o circunstantes absorbieran cantidades lo suficientemente grandes como para producir intoxicaciones sistemáticas. Otros, sin embargo, especialmente algunos compuestos organofosfáticos, son sumamente tóxicos y pueden provocar envenenamiento aun en pequeñas cantidades —que bien podrían ser absorbidas por los trabajadores encargados del transporte, policías, equipos de limpieza y hasta por los transeúntes. Es importante efectuar una cuidadosa evaluación del grado de toxicidad del plaguicida derramado en un accidente para prevenir posibles evenenamientos causados por las sustancias más tóxicas y evitar precauciones y medidas innecesarias cuando el producto es de escasa toxicidad.

Testimonios de muy diversas procedencias parecen revelar una tendencia a intentar limpiar los plaguicidas derramados sin ponerse en contacto con los fletadores o fabricantes o sin ningún otro asesoramiento técnico. Como resultado, las operaciones de descontaminación son ineficaces: si se asignan otras tareas a los camiones o remolques, la zona de peligro bien puede perder su identidad como tal. Por lo tanto, es importante que el personal encargado del transporte y almacenamiento de esas sustancias sepa qué precauciones tomar para la manipulación y traslado de productos químicos tóxicos.

Para las operaciones de limpieza de las sustancias tóxicas derramadas y la adecuada eliminación de éstas es necesario personal especializado en el manejo de plaguicidas y productos químicos, que disponga además del equipo adecuado y tenga acceso a fuentes de información técnica en casos de urgencia. Cuando se da un caso de contaminación puede pedirse asistencia al personal de las fábricas de plaguicidas que tienen conocimientos especializados sobre la toxicidad de los productos químicos en ellas fabricados y sobre las correspondientes medidas de seguridad. En los Estados Unidos, las grandes empresas suelen estar en condiciones de proporcionar en ciertas zonas equipo de saneamiento y descontaminación, servicio que ha resultado muy útil.

Los incidentes que se produzcan por derrame de plaguicidas serán notificados a las autoridades competentes, especialmente a los funcionarios locales de sanidad. Pueden presentarse situaciones en que sea necesaria la intervención de estas autoridades para impedir el movimiento del vehículo o de la carga contaminados hasta que se efectúe la debida investigación o

descontaminación. Si las mercancías no son plaguicidas y se han retirado ya del vehículo en que se produjo el derrame, habrá que localizarlas para proceder a su análisis. Deberá considerarse seriamente la posibilidad de destruir los artículos destinados al consumo humano o animal, especialmente si están en envases que pueden impregnarse de plaguicida. Se deberá localizar cualquier carga reexpedida después de haberse derramado el plaguicida para evitar que el consignatario corra peligro alguno.

Cuando se derrame un plaguicida se evaluará el peligro del incidente y se tomarán inmediatamente precauciones para impedir que se extienda la contaminación. Si una persona ha estado expuesta a una sustancia tóxica, se deberá quitar lo más pronto posible la ropa contaminada y se lavará perfectamente las partes del cuerpo contaminadas, con abundante agua y jabón, para reducir la absorción dérmica. Las personas expuestas permanecerán en observación médica para detectar lo antes posible cualquier síntoma de envenenamiento y poder administrar rápidamente el tratamiento adecuado. Este punto tiene especial importancia cuando los contactos se han producido con plaguicidas organofosfáticos, cuyo grado de toxicidad es sumamente elevado.

Derrames en la fábrica y en el depósito

La contaminación de plaguicidas por derrame puede presentar un grave problema de limpieza. A veces puede ser difícil o casi imposible descontaminar ciertas superficies hasta conseguir eliminar todo vestigio de plaguicida tóxico. Por ejemplo, si se ha dejado que el paratión en forma de concentrado líquido permanezca durante algún tiempo sobre una superficie de madera, será prácticamente imposible de llevar a cabo una verdadera labor de descontaminación. Parece ser que el solvente utilizado en su preparación contribuye a que la sustancia tóxica penetre en la madera y se deposite entre las tablas del piso de modo que, en la mayoría de los casos, la única medida racional de seguridad consistiría en la eliminación y sustitución de la madera contaminada.

Cuando se derraman plaguicidas en el piso, hay propensión a lavarlo con agua, a chorro de manguera, para que desaparezca la mayor cantidad de plaguicida posible. Esta práctica no es recomendable porque a menudo se extiende con el agua la zona de contaminación y se facilita la infiltración de las sustancias tóxicas a través del piso. Para limpiar una superficie, se procurará en primer lugar eliminar cuidadosamente la mayor cantidad posible de plaguicida sin aumentar la zona contaminada. Cuando se trate de polvos, dispersibles o no, tal vez la primera medida sea sencillamente barrerlos, recogerlos y eliminarlos. Se destruirá la escoba y demás instrumentos utilizados en esta operación de limpieza a fin de impedir que vuelvan a ser utilizados. El trabajador que efectúa la operación debe estar debidamente protegido contra la exposición a los plaguicidas.

Nunca se deberán recoger grandes cantidades de plaguicidas en polvo, dispersibles en agua o no, por medio de una aspiradora de tipo convencional equipada con una bolsa colectora descubierta. La fina materia inerte puede pasar a través de la bolsa y envolver al operador en una nube de polvo tóxico. Las aspiradoras comerciales para uso en fábricas de plaguicidas son más adecuadas para recoger plaguicidas secos. Suelen estar diseñadas de manera que durante la operación se reduzca al mínimo el escape del polvo hacia el aire.

Tras una primera operación de recogida, se consigue con estas aspiradoras una recuperación bastante aceptable de las partículas secas depositadas en las grietas y fisuras de la superficie; no debe suponerse, sin embargo, terminada con ello la descontaminación, pues todavía serán necesarias bastantes operaciones adicionales de limpieza.

Para recoger líquidos derramados se utilizará en primer lugar una sustancia absorbente, como por ejemplo, tierras de batán, aserrín fino, ceniza de soda o simplemente tierra seca, que se eliminarán seguidamente. También en este caso el trabajador ha de estar debidamente protegido. La descontaminación final deberá hacerse con un producto químico capaz de degradar al plaguicida. Algunas de las sustancias más comúnmente utilizadas con ese fin son las siguientes: bicarbonato sódico, líquido de blanqueo de uso doméstico (hipoclorito sódico), sosa cáustica, cal hidratada, agua y detergente. De ellas la más utilizada es la sosa cáustica, especialmente en el caso de derrame de carbamatos y organofosfatos. Además se han utilizado alcohol etílico, alcohol isopropílico y fosfato trisódico como solventes para limpiar superficies. Los absorbentes contaminados deberán tratarse como desperdicios de plaguicidas y eliminarse consecuentemente (véase la sección siguiente sobre la eliminación de desperdicios de plaguicidas y envases vacíos).

Es posible descontaminar las plataformas metálicas de los camiones si el piso es liso y sin uniones o si no tiene demasiadas cabezas de pernos. Sin embargo, la mayoría de las plataformas tienen uniones y suelen estar muy mal tratadas y rayadas, por lo que la labor de descontaminación es sumamente difícil.

Procedimientos para limpiar derrames durante el tránsito

Debe recordarse que la mayoría de los plaguicidas son productos que los agricultores utilizan todos los días en sus trabajos habituales. El accidente típico de derrame de plaguicidas no entrará normalmente en la categoría de emergencia, por lo que debe mantenerse una perspectiva adecuada. Sin embargo, por el carácter sumamente tóxico de algunas sustancias químicas, como el paratión, es necesario considerar que todo accidente representa un peligro agudo. Por esta razón los párrafos que a continuación figuran se ocupan específicamente de los accidentes en carretera, de los que resulten personas heridas o daños a la propiedad, acaecidos durante el transporte de plaguicidas de una toxicidad que puede ser extrema y que requieran la intervención de un equipo de salvamento.

Un accidente de carretera de esa naturaleza puede suponer un grave peligro no sólo para las personas directamente implicadas sino también para los que prestan auxilios a los heridos y para los trabajadores que retiren los restos del siniestro y limpien la superficie de la carretera. Es importante recordar que todas las personas heridas en el accidente han de ser reconocidas por un miembro del equipo de salvamento para comprobar si el plaguicida ha contaminado la piel. La eliminación del plaguicida organofosfático, que es sumamente tóxico, cuando ya ha sido absorbido por la piel puede tener tanta importancia y urgencia como la administración de primeros auxilios en casos de lesión. En tales emergencias puede utilizarse para limpiar la piel contaminada agua en casi todas sus formas, por ejemplo, bebidas refrescantes. Si los heridos han sido conducidos al hospital sin que se haya efectuado antes la

prueba de contaminación de la piel, será preciso advertir inmediatamente al hospital del posible riesgo. El equipo de salvamento llamado al lugar del accidente en calidad de expertos en sustancias químicas tóxicas tal vez se encuentre con que además de asesorar sobre operaciones de salvamento ha de enfrentarse con los problemas que a continuación se enumeran en relación con el accidente. Deberán precisarse en primer lugar los plaguicidas de que se trata para determinar el grado de peligro. Si no se encuentra la hoja de ruta o si en ella se indica que la carga contiene varias clases de plaguicidas, posiblemente sea necesario entrar en el vehículo accidentado para identificar los compuestos que han caído a la carretera. En momentos como éstos es cuando se aprecia la precaución de llevar el equipo protector necesario para tales emergencias. Para entrar en un vehículo accidentado contaminado por sustancias tóxicas se requerirá por lo menos llevar ropa protectora impermeable y una máscara respiradora de tipo cartucho. Cuando las sustancias tóxicas sean muy volátiles, se recomienda el uso de un sistema de respiración con abastecimiento propio de aire. También es útil tener a mano una linterna de pilas que permita leer en la oscuridad las etiquetas de los envases del plaguicida, y una pala para cubrir con tierra la sustancia derramada. Hasta que no se conozca la naturaleza del derrame la policía no deberá permitir que personas o vehículos no autorizados se acerquen a la zona contaminada. Cuando no haya sido posible impedirlo, deberá comprobarse si se han contaminado los zapatos o las ruedas de los vehículos. Si la sustancia derramada es sumamente tóxica, la policía posiblemente tenga que desviar el tráfico.

Si el plaguicida derramado en la carretera es polvo o polvo humectable, cabe la posibilidad de que esa sustancia seca se introduzca en el sistema de ventilación de algún vehículo que pase por el lugar y ponga en peligro a sus ocupantes, especialmente a los niños de corta edad. El viento puede llevar al plaguicida a una cierta distancia y causar la contaminación de las zonas vecinas. Si se recubre el plaguicida seco con una lona alquitranada o con tierra húmeda se podrá contrarrestar en cierta medida los efectos del viento, aunque si el viento es fuerte este procedimiento resulta ineficaz. El humedecimiento de la sustancia sólo deberá efectuarse cuando no encierre peligro de contaminación de las corrientes y masas de agua cercanas. Si tal no es el caso, se echará arena o tierra sobre la sustancia derramada, eliminándose seguidamente todo ello en condiciones de seguridad.

Para que la retirada de los restos contaminados y la limpieza del lugar se efectúen en condiciones de seguridad es necesario dirigir cuidadosamente las operaciones. Si las empresas de plaguicidas envían camiones y equipos para recoger la carga no dañada y eliminar los residuos de plaguicidas y los envases dañados, los trabajadores deberán llevar el equipo protector necesario y adoptar las debidas medidas de seguridad. Se inspeccionará la carga no dañada para determinar si ha sufrido contaminación. Se procurará evitar la contaminación de otros camiones o del equipo de remolque. Antes de retirar los restos del accidente se procurará limpiarlos todo lo posible para evitar cualquier nuevo derrame o pérdida en el momento de alzarlos o remolcarlos. Todo lavado con agua deberá ir precedido de una limpieza a fondo con material absorbente. Los restos contaminados del accidente no podrán ser trasladados a ningún sitio en el que pudieran constituir un peligro y toda nueva operación de limpieza se llevará a cabo en un lugar seguro bajo la supervisión de una persona

encargada. Este punto reviste especial importancia cuando el vehículo averiado ha de ser reparado por mecánicos.

Al limpiar plaguicidas derramados en carreteras conviene seguir más o menos el mismo procedimiento indicado anteriormente para otras superficies. El procedimiento terminará con una limpieza a fondo con agua, evitando en todo caso que ésta vaya a los sistemas de abastecimiento de agua. Cuando se trate de tierras, roca triturada o terrenos pedregosos, habrá que excavar para extraer los residuos contaminados y enterrarlos en lugar seguro. Un funcionario de la planta de formulación deberá visitar al día siguiente el lugar del accidente pues para entonces se habrá secado la superficie de la carretera y será más fácil averiguar si aún quedan zonas contaminadas. Finalizada la limpieza, se recogerán muestras en distintos sitios para comprobar la eficacia del procedimiento utilizado, siempre que se disponga de un servicio de análisis de plaguicidas.

Eliminación de los plaguicidas de desecho y de los envases vacíos

Un problema que puede constituir un grave peligro para el público es la eliminación inadecuada de los plaguicidas de desecho acumulados en las plantas de formulación, por ejemplo, restos de derrames, barreduras del suelo etc. Los plaguicidas nunca se eliminarán por medio de agua que pase a un desagüe o a una red de alcantarillado. Un método de eliminación que puede emplearse en determinadas zonas es enterrar estos desechos bajo 45 cm de tierra en un lugar aprobado para dicho fin por las autoridades sanitarias locales u otras personas competentes en materia de eliminación de plaguicidas. El lugar ha de ser cuidadosamente elegido para que no se contamine el agua de superficie o del subsuelo. No es fácil neutralizar los efectos tóxicos de la mayoría de los plaguicidas y a veces se recomienda añadir cal o lejía para acelerar la degradación de ciertos compuestos. No es, sin embargo, un método completamente seguro para que el material enterrado pierda por completo su toxicidad, especialmente cuando se trata de grandes cantidades de material tóxico producido en las plantas de formulación. En tales casos el mejor método de eliminación es el tratamiento del material en la forma descrita en el capítulo III. No es aconsejable quemar grandes cantidades de plaguicida de desecho por la posibilidad de contaminar el aire. Incluso utilizando incineradores especialmente contruidos para conseguir una combustión casi completa a temperaturas muy elevadas, no existe seguridad de evitar la emanación de humos o vapores tóxicos.

La eliminación de los envases vacíos de plaguicidas en las plantas de formulación no deberá crear un peligro para las personas o los animales. Los envases combustibles, como por ejemplo bolsas de papel y cajas de cartón, pueden destruirse quemándolos aunque es posible que en muchos sitios no se permita este sistema para no contaminar la atmósfera. Si se queman, se hará con sumo cuidado, evitando que se produzca humo. Aunque las plantas de formulación de los Estados Unidos han empleado incineradores para quemar los envases combustibles, cada vez preocupan más y están sujetos a mayores limitaciones los incineradores que no destruyen completamente los plaguicidas

tóxicos. Cuando se permiten incineradores, deberán rodearse de una valla elevada cuya entrada esté cerrada con candado para evitar que entren personas sin autorización. Los envases combustibles que no se queman será preciso enterrarlos en un lugar autorizado para la eliminación de los bidones, en la forma descrita para los plaguicidas de desecho.

La eliminación de los bidones de metal constituye un problema más grave. Estos bidones deberán devolverse a la planta de fabricación, pero si esto no es posible, se deberán vaciar por completo y enjuagar con la solución descontaminante que se considere más eficaz para quitar la toxicidad al producto químico plaguicida de que se trate. Se puede solicitar información sobre la descontaminación de los bidones al fabricante de plaguicidas. Aunque el procedimiento de enjuague descontaminante quizá no quite toda la toxicidad ni elimine completamente todo vestigio de plaguicida de los envases, se conseguirá que éstos sean mucho menos peligrosos que si no se hace este enjuague. El licor descontaminante deberá pasar al estanque de evaporación que se describe detalladamente en el capítulo III.

Después del enjuague de descontaminación se agujerearán los fondos de los bidones para inutilizarlos, y se enterrarán en un lugar seguro autorizado para ello. No se permitirá que los envases vacíos de metal se acumulen en lugares accesibles a personas no autorizadas, que pudieran sentirse tentadas a utilizarlos como bebedores para el ganado, envases para almacenamiento, cubos para quemar basura, o para otros fines. Una vez que los bidones hayan sido enjuagados y agujereados, pueden utilizarse para obras viales. En este caso, debe colocarse en ellos una advertencia: "No utilizar para alimentos o bebidas".

Conclusión

En definitiva, puede afirmarse que muy pocas veces, o ninguna, la seguridad puede medirse en términos absolutos, y en casi todos los aspectos habrá límites prácticos al grado de seguridad que pueda lograrse. El problema relativo a la búsqueda de sistemas seguros de almacenamiento y transporte de plaguicidas no es una excepción a esta regla, pero con una gestión cuidadosa, los riesgos pueden reducirse a los niveles mínimos tolerables en la industria y, es de esperar, aceptables para la comunidad. Se ha comprobado que pueden mejorarse los niveles existentes, y en los párrafos anteriores se ha procurado incorporar a la práctica corriente las enseñanzas de la experiencia.

XII. Etiquetado y embalaje: responsabilidad del formulador ante el usuario¹

*Richard Reynolds**

Los capítulos anteriores sobre los procedimientos de seguridad en el manejo de plaguicidas se refieren principalmente a la mano de obra en la planta de formulación de plaguicidas. Este capítulo se dedica especialmente a la responsabilidad del formulador ante el usuario, es decir, el encargado de la aplicación de plaguicidas y el trabajador agrícola. El etiquetado eficaz y el diseño apropiado de los envases de plaguicidas son los dos factores principales para garantizar la seguridad del usuario del plaguicida y reducir al mínimo los riesgos para su salud.

Conocimiento de los riesgos que entraña el producto

La primera regla básica para manejar sin peligro un plaguicida es conocer el producto que se maneja. Para ello, lo más fácil es leer su etiqueta. Todos los envases de plaguicidas llevan una etiqueta con información sobre las medidas de seguridad pertinentes. Además, se puede pedir al fabricante información detallada adicional. Muchas compañías han publicado manuales en los que figuran los métodos de fabricación recomendados, datos sobre la toxicidad, precauciones de higiene industrial, recomendaciones sobre la ventilación e información médica.

Una compañía ha puesto en todos sus envases de plaguicidas una señal con la palabra STOP, que indica a todos los usuarios del material que es preciso leer la etiqueta. Por ejemplo: en los bidones de 200 l esta señal se encuentra en el sello que cubre el tapón de cada bidón, en los cubos de 5 y 22,5 l para materiales o formulaciones técnicas, se encuentra en el sello que cubre la espita flexible. La señal de STOP, que se muestra en la figura I, es similar a las señales de tráfico utilizadas en los Estados Unidos. Podría resultar muy útil que todos los fabricantes y formuladores de plaguicidas utilizaran este sistema u otro similar. Evidentemente, el objetivo es que el usuario lea la etiqueta antes de

*Jefe superior de grupo, Packaging and Application Development, Agricultural Division, CIBA-GEIGY Corporation, Greensboro, North Carolina 27419, Estados Unidos de América.

¹Este capítulo se basa en parte en material tomado de un estudio realizado por el autor por encargo conjunto de la FAO y la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional, en parte en un capítulo titulado "La seguridad en el manejo de plaguicidas orgánicos fosforados", preparado por W. V. Andresen para el número anterior de este manual, y, en parte, en material proporcionado por L. C. Caporossi, Director del Departamento de Higiene Industrial, American Cyanamid Company, Wayne, New Jersey, Estados Unidos de América.

Figura I. Señal de precaución para los envases de plaguicidas



Leyenda: Antes de usar cualquier plaguicida ALTO, lea la etiqueta

abrir el envase y aplicar el producto. Esto supone un nivel de alfabetización que tal vez no exista; en este último caso es necesario idear etiquetas especiales. (Véase la sección siguiente sobre nuevos diseños de etiquetas.)

La etiqueta como instrumento de información e instrucción

La etiqueta tiene dos funciones principales: describir dónde, cuándo y cómo utilizar el producto y transmitir advertencias e instrucciones sobre las medidas que pueden adoptarse en razón de esas advertencias. Por consiguiente, es preciso que la etiqueta esté diseñada de forma que transmita dicha información y forme parte de modo permanente del envase, utilizando, por ejemplo, la litografía. Además, debe redactarse en el idioma local. En la figura II se muestra el formato de una etiqueta típica de plaguicidas.

Contenido de la etiqueta

Nombre del producto

La etiqueta, en general, indicará el nombre autorizado del producto y el nombre comercial elegido para identificarlo en el mercado y proporcionar un símbolo de uniformidad de calidad.

Descripción de la formulación

Se indicará el porcentaje de ingredientes activos e inertes de la formulación.

Figura II. Etiqueta típica de plaguicidas

<p>PRECAUTIONARY STATEMENTS HAZARDS TO HUMANS IS DOMESTIC ANIMALS: DANGER</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>ENVIRONMENTAL HAZARDS</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>PHYSICAL OR CHEMICAL HAZARDS</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>DIRECTIONS FOR USE It is a violation of Federal law to use this product in a manner inconsistent with its labeling.</p> <p>RE-ENTRY STATEMENT (if applicable)</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>STORAGE AND DISPOSAL</p> <p>STORAGE _____</p> <p>DISPOSAL _____</p> <p>CROP _____</p> <p>_____</p>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"> <p>RESTRICTED USE PESTICIDE</p> <p>For retail sale to and use only by Certified Applicators or persons under their direct supervision and only for those uses covered by the Certified Applicator's certification.</p> </div> <p style="text-align: center; font-size: 1.5em;">PRODUCT NAME</p> <p>ACTIVE INGREDIENT _____ % INERT INGREDIENTS _____ % TOTAL 100.00 %</p> <p style="text-align: center;">THIS PRODUCT CONTAINS _____ LBS OF _____ PER GALLON</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"> <p>KEEP OUT OF REACH OF CHILDREN</p> <p>DANGER — POISON</p>  <p>STATEMENT OF PRACTICAL TREATMENT</p> <p>IF SWALLOWED _____</p> <p>IF INHALED _____</p> <p>IF ON SKIN _____</p> <p>IF IN EYES _____</p> <p>SEE SIDE PANEL FOR ADDITIONAL PRECAUTIONARY STATEMENTS</p> </div> <p>MFG BY _____</p> <p>TOWN STATE _____</p> <p>ESTABLISHMENT NO _____</p> <p>EPA REGISTRATION NO _____</p> <p>NET CONTENTS _____</p>	<p>CROP _____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>WARRANTY STATEMENT</p> <p>_____</p> <p>_____</p>
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Finalidad del producto

La etiqueta deberá señalar la finalidad del producto, por ejemplo, un fungicida que sirve para luchar contra la enfermedad de la cereza del café o un insecticida para destruir los cápsidos del cacao. El material ilustrativo puede ser útil en este aspecto.

Instrucciones para el uso

Deberá incluirse información sobre los cultivos, métodos de aplicación, cantidades que se utilizan, etc.

Señales de precaución

Será necesario colocar señales generales y específicas de precaución.

CUADRO 1. CLASIFICACION DE LOS PLAGUICIDAS, REALIZADA POR LA OMS. SEGUN EL PELIGRO QUE ENTRAÑAN

(mg por kg de peso del cuerpo)

Categoría	DL 50 ^a para ratas			
	Via oral		Via dérmica	
	Sólidos ^b	Líquidos ^b	Sólidos	Líquidos
Ia — Sumamente peligroso	5 o menos	20 o menos	10 o menos	40 o menos
Ib — Muy peligroso	5-50	20-200	10-100	40-400
II — Moderadamente peligroso	50-500	200-2 000	100-1 000	400-4 000
III — Ligeramente peligroso	>500	>2 000	>1 000	>4 000

^aEl valor DL50 es una estimación estadística del número de mg de tóxicos por kg de peso del cuerpo necesario para causar la muerte del 50% de una vasta población de animales de prueba.

^bLos términos sólidos y líquidos se refieren al estado físico del producto o formulación.

Toxicidad

El cuadro 1 indica las categorías de toxicidad en la clasificación de plaguicidas según el peligro que entrañan. Se entiende por peligro todo riesgo grave para la salud, es decir, el riesgo de una o varias exposiciones, durante un período de tiempo relativamente breve, que puede correr por accidente toda persona que manipule el producto siguiendo las instrucciones dadas por el fabricante o las reglas establecidas por los organismos internacionales competentes sobre almacenamiento y transporte. El documento² del que se ha extraído esta información también incluye listas de productos técnicos clasificados según los peligros que entrañan. La figura III³ presenta la información en forma de histograma.

Esta clasificación, que se basa en la toxicidad del compuesto técnico y en sus formulaciones, distingue entre las formas más y menos peligrosas de cada plaguicida. En particular, se tienen en cuenta los menores peligros que entrañan los sólidos en comparación con los líquidos. La clasificación se basa principalmente en la toxicidad aguda por vía oral y por contacto dérmico para las ratas, de conformidad con los procedimientos normales en materia de toxicología.

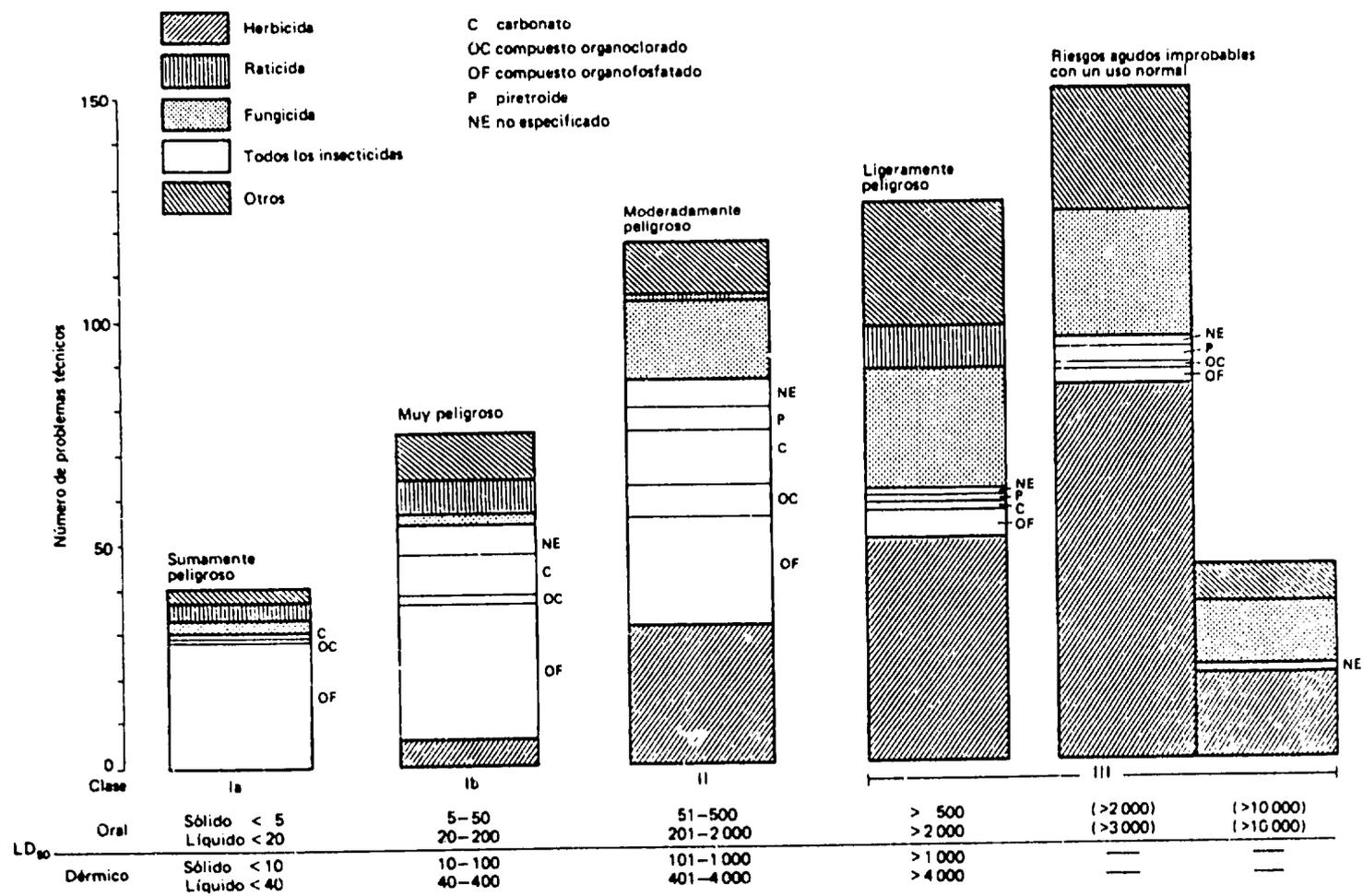
Para comprender mejor el grado de toxicidad correspondiente a cada categoría, la cantidad aproximada del producto necesaria para provocar la muerte de una persona media de 70 kg de peso se estima de la siguiente manera:

Categoría	Cantidad aproximada necesaria para causar la muerte de una persona de 70 kg de peso
Ia-Ib De sumamente a muy peligroso	De una pizca a 1 cucharadita (0,5 ml)
II Moderadamente peligroso	0,5-30 ml
III Ligeramente peligroso	30-500 ml

²Organización Mundial de la Salud, "Guidelines to the use of the WHO recommended classification of pesticides by hazard", documentos sin publicar (VBC/78.1 Rev.2). Puede solicitarse a la Dependencia de Preparación y Uso Inocuo de Plaguicidas, OMS CH1211, Ginebra 27.

³J. F. Copplestone, "Education and safe handling in pesticide application", Studies in Environmental Science 18 (Amsterdam, Elsevier Scientific Publishing, 1982).

Figura III. Clasificación de los plaguicidas en función del peligro que entrañan, según la OMS



Etiquetado y empaquetado de pesticidas: reponsabilidad del formulador ante el usuario

Fuente: J. F. Coplestone, "Education and safe handling in pesticide application", Studies in Environmental Science 18 (Amsterdam, Elsevier Scientific Publishing, 1982).

Su objetivo será uniformar las especificaciones relativas a la naturaleza del riesgo (mediante una frase o un símbolo) que figuran en la etiqueta del producto, con independencia del país de origen o de su finalidad. Las etiquetas de los productos clasificadas en la categoría Ia y Ib deben llevar un símbolo que indique un alto grado de peligro, en general, el símbolo de la calavera y los huesos cruzados, y una palabra o frase, por ejemplo, VENENO o TOXICO. El símbolo, y la palabra o frase, en especial su color, tamaño y forma, deberán destacarse debidamente en la etiqueta.

Además, las etiquetas de todos los productos llevarán señales de precaución adicionales del tipo siguiente: "Manténgase fuera del alcance de los niños" y, para los envases más grandes, "Consérvese el producto en su envase original", para evitar el peligro de que se trasvase a recipientes más pequeños sin etiquetas.

Advertencias

La parte de la etiqueta que contiene advertencias indica los modos en que el producto puede ocasionar daños a los seres humanos y a los animales y enumera las medidas que deben adoptarse para evitar la intoxicación. Estas últimas pueden incluir recomendaciones relativas a controles en el lugar de trabajo, higiene personal y equipo protector. Para los productos de la clase Ia y Ib, será necesario describir los síntomas de intoxicación y el tratamiento que debe administrarse inmediatamente. Esta parte de la etiqueta también proporcionará información sobre el tratamiento práctico (primeros auxilios) y sobre cualquier propiedad física o química que pueda representar un peligro especial de incendio o explosión.

Clasificación restringida y genera!

La ley de Estados Unidos clasifica a los plaguicidas muy tóxicos, por ejemplo, el paratión, como plaguicidas de uso restringido que sólo puede aplicar personal diplomado. Todos los demás plaguicidas entran en la categoría de uso general y pueden obtenerlos todos los usuarios.

Almacenamiento y eliminación

Cada etiqueta de plaguicida señalará los procedimientos adecuados para el almacenamiento y la eliminación del producto y de los envases vacíos (véase el capítulo XI).

Requisitos de seguridad durante el transporte

En el capítulo XI se trata ampliamente el tema de la seguridad durante el transporte. Sin embargo, con respecto a la información con etiquetas, será preciso colocar un símbolo o palabra fácilmente reconocibles que indiquen la gravedad de la intoxicación provocada por el derrame o la pérdida accidental.

Periodo de seguridad

Indicará el período que debe transcurrir hasta que las personas o los animales puedan volver sin peligro a la zona en la que se han realizado operaciones agrícolas normales con plaguicidas.

Nuevos diseños de etiquetas para regiones de baja tasa de alfabetización

Ya se ha mencionado anteriormente el problema de los bajos niveles de alfabetización o de analfabetismo en determinadas regiones. Se ha comprobado que el empleo de gráficos para transmitir la información a los usuarios de plaguicidas es muy útil en tales circunstancias. Las etiquetas, que son parte integrante del envase, pueden también complementarse con carteles y películas. Se ha desarrollado muy bien el arte de las ilustraciones con dibujos. Es preciso transmitir el mensaje de una manera sencilla, reconocible y gráfica, que explique el nivel de riesgo, las plagas y las cosechas a que se destina y los métodos de aplicación. En las figuras IV, V y VI se presentan ejemplos de este sistema. Una organización de la Costa de Marfil ha establecido que el tamaño de los envases corresponde a la cantidad de insecticidas para el algodón, necesaria para una superficie de 0,25 ha. En esa región, los insecticidas para el algodón se utilizan normalmente con dispositivos aplicadores portátiles de volumen ultrabajo (VUB). Se imprimen en la etiqueta representaciones del cultivo, del dispositivo aplicador y de la plaga (véase la figura IV).

En Malasia, las disposiciones exigen que se cubra el 20% de la etiqueta que se reproducirá en todos los envases con una tira de color. En las dos clases de plaguicidas más peligrosas, se imprime el símbolo de la calavera con los huesos cruzados (véase la figura V).

Costa Rica ofrece un tercer ejemplo significativo de la labor en esta esfera. Una compañía de seguros ha producido y distribuido gran número de carteles que ilustran los procedimientos para el manejo de plaguicidas sin peligro. En la figura VI se ofrece un ejemplo similar.

Evidentemente, es preciso volver a examinar el tema del etiquetado. Las etiquetas bien redactadas y jurídicamente válidas que se aplican a los contenedores de plaguicidas no siempre satisfacen las necesidades del usuario, especialmente cuando los niveles de alfabetización son bajos o inexistentes. Además, como claramente se desprende de las secciones anteriores, la cantidad de información que debe transmitirse es muy extensa. A fin de no sobrecargar la etiqueta, tal vez sea conveniente proporcionar instrucciones para el uso, incluida información sobre las cosechas, etc., en un prospecto separado que acompañe cada envase, reservando la etiqueta solamente para aquellos puntos que son fundamentales para la seguridad inmediata. Es interesante señalar que en la India, donde el problema de la diversidad de lenguas habladas y escritas adquiere proporciones extremas, tal vez haya que imprimir el prospecto con las instrucciones en doce escrituras e idiomas distintos, incluido el inglés. La comunicación con el usuario reviste importancia fundamental. Es necesario evitar la venta de una cantidad incorrecta e inadecuada de plaguicidas a un agricultor analfabeto. La posibilidad de error por causas de ese tipo persistirá hasta que se desarrollen nuevos medios de comunicación.

Figura IV. Muestra de etiqueta de plaguicida con ilustraciones del dispositivo aplicador y de la plaga y el cultivo para los que se utiliza



ENDRIN / DDT / MEP ' 85 / 333 / 85 / ULV

<p>ENDRIN/DDT/MEP 85-333-85-ULV</p> <p>COMPOSITION :</p> <p>85 g/l ENDRIN 333 g/l DDT 85 g/l METHYL PARATHION</p> <p>UTILISATION :</p> <p>Coton uniquement Utiliser le produit pur, sans le mélanger avec de l'eau.</p> <p>MODE D'EMPLOI</p> <p>Pulvérise à l'aide d'un appareil ULV.</p> <p>DOSE:</p> <p>3 litres de produit à l'hectare. soit 4 boites de 750 cc à l'hectare.</p> <p>CONTENANCE: 750 cm3 net.</p>	<p>INSECTICIDE</p>  <p>POUR LA PULVÉRISATION</p> <p>Protéger:</p>  <p>COTON</p>	<p>PRECAUTIONS D'EMPLOI</p> <ul style="list-style-type: none"> -Ne pas avaler ou respirer le Produit. -Eviter tout contact du produit avec la peau, les yeux, le nez ou la bouche. -Ne pas fumer, boire ou manger pendant l'application. -Se laver abondamment à l'eau et au savon après l'application. -Laver les vêtements de travail. -Conserver le Produit dans son emballage d'origine maintenu fermé et hors de portée des enfants. -Détruire les emballages vides, et les enfouir à l'écart des cours d'eau. -En cas d'absorption accidentelle, suivre les indications de la notice insérée dans le carton.
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

MUESTRA

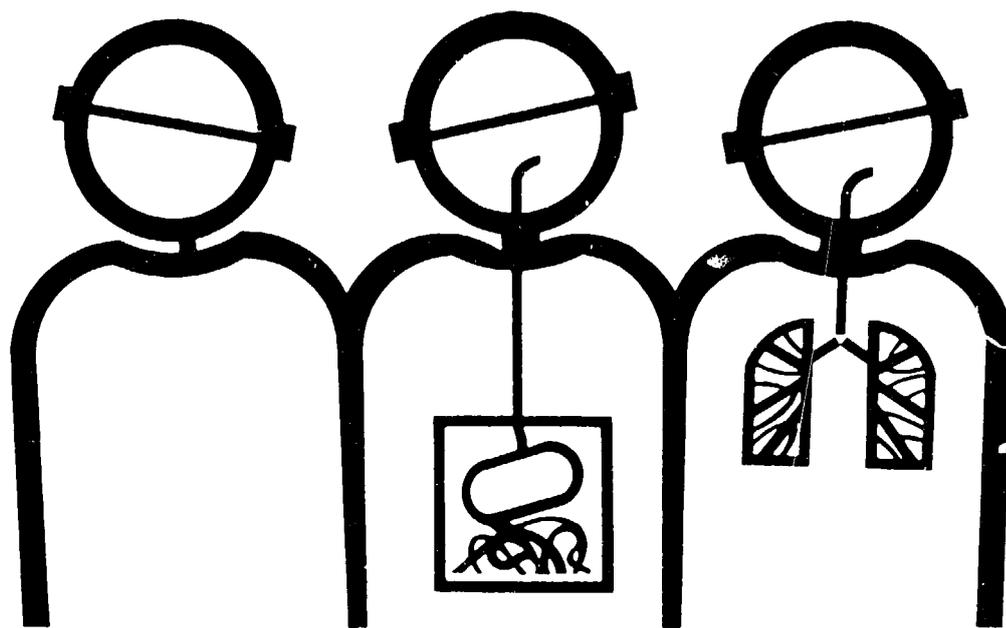
POISON 1981  POISON 1981  POISON 1981  POISON 1981

Formulation de plaguicidas en paises en desarrollo

Figura VI. Muestra de cartel sobre plaguicidas con ilustraciones gráficas y texto explicativo

CUIDE SU SALUD DE LOS PLAGUICIDAS

Nos penetran a través de la piel,
vías respiratorias y el estómago.
Consulte a su médico al menor
síntoma.



Especificación de las etiquetas

Las etiquetas se despegan o pierden el color. Es preciso establecer especificaciones relativas a las etiquetas impresas de los embalajes que regulen sus cualidades de adherencia así como la solidez de los colores y la resistencia a la intemperie de las tintas. El empleo de embalajes similares para distintos productos plaguicidas, por ejemplo los herbicidas y los insecticidas, contribuye

a agravar el problema. Puede recurrirse a los métodos de prueba de aceptación internacional como, por ejemplo, el ISO 105 y el BS 5609, si bien suponen la utilización de equipo especial y las pruebas deben realizarse durante un plazo de 65 horas. Si no se dispone del equipo, puede lograrse una solución satisfactoria exponiendo sencillamente a la intemperie una muestra que lleve el adhesivo utilizado. Se deberán observar las muestras de la tinta impresa en el sustrato en las peores condiciones durante un plazo mínimo de 21 días, que, a menudo, resulta suficiente para indicar su estabilidad. En caso de que se produzca algún cambio visible en la muestra durante dicho período, deberán adoptarse medidas correctivas.

Embalaje de los plaguicidas

Para embalar correctamente los productos formulados en el lugar de fabricación es sumamente importante disponer de materiales de embalaje locales de buena calidad. Este último factor es necesario debido a que los plaguicidas por su propia naturaleza exigen una buena calidad de embalaje. Por regla general, los fabricantes de material de embalaje suelen desconocer tales exigencias especiales a no ser que hayan recibido una capacitación especial, puesto que el total de los embalajes destinados a plaguicidas representa probablemente menos del 2% de su cifra global de negocios, y es poco probable que supere el 5% de un tipo concreto. Por lo tanto, puede darse el caso de que el formulador de plaguicidas tenga que prestar asesoramiento al fabricante de los embalajes con respecto a las especificaciones de embalaje prescritas.

En ciertos países existe una variedad adecuada de suministradores y de tipos de envases, así como la voluntad y el deseo por parte de los envasadores y vendedores de cumplir las normas de calidad. Ahora bien, en los países donde la formulación de plaguicidas sea una actividad nueva se deberá ser consciente de los problemas relativos a los embalajes defectuosos, sus consiguientes efectos negativos en las ventas, los problemas y gastos considerables de su modificación y eliminación, y los peligros potenciales que el usuario puede causar si el envase tiene algún fallo.

Dimensiones del envase

Las dimensiones del envase dependen de las necesidades del mercado. A menudo, las explotaciones agrícolas de gran extensión necesitan envases cuyo volumen oscile de 30 l a 200 l del producto. Sin embargo, en numerosos países en desarrollo los pequeños agricultores suelen preferir envases de menor capacidad, del orden de 125 ml a 750 ml para insecticidas y de un máximo de 5 l para herbicidas.

Hay mucho que decir a favor de los envases pequeños, aunque económicamente no resulten siempre tan ventajosos como los grandes. Gobiernos y organismos especializados fomentan frecuentemente su empleo por los siguientes motivos:

a) Se pueden diseñar convenientemente para una sola aplicación del producto en una región dada, y, en ocasiones, pueden ir incorporados a un

dispositivo de aplicación. Por ejemplo, algunos insecticidas salen a la venta en un recipiente de plástico que puede utilizarse directamente en combinación con un dispositivo aplicador VUB. El usuario quita sencillamente el cierre del envase y seguidamente enrosca este último en el dispositivo aplicador, sin que tenga que entrar en contacto con el producto en ningún momento;

b) Cuando se utilizan envases de gran capacidad, es preciso distribuir el producto suelto, lo que da lugar a dificultades de dosificación del volumen en lugares de bajo nivel de alfabetización. Además, si sobra parte del producto y no se puede emplear hasta la temporada siguiente, se inmoviliza una cantidad de dinero que se necesita;

c) Raras veces se desechan los envases usados, sino que se conservan para toda una serie de usos secundarios, como espantapájaros o recipientes de agua. No cabe duda de que ha habido ocasiones en que los envases usados de plaguicidas han sido utilizados incorrectamente para el transporte y almacenamiento de agua potable, con resultados trágicos en algunos casos. Sin embargo, los envases pequeños no suelen utilizarse para guardar agua, lo que constituye otra ventaja de su empleo;

d) Otra de sus ventajas es que reducen o eliminan la distribución del pesticida suelto, práctica que sigue siendo habitual en numerosos países. Este método no sólo da lugar al empleo de envases no autorizados y sin etiqueta, sino que también contribuye a la práctica de la adulteración. Además, la existencia de grandes envases de almacenamiento con cuyo contenido se llenan envases pequeños da pie a la contaminación de los almacenes de plaguicidas que, con bastante frecuencia, están junto a almacenes de alimentos y no disponen de ningún aislamiento entre ellos.

Normas relativas a los envases

Expertos internacionales han presentado sugerencias útiles sobre normas y especificaciones para envases de plaguicidas que servirán de directrices a los que trabajan en plantas de formulación de plaguicidas de reciente creación. Si tales sugerencias reducen el número de accidentes debidos a derrames, escapes o reutilización de los envases, recibirán el aplauso unánime de las autoridades gubernamentales y los usuarios de plaguicidas.

A continuación se reseñan algunas prescripciones generales sobre envases:

a) Los envases deberán cumplir las normas y reglamentos nacionales en vigor y, en los casos precisos, los reglamentos internacionales de transporte como los recomendados por el Comité de Expertos de las Naciones Unidas en Transporte de Mercancías Peligrosas⁴;

b) El plazo máximo de almacenamiento de un envase y su producto deberá establecerse en dos años. Si el plazo fuese inferior, debe indicarse con claridad en el envase la fecha de expiración;

c) Los plaguicidas se deberán envasar únicamente en envases limpios y secos concebidos para proporcionar protección contra el deterioro, la compac-

⁴*Transporte de Mercancías Peligrosas* (publicación de las Naciones Unidas, núm. de venta: S.77.VIII.1).

tación, la variación de peso y otras anomalías. Los envases deberán resistir todas las condiciones previstas de manipulación, almacenamiento, apilamiento, carga y descarga y no deberán resultar afectados negativamente por los cambios atmosféricos, de presión, temperatura y humedad. Deberán establecerse normas de idoneidad mediante procedimientos aceptados de pruebas (véase el anexo de este capítulo):

d) Se puede revestir o forrar la superficie interior de los envases o los cierres con sustancias o materiales cuya resistencia a la corrosión haya sido comprobada. Si se utilizan tales revestimientos, forros o materiales, no deberán contener sustancias que puedan mezclarse con el contenido, formar otros compuestos o atenuar la estructura en general. Los fabricantes de material técnico podrán prestar asesoramiento en materia de compatibilidad;

e) Las superficies exteriores de los envases de plaguicidas deben estar construidas o revestidas con materiales que resistan la corrosión y cualquier otro tipo de deterioro, en los que se pueda imprimir una etiqueta o pegar una etiqueta impresa. El etiquetado deberá estar colocado de manera que se identifique con facilidad y será legible y permanecerá adherido durante todo el plazo de almacenamiento previsto;

f) Los envases de modelo concreto que hayan cumplido las normas prescritas en pruebas realizadas para un producto específico deben ser sometidos a nuevas pruebas si van a utilizarse con otro producto o con una formulación nueva del producto ya existente;

g) Deberán adoptarse medidas de inspección en los puntos de llenado de envases que garanticen el mantenimiento de la calidad de los envases de plaguicidas;

h) Todos los envases de plaguicidas en forma líquida deberán tener una parte vacía del 5% como mínimo, es decir, no deberán ser llenados más del 95% de su capacidad;

i) Los envases usados más de una vez o reacondicionados deberán utilizarse únicamente cuando pueda demostrarse por medio de pruebas que su idoneidad es equivalente a la de envases nuevos;

j) Los cierres y las juntas deberán ser sometidos a pruebas minuciosas de estanqueidad y resistencia a la corrosión, y los envases con sus cierres colocados deberán superar pruebas normales de caída, por ejemplo, la prueba ASTM-775 de la American Society for Testing Materials (ASTM) para comprobar que resisten las caídas fortuitas de carretillas y paletas;

k) Finalmente, un aspecto que no hay que olvidarse es el diseño de los cierres y los envases a prueba contra la manipulación indebida por parte de niños, práctica que ya es de aceptación general en la dispensación y el envasado de productos farmacéuticos. La Environmental Protection Agency (EPA) de los Estados Unidos ha elaborado directrices relativas a los requisitos de los envases a prueba de manipulación indebida, y otros países pueden disponer de los resultados de dicha labor dirigiéndose por escrito a la EPA⁵.

⁵Las solicitudes de información se deberán dirigir a: The Director of the Registration Division, United States Environmental Protection Agency, Washington, D.C., Estados Unidos de América.

Especificaciones y pruebas de los envases

Las especificaciones constituyen no solamente una forma positiva de comunicación entre el vendedor y el comprador, sino que son un factor esencial para la adquisición de envases de plaguicidas. En el cuadro 2 del anexo se enumeran las especificaciones requeridas para la adquisición de envases de plaguicidas. La especificación número 22, índices de pruebas, tiene especial importancia. Siempre deberán establecerse medios de verificación o medición haciendo empleo de normas o métodos convenidos y publicados como, por ejemplo, los elaborados por organismos reconocidos en el plano internacional.

La realización de pruebas de envases constituye un método útil para determinar la probabilidad de que éstos presten el nivel de protección necesario. Una vez que se hayan fabricado los envases, deberán realizarse pruebas suplementarias para confirmar la validez de las primeras. El empleo de métodos concretos de verificación potencia la comunicación entre las partes interesadas, tales como los organismos reguladores y los fabricantes y usuarios de envases. Se pueden elaborar métodos de prueba de distintos niveles de complejidad según los medios y el personal de que se disponga. No obstante, para los efectos de referencia en general deberán emplearse métodos de prueba acreditados como, por ejemplo, los publicados por la ASTM u otros organismos reconocidos a escala internacional. Los métodos útiles de pruebas podrán basarse en las recomendaciones de las Naciones Unidas sobre el transporte de mercancías peligrosas⁶, de las que figuran algunos ejemplos en el anexo, en las publicadas por los Departamentos de Transporte del Reino Unido o de los Estados Unidos, o en las que figuran en *Chemistry and Industry*, No. 4, de fecha 18 de febrero de 1978, pp. 111 a 115.

Selección de envases para distintos grupos de productos

Productos sólidos (polvos, polvos extrafinos y gránulos)

Por regla general, pueden seleccionarse envases pequeños, normalmente de una capacidad máxima de 3 kg, entre los embalajes ya disponibles, como, por ejemplo, sacos, bolsas, bolsitas, botes, latas y tarros de vidrio o de plástico. Las bolsas o bolsitas deberán ser fabricadas de manera que no tengan escapes por la parte inferior y las laterales. Su parte superior deberá estar abierta para llenarlas y posteriormente se precintará para que sea estanca, lo que suele llevarse a cabo por medio de una combinación de calor y presión con ayuda de un dispositivo normal de termoprecintado. A menudo, las bolsas y bolsitas se fabrican con más de una capa de material. Habitualmente, la capa interior será de película de polietileno, que se presta muy bien al precintado, constituye una barrera excelente contra la humedad y resiste el ataque de la mayoría de productos químicos. La película deberá tener un espesor no inferior a 0,02 mm. Frecuentemente se precisan películas más gruesas, que pueden llegar a los 0,05 mm, para conseguir precintos estancos después del llenado.

Los botes y las latas deberán fabricarse con fondos estancos y tapas que permitan su llenado. El cuerpo de los botes se fabrica con capas de papel que

⁶*Transporte de Mercancías Peligrosas* . . . , capítulo 9.

pueden llevar intercalado polietileno u otro material, como papel de aluminio para obtener el aislamiento necesario. La sección de los botes puede ser redonda o rectangular.

Por regla general, las latas se fabrican de hojalata, es decir, chapa delgada de acero revestida de estaño por ambas caras, y también pueden ser redondas o rectangulares. Normalmente, la hojalata presta protección adecuada contra el medio ambiente y los productos químicos, por lo que resulta un medio de envasado sumamente útil. La corrosión que algunas veces se produce puede prevenirse mediante el empleo de un revestimiento interior. Dichos revestimientos pueden aplicarse con éxito únicamente a las latas redondas. En caso necesario, se les puede dar manos de pintura o barniz en el exterior.

Existen diversos tipos de cierres para botes y latas, de los que el más útil para sólidos es el tapón reemplazable. Si es preciso aplicar el plaguicida de forma controlada, pueden emplearse tapas perforadas (tamizadores) de hojalata o de plástico. También existen cierres enroscables.

Los tarros de vidrio o de plástico son envases de una pieza que constan del fondo y el cuerpo, se llenan por la parte superior, y pueden conseguirse a menudo en tamaños normalizados. Las formulaciones de plaguicidas corroen raras veces el vidrio, pero este material se emplea muy poco para envasar sólidos. Los tarros de plástico fabricados de polietileno son sumamente útiles debido a sus características de aislamiento de la humedad y de inastillabilidad. Pueden utilizarse otros plásticos para fabricar tarros, si bien el envase perderá cierta calidad. Los cierres de los tarros de vidrio y de plástico deberán ser de rosca mientras no se encuentre otro tipo que tenga suficiente capacidad de retención.

Los envases grandes, de 10 a 30 kg de capacidad, pueden seleccionarse de un surtido de sacos, bidones de cartón, plástico o acero y cajas de cartón ondulado. Los sacos pueden fabricarse enteramente de película de polietileno o de capas de papel y película u otras materias aislantes. Deberán ser estancos y se podrán llenar por su parte superior abierta que se cierra mediante costura o termoprecintado. Las bocas cosidas no son estancas en el caso de polvos normales y extrafinos y no proporcionan obturaciones resistentes a la humedad a menos que se utilicen métodos especiales de refuerzo con cinta adhesiva.

Los bidones de cartón, plástico o acero se obtienen habitualmente en tamaños normalizados. A menudo llevan forros que suelen consistir en bolsas de polietileno a efectos de protección contra la humedad o para reducir la contaminación del bidón y facilitar la limpieza previa a su reutilización. Los bidones tienen tapas removibles del mismo diámetro que deberán poder resistir el manejo violento.

Los bidones de cartón se fabrican a base de capas de papel y llevan intercalados ciertos materiales aislantes como el polietileno o el papel de aluminio. Los bidones de plástico se fabrican de polietileno, material que constituye un excelente aislante contra la humedad. Los bidones de acero prestan la máxima protección y se puede prevenir su corrosión mediante el empleo de revestimiento o de bolsas de polietileno.

El empleo de cualquier tipo de bidones rígidos de gran tamaño es un medio excelente de prevenir la compactación. Todos los modelos pueden cerrarse con una variedad de tapas. Dado que es frecuente el empleo de juntas obturadoras, es importante comprobar su compatibilidad.

Productos líquidos

Los envases pequeños de una capacidad máxima de 5 litros pueden elegirse por regla general del surtido disponible en almacén. Los tipos más empleados son latas, lisas o de rosca con cuello, y botellas de vidrio o de plástico de rosca con cuello. Las latas se fabricarán con extremos estancos que tengan compuestos obturadores en su superficie de contacto con el cuerpo. Las juntas de la pared deberán ir soldadas o estañosoldadas con costuras. Las latas fabricadas de hojalata suelen prestar una protección excelente a las formulaciones líquidas. En caso de que se precise protección complementaria contra la corrosión en el interior se podrán aplicar revestimientos a las latas redondas.

Ciertas formulaciones líquidas, como los ácidos, corroerán la hojalata básica durante su almacenamiento, por lo que se han añadido sales inorgánicas de nitrito como inhibidores de la corrosión. No obstante, se ha demostrado que las formulaciones de dimetilamina del ácido 2,4-diclorofenoxiacético (2,4-D), por ejemplo, producen dimetilnitrosamina, un agente cancerígeno humano potencial, lo que puede impedirse mediante el empleo de envases metálicos forrados de plástico.

Deberán tomarse las precauciones necesarias para que la cantidad de agua en las latas o formulaciones sea mínima al efectuar el envasado con objeto de evitar la formación de oxidación y picaduras. Los defectos de los compuestos aislantes y de las costuras de las paredes, así como la presencia de agua, son causas principales de los fallos de las latas.

Las botellas de vidrio o de plástico con cuello resultan útiles para los líquidos, ya que éstos pueden vertirse sin que se derramen. Las botellas de vidrio son excelentes para el envasado de productos químicos por su carácter inerte, pero las posibilidades de que se rompan o hagan añicos durante su ciclo típico de duración son más elevadas. Las botellas de plástico, que suelen fabricarse de polietileno, son útiles para envasar formulaciones sin disolventes. No obstante, tienen tendencia a la fisuración mecanoquímica causada por agentes atmosféricos a consecuencia de defectos estructurales o de la selección incorrecta de la resina. Asimismo, deben adoptarse precauciones especiales para diseñar los embalajes exteriores de las botellas pequeñas de plástico con objeto de que no se aplasten mientras estén apiladas en los almacenes. En tales condiciones, se forman grietas con facilidad y se producen escapes. Los grandes envases para líquidos, que tienen una capacidad típica de 10 a 200 litros, suelen ser de tipo normalizado, como los jerricanes y los bidones de acero o de plástico. Para los líquidos se utilizarán siempre envases con tapas cerradas y, si se trata de bidones, la tapa deberá ir engatillada o soldada al cuerpo. En los recipientes de gran tamaño para líquidos, los orificios destinados a la distribución del contenido no deben tener un diámetro superior a 63 mm pero se podrán practicar dos orificios en la tapa.

Los envases de acero poseen una robustez elevadísima y, por lo tanto, son muy resistentes a los daños durante la manipulación, el transporte, el almacenamiento y el apilamiento. Puede revestirse su interior con una diversidad de materiales para conseguir resistencia a la corrosión. Los revestimientos interiores deberán elegirse y aplicarse con sumo cuidado para evitar incompatibilidades. Además, deberá tenerse en cuenta en todo momento el riesgo de fallo del revestimiento a consecuencia de procedimientos de fabricación incorrectos.

Para obturar la superficie de contacto entre los extremos del bidón y su cuerpo se emplean compuestos especiales, mientras que los cierres se obturan con juntas de caucho, elastómero o plástico. Al igual que en el caso de los envases pequeños, debe tenerse cuidado de que no contengan agua al llenarlos.

Los grandes envases de plástico, que suelen ser de polietileno, son autoportantes o precisan un sobreembalaje en forma de bidón de acero o de caja de cartón ondulado. Los envases de ese tipo prestan excelente protección contra la humedad, lo que se debe especialmente al peso o al espesor de las paredes. A menudo, su espesor constituye un aislamiento adecuado para envasar formulaciones a base de solventes, en particular cuando la presión del vapor es baja.

Envases a presión como los utilizados para aerosoles

Los envases que se llenan a presión a temperatura ambiente deben estar diseñados para que resistan la presión. Factores de especial importancia son el calibre del metal utilizado para el cuerpo y las tapas, los medios de obturación y la construcción de la válvula. El diseño, la selección y la verificación de envases a presión son tareas complejas que deberán llevar a cabo únicamente personas cualificadas con instrumentos cuidadosamente calibrados. La duración prevista en almacenamiento de los envases a presión alcanza a menudo menos de dos años, y es muy aconsejable que los envasadores ajusten su producción a las necesidades de consumo.

Sobreembalajes

Los sobreembalajes sirven para recubrir uno o más envases. Constituyen una protección suplementaria de los envases interiores para evitar daños a consecuencia de su manejo, apilamiento y transporte. Los sobreembalajes pueden estar fabricados de bolsas de película, envolturas termocontraíbles, bolsas de papel o cajas de cartón ondulado según el grado de protección que se precise. El sobreembalaje de uso más común para plaguicidas es la caja, en particular porque presta protección y resulta económica. Si las condiciones de transporte son sumamente duras, es aconsejable colocarlas en el interior de un cajón de madera.

Cierres

Es muy importante elegir el cierre apropiado para envasar productos debidamente en envases rígidos, especialmente si contienen líquidos. El tamaño del cierre de los envases para líquidos se determinará de acuerdo con la velocidad de vaciado necesaria y la viscosidad de la formulación. Los cierres de los envases para líquidos no deben tener un diámetro superior a 63 mm, y es útil limitar los tamaños más pequeños a 38 mm a efectos de normalización.

Los cierres de envases rígidos que vayan a contener polvos o gránulos pueden tener dimensiones superiores a los 63 mm y de tamaño análogo al diámetro del tarro o bidón. Es muy útil que el cierre disponga de características contra la manipulación indebida que indiquen si se ha abierto el envase.

Existen otros métodos contra la manipulación indebida como, por ejemplo, los obturadores termocontraíbles. Deberán elegirse cuidadosamente los forros de los cierres puesto que tienen gran influencia sobre su idoneidad global. A menudo, se comprueba que los defectos de los envases se deben a que los forros no son adecuados.

Los cierres no están concebidos para un contacto directo constante con el producto, sino solamente con la fase de vapor, y no debe suponerse que contengan líquidos cuando se invierta el envase. Deberán instalarse en los envases con una torsión de apriete suficiente para mantener la estanqueidad. La torsión de apriete aplicada en un principio suele aflojarse con el transcurso del tiempo, normalmente antes de 24 horas. El método correcto de medir la torsión de apriete del cierre consiste en medir la fuerza de apertura.

Para concluir, está justificado afirmar que no se deberá emprender la creación de una planta de formulación de plaguicidas sin contar con los medios adecuados de envasado y etiquetado.

ANEXO

ESPECIFICACIONES RELATIVAS A LOS CONTENEDORES Y PROCEDIMIENTOS DE PRUEBA

Ejemplos de procedimientos de prueba de los envases^a

Preparación de los embalajes y los bultos para las pruebas

Las pruebas se efectuarán con embalajes y bultos en condiciones normales de expedición, incluidos los recipientes interiores en el caso de embalajes combinados. Los recipientes interiores o únicos deberán estar llenos hasta el 95% por lo menos de su capacidad, en el caso de sólidos, y hasta el 98% en el caso de líquidos. A menos que ello pueda desvirtuar los resultados de las pruebas, las sustancias que hayan de expedirse podrán ser sustituidas por sustancias no peligrosas. Cuando se efectúe dicha sustitución a los efectos de la prueba, las sustancias no peligrosas deberán tener el mismo peso específico que las sustancias que se hubieren de transportar y sus otras propiedades físicas (grano, tamaño, viscosidad) deben corresponder lo más estrechamente posible a las de las sustancias en cuestión.

Los embalajes de papel o de cartón se prepararán para las pruebas teniéndolos durante 24 horas como mínimo en una atmósfera mantenida a una humedad relativa del $50\% \pm 2\%$ y a una temperatura de $25^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$. También pueden prepararse teniéndolos al menos 24 horas en una atmósfera mantenida a una humedad relativa de $65 \pm 2\%$ y a una temperatura de $20 \pm 2^{\circ}\text{C}$ o de $27 \pm 2^{\circ}\text{C}$.

Se tomarán medidas para asegurarse de que las materias plásticas utilizadas en la fabricación de los recipientes plásticos sean químicamente compatibles con las sustancias que esos recipientes están destinados a contener. Esto puede hacerse, por ejemplo, sometiendo muestras de los recipientes a una prueba preliminar de larga duración, 6 meses por ejemplo, en el curso de la cual las muestras estarán siempre llenas del producto que estén destinadas a contener. Al final de dicha prueba, las muestras se someterán a las pruebas de caída, estanqueidad, apilamiento y, cuando proceda, presión interna (hidráulica).

^a*Transporte de Mercancías Peligrosas* (publicación de las Naciones Unidas, núm. de venta: S.77.VIII.1).

CUADRO 2. ESPECIFICACIONES PARA LA ADQUISICION DE ENVASES DE PLAGUICIDAS

Especificaciones	Tipo de embalaje															
	Bolsas	Sacos	Bolsitas	Bolsas de polietileno	Adhesivos	Paletas	Bidones de fibra	Bidones de polietileno	Bidones de acero	Bidones pequeños de acero	Latas de hojalata	Vasija de polietileno	Etiquetas	Cierres	Cajas	Folletos
1 Longitud o altura externa	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2 Ancho o diámetro externo	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
3 Profundidad externa	X	X		X		X					X	X				
4 Longitud interna															X	
5 Ancho interno															X	
6 Profundidad interna															X	
7 Capacidad nominal				X			X	X	X	X	X	X				
8 Capacidad efectiva							X	X	X	X	X	X				
9 Número de páginas															X	
10 Flete															X	
11 Espesor	X	X	X	X			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
12 Peso medio mínimo	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
13 Revestimiento							X		X	X	X					
14 Rendimiento (m ² /kg)																X
15 Peso de la sustancia (g/m ²)	X	X	X	X									X		X	X
16 Abertura									X	X	X	X		X		
17 Clase de organización marítima internacional							X	X								
18 Descripción de la válvula		X												X		
19 Números del catálogo				X	X		X	X	X	X	X	X		X	X	
20 Números del diseño						X	X	X	X	X	X	X		X	X	
21 Materiales de construcción		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
22 Valores de la prueba	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
23 Montaje			X	X												
24 Características especiales			X				X	X				X				
25 Decoración exterior			X				X	X	X	X	X				X	
26 Impresión	X	X	X	X			X	X	X	X	X	X	X		X	X
27 Designación del flete nacional	X	X	X	X			X	X	X	X	X	X			X	

Etiquetado y embalaje: responsabilidad del formulador ante el usuario

Prueba de apilamiento

Todos los paquetes, excepto las bolsas, deberán someterse a la prueba de apilamiento utilizando tres muestras por modelo y fabricante, y siguiendo el método que se describe a continuación.

Las muestras deben someterse a un peso aplicado sobre su parte superior equivalente al peso total de bultos idénticos que podrían apilarse sobre ellos durante el transporte. La altura mínima del apilamiento, incluida la muestra, es de 3 metros. La duración de la prueba será de 24 horas, excepto para los bidones y jerricanes de plástico destinados a líquidos, que se someterán a una prueba de apilamiento por un período de 28 días, a una temperatura no inferior a 40°C. En el caso de recipientes de hojalata y metales livianos, la altura del apilamiento será de 2 metros.

Los criterios para superar la prueba son los siguientes. Ninguna muestra debe presentar signo alguno de deterioro que pueda amenazar la seguridad del transporte ni deformación alguna que pueda disminuir su solidez o hacer inestable el apilamiento. La estabilidad de éste puede considerarse suficiente en el caso de los recipientes de plástico si, después de la prueba y una vez que se haya enfriado a la temperatura ambiente, dos recipientes del mismo tipo colocados sobre la muestra mantienen su posición. Ninguna muestra debe perder en los embalajes compuestos o combinados, y la sustancia no debe derramarse del recipiente interior o del embalaje interior.

XIII. Procedimientos de reglamentación de los plaguicidas en los países en desarrollo

*Jan de Bruin**

Necesidad de la reglamentación

La utilización correcta y oportuna de plaguicidas adecuados puede tener gran importancia para la agricultura, especialmente en países donde el clima favorece el rápido desarrollo de las plagas. Los métodos erróneos de aplicación y el empleo de plaguicidas inapropiados pueden ser muy peligrosos o provocar daños considerables. Por consiguiente, muchos países, especialmente aquellos con tecnologías muy avanzadas, han establecido procedimientos para regular el comercio, la producción y el empleo de plaguicidas.

Los detallados procedimientos de reglamentación de los países desarrollados cuentan con el respaldo de un sistema general de coacción. Este sistema y los procedimientos de reglamentación, que deben hacer cumplir, suponen un elevado nivel de equipo y mano de obra, de los que los países en desarrollo muchas veces no pueden disponer.

No obstante, los países en desarrollo no tienen tanta urgencia para introducir sistemas normativos detallados para reglamentar los plaguicidas. El innovador proceso que llevó a la formulación de nuevos plaguicidas se ha limitado, hasta ahora, a varios países tecnológicamente adelantados en los que se ha realizado el trabajo básico de laboratorio (toxicología, metodología analítica, etc.) y en los que la evaluación de los resultados de esos trabajos constituye una parte del procedimiento de reglamentación. Una vez evaluados, los resultados son válidos en todo el mundo y pueden considerarse transferibles. Por consiguiente, los países en desarrollo pueden emplear dichos datos como insumos, sin tener que producirlos por su cuenta.

Es necesario que los países en desarrollo elaboren procedimientos de reglamentación adecuados a sus necesidades específicas, y no traten de introducir todos los elementos de los sistemas empleados en los países desarrollados. Las normas para la aceptación de un plaguicida en determinado país, por ejemplo un país industrial exportador de alimentos, con un clima templado, abundantes tierras fértiles y una tecnología agrícola adelantada, no tendrían que aplicarse necesariamente en otro país, con métodos agrícolas, climas y economía diversas. La relación beneficio/riesgo puede diferir ampliamente de un país a otro, especialmente entre países desarrollados y en desarrollo. El hecho de que los expertos no hayan podido lograr un consenso

**International contacts.* Amsterdam, los Países Bajos, ex Presidente del Groupement international de fabricants de produits agrochimiques (GIFAP), grupo de trabajo para cuestiones técnicas y científicas.

sobre una legislación modelo es una prueba más de la imposibilidad de transferir simplemente los sistemas normativos de un país a otro. Sólo cuando los datos transferidos se complementan con datos específicos sobre el país interesado (por ejemplo, eficacia contra las plagas locales, diferencias en el grado de exposición de los obreros, variaciones climatológicas) podrán adoptarse medidas reglamentarias significativas con un gasto mínimo de recursos locales.

Preparación del procedimiento de reglamentación

Primera medida: determinación del alcance

Al preparar un procedimiento de reglamentación, el primer paso será definir la materia en cuestión. Una definición útil es la siguiente: plaguicida es toda sustancia o mezcla de sustancias destinada a evitar, controlar o mitigar los efectos de cualquier especie no deseada de insectos y plantas (incluidos los hongos), o que se utiliza como regulador del crecimiento de una planta, protector de cultivos, defoliante o desecante. El término plaguicida también incluye cualquier sustancia o mezcla de sustancias empleada para combatir las plagas durante la producción, almacenamiento, transporte, comercialización o elaboración de alimentos para hombres o animales, o que pueden ser administrados a los animales para destruir insectos y arácnidos en sus organismos. No se aplica a los antibióticos u otros productos químicos que se administran a los animales con otros fines, como, por ejemplo, estimular su crecimiento o modificar su comportamiento reproductor, ni tampoco a los fertilizantes.

Segunda medida: definición de objetivos

La segunda medida será la cuidadosa definición de los objetivos que se han de alcanzar con la introducción de un procedimiento de reglamentación, teniendo en cuenta, cuando corresponda, los problemas nacionales concretos. A continuación se señalan los posibles objetivos:

- a) *Control de calidad.* Los plaguicidas que se proporcionen a la comunidad agrícola deberán ser de buena calidad. El concepto de calidad comprende tres aspectos: el plaguicida mismo, el envase y la etiqueta;
- b) *Protección del usuario.* Los usuarios de plaguicidas están expuestos a peligros inmediatos. Abren el envase, aplican el producto, limpian el equipo utilizado para la aplicación y manejan el material sin utilizar y los envases vacíos;
- c) *Protección del consumidor.* Los plaguicidas deben aplicarse de manera que el consumidor de los alimentos derivados del producto agrícola esté protegido contra cualquier efecto perjudicial a la salud debido a la presencia de una cantidad demasiado elevada de residuos de plaguicidas;
- d) *Protección de los cultivos.* El daño a los cultivos tratados debe ser nulo o, en el peor de los casos, mínimo. También han de protegerse los cultivos

vecinos, por ejemplo, contra daños causados por la desviación de los rociadores de herbicidas y por los residuos fitotóxicos de plaguicidas aplicados a cultivos anteriores que quedan en el suelo;

e) *Protección del ganado.* Los principales riesgos para el ganado doméstico nacen del consumo inadvertido de alimentos procedentes de cultivos recientemente tratados, la contaminación causada por la fumigación y la lucha contra los roedores. Aun cuando no entrañen la pérdida de animales, pueden provocar la presencia de niveles inaceptables de residuos de plaguicidas en la leche, la carne, etc.;

f) *Protección del medio ambiente.* Está generalmente admitido que la aplicación de productos químicos biológicamente activos en zonas limitadas puede tener también una considerable repercusión en las especies beneficiosas aunque, en la mayoría de los casos, la población se recupera completamente en un período de tiempo relativamente breve, siempre que no se trate de especies amenazadas o raras y que quede suficiente hábitat no sometido a tratamiento. Debe otorgarse una atención particular al medio acuoso. El agua es un recurso valioso; los residuos de plaguicidas que, como los plaguicidas persistentes, pueden ser arrastrados por el agua a largas distancias, pueden constituir una amenaza para el suministro de agua potable y, en el caso de herbicidas, defoliantes, etc., para el agua de riego. Los peces comestibles procedentes de aguas contaminadas, especialmente de estanques, pueden acumular plaguicidas y de este modo contener niveles inaceptables de residuos de plaguicidas;

g) *Protección de la exportación.* Algunos países obtienen gran parte de sus divisas de la exportación de productos agrícolas. Deben adoptarse muchas precauciones para que los bienes exportados no contengan niveles demasiado altos de residuos de plaguicidas. De otra manera, el país importador puede negarse a aceptar las mercancías.

Tercera medida: evaluación de los medios de coacción

La tercera medida consiste en la evaluación cuidadosa de los medios de coacción disponibles. Como se ha afirmado antes, el valor de todo procedimiento de reglamentación depende en gran parte de la posibilidad de hacerlo cumplir.

Será necesario preparar una lista de laboratorios, estaciones locales, obreros y demás personal que puedan colaborar en el cumplimiento de la reglamentación. Deberá asignarse el tiempo y el equipo necesario para desempeñar estas funciones.

Cuarta medida: decisión sobre la forma del procedimiento de reglamentación

El cuarto paso es decidir la forma del procedimiento de reglamentación, teniendo en cuenta todos los factores mencionados. Existen diversas posibilidades, entre otras, las siguientes:

a) *Sistema voluntario.* Con este sistema no se requiere ninguna imposición legal, ya que la reglamentación se basa en la confianza y la comprensión

recíprocas. Sin embargo, sería necesario un mínimo de garantías, de que los no participantes no perjudicarían al sistema:

b) *Sistema preventivo*. Se establecería la prohibición, en principio, de producir, vender, utilizar o disponer de cualquier otra manera de los plaguicidas, salvo que se autorice explícitamente. Si se aplica correctamente, este sistema es prácticamente infalible, pero entraña complejos procedimientos burocráticos y considerables recursos.

c) *Sistema retrospectivo*. En el marco de un conjunto de normas básicas, aunque habría libertad para producir, vender, utilizar o disponer de cualquier otra manera de los plaguicidas, las empresas y los individuos serían responsables y deberían responder de sus acciones u omisiones en caso de accidente. Este sistema es más fácil de aplicar, pero presenta el gran inconveniente de que, en general, las medidas se adoptarán sólo después de ocurrido el incidente. Además, presupone un cierto nivel de educación y sentido de responsabilidad de todos los interesados:

d) *Sistema gubernamental*. Sólo el gobierno o los organismos autorizados por él podrán producir, vender, utilizar o disponer de cualquier otra manera de los plaguicidas. Los inconvenientes son que requiere una burocracia considerable y que limita la iniciativa individual:

e) *Sistema regional*. En virtud de este sistema, dos o más países, con un contexto agrícola y político análogo, tendrían un procedimiento común y compartirían los recursos.

La decisión final sobre el sistema de reglamentación tendrá que basarse principalmente en una evaluación de la estructura agrícola y económica del país, aunque en la mayoría de los casos, los factores legislativos y políticos desempeñarán un papel importante.

Quinta medida: órgano encargado

La quinta medida, si no se adopta un sistema voluntario, es determinar el órgano que se encargaría de preparar, aplicar y poner en vigor el procedimiento reglamentario.

Teniendo en cuenta que los plaguicidas se destinan principalmente a la agricultura, el más indicado sería normalmente el Ministerio de Agricultura. No obstante, como también entran en juego aspectos relativos a la protección de la salud pública y del medio ambiente y factores económicos, los ministerios y autoridades ejecutivas encargadas de estas esferas tendrían también una función que desempeñar.

Una vez que se haya determinado a qué ministerio incumbirá, en primer lugar, el procedimiento de reglamentación, deberá designarse a una persona, y el personal necesario para llevar a cabo las funciones ordinarias. En adelante denominaremos a ese funcionario registrador.

Sexta medida: establecimiento de un procedimiento de reglamentación

La sexta y última medida es dar forma e iniciar un procedimiento de reglamentación que tenga en cuenta todas las consideraciones mencionadas.

Recapitulación de los objetivos

En este punto puede ser útil examinar más detalladamente los principales objetivos, a saber: control de calidad y protección del usuario, del consumidor, de los cultivos, del ganado, del medio ambiente y de la exportación.

Control de calidad

Nivel aceptable de ingredientes activos

La regla fundamental es que no debe utilizarse ningún producto que no tenga un nivel aceptable de ingredientes activos. Esta aceptabilidad se puede determinar de forma administrativa. Si el ingrediente activo en cuestión es un componente de plaguicidas registrados y de uso comercial en uno o más países responsables de la innovación y producción de plaguicidas, se aplicarían las mismas normas de utilización aprobadas en el país de origen.

Sólo podrá aconsejarse a los países en desarrollo la aceptación en bloque de un plaguicida sobre la base de su inscripción en el país de origen, cuando las normas para su utilización (cultivo a que está destinado, formulación y tiempos de aplicación, frecuencia y cantidades aplicables) sean razonablemente equivalentes en los respectivos países. Si las normas de utilización difieren será aún más importante obtener datos locales sobre el terreno.

La aceptabilidad, como se ha definido *supra*, podría determinarse mediante una declaración escrita, confirmada por una autoridad responsable del país de origen. Si no puede presentarse tal declaración, habrá que tener debidamente en cuenta que la relación riesgo-beneficio en el país de origen puede ser bastante diferente a la del país receptor. Un país de clima cálido puede tener graves problemas de plagas, desconocidos en el país de origen del ingrediente activo, y que requieren el empleo de ese ingrediente activo en particular. Además, las consideraciones ambientales pueden tener menor importancia porque, por ejemplo, la degradación del ingrediente activo, en general, se produce más rápidamente en un clima cálido.

El registrador, teniendo en cuenta todos los datos transferibles sobre materias tales como la toxicidad y la degradación, y tras examinar cuidadosamente la relación riesgo-beneficio, decidirá si es aceptable el empleo del ingrediente activo en el país receptor. Para adoptar tales decisiones, puede solicitarse ayuda a la FAO, a la OMS o, si existen, a las Juntas nacionales de producción agrícola.

Calidad de los ingredientes activos

Cuando una planta de formulación importa ingredientes activos para su ulterior elaboración, podría dictarse una disposición para que los productos importados se ajusten a las especificaciones de la FAO o de la OMS, caso de existir. El importador será responsable de la conformidad de los productos con las especificaciones mencionadas.

Registro de los plaguicidas formulados

Para los plaguicidas formulados que se importan como tales pueden seguirse las mismas reglas que las relativas a la aceptación de los ingredientes activos. La composición de cada formulación deberá transmitirse al registrador, quien tratará dicha información como privilegiada y confidencial. A continuación, se asignará a cada formulación un número de registro que será el que le corresponderá en el futuro. El número de registro debe figurar en cada envase de la formulación, y será un delito vender, o incluso poseer, plaguicidas que lleven ese número pero que tengan una composición diferente a la del producto depositado ante el registrador.

Respecto a los productos formulados en el país y a los importados listos para utilizar que no estén registrados ni comercializados en el país de origen, pero que puedan ser útiles en el país receptor por razones análogas a las explicadas con respecto a los ingredientes activos, deberán aplicarse las siguientes reglas:

- a) El producto deberá ajustarse a las especificaciones de la FAO;
- b) Cualquier persona que desee registrar un producto, en adelante denominado el solicitante, deberá estar domiciliado en el país, o en caso contrario, deberá presentar la solicitud a través de una persona o empresa domiciliada en el país que sea jurídicamente responsable del producto;
- c) Cuando no existan especificaciones de la FAO, el solicitante deberá probar al registrador que el producto es de calidad fiable y adecuada.

La declaración sobre la composición de la formulación forma parte del procedimiento.

Control de calidad de los productos formulados importados

En el caso de ingredientes activos importados, puede emplearse el tiempo normalmente disponible entre la importación y la ulterior elaboración para controlarlos y llevar a cabo las formalidades necesarias. No siempre es posible disponer de este intervalo cuando se importan productos formulados que pueden ser necesarios a corto plazo para combatir un posible brote de plaga. No obstante, es necesario proceder con cautela. Al prepararse las licitaciones para la importación de productos formulados, debe detallarse cuidadosamente la calidad de los mismos. Algunas veces, se eligen ofertas de productos a precios irrisorios pero de calidad inferior a los límites aceptables. Las siguientes medidas pueden proporcionar algunas garantías:

- a) Un muestreador jurado deberá controlar el lote antes de la expedición;
- b) Se deberá analizar una muestra en un laboratorio de confianza y bien equipado del país de fabricación. Un organismo oficial de ese país confirmará las condiciones del laboratorio;
- c) Una muestra permanecerá en el país de fabricación y dos se enviarán al país receptor. Una de estas últimas puede usarse para el análisis en el país receptor y la otra deberá mantenerse como muestra de referencia en caso de controversia;

d) El importador responderá personalmente del cumplimiento de los procedimientos mencionados, y si es el mismo gobierno, un funcionario asumirá esta responsabilidad;

e) Sólo se permitirá la descarga de las mercancías previa confirmación por escrito del laboratorio del país de fabricación de que el lote se ajusta a los niveles requeridos.

Métodos de control de calidad

Es importante que al menos un laboratorio oficial se encargue del control de la calidad de los ingredientes activos y de los productos formulados. Existen muchos métodos normalizados, como los del Consejo Internacional para la Colaboración en los Análisis de Plaguicidas (CICAP) y el Official Analytical Chemists of America (AOAC). A menudo, si no puede aplicarse determinado método porque requiere instrumentos demasiado complicados, pueden aplicarse métodos alternativos con un equipo más sencillo.

Los fabricantes serios suelen proporcionar buenas descripciones de métodos apropiados para el análisis de sus productos (véanse también los capítulos VI y VIII).

Calidad del embalaje

La calidad de los envases de plaguicidas, incluidos el cierre y el precinto garantizados contra toda falsificación, deberá ser adecuada. El embalaje no sólo deberá proporcionar protección durante el almacenamiento, la manipulación y el transporte sino también resistir condiciones climáticas adversas (temperatura y humedad elevadas). En los productos de fabricación local, la responsabilidad incumbirá al formulador y, en el caso de mercancías importadas, al importador. Además, los plaguicidas sólo deberán expedirse en las plantas de formulación o importarse en envases sellados que se abren inmediatamente antes del uso (véase también el capítulo XII).

Calidad del etiquetado

Las etiquetas claramente legibles con instrucciones para el uso, advertencias y símbolos de precaución en el idioma o los idiomas del país interesado, deberán fijarse de modo seguro en cada envase.

En algunas zonas rurales puede existir analfabetismo. Por consiguiente, debe prestarse debida atención a los símbolos de precaución. El texto debe ser conciso, claro y lógico. Si resulta difícil su comprensión, quizá ni siquiera sea leído cuidadosamente. Las instrucciones que figuran en las etiquetas revisten una importancia especial en aquellos lugares donde las diferencias culturales, por ejemplo en los vestidos y el calzado, puedan acentuar los posibles riesgos para el usuario. En tales circunstancias, tal vez sea necesario complementarlas con programas especiales (véase también el capítulo XII).

Protección del usuario

Buenos métodos agrícolas

El requisito clave para la protección del usuario es la aplicación de un método agrícola adecuado, que ha sido definido por la FAO de la siguiente manera:

“Se entiende por método agrícola adecuado en la utilización de plaguicidas el empleo oficialmente recomendado o autorizado de plaguicidas en cualquier etapa de producción, almacenamiento, transporte, distribución y elaboración de alimentos y de otros productos agrícolas, teniendo en cuenta la diversidad de exigencias en una misma región y entre diversas regiones y las cantidades mínimas necesarias para lograr un control adecuado, aplicándose los plaguicidas de manera tal que dejen la menor cantidad de residuos posible y que esa cantidad sea aceptable desde el punto de vista toxicológico”¹.

El uso oficialmente recomendado o autorizado es aquel que se ajusta a los procedimientos, incluido tipo de formulación, cantidades utilizadas, frecuencia de aplicación e intervalos antes de la cosecha, aprobados por las autoridades pertinentes.

Las instrucciones apropiadas son fundamentales para asegurar la conformidad con las normas oficiales relativas al uso de plaguicidas. La aplicación de las instrucciones depende, en gran parte, del nivel de educación, materia fuera del alcance de los procedimientos de reglamentación.

Elaboración de las instrucciones para el empleo

Muy a menudo las instrucciones para el uso serán distintas a las aplicables en el país de origen del ingrediente activo. Es obligación del solicitante, sea el formulador local o el importador, proponer instrucciones, redactadas correctamente, para el etiquetado.

En la definición de método agrícola adecuado se han mencionado ya los elementos que se incluyen en las instrucciones para el uso. Es necesario también especificar las señales de precaución y las recomendaciones necesarias para la protección de los usuarios. En este aspecto surge una complicación con respecto a medidas de seguridad, por ejemplo, el uso de ropa protectora impermeable, que pueden respetarse sin muchos inconvenientes en un clima templado, pero que posiblemente planteen problemas en los climas cálidos y húmedos. Es lógico suponer que tales instrucciones para la seguridad no siempre serán observadas en esas condiciones. Por consiguiente, quizá sea razonable no registrar plaguicidas cuyo uso exija medidas de seguridad exageradas o que sea imposible hacer cumplir.

Con respecto al etiquetado, deben preferirse las señales de precaución internacionales, pero debe procurarse que cualquier símbolo empleado sea realmente significativo para las personas que manejen el material.

¹Guía de límites máximos del codex para residuos de plaguicidas, primera edición (Roma 1978), Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.

Una vez que se hayan propuesto las instrucciones para el uso, el registrador podrá aceptarlas o señalar los aspectos que se han de modificar. Puede ser conveniente consultar a las estaciones especializadas en materia de pruebas agrícolas, y organismos similares, y a las autoridades de salud pública competentes en materia de seguridad del usuario.

Debe quedar bien claro que la aceptación por el registrador de las instrucciones para el uso no implica que se responsabilice de su contenido. El proveedor de las mercancías será jurídicamente responsable. En la mayoría de los casos, el registrador no estará en condiciones de asumir tal responsabilidad, ya que le faltarán los medios necesarios para realizar investigaciones por su cuenta que respalden su opinión, lo que ocasionaría grandes demoras en el registro privando así a la comunidad agrícola, quizá por muchos años, de plaguicidas nuevos y mejorados.

Protección del consumidor

El objetivo es proteger al consumidor de productos agrícolas que contengan cantidades excesivas de residuos de plaguicidas. La lista establecida por la Comisión del Codex Alimentarius ofrece excelentes directrices para determinar los niveles máximos de residuos. El establecimiento de intervalos adecuados antes de la cosecha, es decir, el período de tiempo que debe transcurrir entre la última aplicación de un determinado plaguicida y la cosecha del cultivo, asegurará que no se superen los niveles máximos de residuos. Esto último deberá incluirse como elemento fundamental en las instrucciones para el uso.

Protección de los cultivos

Todo método agrícola adecuado incluye también la protección de cultivos. En el caso de plaguicidas tóxicos o fitotóxicos, deberán adoptarse medidas para evitar la desviación de los rociadores o del polvo. En el caso de plaguicidas persistentes, en particular aquellos que permanecen en el suelo y pueden perjudicar a los cultivos ulteriores, deberán incluirse en las instrucciones para el uso señales de precaución adecuadas.

Protección del ganado

Cuando corresponda, las instrucciones para el uso deberán contener una advertencia para impedir que el ganado doméstico entre en campos recientemente tratados o en lugares fumigados o sometidos a cualquier otro tratamiento.

Protección del medio ambiente

Las disposiciones generales pueden contemplar algunos aspectos de la protección del medio ambiente. Estas disposiciones deberán prohibir la descarga incontrolada de residuos de plaguicidas no deseados y de envases vacíos y el lavado del equipo utilizado en cursos públicos de agua,

especialmente en el caso de plaguicidas persistentes o fitotóxicos (ejemplo, herbicidas). Es más conveniente que se prohíban en general tales prácticas, con excepciones expresas en casos particulares, y se considere la violación de tales normas como delito.

Protección de la exportación

En principio, el problema es el mismo que el de la protección del consumidor. El objetivo es evitar niveles inaceptables de residuos de plaguicidas en los productos agrícolas.

La Comisión del Codex Alimentarius enumera los límites máximos de residuos proporcionando directrices muy útiles para los productos de exportación. A nivel nacional, después de examinar atentamente la relación beneficio-riesgo, se pueden autorizar niveles más elevados que el nivel máximo de residuos recomendado por la Comisión, siempre que no se superen los límites de la seguridad toxicológica. Para la exportación, sin embargo, nunca deben rebasarse los límites máximos de residuos, porque el país importador puede rehusar las mercancías exportadas alegando que se han superado los niveles de residuos aceptados internacionalmente.

Registro de un nuevo plaguicida

Es evidente que son necesarios muchos elementos para determinar en qué consiste un método agrícola adecuado cuando se trata de la aplicación de un determinado plaguicida a un determinado cultivo. En el caso de un nuevo plaguicida, o de un plaguicida que se aplique por primera vez en el país en cuestión, la transición del no uso al uso total significa un cambio importante. Por consiguiente, se debe examinar cuidadosamente la posibilidad de poner en práctica un sistema de registro gradual. Tal sistema podría constar de las siguientes fases:

a) *Fase 1: permiso de pruebas.* Se concede un permiso para usar el nuevo producto con fines experimentales. Deberán proporcionarse los datos básicos transferibles, tales como los datos sobre la toxicidad aguda y subaguda y los métodos de análisis del producto y de los residuos. Se concederá el permiso de aplicar el nuevo producto con fines experimentales a un determinado número de personas e instituciones calificadas, a fin de adquirir experiencia y obtener datos en las condiciones locales predominantes. El permiso podrá ser limitado en cuanto al tiempo o la cantidad del plaguicida utilizado y la superficie tratada;

b) *Fase 2: registro provisional.* Cuando se haya adquirido suficiente experiencia e información, el nuevo producto podrá registrarse provisionalmente con ciertas limitaciones respecto a la cantidad que se puede vender, las regiones donde puede efectuarse la venta, la eliminación de los productos tratados, etc., por un período determinado y a condición de que el solicitante proporcionará los nuevos datos que se obtengan durante el período provisional. Si durante tal período se ha adquirido suficiente experiencia y se ha comprobado en la práctica que el producto es útil y que la relación beneficio-riesgo es positiva, podrá pasarse a la fase siguiente;

c) *Fase 3: registro completo.* Para el registro completo se sigue el mismo procedimiento, aunque sin restricciones. No obstante, debe quedar abierta la posibilidad de revocar este registro en caso de que se observaran algunos efectos colaterales imprevistos e inadmisibles. Por razones legales, la revocación deberá hacerse siempre por escrito, explicando claramente las causas de la misma. Se recomienda muy especialmente consultar antes a la empresa que ha fabricado el producto, porque cualquier fabricante responsable estará dispuesto a prestar pleno apoyo a todas las investigaciones sobre las posibles causas de los incidentes imprevistos.

Financiación

Sería conveniente que el solicitante pagara una determinada tasa al solicitar el registro. Pero no debería ser demasiado alta, porque podría convertirse en un obstáculo a la introducción de nuevos plaguicidas en detrimento de los intereses de la comunidad agrícola.

Sería una buena idea cobrar periódicamente una pequeña tasa por la prórroga del registro. Esto evitaría recargar los ficheros con registros de productos que ya no están en el mercado.

La renovación del registro debería ser válida por un período no demasiado breve, para evitar una pérdida excesiva de tiempo en tareas administrativas innecesarias.

Conclusión

En un mundo ideal, todo país en el que se aplicaran plaguicidas tendría un procedimiento de reglamentación cuyo cumplimiento estaría debidamente asegurado. Como mínimo, químicos analistas calificados controlarían la calidad de los productos a la venta en el mercado y examinarían la idoneidad de los envases y de las etiquetas, adoptando medidas cuando no se cumplieran las especificaciones o no se reunieran los requisitos mínimos de seguridad. La negligencia en el comercio o en el campo desacredita el uso de plaguicidas, perjudicando a la producción agrícola y a la salud pública.

La mejor garantía sigue siendo el conocimiento de los métodos correctos, el respeto de los niveles mínimos aceptables y la existencia de una autoridad que esté dispuesta y pueda proceder rápidamente contra los infractores en nombre de los intereses más amplios del usuario de los productos, del consumidor y del medio ambiente.

BIBLIOGRAFIA

- A model scheme for the establishment of national organisations for the official control of pesticides. Roma, Grupo de Trabajo de Expertos de la FAO, 1970.
- Davis, J. y V. Freed. An agro-medical approach to pesticides management—some health and environmental considerations. *En* Registration and labelling of pesticides. Washington, Agencia para el Desarrollo Internacional.

Guidelines for legislation concerning the registration for sale and marketing of pesticides. Roma, 1969.

Publicado conjuntamente por la FAO y la OMS.

The pesticide manual. A world compendium. Worcester, British Crop Protection Council, 1979.

Este manual contiene importante información sobre casi todos los productos químicos plaguicidas, e incluye listas de los principales manuales especializados sobre este tema, así como los nombres y domicilios de las principales empresas proveedoras de plaguicidas.

Está prevista para 1983 una publicación relativa a las fuentes de información sobre protección de cultivos, que es una lista de las organizaciones existentes en todo el mundo a las que se puede solicitar apoyo e información al respecto. (Elaine Warrell Associates, Londres, SE3, Reino Unido).

كيفية الحصول على منشورات الأمم المتحدة

يمكن الحصول على منشورات الأمم المتحدة من المكتبات ودور التوزيع في جميع أنحاء العالم. استلم منها من المكتبة التي تعامل معها أو اكتب إلى: الأمم المتحدة، قسم البيع في نيويورك أو في جنيف.

如何购取联合国出版物

联合国出版物在全世界各地的书店和经销处均有发售。请向书店询问或写信到纽约或日内瓦的联合国销售组。

HOW TO OBTAIN UNITED NATIONS PUBLICATIONS

United Nations publications may be obtained from bookstores and distributors throughout the world. Consult your bookstore or write to: United Nations, Sales Section, New York or Geneva.

COMMENT SE PROCURER LES PUBLICATIONS DES NATIONS UNIES

Les publications des Nations Unies sont en vente dans les librairies et les agences dépositaires du monde entier. Informez-vous auprès de votre libraire ou adressez-vous à : Nations Unies, Section des ventes, New York ou Genève.

КАК ПОЛУЧИТЬ ИЗДАНИЯ ОРГАНИЗАЦИИ ОБЪЕДИНЕННЫХ НАЦИЙ

Издания Организации Объединенных Наций можно купить в книжных магазинах и агентствах во всех районах мира. Наводите справки об изданиях в вашем книжном магазине или пишите по адресу: Организация Объединенных Наций, Секция по продаже изданий, Нью-Йорк или Женева.

COMO CONSEGUIR PUBLICACIONES DE LAS NACIONES UNIDAS

Las publicaciones de las Naciones Unidas están en venta en librerías y casas distribuidoras en todas partes del mundo. Consulte a su librero o diríjase a Naciones Unidas, Sección de Ventas, Nueva York o Ginebra.

