

# Capítulo 5

## Medidas de prevención y control de los solventes

Se debe hacer presencia en la fuente o foco contaminante, en el medio de propagación y en las personas.

### 5.1. En la fuente o foco contaminante

En lo concerniente a generar la sustitución de la materia prima por altos costos, agresividad o toxicidad es importante determinar que sería conveniente usar un disolvente por ejemplo más acuoso, pero no todos los procesos lo permiten. Las modificaciones que sobre el disolvente pueden hacerse van encaminadas siempre a la sustitución de un producto por otro de menor toxicidad. Por ejemplo, sustituir el tricloroetileno por el 1,1 tricloroetano, disolvente menos tóxico, es un cambio eficaz.

Se deben desarrollar estudios para que en los procesos se den los cambios oportunos en sustancias que primero den las condiciones y características a los productos terminados en calidad y generan seguridad a los trabajadores, para que no afecten su salud.

Entre más toxicidad generen algunos productos en su transformación o aplicación en los procesos productivos, mayores medidas de intervención se deben tomar como encerramiento para que no tengan ni contacto con el trabajador ni afecte el medio de propagación.

Dentro de las medidas de prevención se pueden aplicar modelos de intervención como campanas o extractores, puertas flexibles y ventanas de observación de la aplicación del solvente en el proceso productivo.

### 5.2. El medio de propagación

#### *Ventilación general*

Proporcionada por extractores, con entradas de aire, colocados de una forma uniforme; su caudal de extracción debe ser el adecuado en función de la cantidad de contaminante generado. Puede tenerse una ventilación localizada en aquellos puntos con mayor concentración o toxicidad media, como el tricloroetileno o tolueno.

#### *Extractores*

Puntuales en el puesto de trabajo que recogen la cantidad de solvente que se evapora y llevarlo a unos filtros especiales.

### ***Limpieza***

Los disolventes vertidos en el suelo o las máquinas, los trapos impregnados o los equipos que pierden disolvente originan zonas donde en contacto con la atmósfera, se evaporan y se mezclan con el aire. La limpieza se realizará por procedimientos húmedos o de aspiración.

### ***Sistemas de alarma***

Muy útiles en las zonas próximas al foco emisor o donde por diferencias de temperatura, pueden acumularse más vapores. Cuando se detecta una concentración elevada de contaminante se activa la alarma, y paralelamente, se ponen en funcionamiento ventiladores secundarios.

## **5.3. En las personas**

La sensibilización, la capacitación, el compromiso y la aplicación son las herramientas más eficaces para conseguir una mejora de las condiciones de trabajo. Es imprescindible que los trabajadores sean conscientes de los riesgos que entraña su labor diaria. Todos los productos deben estar correctamente etiquetados con los riesgos que generan y las medidas preventivas que se deben adoptar.

### ***Higiene personal***

El trabajador debe disponer de servicios adecuados, con una correcta situación para tener fácil acceso a ellos. Esto evitará que el operario se limpie un resto de grasa con un disolvente, por no ir hasta el lavado. También debe estar prohibido manipularlos, comer y beber en el área donde se manipulan los alimentos, así como el permitir fumar debido a la gran volatilidad de los disolventes.

### ***Rotación de personal***

Es un método muy aplicado en la manipulación y trabajo con solventes puesto que disminuye el tiempo de exposición al contaminante. Se utiliza cuando no es posible reducir la concentración de solvente o cambiar de producto, la concentración en el aire para que la dosis de alta concentración no afecte al trabajador.

La forma más importante para prevenir la inhalación de solvente es mantener a los trabajadores fuera del área de respiración. Esto se consigue empleando sistemas cerrados y ventilación extractiva local. Los recipientes, una vez abiertos, deben mantenerse tapados, excepto cuando están en uso. Los sistemas deben diseñarse para prevenir y contener el solvente en el caso que esto ocurra.

## ***Ventilación***

Debe tenerse en cuenta para todo proceso en que se empleen solventes. También las áreas de almacenado requieren de una ventilación general adecuada para evitar la acumulación y formación de concentraciones inflamables o tóxicas.

El almacenamiento de solventes inflamables o tóxicos solo debe hacerse en refrigeradores diseñados o preparados para tal fin y estos deben tener etiquetas en forma destacada indicando cuál es su uso.

Medidas de prevención en las personas en cuanto al uso de los elementos de protección personal.

Se debe crear un compromiso con el trabajador de utilizar los elementos de protección, que son fundamentales para la manipulación de los solventes.

Equipos de Protección Individual. Se usarán cuando los riesgos no se puedan evitar o limitar lo suficiente, con otras medidas preventivas que pueden ser:

## ***Contacto con la piel***

Otro peligro importante debido a los solventes es el contacto con la piel. Este se produce por inmersión directa, salpicaduras, derrames, contacto con una prenda de vestir empapada con solvente, uso de guantes inadecuados y contacto con objetos mojados con solventes. Es muy importante la utilización de caretas o gafas para protección de la cara en general. Algunos solventes como: benceno, tetracloruro de carbono y alcohol metílico pueden provocar daño fisiológico.

La forma más efectiva y frecuentemente la única para prevenir el daño es evitar el contacto del solvente con la piel. Esto puede realizarse mediante el uso de dispositivos mecánicos para el manipuleo como pinzas y empleando ropa protectora impermeable como delantales, máscaras y guantes, trajes, gorros y botas. Merecen atención los guantes, que deben ser impermeables y resistentes a los disolventes.

## **5.4. Elementos de protección**

### ***Filtros***

Se encuentran en el mercado caretas de dos vías con doble cartucho de carbón activado para la purificación del medio ambiente y evitar que los gases afecten la salud del trabajador. Se produce absorción del solvente sobre el carbón y se logra sucesiva regeneración del filtro con lavado de vapor de agua que lo des absorbe.

### ***Respiradores***

No deben ser usados como único medio de protección, debido a que existen demasiados factores que limitan su uso. El equipo respiratorio protector especialmente el tipo purificador de aire, está limitado a los escapes alrededor de la máscara, contaminación de superficies, deterioro de la eficiencia con el uso y necesidad de oxígeno adecuado. A menos que sea usado en forma correcta y manteniendo en forma apropiada, puede constituirse en un peligro más grande para el trabajador que si no tuviera ninguna protección.

La protección respiratoria, que puede ser dependiente del medio ambiente o independiente del medio.

Los primeros utilizan el aire del ambiente de trabajo, reteniéndolo o transformándolo para que sea respirable. Constan de un adaptador facial y un filtro. Dentro de los adaptadores faciales, en el campo de los disolventes, el más adecuado es la máscara porque protegerá la zona ocular frente a posibles salpicaduras.

Los segundos son aquellos que no utilizan el aire del medio laboral y son los equipos semiautónomos o autónomos.

## **5.5. Reciclado**

En la actualidad existen métodos de reciclado de disolventes que son capaces de recuperar aproximadamente el 90% del volumen original de los líquidos. De esta forma se reutilizan los disolventes y se produce una menor contaminación.

El funcionamiento de la máquina de reciclado es relativamente sencillo: se coloca el disolvente sucio en un tanque de teflón cubierto con tapa de acero inoxidable. Mediante un termostato se hace subir la temperatura del disolvente por encima del punto ebullición. El líquido se volatiliza y pasa a un condensador, que se enfría con aire, donde concentra el disolvente y se vuelve a reutilizar.

## **5.6. Conductas en salud y prevención de accidentes**

Se deben conocer todas las condiciones y prácticas que contribuyen a una exposición excesiva y llamar la atención al personal responsable. Los usuarios deben ser entrenados en el manejo de los solventes en forma adecuada para prevenir exposiciones nocivas. Se deben fijar guías de manipulación. Los solventes muy tóxicos, muy inflamables o aquellos que la experiencia ha demostrado que son extremadamente peligrosos, deben ser prohibidos para el uso general sin una evaluación o autorización especial.

## **5.7. Medidas de intervención y control**

Por lo que respecta a la potencial peligrosidad ambiental de los solventes clorados, recordemos que se trata de sustancias no biodegradables y escasas o modestamente

acumulables en el ambiente de cuyos efectos negativos se pueden resentir los niveles atmosféricos e hídricos.

La concentración medida desde la atmósfera al suelo es muy variable, según el grado de industrialización de la zona considerada, mientras que la relativa a la troposfera evidencia un ligero aumento año tras año. Esta contaminación del aire además de resultar peligrosa para la salud, en el caso de elevadas concentraciones locales (las cuales se pueden encontrar dentro o en inmediaciones de instalaciones inadecuadas o mal gestionadas), se sabe que contribuye a la destrucción de la capa de ozono y al fenómeno de la lluvia ácida.

Respecto al proceso de degradación a través de la acción del oxígeno y de la radiación UV lleva a la rotura de la molécula con formación de  $H_2O$ ,  $CO_2$  y  $HCl$ , conduciendo al fraccionamiento en la atmósfera de la concentración de los solventes clorados en un tiempo variable; de algunas semanas (tricloroetileno) algunos meses (percloroetileno) o años (tricloroetano).

Pasando a analizar el problema de la contaminación de las aguas superficiales, se puede evidenciar como la concentración de solventes clorados es elevada solo en correspondencia a las fuentes de contaminación o a breve distancia de estas. Dado que las características químico-físicas de estos productos (baja solubilidad) alta tensión de vapor, elevado coeficiente de repartición aire-agua hacen que estén sujetos a una rápida evaporación en la atmósfera.

Más grave es el problema relativo a la presencia de solventes clorados en la aguas subterráneas en áreas de elevada industrialización, atribuible sin lugar a dudas a descargas indiscriminadas de los residuos de las operaciones de desengrase y/o regeneración del solvente.

Por último, pero no menos importante, se halla el aspecto legislativo, para terminar con la problemática de la contaminación por solventes clorados, y en relación a la eliminación de los residuos derivados de la regeneración por destilación de estos solventes.

Notables evoluciones desde el punto de vista técnico han permitido respetar los límites legislativos entre las cuales destacamos:

- Construcción de instalaciones de lavado herméticas, que trabajan a cielo cerrado con bajo consumo de solventes.
- La adopción de instalaciones de destilación al vacío o en corriente de vapor para la regeneración del baño agotado.
- La utilización de filtros de carbón activado.

Todas estas técnicas de probada eficacia tienen el único inconveniente de la inversión económica que suponen y, por otro lado, de un futuro incierto, visto un más que probable

endurecimiento legislativo comunitario.

Esto permite motivar la actual revalorización de los procesos de desengrase alternativo, basados en el uso de detergentes de base acuosa o hidrocarburos no halogenados.

De hecho la formulación de productos mejorados desde el punto de vista químico y de la adopción de nuevas tecnologías de recuperación ha determinado una inversión en las tendencias por lo que concierne a los productos empleados. Por ejemplo limpieza de piezas, que salen de procesos industriales.

Por lo tanto la mayoría de los solventes son inflamables. En caso de incendio o explosión se debe evacuar y aislar el área de peligro, restringir el acceso a personas sin la debida protección, usar guantes, extintores apropiados: de espuma, y dióxido de carbono o polvo químico seco. El uso de agua puede resultar inefectivo y contraproducente.

## 5.8. Medidas de control en la fuente

Se aplican básicamente dos medidas: la sustitución y el aislamiento de los procesos con solventes.

En la sustitución del solvente por otro menos tóxico, se debe elegir el que tenga mayor concentración permitida o sea mayor TLV y menor presión de vapor.

El aislamiento debe impedir que en el proceso industrial existan escapes contaminantes a la atmósfera, efectuando el manejo del solvente en sistemas herméticamente cerrados.

## 5.9. Medidas para la manipulación

Existen etiquetas o placas para marcar e identificar los riesgos y el peligro de cada uno de los solventes, que deben conocer todos los trabajadores que los manipulen, almacenen o transporten.

El nivel del peligro en una escala de 0 a 4 siendo 4 el nivel de más alta peligrosidad. El tipo de riesgo se indica por medio de colores.

Rojo:	Inflamabilidad
Azul:	Toxicidad
Amarillo:	Reactividad
Blanco:	Peligros especiales

Otras etiquetas clasifican los materiales por clases de peligros: explosivos, gases inflamables, líquidos inflamables, venenos, radiactivos.

Para obtener una información completa de los solventes asegúrese de revisar y conocer la hoja

de datos químicos (ficha toxicológica). Estas hojas contienen información sobre el nombre del químico, del fabricante y de los peligros que presenta. Se presenta como modelo la Ficha Internacional de Seguridad Química del Benceno elaborada por el Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales de España.

*Fichas Internacionales de Seguridad Química*

BENCENO		ICSC: 0015 Mayo 2003	
CAS: 71-43-2 RTECS: CY1400000 NU: 1114 CE Índice Anexo I: 601-020-00-8 CE / EINECS: 200-753-7		Ciclohexatrieno Benzol $C_6H_6$ Masa molecular: 78.1	
		 	
TIPO DE PELIGRO / EXPOSICIÓN	PELIGROS AGUDOS / SÍNTOMAS	PREVENCIÓN	PRIMEROS AUXILIOS / LUCHA CONTRA INCENDIOS
INCENDIO	Altamente inflamable.	Evitar las llamas, NO producir chispas y NO fumar.	Polvo, AFFF, espuma, dióxido de carbono,
EXPLOSIÓN	Las mezclas vapor/aire son explosivas. Riesgo de incendio y explosión: véanse Peligros Químicos.	Sistema cerrado, ventilación, equipo eléctrico y de alumbrado a prueba de explosión. NO utilizar aire comprimido para llenar, vaciar o manipular. Utilícense herramientas manuales no generadoras de chispas. Evitar la generación de cargas electrostáticas (por ejemplo, mediante conexión a tierra).	En caso de incendio: mantener fríos los bidones y demás instalaciones rociando con agua.

EXPOSICIÓN		¡EVITAR TODO CONTACTO!	
Inhalación	Vértigo. Somnolencia. Dolor de cabeza. Náuseas. Jadeo. Convulsiones. Pérdida del conocimiento.	Ventilación, extracción localizada o protección respiratoria.	Aire limpio, reposo. Proporcionar asistencia médica.
Piel	PUEDE ABSORBERSE! Piel seca. Enrojecimiento. Dolor. (Además, véase Inhalación).	Guantes de protección. Traje de protección.	Quitar las ropas contaminadas. Aclarar la piel con agua abundante o ducharse. Proporcionar asistencia médica.
Ojos	Enrojecimiento. Dolor.	Pantalla facial, o protección ocular combinada con la protección respiratoria.	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad), después proporcionar asistencia médica.
Ingestión	Dolor abdominal. Dolor de garganta. Vómitos. (para mayor información, véase Inhalación).	No comer, ni beber, ni fumar durante el trabajo.	Enjuagar la boca. NO provocar el vómito. Proporcionar asistencia médica.

DERRAMES Y FUGAS	ENVASADO Y ETIQUETADO
<p>Eliminar toda fuente de ignición. Recoger, en la medida de lo posible, el líquido que se derrama y el ya derramado en recipientes herméticos. Absorber el líquido residual en arena o absorbente inerte y trasladarlo a un lugar seguro. NO verterlo al alcantarillado. NO permitir que este producto químico se incorpore al ambiente. (Protección personal adicional: traje de protección completa incluyendo equipo autónomo de respiración).</p>	<p>No transportar con alimentos y piensos.            Clasificación UE            Símbolo: F, T            R: 45-46-11-36/38-48/23/24/25-65            S: 53-45            Nota: E            Clasificación NU            Clasificación de Peligros NU: 3            Grupo de Envasado NU: II</p>
RESPUESTA DE EMERGENCIA	ALMACENAMIENTO
<p>Ficha de emergencia de transporte (Transport Emergency Card): TEC (R)-30S1114/30GF1-II            Código NFPA: H 2; F 3; R 0;</p>	<p>A prueba de incendio. Separado de alimentos y piensos, oxidantes y halógenos.</p>
<p>Preparada en el Contexto de Cooperación entre el IPCS y la Comisión Europea © CE, IPCS, 2005</p>	
<p>IPCS            International Programme on Chemical Safety</p>  <p>WHO ILO UNEP</p>	
<p><b>VÉASE INFORMACIÓN IMPORTANTE AL DORSO</b></p>	

**DATOS IMPORTANTES****ESTADO FÍSICO; ASPECTO**

Líquido incoloro, de olor característico.

**PELIGROS FÍSICOS**

El vapor es más denso que el aire y puede extenderse a ras del suelo; posible ignición en punto distante. Como resultado del flujo, agitación, etc., se pueden generar cargas electrostáticas.

**PELIGROS QUÍMICOS**

Reacciona violentamente con oxidantes, ácido nítrico, ácido sulfúrico y halógenos, originando peligro de incendio y explosión. Ataca plásticos y caucho.

**LÍMITES DE EXPOSICIÓN**

TLV: 0.5 ppm como TWA; 2.5 ppm como STEL; (piel); A1; BEI establecido (ACGIH 2004).

MAK: H;

Cancerígeno clase: 1; Mutágeno clase: 3A; (DFG 2004).

**VÍAS DE EXPOSICIÓN**

La sustancia se puede absorber por inhalación, a través de la piel y por ingestión.

**RIESGO DE INHALACIÓN**

Por evaporación de esta sustancia a 20°C se puede alcanzar muy rápidamente una concentración nociva en el aire.

**EFFECTOS DE EXPOSICIÓN DE CORTA DURACIÓN**

La sustancia irrita los ojos, la piel y el tracto respiratorio. La ingestión del líquido puede dar lugar a la aspiración del mismo por los pulmones y la consiguiente neumonitis química. La sustancia puede causar efectos en el sistema nervioso central, dando lugar a disminución de la consciencia. La exposición muy por encima del OEL puede producir pérdida del conocimiento y muerte.

**EFFECTOS DE EXPOSICIÓN PROLONGADA O REPETIDA**

El líquido desengrasa la piel. La sustancia puede afectar a la médula ósea y al sistema inmune, dando lugar a una disminución de células sanguíneas. Esta sustancia es carcinógena para los seres humanos.

## PROPIEDADES FISICAS

Punto de ebullición: 80°C Punto de fusión: 6°C Densidad relativa (agua = 1): 0.88 Solubilidad en agua, g/100 ml a 25°C: 0.18 Presión de vapor, kPa a 20°C: 10 Densidad relativa de vapor (aire = 1): 2.7	Densidad relativa de la mezcla vapor/aire a 20°C (aire = 1): 1.2 Punto de inflamación: -11°C c.c. Temperatura de autoignición: 498°C Límites de explosividad, % en volumen en el aire: 1.2-8.0 Coeficiente de reparto octanol/agua como log Pow: 2.13
---	---

## DATOS AMBIENTALES

La sustancia es muy tóxica para los organismos acuáticos.

## NOTAS

El consumo de bebidas alcohólicas aumenta el efecto nocivo. Está indicado examen médico periódico dependiendo del grado de exposición. La alerta por el olor es insuficiente. Esta ficha ha sido parcialmente actualizada en octubre de 2004: ver Clasificación UE.

## INFORMACIÓN ADICIONAL

Límites de exposición profesional (INSHT 2011):

VLA-ED: 1 ppm; 3,25 mg/m<sup>3</sup>

C1A (Sustancia carcinogénica de categoría 1A).

M1B (Sustancia mutagénica de categoría 1B).

Notas: vía dérmica. Es de aplicación el RD 1124/2000, por el que se modifica el RD 665/1997 de agentes cancerígenos.

Esta sustancia tiene establecidas restricciones a la fabricación, comercialización o al uso especificadas en el Reglamento REACH.

VLB: 0,045 mg/g creatinina en orina de ácido S-Fenilmercaptúrico; 2 mg/L en orina de ácido t,t-Mucónico; 5 µg/L en sangre de benceno total.

---

**NOTA LEGAL** Esta ficha contiene la opinión colectiva del Comité Internacional de Expertos del IPCS y es independiente de requisitos legales. Su posible uso no es responsabilidad de la CE, el IPCS, sus representantes o el INSHT, autor de la versión española.

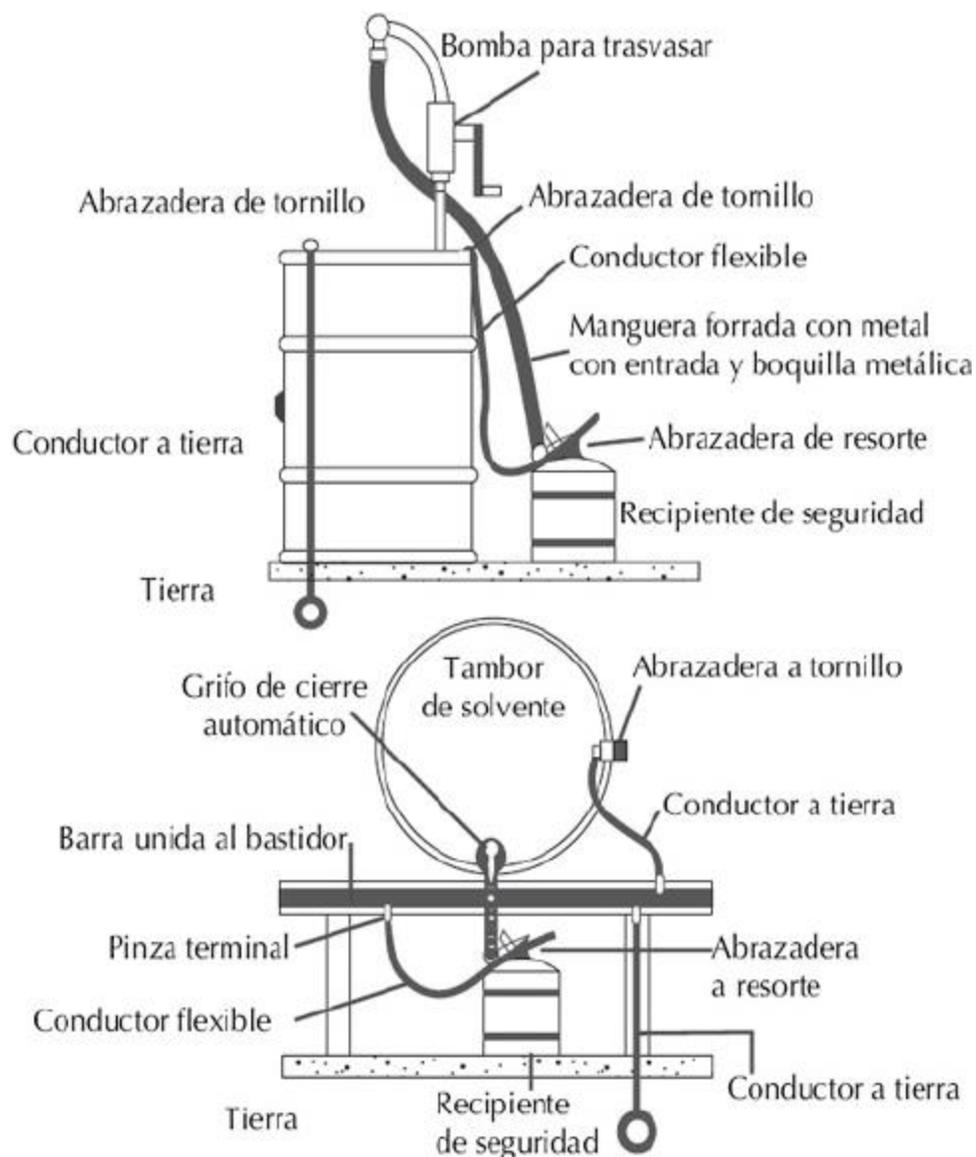
---

Si el químico es transferido a un nuevo contenedor, este también debe estar etiquetado. Dichas hojas se tienen que usar en el lugar de almacenamiento.

Se deben usar las menores cantidades posibles de solvente y conocer dónde se encuentra el equipo de emergencia y de primeros auxilios.

Utilizar herramientas que no produzcan chispas, emplear envases de metal, no son recomendables los vidrios. En caso de daños en los envases, informar de inmediato al jefe ya que las reparaciones provisionales son un peligro.

Para las labores de trasvasar se debe hacer uso de la puesta a tierra según se muestra en los siguientes diagramas.



*Métodos para trasvasar líquidos desde un tambor de 200 litros a un recipiente portátil. En la parte inferior: tambor horizontal. Si de esta manera no puede mantenerse una unión eléctrica continua se deberán unir los recipientes por medio de un conductor flexible.*

## 5.10. Medidas para el almacenamiento

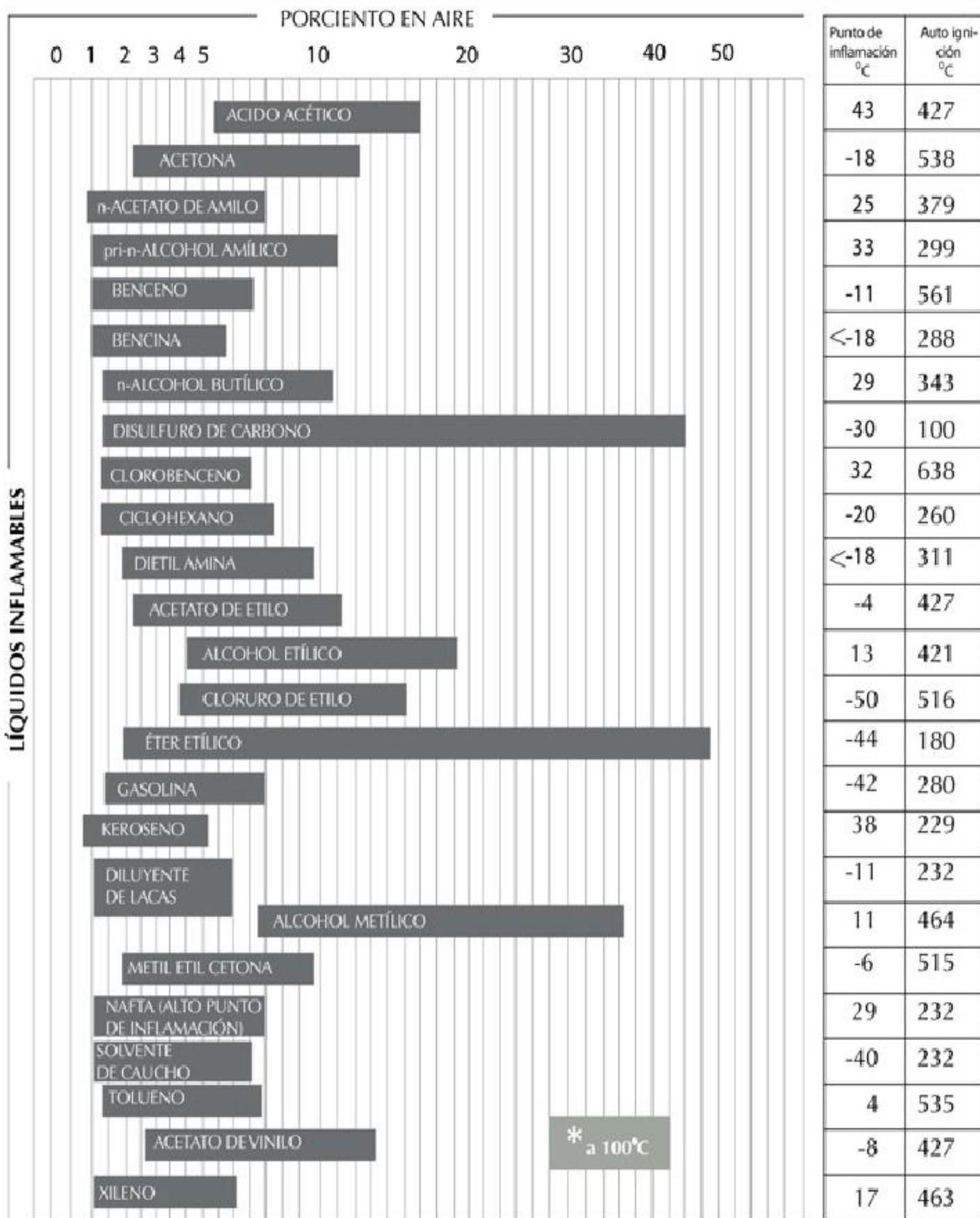
Almacenar en lugares ventilados a nivel del piso, lejos de fuentes de calor o combustión y contruidos con materiales a prueba de incendio.

Colocar avisos de no fumar, señalización adecuada y salidas de emergencia. Los equipos eléctricos y de iluminación deben ser a prueba de explosión. Conectar a tierra los recipientes para evitar descargas electrónicas.

Muchos líquidos inflamables (y combustibles) son volátiles por naturaleza y sus vapores combinados con el aire, no los mismos líquidos por sí mismos son los que entran en ignición y se queman. La velocidad de evaporación varía mucho entre un líquido y otro y se incrementa con la temperatura. En muchas circunstancias, un incremento de la temperatura crea una situación más peligrosa debido al incremento de la velocidad de evaporación. Los líquidos inflamables se evaporan y pueden formar mezclas inflamables en recipientes abiertos o cerrados, cuando se producen pérdidas o se derraman y cuando son calentados.

El grado de peligro está determinado principalmente por el punto de inflamación del líquido, la concentración de la mezcla aire-vapor y la proximidad a una fuente de ignición que produzca energía calórica suficiente como para encender la mezcla.

# ÁMBITOS DE INFLAMACIÓN



## **5.11. Medidas de control en el ambiente de trabajo**

Se compone esencialmente de una campana colocada en el foco del contaminante, un ventilador que genera el movimiento del aire para aspirar el contaminante, un conducto por el cual debe circular al aire contaminado y un depurador de aire que logre sacar al exterior un aire no contaminante. La extracción localizada del foco en el que se produce la evaporación del solvente es la más usada y de mayor efectividad. La ventilación general, debe considerar los siguientes aspectos: la naturaleza del contaminante, las fuentes de calor o emisión del producto químico, la concentración en el ambiente, el volumen del taller o de bodega a ventilar, la naturaleza del trabajo que se realiza (esfuerzo – fatiga) y la dilución del contaminante por el sistema de ventilación que se instale.

Es recomendable hacer la medición permanente de la atmósfera para conocer la magnitud de la contaminación. Así como asegurar una buena ventilación general para el área de trabajo.

### ***Manejo de desechos***

El manejo de desechos ácidos y alcalinos es realizado mediante la disolución de agua, o si la cantidad lo exige, mediante una previa neutralización.

Debe ser realizado mediante técnicas que involucren la disolución, neutralización, inactivación o incineración del producto.

Evitar la salida al ambiente de vapores, humos y gases con reconocida toxicidad o que generen malos olores.

## **5.12. Medidas de control en el trabajador**

En lo concerniente a las medidas de control en el trabajador se debe tener especial cuidado en la selección de los elementos de protección personal.

### ***Protección e higiene personal***

El trabajador siempre debe usar protección personal así sea corta la exposición o actividad que realice con el solvente.

Es necesario el uso de mascarillas respiratorias, ropa resistente e impermeable, botas y guantes de material apropiado para el solvente que se va emplear, pues la mayoría de los materiales utilizados pueden ser disueltos y destruidos por el solvente. Por ejemplo, se deben utilizar batas y delantales plásticos o de PVC cuando se manejen químicos corrosivos. Las prendas de protección personal deben mantenerse limpias y cuidadas escrupulosamente.

Es esencial conservar estrictas normas de higiene, lavarse con frecuencia con agua y jabón, utilizar la ducha y cambiarse de ropa, mantener las manos limpias, no fumar, ni comer en el sitio de trabajo.

La higiene personal es un factor importante en la disminución de los efectos tóxicos de los solventes.

### **5.13. Medidas complementarias**

El proceso de capacitación y educación del trabajador debe ser continuo, es importante recalcar la formación en el conocimiento de la ficha toxicológica, la cual tiene datos para actuar ágil y rápidamente en el momento en que se presente un evento grave. Las fichas epidemiológicas deben contener:

- Identificación del producto
- Componentes peligrosos
- Información química y física
- Información sobre peligros para la salud
- Tratamiento de primeros auxilios
- Información sobre protección personal
- Precauciones para la manipulación y el almacenamiento
- Procedimientos a seguir en caso de escapes o derrames
- Bibliografía y referencias

En la Resolución 2400 de 1979 en el capítulo XI, Artículo 166y 168 se establecen algunas normas para el manejo de las sustancias inflamables y explosivas.

# Capítulo 6

## Gases y vapores

La toxicidad de los gases y vapores varía enormemente desde un mínimo hasta los que producen una muerte instantánea cuando se encuentran aún en pequeñas concentraciones en el aire inhalado como en el caso del monóxido de carbono y el gas cianhídrico. Los gases y los vapores poseen generalmente un efecto tóxico de mayor rapidez de aparición y gravedad que los manifestados por otros estados de agregación de la materia. Esto se puede explicar puesto que la vía de ingreso al organismo es la inhalatoria y el tóxico se disuelve en sangre arterial, mientras que por otras vías se incorpora a la circulación venosa.

En diversos procesos industriales se pueden producir intoxicaciones por gases o vapores procedentes de su incorrecta utilización o cuando se liberan al mezclarse dos o más sustancias entre sí.

Desde el punto de vista de intoxicaciones colectivas por gases y vapores, hay que destacar las situaciones de guerra cuando se han utilizado como armas químicas, en algunas fuentes naturales como la ocurrida en agosto de 1986 en el lago Nyos, en Camerún debido al dióxido de carbono y por catástrofes industriales.

Entre las catástrofes industriales se destaca la ocurrida en diciembre de 1984 en Bhopal, India, donde la emisión de vapores de isocianato de metilo MIC, a la atmósfera ocasionó más de dos mil muertes y más de veinte mil intoxicados.

En higiene industrial tienen interés una serie de gases frecuentemente utilizados en la industria o generados en procesos y que por su especial toxicidad, su inhalación puede presentar peligros para la salud aún en concentraciones inferiores al límite máximo permisible.

En cuanto a los vapores, los más frecuentes en los lugares de trabajo proceden de los disolventes utilizados en los múltiples procesos industriales: operaciones en tanques abiertos, desengrase, pintura, barnizado, etc.

Con anterioridad se habían definido los dos términos correspondientes de la siguiente manera:

Los gases son fluidos que en condiciones normales (25°C de temperatura y 760 mm de Hg de presión), se encuentran en estado gaseoso, no tienen forma, ocupan el espacio del recipiente que los contiene y que pueden pasar al estado líquido o sólido por efecto de variaciones en la presión y temperatura.

Los vapores son la forma gaseosa de sustancias que en condiciones normales, 25°C de temperatura y 760 mm de Hg de presión, se presentan líquidas o sólidas.

Están constituidos por partículas de tamaño molecular las cuales pueden moverse bien por transferencia de masa o difusión, como el flujo de un gas a lo largo de una conducción, o bien por la influencia de la fuerza gravitacional existente entre las moléculas.

Como quiera que de las dos variables la primera es de efecto máximo y la segunda de valor mínimo, los gases y vapores permanecerán en la atmósfera durante largos períodos de tiempo, pudiendo además alcanzar lugares distantes del foco de emisión.

Uno de los factores más importantes que gobierna el lugar de acción de un tóxico, su distribución y saturación en el organismo, es la solubilidad del agente tóxico, en los diferentes sistemas fisiológicos. Así, si el gas posee una alta solubilidad en los fluidos que recubren las mucosas del sistema respiratorio, la mayor parte del tóxico inhalado se absorberá en las vías del tracto respiratorio superior, y consecuentemente la cantidad de tejido atacado dependerá de la concentración del tóxico en el aire inhalado, antes que del tiempo de exposición del sujeto.

En cuanto a sus efectos fisiológicos los gases y vapores se clasifican en: asfixiantes, irritantes, sensibilizantes y anestésicos.

## **6.1. Gases asfixiantes**

Son sustancias que causan una deficiencia de oxígeno sin interferir con la mecánica de la respiración. Estos se dividen en asfixiantes simples y asfixiantes químicos.

### ***Asfixiantes simples***

De los asfixiantes simples se debe destacar el dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), el metano, los gases inertes (argón, nitrógeno, helio, etc.) que pueden producir muerte inmediata debido a un colapso cardiocirculatorio cuando consiguen desplazar el oxígeno de la atmósfera a concentraciones inferiores al 10%.

El  $\text{CO}_2$  se produce en incendios, en minas mal ventiladas, en cuevas naturales (lago de Camerún), en fermentación de cavas.

El metano se encuentra en las minas de carbón.

El nitrógeno es el componente mayoritario del aire, de la misma forma que el dióxido de carbono desplaza el oxígeno del lugar donde se contacta. La fuente contaminante clásica es la de los buceadores.

### ***Asfixiantes químicos***

Están comprendidos por el monóxido de carbono (CO), los agentes metahemoglobinizantes y los compuestos cianógenos volátiles.

#### a. Monóxido de carbono

Gas incoloro, inodoro, no irritante, de densidad inferior a la del aire (0.96). Las fuentes contaminantes principales provienen de la combustión incompleta de materias carbonadas orgánicas (carbón, papel, madera, aceites, gasolina, etc.), los fogones a gas, al carbón donde el residuo de la nafta constituye una principal fuente contaminante, el gas procedente de los motores de explosión contiene hasta un 8% de CO (riesgo en los parqueaderos).

En la industria metalúrgica el gas de los altos hornos contiene alrededor del 30% de CO, producción de gas de calefacción, incendios y explosiones, en espacios confinados y como etiología no profesional el consumo de tabaco también es una fuente contaminante de CO.

La principal acción tóxica del CO resulta de la anoxia provocada por la conversión de la oxihemoglobina en carboxihemoglobina. La afinidad de la hemoglobina por el CO es de unas 210 veces más que por el oxígeno.

También el CO tiene una mayor afinidad que el O en unirse a la mioglobina (puede inhibir la entrada de O a las mitocondrias de las células musculares, sobresaliendo el miocardio). También se cree que la exposición crónica al CO puede favorecer el desarrollo de aterosclerosis por modificación de la permeabilidad endotelial y estimulación de depósitos de colesterol.

Dependiendo de las concentraciones de carboxihemoglobina la sintomatología varía desde cefaleas y disnea a esfuerzos intensos con concentraciones del 10%, hasta concentraciones por encima del 60% que pueden desencadenar paro cardiorespiratorio y la muerte. Las secuelas que pueden aparecer posteriormente en las personas que sobreviven son secundarias a la anoxia prolongada y son principalmente de dos tipos: cardíacas y/o neurológicas.

En las alteraciones cardíacas pueden aparecer alteraciones en el electrocardiograma e infartos de miocardio.

Las neurológicas pueden manifestarse en forma de cuadros de tipo Parkinsoniano, sordera, síndrome de Ménière, reducción de las capacidades intelectuales, alteraciones del comportamiento y de la personalidad, desorientación temporo-espacial, demencia, polineuritis.

La exposición prolongada al monóxido de carbono puede ocasionar alteraciones del sistema cardiovascular, alteraciones neuropsiquiátricas y excepcionalmente puede

producir ampollas en la piel y hemorragias retinianas. La prevención depende de una ventilación adecuada con dispositivos de extracción del gas de combustión hacia el aire exterior.

#### b. Compuestos cianógenos volátiles

Los compuestos cianógenos volátiles son: el ácido cianhídrico, el cianógeno ( $C_2N_2$ ), cloruro cianógeno, bromuro cianógeno, los nitrilos (acetonitrilo y acrilonitrilo). Los compuestos sólidos como los cianuros de sodio, calcio y potasio pueden ocasionar intoxicaciones graves y mortales.

El gas cianógeno se utiliza como fumigante, está presente en los altos hornos. El cloruro y bromuro cianógeno son utilizados como intermediarios de síntesis de compuestos orgánicos.

El acetonitrilo como disolvente e intermediario de diversos procesos químicos y el acrilonitrilo para fabricación de fibras sintéticas y materias plásticas.

Diversos cianuros (sodio, potasio, etc.) se utilizan en el tratamiento de metales preciosos, para aumentar la dureza de ciertos aceros y en gran parte de los baños galvánicos.

Puede producir la muerte rápidamente por paro respiratorio. En la intoxicación aguda se presentan cuatro fases, la inicial con excitación intensa (cefalea, sabor a almendras amargas, vértigos, náuseas, vómitos, polipnea.), luego depresión (disnea, estupor, ansiedad y los tegumentos se vuelven de color rosáceo), sigue un cuadro de tipo convulsivo y finalmente la fase de parálisis, coma profundo, colapso cardiorespiratorio y paro respiratorio.

Los trabajadores expuestos crónicamente pueden presentar cefaleas, fatiga, faringitis, vómitos, disnea de esfuerzo, disminución de los sentidos del olfato y del gusto y disminución de la función tiroidea.

## 6.2. Gases irritantes

Se pueden clasificar en los que producen colapso con diferentes grados de irritación y en corrosivos y altamente irritantes.

### *Gases que producen colapso con diferente grado de irritación*

#### *Arsina ( $AsH_3$ )*

Gas incoloro, más pesado que el aire (d: 2.7), de olor aliáceo y se caracteriza por su gran poder hemolítico.

Se puede desprender arsina cuando se realiza el decapado con ácidos sobre la superficie de diversos metales (antimonio, cobre, estaño, oro, plata, plomo y zinc) que pueden contener arsénico como impureza. También se puede formar en las fundiciones de metales ferrosos y en la industria electrónica.

Las manifestaciones clínicas ocasionadas por arsina pueden ser: cefalea, vértigo, náuseas, vómito, dolor abdominal, ictericia, hemoglobinuria, anemia severa, irritación de las vías respiratorias, alteraciones cardíacas y si hay recuperación puede aparecer una polineuropatía periférica con afección de las extremidades inferiores.

Concentraciones ambientales superiores a 250 ppm de arsina pueden producir la muerte en forma inmediata.

Se considera que la exposición crónica no induce a hemólisis pero puede desencadenar un cuadro clínico compatible con la intoxicación arsenical.

Es esencial la protección de los cilindros metálicos para transportar y almacenar el gas. Se deben preparar por adelantado planes de desastre para la exposición ambiental.

### *Sulfuro de hidrógeno*

El sulfuro de hidrógeno ( $\text{SH}_2$ ) es un gas incoloro, más pesado que el aire y de olor característico a huevo podrido. Es un subproducto de la descomposición del material orgánico proveniente principalmente de cloacas, letrinas, pozos negros, alcantarillas, estiércol, mataderos, curtido y manufactura de pieles, de la producción y refina del petróleo, vulcanización del caucho, fabricación de pasta de papel, celofán, colas, fibras sintéticas, filtros, productos depilatorios, seda, sulfuro de carbono, tintes, colorantes y más de setenta actividades diferentes.

Los efectos que produce el sulfuro de hidrógeno en el hombre se presentan en la siguiente tabla:

## *Efectos del sulfuro de hidrógeno en el hombre*

<b>Concentraciones en ppm</b>	<b>Efectos</b>
<b>&lt; 1</b>	Se detecta por el olfato
<b>50</b>	Conjuntivitis
<b>150</b>	Parálisis del olfato
<b>250</b>	Alteraciones digestivas (náuseas, vómito, diarrea). Alteraciones respiratorias (bronquitis, edema agudo del pulmón). Alteraciones neuropsíquicas (cefalea, vértigo, somnolencia, amnesia).
<b>400-700</b>	Alteraciones respiratorias (edema agudo del pulmón). Alteraciones neurológicas (hiperexcitabilidad, convulsiones y muerte por asfixia).
<b>&gt; 1000</b>	Colapso rápido, paro respiratorio, coma y muerte.

Las secuelas que pueden aparecer en las personas que sobreviven a una intoxicación aguda son generalmente de tipo neurológicas postanóxicas.

La exposición crónica puede ocasionar cuadros de bronquitis crónica y cuadro neuropsíquicos (fatiga, cefalea, vértigo, irritabilidad, depresión y pérdida de la libido).

### *Metil- mercaptano*

Es un gas a temperatura ambiente que se utiliza como aditivo de ciertos combustibles, para la síntesis de la metionina y como fungicida.

La toxicidad aguda es similar a la del sulfuro de hidrógeno, pudiendo producir la muerte por paro de los centros respiratorios. En las intoxicaciones agudas pueden manifestarse en forma de un edema agudo del pulmón.

### *Fosgeno*

Gas sofocante, incoloro, más pesado que el aire, se detecta por el olfato a partir de las 0.4 ppm y se deja de percibir cuando las concentraciones ambientales sobre pasan las 5 ppm.

Se emplea en la síntesis orgánica (producción de resinas policarbonadas), fue utilizado como gas de combate en la Primera Guerra Mundial, y puede liberarse cuando se utilizan disolventes clorados en presencia de calor o de radiaciones ultravioletas.

Es un gas irritante que afecta a los alvéolos y bronquiolos. La lesión pulmonar se inicia a concentraciones superiores de 30 ppm y a partir de 150 ppm ocasiona edema agudo del pulmón.

### *Dióxido de nitrógeno*

Gas a temperatura ambiente, más denso que el aire, sus principales fuentes de exposición son la fabricación de ácido nítrico, decapado de metales al ácido, liberación durante el proceso de diversos compuestos químicos: explosivos, colorantes, lacas, celuloide, nitrocelulosa, ácido sulfúrico. Se libera sobre todo en la detonación de explosivos y en la combustión de la nitrocelulosa (films y radiografías), está presente en varios combustibles, se forma en los silos debido a los procesos de fermentación de cereales (enfermedad de los silos), se puede desprender en la soldadura con arco y llama de oxiacetileno. Puede liberarse al medio ambiente a través de las centrales eléctricas alimentadas por gas natural y fuel. También está presente en el humo del tabaco.

Es oxidante. Inicialmente produce tos, laringitis y conjuntivitis, después de varias horas puede aparecer edema agudo del pulmón. Como secuelas posteriores pueden aparecer una bronquiolitis obliterante, enfisema, fibrosis pulmonar.

La exposición crónica favorece la aparición de enfisema pulmonar. A concentraciones bajas favorece la aparición de infecciones pulmonares.

### *Ácido fluorhídrico*

Puede encontrarse en forma de gas o de un líquido muy volátil, muy soluble en agua. Se utiliza para decapado de metales y para gravar en vidrio. Es muy corrosivo, penetra rápidamente a través de la piel, llega al tejido subcutáneo ocasionando necrosis de los tejidos blandos, descalcificación y corrosión del hueso.

Altas concentraciones pueden ocasionar disnea, dolor torácico, edema agudo del pulmón y hasta la muerte por fallo respiratorio.

La exposición crónica puede ocasionar osteosclerosis de características similares a las ocasionadas por la exposición crónica a otros compuestos inorgánicos del flúor (fluorosis).

### *Bromuro de metilo*

Gas a temperatura ambiente más denso que el aire, utilizado como insecticida y neumatocida en forma de fumigación, rodenticida, refrigerante y agente de mutilación en la industria química.

Es un vesicante que produce lesiones cutáneas en forma de eritema, vesículas, ampollas. También es irritante ocular. Si las concentraciones inhaladas son elevadas, horas después puede aparecer edema agudo de pulmón. Las alteraciones neurológicas centrales son de predominio cerebeloso.

La exposición crónica puede ocasionar alteraciones cutáneas en forma de acné, alteraciones neuropsíquicas parecidas al alcoholismo crónico.

### *Ozono*

Gas inestable que se descompone rápidamente, el calor y algunos catalizadores aceleran esta degradación. En condiciones normales es incoloro o con cierta tonalidad azulada, el olor es perceptible 0.01 ppm (olor a pescado podrido). Se utiliza como bactericida en esterilización de material quirúrgico, purificación de las aguas de consumo, saneamiento de piscinas, tratamiento de aguas residuales para eliminación del contenido de cianuros y fenoles. Además es utilizado en los procesos de blanqueamiento de papel y fibras textiles.

Se presenta también riesgo de intoxicación durante la fabricación de agua oxigenada, en la soldadura con arco, secado de pinturas en que se utilizan lámparas ultravioletas y en descargas eléctricas.

Irritante de las vías respiratorias superiores presentando sintomatología respiratoria importante (hipersecreción bronquial, tos y disnea), dolores retroesternales, tos persistente y llegando a producir edema agudo de pulmón. Exposiciones prolongadas podrían desencadenar fibrosis pulmonar.

También es irritante ocular, puede ocasionar una disminución de la visión nocturna, aumento de la visión periférica y modificaciones del equilibrio muscular periorbitario.

Se han descrito casos aislados de glomerulonefritis aguda.

### *Óxido de etileno*

Es un gas de densidad superior al aire, pertenece al grupo de los epoxicompuestos, grupo muy reactivo, combinándose con los grupos carboxilo, amino, sulfhidrilo e hidróxido de las proteínas bacterianas. Se utiliza principalmente como agente esterilizante de material médico quirúrgico.

Es irritante de la piel y las mucosas. Causa disnea, cianosis y edema agudo de pulmón. Las alteraciones digestivas son náuseas y vómito, a nivel neurológico cefalea, somnolencia,

debilidad muscular, convulsiones e incoordinación motora. Se han descrito casos de dermatitis alérgica, polineuropatías de extremidades inferiores mixtas de predominio sensitivo. Es clasificado como una sustancia mutagénica, presenta una mayor incidencia de abortos espontáneos en las trabajadoras embarazadas, y una mayor incidencia de cáncer gástrico y leucemias en trabajadores expuestos respecto a los no expuestos.

### *Amoníaco*

Gas incoloro menos denso que el aire y muy soluble en agua. Es subproducto de destilación del carbón. Se utiliza en diversas industrias químicas, en la industria del frío y en la petroquímica.

Es un importante irritante de la piel y mucosas (vías respiratorias y oculares). En intoxicaciones agudas puede desencadenar edema agudo de pulmón, pudiendo llegar a causar la muerte.

### *Formaldehído*

Gas incoloro, soluble en agua. Se utiliza en la síntesis de materias plásticas, esterilización y conservación de materias biodegradables, disolvente de lacas y resinas, industria textil y se puede liberar a través de la pirólisis de numerosas materias orgánicas.

Es muy irritante para la piel, ojos y vías respiratorias. El formol es sensibilizante (dermatitis alérgicas y asma bronquial). Se considera actualmente como probable cancerígeno para el hombre, cavidades oro-faríngeas y de pulmón.

### *Cloro*

Es un gas de color amarillo verdoso, sofocante y más denso que el aire. Se utiliza como desinfectante y como decolorante en la industria del papel y textil, como intermediario de síntesis de (ácido clorhídrico, hipocloritos, cloruros y compuestos orgánicos de cloro). Existe riesgo de intoxicaciones en las plantas de electrólisis donde se obtiene cloro (debido principalmente a las fugas de gas).

También existe riesgo en los trabajadores de limpieza que puedan mezclar lejía (hipoclorito sódico) con ácido clorhídrico (ácido muriático) puesto que en esta mezcla se libera cloro.

Debido a la acción irritante produce tos, disnea, dolor de garganta, cianosis y puede ocasionar edema agudo de pulmón. El contacto crónico con vapores de cloro puede ocasionar acné clórico, bronquitis crónica, conjuntivitis, blefaritis, queratitis, erosiones dentarias, alteraciones digestivas (anorexia, pirosis, vómito) anemia, cefalea, vértigo y malestar general.

### *Fosfamina*

Gas incoloro y más denso que el aire. Se utiliza en la industria electrónica, puede encontrarse

como impureza en el acetileno y se forma cuando reaccionan diversos fosfuros con el agua.

Produce alteraciones neurológicas (vértigo, cefalea, náuseas, vómito, temblores de extremidades, convulsiones y coma), respiratorias (tos, disnea y edema agudo de pulmón) y miocárdicas (miocarditis tóxica). En altas concentraciones puede producir la muerte.

### ***Gases corrosivos y altamente irritantes***

#### ***Ácido clorhídrico***

Gas incoloro, más pesado que el aire. Utilizado principalmente para el proceso de decapado del hierro. Es un potente irritante de las vías respiratorias superiores, de la piel y de los ojos. La exposición crónica puede ocasionar erosiones en el esmalte de los dientes.

#### ***Flúor***

Es un gas muy corrosivo que no existe de forma libre en la naturaleza pero proviene de la descomposición electrolítica del fluoruro sódico. Es muy irritante de piel y mucosas. Produce irritación de las vías respiratorias superiores, ocular y úlceras en la piel.

#### ***Dióxido de azufre***

Es un gas incoloro más pesado que el aire, soluble en agua, es uno de los principales responsables de la contaminación atmosférica de las grandes ciudades industrializadas. Se desprende de la combustión de aceites y derivados del petróleo, se utiliza como agente blanqueante (industria del papel y azúcar), en la producción de ácido sulfúrico, agente refrigerante, fumigante y antioxidante. Produce rinitis, laringitis, bronquitis, en concentraciones elevadas puede ocasionar la muerte debido a edema hemorrágico pulmonar. La exposición crónica aumenta la incidencia de rinofaringitis y bronquitis crónica.

### ***Otros gases tóxicos***

Hay otros gases menos conocidos y utilizados que son altamente tóxicos como el germano ( $\text{GeH}_4$ ) y el silano ( $\text{SiH}_4$ ), son utilizados en la manufactura de semiconductores, son gases muy hemolizantes pudiendo producir un cuadro similar a la arsina. El diborano ( $\text{B}_2\text{H}_6$ ) se utiliza en microelectrónica, puede ocasionar edema agudo de pulmón, alteraciones del Sistema Nervioso Central (cefalea, vértigo, convulsiones y coma) y un cuadro parecido a la fiebre de los metales.

## **6.3. Gases y vapores anestésicos**

Este grupo incluye una gran variedad de compuestos orgánicos, la mayoría de amplio uso industrial y doméstico, sobre todo como solventes y combustibles.

Su característica esencial es que ejercen su mayor acción fisiológica después de ser absorbidos por la sangre que los distribuye y por último los elimina.

La acción anestésica varía en intensidad. Su efecto anestésico causa disturbios en diferentes órganos del cuerpo, con efectos tóxicos que se pueden manifestar acto seguido de una simple exposición aguda, pero que también se desarrollan después de exposiciones continuas que no producen anestesia.

De acuerdo con sus propiedades físicas, químicas y especialmente fisiológicas, los anestésicos se pueden clasificar en cinco grupos:

- a. Anestésicos primarios: sustancias que no producen otro efecto fuera de la anestesia, ni efectos generalizados serios por exposición prolongada a concentraciones subanestésicas: hidrocarburos alifáticos, ésteres, aldehídos y acetonas.
- b. Anestésicos de efectos sobre las vísceras: hidrocarburos clorados.
- c. Anestésicos que actúan sobre el sistema hematopoyético: hidrocarburos aromáticos.
- d. Anestésicos que dañan el sistema nervioso: alcoholes, ésteres de ácido orgánico y sulfuro de carbono.
- e. Anestésicos que afectan la sangre y el sistema circulatorio: compuestos nitro y amino orgánicos.

# Capítulo 7

## Plaguicidas

Los plaguicidas presentan riesgos de diversa índole en sus fases de producción, transporte, almacenamiento, pero es quizá en el momento de la aplicación cuando estos riesgos se acentúan, diversificándose y siendo más difíciles de controlar, ya que, por una parte, cuando el plaguicida sale del equipo de aplicación (por ejemplo: nube de aspersión) queda expuesto al viento, la temperatura y la humedad relativa que pueden generar la evaporación, y adicionalmente en muchos casos la aplicación es realizada por personas que no tienen una capacitación y desconocen los riesgos.

La historia de los plaguicidas se puede resumir y dividir en tres grandes etapas: la primera a principios del siglo XIX, cuando se descubrió accidentalmente la acción plaguicida de algunos elementos naturales como el azufre, cobre, arsénico, piretrinas (sustancias obtenidas de los pétalos del crisantemo -*Chrysanthemum cinerariaefolium*-) y fósforo; asimismo se inició el uso de los derivados del petróleo. La segunda etapa en 1922, cuando se emplearon diferentes aceites insecticidas y poco más tarde los primeros productos sintéticos. La tercera etapa, en la que Müller, en 1940 descubre las propiedades insecticidas del Dicloro-Difenil-Tricloroetano, mejor conocido como DDT. A partir de esa fecha ese nuevo compuesto se utilizó para la eliminación de algunos parásitos (ejemplo el piojo que transmitían enfermedades como el tifo); es así como se origina la industria de los plaguicidas orgánicos sintéticos.

Sin embargo, el uso intensivo de estos compuestos empezó a producir enormes problemas de contaminación ambiental y daños a la salud, tal es el caso del DDT que se desarrolló como el más conocido entre los organoclorados y fue usado extensivamente para el control de plagas hasta su prohibición en 1979, sus metabolitos (productos secundarios de su degradación) se han encontrado contaminando el suelo y el agua, así como en tejidos animales y en humanos. Otros ejemplos de este tipo de plaguicidas son el heptacloro, hexaclorido, benceno, clordano, entre otros, los cuales han causado también una grave contaminación de los ecosistemas.

Estos componentes producen susceptibilidad a la toxicidad, mutagenicidad y carcinogenicidad y este hecho ha levantado un interés público por la salud. Esto ha llevado al desarrollo de otros plaguicidas «menos tóxicos» como son los carbamatos (estructura química basada en un alcaloide de la planta *Physostigma venenosum*) y componentes organofosforados. Estos últimos se empezaron a sintetizar en 1948. Los nuevos compuestos desarrollados han

reemplazado gradualmente a la mayoría de los plaguicidas clorados. En el presente los organofosfatos y carbamatos son los ingredientes activos de la mayoría de los insecticidas y algunos de los herbicidas en uso.

El problema de los plaguicidas, no se limita a las personas que tienen contacto con estos, sino que involucran también a otras personas que nada tienen que ver con su manejo, como los consumidores de los productos tratados, comunidades cercanas a las áreas de aplicación o de depósito y el medio ambiente, en sus componentes bióticos (flora y fauna) y abióticos (agua, aire, suelo).

Para Salud Ocupacional existe amplia preocupación por el uso indiscriminado de plaguicidas debido al efecto que estos puedan causar a corto, mediano y largo plazo sobre la salud humana y el medio ambiente. Una de las mayores incertidumbres es el riesgo que representan estas sustancias químicas no solo para los operarios expuestos directamente, sino por la probabilidad de ocurrencia de efectos adversos sobre la población expuesta indirectamente.

Mirando este panorama, se deduce la gran importancia que tiene, cualquier acercamiento que se realice, en primer lugar en pro de conocer el real impacto del problema en nuestro medio y luego, en el diseño de programas serios de promoción y prevención que lleven al manejo seguro de los químicos.

## 7.1. Definición

Los plaguicidas son productos químicos o biológicos utilizados para prevenir, controlar o destruir plagas. La definición incluye también otras sustancias como atrayentes, repelentes, reguladores fisiológicos y defoliantes.

Se denominan también agroquímicos, productos fitosanitarios y en el lenguaje común del agricultor venenos o remedios. Erróneamente se les denomina también pesticidas.

Los plaguicidas pueden obtenerse de distintas fuentes así:

- **Productos inorgánicos:** muy comunes a finales del siglo XIX y hasta mediados del XX. Se trata de compuestos de diferentes elementos como el mercurio, arsénico, cobre, boro, azufre, que tuvieron un amplio uso. La mayoría han caído en desuso o han sido prohibidos pero aún se utilizan algunos tales como el oxiclورو de cobre y el azufre.
- **Productos orgánicos:** son aquellos que tienen carbono en su molécula y pueden dividirse en:
  - **Derivados de plantas:** las piretrinas naturales, la nicotina, la rotenona, la sabadilla y el extracto de neem son ejemplos de plaguicidas obtenidos de plantas.

Orgánicos de síntesis: son sustancias creadas por el hombre gracias a la química, la mayoría de los plaguicidas usados actualmente pertenecen a este grupo, ejemplo los organofosforados, los carbamatos y los piretroides.

- **Productos biológicos:** son microorganismos como bacteria, virus, hongos nematófagos, que atacan y matan diversas clases de plagas y que el hombre está utilizando en su lucha contra ellas; desde hace varios años hay un interés creciente por estudiar y utilizar este método de control. Los mayores éxitos se han obtenido en el control de insectos y ácaros. Bacterias como el *Bacillus thuringiensis*, hongos como el *Beauveria bassiana* son ejemplos de estos organismos.

## 7.2. Uso de los plaguicidas

**En agricultura:** para evitar o reducir las pérdidas causadas por insectos, enfermedades, malezas, o disminuir los costos de producción. Se estima que actualmente se pierde una tercera o cuarta parte de la producción potencial de productos agrícolas en el mundo, por ataques de diferentes plagas.

**Productos cosechados:** además de la pérdida que ocurre en el campo, un 10 a 15% adicional se pierde después que los productos han sido cosechados debido al ataque de insectos, ácaros, hongos, ratas, ratones, arroz o frijoles con gorgojo, frutas o verduras dañadas por hongos, madera atacada por comején, son ejemplos comunes de estos daños.

**En ganadería y zootecnia en general:** para evitar o disminuir las pérdidas causadas por parásitos como garrapatas y nubes, vectores (transmisores) de enfermedades como la rabia, maleza de los potreros, maleza tóxica al ganado.

**En salud humana:** tanto a nivel casero como en programas estatales, los plaguicidas tienen un amplio uso para controlar los animales que transmiten o diseminan enfermedades. Cucarachas, moscas, zancudos, piojos, pulgas, ratas y ratones, son ejemplos animales que transmiten enfermedades como la hepatitis, disentería, cólera, paludismo, fiebre amarilla, dengue, tifo, peste bubónica, rabia.

**Otros usos:** en carreteras, camileras, oleoductos, patios de subestaciones eléctricas y zonas industriales para eliminar y/o controlar la vegetación indeseable que dificulta la visibilidad y puede originar accidentes o incendios. Para controlar maleza en canales de riego o drenaje, lagos, represas. Para eliminar cultivos ilícitos como amapola, coca o marihuana.

## 7.3. Clases de plaguicidas

De acuerdo con el tipo de problema que controlan, los plaguicidas se clasifican en:

- **Insecticidas:** usados para controlar insectos.

- Funguicidas: para controlar hongos causantes de enfermedades.
- Herbicidas: para controlar malezas.
- Acáricidas: para controlar ácaros.
- Nematicidas: para controlar nemátodos.
- Molusquicidas: para controlar babosas y caracoles.
- Rodenticidas: para controlar roedores como ratas y ratones.
- Desinfectantes de suelo: son productos que controlan casi todos los organismos que habitan en el suelo, como hongos, malezas, insectos y nemátodos.
- Atrayentes: usados para atraer las plagas. (generalmente a trampas)
- Repelentes: usados para ahuyentar las plagas.
- Defoliantes: provocan la caída de las hojas sin matar las plantas.
- Reguladores fisiológicos: acelera o retardan el crecimiento, estimulan la floración o fructificación o cambian en alguna forma el comportamiento normal de las plantas.

Algunos pocos plaguicidas pueden tener más de un tipo de actividad, por ejemplo el azufre es funguicida y acaricida.

## 7.4. Características de los plaguicidas más comunes

De las distintas clases de plaguicidas mencionados, los más utilizados son los insecticidas, los herbicidas y los funguicidas. Veamos algunas de las características más importantes:

### *Insecticidas*

Pueden agruparse de la siguiente forma:

- Por su vía de acción:* de contacto, de ingestión y de inhalación. Generalmente tienen más de una vía de acción. El contacto se puede generar en el momento de la aplicación (le cae el plaguicida al insecto) o después el insecto llega y camina o se posa en una superficie tratada con el insecticida. La ingestión se puede dar al insecto comer (masticar) hojas u otra parte de la planta tratada o al chupar en plantas tratadas con insecticidas translaminares o sistémicos. La inhalación se presenta con algunos insecticidas que se evaporan fácilmente y los insectos al respirar absorben esos vapores.
- Por su movimiento en la planta:* de superficie, translaminares y sistémicos. Los insecticidas de superficie al ser aplicados sobre las plantas quedan formando una película superficial; los translaminares, llamados también «con efecto de profundidad», pueden penetrar en las hojas u otras partes de la planta y los sistémicos penetran y además circulan dentro de la planta. Los sistémicos pueden ser absorbidos por el follaje o por las raíces. Desde el punto de vista

de la seguridad estas características son muy importantes: es fácil entender por ejemplo que si una fruta ha sido tratada con un producto de superficie, puede ser lavada para eliminar cualquier residuo del producto; pero si fue tratada con un producto sistémico y el residuo está dentro de la fruta no es posible eliminarlo. Por esta razón se deben respetar los tiempos, entre la última aplicación y la cosecha, recomendados en la etiqueta.

- c. *Por su selectividad a la fauna benéfica:* se dice que un insecticida tiene selectividad cuando afecta más a la plaga que va a controlar, que a sus enemigos naturales. La selectividad depende de varios factores como vía de acción del insecticida, forma de aplicación, formulación, dosis utilizada, hábitos de la plaga y sus enemigos. Cuando el insecticida es más tóxico a la plaga que a sus enemigos, la selectividad es un concepto relativo y, con excepción de algunos insecticidas biológicos, nunca se logra una selectividad total.

## **Herbicidas**

Pueden clasificarse por:

- a. *Su selectividad:* no selectivos son aquellos que afectan todo tipo de plantas y selectivos son los que solamente afectan ciertas familias o especies de plantas.
- b. *La época de aplicación:*
- *Presiembra:* se aplican sobre la vegetación existente en un terreno, preparado o sin preparar, antes de la siembra. Se usan en sistemas de labranza cero o labranza reducida, en ciertas modalidades de cultivo del arroz.
  - *Presiembra incorporados:* se aplican sobre el terreno convenientemente preparado y se incorporan o mezclan con el suelo, mediante rastrillos. Desde la incorporación se siembra la semilla del cultivo.
  - *Pre-emergencia:* se aplican sobre el terreno preparado y sembrado, pero antes de que el cultivo y/o las malezas hayan nacido.
  - *Post emergencia:* se aplican después de que el cultivo y /o las malezas han nacido. La aplicación en post emergencia pueden ser temprana (malezas recién germinadas) o tardía. Puede además ser total (sobre todo el cultivo) y en ese caso el herbicida debe ser selectivo al cultivo, o dirigida entre las calles de manera que se cubran las malezas pero sin tocar el cultivo.
- c. *El punto de aplicación:* de aplicación al suelo y de aplicación al follaje. Los de aplicación al suelo inhiben la germinación de las semillas de malezas o las matan en el proceso de germinación. Los de aplicación al follaje se aplican sobre malezas ya nacidas (pos emergente).

- d. *Su movimiento en la planta:* sistémicos, penetran en la planta y la afectan totalmente (ejemplo: glifosato, 2,4-D) y de contacto, solamente afectan la parte que tocan (ejemplo: paraquat, propanil).
- e. *Por la clase de maleza que controla:* gramíneas, de hoja ancha y de cipéridas. Un herbicida puede controlar una o varias clases de malezas.

## **Funguicidas**

Pueden clasificarse de la siguiente forma:

- a. *Por su movimiento en la planta:* de superficie, translaminares y sistémicos.
- b. *Por su modo de acción:* protectantes (o preventivos), curativos y erradicantes. Generalmente los funguicidas de superficie únicamente dan un control preventivo y por tanto deben ser aplicados antes de que se presente la enfermedad o al presentarse los síntomas iniciales. Los funguicidas translaminares y sistémicos pueden penetrar el tejido de las plantas y matar el hongo que ha invadido el tejido y por eso se denominan curativos. Además pueden evitar la formación de esporas, lo cual constituye la acción erradicante.
- c. Su aplicación puede ser preventiva (antes de que se presenten los síntomas de la enfermedad) o curativa (cuando ya los síntomas se han presentado).

## **7.5. Clasificación de los plaguicidas según su efecto y composición**

Las sustancias químicas que se usan como plaguicidas cubren una amplia gama de compuestos. La clasificación universalmente aceptada es teniendo en cuenta el efecto que producen sobre las plagas: insecticidas, herbicidas, fungicidas y rodenticidas.

Cada uno de los cuatro grupos está compuesto por sustancias de naturaleza diferente, por lo tanto es útil clasificarlos teniendo en cuenta su origen: plaguicidas inorgánicos, fabricados a partir de minerales, actualmente poco usados; plaguicidas vegetales, especialmente insecticidas extraídos de diversas partes de vegetales, ejemplo: piretrinas; microorganismos vivos, como virus, bacterias y hongos utilizados en el control biológico de plagas; y plaguicidas órgano sintéticos, sintetizados por el hombre en el laboratorio, contienen carbono, hidrógeno y otros elementos como cloro, fósforo y nitrógeno.

Más del 90% de los plaguicidas utilizados en nuestro país son órganos sintéticos, los cuales se clasifican según la naturaleza química del grupo funcional que caracteriza el compuesto y le imparte todas las propiedades físico-químicas y toxicológicas al plaguicida, en: organoclorados, organofosforados, carbamatos y piretroides.

### ***Insecticidas organoclorados***

Son agresores ecológicos potentes, ya que tienen la capacidad de resistir la influencia de los

factores ambientales (temperatura, humedad, rayos solares), permaneciendo inalterados por años en diferentes ecosistemas, o si se metabolizan, el metabolito formado será más estable que el plaguicida original.

En Colombia los organoclorados fueron prohibidos siendo los últimos el lúndano para uso agrícola y el DDT que se utilizaba para el control de la malaria.

Son neurotóxicos para el hombre y demás vertebrados, sospechosos de producir a largo plazo cáncer, mutagénesis y teratogénesis.

Se cree que el sitio primario de acción tóxica son las fibras sensitivas, motoras y la corteza motora; evidencias recientes sugieren que pueden alterar el transporte de sodio y potasio a través de las membranas de los axones.

### ***Insecticidas organofosforados***

Son ésteres del ácido fosfórico o sus homólogos. Estos ésteres fosforados, como cualquier otro éster, se hidrolizan en mayor o menor proporción dependiendo de su estructura química, biodegradándose y desapareciendo rápidamente del ecosistema.

Su volatilidad es muy variable; la mayoría viene en forma de líquidos volátiles. Esta propiedad es muy importante desde el punto de vista toxicológico, ya que implica ingresar al organismo por la vía respiratoria, la de acción más rápida que se conoce.

Son de alta toxicidad por ser inhibidores permanentes y muy potentes de la enzima colinesterasa, impidiendo la separación de la acetilcolina (transmisor nervioso), presentándose acumulación de esta sustancia y como consecuencia, el cuadro colinérgico típico de la intoxicación.

### ***Carbamatos***

Son derivados del ácido carbámico. Son biodegradables, no bioacumulables, menos volátiles que los insecticidas organofosforados, y por lo tanto no son residuales, son de mediana a baja toxicidad, con excepción del Aldicarb (Temik) y Carbofurán (Furadan) que son de toxicidad alta.

Son inhibidores transitorios de la enzima colinesterasa, y por lo tanto el cuadro clínico agudo es más leve que el presentado por los insecticidas organofosforados.

La inhibición de la acetilcolinesterasa es reversible, por lo que el uso de los reactivadores de colinesterasa se encuentra contraindicado.

Manifestaciones neurológicas del envenenamiento por carbamatos:

- Depresión, ansiedad, cambios de personalidad.

- Neuropatías retardadas: similar a la descrita para los organofosforados, usualmente, de curso más benigno.
- Síndrome intermedio: entre el primero y cuarto día de la fase aguda de intoxicación, no es usual.

### ***Piretrinas y piretroides***

Su toxicidad está dada básicamente por reacciones de hipersensibilidad y manifestaciones agudas de hipocalcemia. Finalmente, existen reportes en la literatura de algunos casos de neuropatía retardada asociada a piretroides, aunque hasta la fecha son casos anecdóticos y no existe claridad sobre el mecanismo por el cual estos compuestos pudieran producir tal efecto.

Son insecticidas sintéticos similares a las piretrinas naturales, a las cuales han reemplazado ampliamente por tener gran estabilidad y ser menos volátiles, además son de mayor acción insecticida.

Tienen baja toxicidad aguda; poco persistentes, no acumulables; sensibilizantes, en el hombre, las lesiones causadas por los piretroides resultan más frecuentemente de las propiedades alérgicas de la sustancia, que de su toxicidad directa (dermatitis, asma, rinitis); son neurotóxicas a dosis altas; principales signos clínicos: temblores.

### **7.6. Órganos o sistemas que pueden ser afectados por el manejo inadecuado de los plaguicidas**

Los plaguicidas pueden afectar diversos órganos o sistemas del cuerpo humano, en mayor o menor grado, dependiendo de los factores como el propio plaguicida, la dosis, uso o aplicación. Por ejemplo los plaguicidas órgano fosforados pueden afectar varios órganos y sistemas como:

- *Sistema respiratorio.* Se presenta tos, opresión del pecho, dificultad para respirar, edema pulmonar.
- *Sistema digestivo.* Se manifiesta con náuseas, vómito, dolores, calambres abdominales, diarrea o incontinencia fecal.
- *Sistema nervioso.* Aparecen cuadros de tensión, ansiedad, dolor de cabeza, confusión mental, depresión, dificultad para coordinar los movimientos.
- *Sistema cardiocirculatorio.* Se presenta baja de la tensión arterial y trastornos que pueden provocar paro cardíaco.
- *Glándulas exocrinas.* Lagrimales, salivales y sudoríferas. Se presenta lagrimeo, salivación abundante (babeo) y sudoración.
- *Ojos.* Se presenta visión borrosa y pupilas contraídas.
- *Vejiga.* Se manifiesta con estimulación frecuente e incontinencia.

## 7.7. Riesgos de los plaguicidas

El riesgo se puede definir como la probabilidad de sufrir un daño al realizar una actividad. Todas las actividades que realizamos, hasta las más simples como salir a la calle, viajar en algún tipo de vehículo, hacer deporte, tienen riesgo. Esto no significa que todas las actividades tengan el mismo grado de riesgo, la experiencia y el sentido común nos muestran que hay actividades que presentan mayores riesgos que otras.

Los riesgos se derivan de diferentes factores que pueden ser de tipo físico, (ruido, vibraciones, radiaciones, calor, frío), químico (polvos, líquidos, humos, gases, vapores, nieblas), biológico (hongos, virus, bacterias,), ergonómico (postura, esfuerzos) o sicosocial (rutinas, tensiones). Los factores de riesgo de los plaguicidas son de tipo químico. Los riesgos asociados con el uso y manejo de plaguicidas son:

Intoxicaciones; irritación o corrosión; inflamación, combustión o explosión y daños al ambiente.

En Colombia tienen licencia de venta 1.370 plaguicidas comerciales formulados con base en 400 ingredientes activos. De estos, 28 ingredientes activos (123 formulaciones comerciales) pertenecen a las categorías 1a y 2b de la OMS y se encuentran entre los agrotóxicos más usados en Colombia y América Latina. Se hace un llamado hacia la prohibición y el no uso de estos plaguicidas.

### ***Inflamación, combustión, explosión***

Algunos plaguicidas pueden ser inflamables, especialmente debido a la formulación. En este caso las cajas de cartón o los recipientes mayores de 20 litros, vienen identificados con un rombo rojo que trae dibujada una llama y la leyenda "líquido inflamable"; si el producto es inflamable y su formulación es sólida, el rombo tiene rayas verticales rojas y blancas, el dibujo y la leyenda "sólido inflamable".

Algunos pueden ser explosivos, especialmente cuando están como polvos en suspensión en el aire, pero en general este riesgo solo tiene importancia en las plantas de producción o formulación.

Los humos que se producen en las combustiones de plaguicidas son generalmente tóxicos.

### ***Irritación y corrosión***

Algunos plaguicidas pueden irritar la piel, los ojos o las vías respiratorias. Por ejemplo los piretroides tienen esta característica en mayor o menor grado: si caen en la piel producen picazón y sensación de hormigueo (los párpados y alrededor de la boca son especialmente sensibles) y si se aspira la nube de aspersión provocan abscesos de tos y estornudos. Esta característica puede ser aprovechada para valorar rápidamente la eficacia de las medidas de

protección. Por ejemplo: si una persona está realizando una fumigación con piretroide y está utilizando un respirador, pero comienza a toser o estomudar, esto significa que el respirador no está funcionando adecuadamente y deben suspender la actividad para revisar la máscara media cara y los filtros, identificando las causas.

Ciertos plaguicidas pueden ser corrosivos a la piel, a los ojos y provocar dermatitis o daños graves en la visión. En caso de exposición accidental lo ideal ante exposiciones a contaminaciones es verificar los elementos de protección que estén utilizando y la descontaminación del área afectada de inmediato.

### ***Daños en el ambiente***

Varios factores pueden alterar y deteriorar el ambiente, las inundaciones, las sequías, la tala de bosques, la construcción de las carreteras, las aguas residuales de las ciudades y la misma agricultura son ejemplos de ello.

Los plaguicidas, si traen beneficios y son indispensables para producir nuestros alimentos, también pueden causar daños al ambiente, en sus componentes aire, suelo, agua, plantas y animales, en mayor o menor grado. El daño puede ocurrir por diversas causas como las siguientes:

- *Accidentes durante las fases de producción, formulación, almacenamiento, transporte y aplicación de los plaguicidas.* Estos accidentes pueden causar derrames, fugas o incendios.
- *Derivados de la aplicación.* La mayoría de las aplicaciones de plaguicidas se hacen en forma de aspersión. La nube de aspersión está formada por gotas que pueden ser arrastradas por el viento y caer fuera de su objetivo (el cultivo a tratar). Lo mismo puede ocurrir con los espolvoreos.
- *Aplicación fuera del objetivo.* Es común en la aplicación aérea que el piloto abra la llave de salida de la aspersión antes de estar sobre el campo a tratar y/o que la cierre después de haber salido, por lo cual parte de la aplicación cae fuera del objetivo.
- *Evaporación.* Algunos productos son muy volátiles y pueden evaporarse, bien sea durante la aplicación, o de envases mal cerrados o derrames y ser arrastrados por el viento.
- *Sobredosis del plaguicida.* Esta se puede presentar por varias causas como :
  - » Desconocimiento o error en la prescripción o en la preparación de la mezcla.
  - » Mal cálculo del área a tratar.
  - » Mala calibración del equipo de aplicación.
  - » Repases en la aplicación.

- » Sedimentación del producto por falta de agitación.
- *Disposición inadecuada de desechos de plaguicidas.* Por ejemplo: lavar equipos de aplicación en fuentes de agua o arrojar en ellas los envases vacíos.
- *Erosión por el viento.* Los plaguicidas aplicados al suelo o al follaje pueden ser lavados por la lluvia y arrastrados a fuentes de agua. El viento puede arrastrar partículas de suelo impregnadas de plaguicidas.
- *Lixiviación (percolación).* Algunos plaguicidas se fijan fuertemente en los primeros centímetros del suelo pero otros pueden ser arrastrados hacia las capas más profundas, por el agua de riego o la lluvia y llegar a contaminar las aguas subterráneas.

Las causas y efectos más comunes de la contaminación de los diferentes componentes del ambiente son los siguientes:

- *Aire.* El aire puede contaminarse por la aspersión o su deriva, por humos o vapores de quemas o incendios o por la evaporación de los productos, los cuales pueden llegar a ser inhalados por el hombre o los animales a afectar las plantas. La deriva de aspersión puede caer sobre el suelo, agua, plantas o animales y afectarlos de alguna manera. La contaminación del aire es más crítica en ambiente cerrado que al aire libre ya que en el primer caso se pueden concentrar mayores cantidades de una sustancia y por mayor tiempo. Al aire libre las cantidades se diluyen rápidamente.
- *Agua.* El agua puede ser contaminada por la aspersión o por su derivado, aplicación fuera del objetivo, escorrentía, lixiviación o mala disposición de desechos. El agua contaminada puede afectar al hombre o a los animales que la consumen y a cultivos susceptibles que sean regados con ella, si la contaminación es con herbicidas. También pueden ser afectados animales o plantas acuáticas.
- *Suelo.* El suelo puede ser afectado por deriva, aplicación fuera del objetivo, sobredosis y mala disposición de desechos. Cuando la contaminación es con herbicidas pueden resultar afectados los cultivos que se siembren posteriormente.
- *Plantas.* Las silvestres o cultivadas pueden ser afectadas por deriva, aplicación fuera del objetivo, sobredosis o riego con agua contaminada con herbicidas. La deriva y aplicación fuera del objetivo de herbicidas puede causar la muerte o daño grave a cultivos susceptibles; con otros plaguicidas puede dar lugar a niveles de residuos mayores que los límites establecidos, en los productos cosechados. También pueden afectar animales que se alimenten de las plantas contaminadas. (Derivadas de insecticidas que caen en los potreros). La sobredosis de un plaguicida cualquiera puede causar fototoxicidad al cultivo o dejar niveles de residuos no permitidos. La sobredosis de herbicidas puede causar daños, no solamente al cultivo tratado

sino incluso al cultivo de rotación.

- *Animales.* Los animales domésticos o silvestres pueden ser afectados por la deriva o la aplicación fuera del objetivo o por el consumo de plantas o animales contaminados por cualquier causa. La fauna benéfica, parásitos, depredadores o polinizadores, pueden ser afectados por la aplicación o su deriva. Los peces y demás fauna acuática puede ser afectada por las causas señaladas en el punto referente al agua.

“La mayor o menor gravedad de una contaminación está dada por la toxicidad del plaguicida a los organismos que impacta, la cantidad de plaguicida, su grado de persistencia y su capacidad acumulativa”.

## **Cáncer**

Ninguno de los pesticidas usados en la actualidad es cancerígeno humano reconocido, salvo el arsénico inorgánico. Hay cierta controversia para los conservadores de la madera, creosota o ácido crómico, y para el fumigante óxido de etileno. Casi todos los cancerígenos laborales se han identificado en poblaciones de trabajadores empleados en la manufactura química, el número de empleados requeridos para producir plaguicidas químicos es relativamente pequeño y los estudios epidemiológicos de estos trabajadores con exposiciones únicas a plaguicidas individuales se limitan, por necesidad, a números pequeños. Por tanto, para los plaguicidas los estudios clásicos de cohortes ocupacionales de este tipo logran identificar a los cancerígenos humanos muy potentes. En fechas recientes se vio que la 4-cloro-orto-tuluidina, el principal metabolito del insecticida clordimeform, era cancerígena en un estudio hecho en 120 trabajadores en el área de manufactura en Alemania, produciendo una incidencia de cáncer de vejiga 72 veces mayor de lo esperado. En 1986 se retiró del mercado el clordimeform y a la 4-cot como cancerígenos a finales del decenio 1970-79.

## **7.8. Formulación de los plaguicidas**

Formulación es la forma como se presenta una sustancia sólida, líquida o gaseosa para su uso práctico. En nuestra vida diaria usamos formulaciones de muchos productos, como pasta para dientes, desodorantes, líquidos para limpiar el piso, etc.

En muy pocos casos una sustancia de acción plaguicida se utiliza pura. La casi totalidad de las veces un plaguicida es un mezcla de varias sustancias que tienen una función determinada. Estas son:

### ***Ingrediente activo***

Es la sustancia responsable del efecto biológico del plaguicida (acción insecticida, herbicida, funguicida). Generalmente un plaguicida tiene un ingrediente activo, pero en algunos casos puede tener dos o más de ellos. En estos casos lo más común es que los ingredientes activos

tengan la misma clase de acción, por ejemplo: que ambos sean insecticidas, pero también se encuentran productos en los cuales los ingredientes activos tienen distinta clase de acción, por ejemplo: que uno de ellos sea insecticida y el otro sea fungicida.

Generalmente un ingrediente activo posee una acción biológica, pero unos pocos pueden presentar dos acciones diferentes, por ejemplo insecticidas y acaricidas.

Para identificar con alguna facilidad cuál es el ingrediente activo de un plaguicida, a cada uno de ellos se le ha asignado un nombre común genérico que es aceptado internacionalmente. Con esto se evita tener que usar el nombre químico que usualmente es muy largo y difícil de recordar. Tanto el nombre común como el nombre químico son diferentes del nombre comercial, que es el que cada compañía fabricante usa para su producto.

El contenido de ingrediente activo de los plaguicidas se expresa como porcentaje en peso en las formulaciones sólidas (o secas) y en gramos por litro en las formulaciones líquidas.

### ***Ingredientes aditivos***

Son varias clases de sustancias que, hasta cuando no tienen acción plaguicida por sí mismas, se agregan al ingrediente activo para facilitar su aplicación, mejorar su acción, para evitar su descomposición, disminuir el riesgo de uso. En la etiqueta aparecen también como ingredientes inertes.

Existen varias clases de ingredientes aditivos. Los más comunes son:

#### *Solventes*

Muchos ingredientes activos no se disuelven bien en agua y por eso se utilizan como solventes. Productos tales como hidrocarburos, cetonas, alcoholes. Desde el punto de vista de la seguridad, los solventes son muy importantes por tres razones:

- Generalmente son inflamables
- Penetran fácilmente por la piel
- En caso de ingestión de un plaguicida que los contenga, generalmente es contraindicado provocar el vómito, por el riesgo de aspirar el solvente y provocar una neumonitis química, usualmente fatal. Debe consultarse la etiqueta.

Los solventes tienen también su propio grado de toxicidad, a veces mayor que el del ingrediente activo, pueden penetrar en los elementos de protección y además pueden causar deterioro en ciertas partes de los equipos de aplicación, tal como diafragmas, mangueras y empaques.

#### *Protectores*

Son sustancias que se emplean en las formulaciones, como rellenos, diluyentes o portadores del ingrediente activo. Se trata de polvos como el caolín, o el talco, gránulos de carbonato de calcio, piedra pómez u otro material, aceites vegetales o minerales.

### *Surfactantes*

Llamados también tensoactivos, se usan para mejorar la acción del ingrediente activo o para facilitar su aplicación. Los más usados son:

- Humectantes. Llamados también hipotensores. Reducen la tensión superficial y permiten que las gotas de aspersión al caer sobre una superficie se extiendan, lo cual mejora el cubrimiento.
- Adherentes o pegantes. Hacen que el plaguicida se pegue a las hojas o a la superficie tratada y resista mejor el lavado por lluvia o rocío.
- Dispersantes. Evitan la floculación (agrupación de las partículas) para retardar la sedimentación de ciertas formulaciones que se mezclan con agua.
- Detergentes. Lavan la cutícula cerosa de las hojas y facilitan el contacto del plaguicida.
- Emulsificantes. Posibilitan la mezcla con agua de productos que normalmente no se mezclan con ella, como el aceite. Su molécula tiene un extremo polar hidrofílico, soluble en agua y un extremo no polar lipofílico, soluble en aceites. Una sustancia puede tener una o varias propiedades surfactantes.

Otros. Existen otras sustancias no tensoactivas, que se utilizan en ciertas formulaciones con fines específicos. Entre ellas se pueden citar:

- Olorizantes: son sustancias de olores repulsivos que se agregan a algunos plaguicidas de uso agrícola, para evitar ingestión accidental.
- Colorantes: se agregan a algunos plaguicidas para diferenciarlos del agua o alimentos y evitar ingestión accidental o, también, para identificar lo que se ha tratado con el plaguicida.
- Agentes amargos: confieren un mal sabor al plaguicida, para evitar ingestión accidental.
- Anticompactantes: evitan la formación de terrones.
- Estabilizantes: evitan y retardan la descomposición del ingrediente activo.
- Otros como espumantes, antiespumantes, tamponadores de pH, espesantes, fluidificantes, preservativos compactantes, antievaporantes, aglomerantes, atrayentes.

De acuerdo con los componentes usados y la forma de presentación, sólida o líquida, las formulaciones de plaguicidas se clasifican de la siguiente forma:

## 7.9. Formulaciones sólidas (o secas)

Las más comunes son:

### ***Polvos para espolvoreo***

Se identifican con las letras DP. Son formulaciones que vienen listas para su aplicación, la cual se hace con espolvoreadoras manuales o mecánicas (a veces con una tela rala). Se componen del ingrediente activo en baja concentración (generalmente menor del 10%) un portador como el caolín y pueden llevar también estabilizante y fluidificante. Esta formulación se pone fácilmente en suspensión en el aire al momento de cargar el equipo de aplicación o al aplicarlas y pueden ser aspiradas o caer en la piel o en los ojos. Son abrasivas para los equipos de aplicación y son arrastradas fácilmente por el viento. No deben mezclarse con agua. Han caído en desuso por el costo y efecto ambiental pero aún se utilizan para ciertos usos, como control de hormigueros.

### ***Polvos mojables***

Se identifican con las letras WP. Son formulaciones que se aplican mezcladas con agua, en la cual forman suspensiones. Se componen de un ingrediente activo generalmente insoluble en agua, en concentración variable (entre 20 y 80%), un portador como el caolín pero más fino, (partículas más pequeñas 44 a 74 micras) que el usado para polvos de espolvoreo, dispersantes, pegantes y humectantes. Se ponen en suspensión en el aire y pueden ser aspirados o caer en los ojos y la piel. Se recomienda hacer una premezcla con un poco de agua antes de mezclarlos con el resto del agua. Son abrasivos para los equipos de aplicación y requieren un sistema de agitación en el equipo de aplicación, para evitar que se sedimenten.

Tienden a ser reemplazados por suspensiones concentradas o gránulos dispensables.

### ***Polvos solubles***

Se identifican con las letras SP. Son formulaciones para aplicar en agua, en la cual forman verdaderas soluciones, transparentes o translúcidas. Se componen del ingrediente activo, normalmente muy concentrado (80% o más), humectantes, adherentes y anticompactantes. Se ponen en suspensión en el aire y pueden ser aspiradas o caer en los ojos y la piel. Una vez diluidos en el agua, no requieren agitación durante la aplicación. Pueden presentar problemas de compatibilidad con concentrados emulsionables y fertilizantes foliares. Generalmente son higroscópicos (absorben humedad).

### ***Gránulos dispersables***

Se identifican con las letras WG. Es un tipo de formulación moderna, similar en su composición a los polvos mojables, pero en la cual el producto no viene en polvo, sino en gránulos, los cuales se mezclan fácilmente con el aguay forman una suspensión. No se ponen

en suspensión en el aire. Su medición volumétrica es confiable. Requieren agitación y son abrasivos.

### ***Granulados***

Se identifican con las letras GR. Se aplican sin diluir, al follaje, al suelo o cerca de las raíces de las plantas. Constan del ingrediente activo en baja concentración, un portador como arena, piedra pómez molida, ladrillo molido o gránulos de carbonato de calcio, con un tamaño de partícula entre 0,4 y 1 milímetro, lo cual les da un aspecto de arenas adherentes, colorantes y fluidificantes. No se ponen en suspensión en el aire y presentan riesgos mínimos de deriva (arrastre en el viento) hasta en aplicaciones aéreas. Las aplicaciones de insecticidas granulados tienen poco efecto sobre los insectos benéficos.

### ***Cebos tóxicos***

Se identifican por las letras GB. Constan del ingrediente activo en baja concentración, un portador atrayente, que generalmente es una sustancia comestible como el salvado, pulpa de cítricos, torta de soya, melaza, aceite. Pueden tener también aglomerantes, preservantes y colorantes. Se utilizan para el control de insectos, moluscos y roedores. Por ser atrayentes hacen que la plaga busque el tóxico y evitan aplicaciones generalizadas.

## **7.10. Formulaciones líquidas**

### ***Concentrados emulsionables***

Se identifican con las letras EC. Se aplican en mezcla con agua. Es el tipo de formulación más utilizado. Consta del ingrediente activo que es insoluble o de muy baja solubilidad en agua pero soluble en otras sustancias. Un solvente que generalmente es un hidrocarburo y emulsificante, los cuales permiten mezclar el producto formulado con el agua, la cual forma una lechada blanca y opaca llamada emulsión. Por contener solventes los concentrados emulsionables se absorben fácilmente por la piel y generalmente son inflamables. Los solventes también pueden afectar algunos materiales de los equipos de aplicación como empaques, mangueras y diafragmas y elementos de protección como guantes, botas. En condiciones apropiadas de almacenamiento un concentrado emulsionante se conserva en buen estado al menos dos años. Temperaturas extremas (bajo cero o mayores de 40 °C) afectan su estabilidad o composición. Cuando se envasan en canecas metálicas y estas sufren golpes o abolladuras durante el transporte, cargue o descargue, la laca que recubre el interior de las canecas puede desprenderse, lo cual puede ocasionar descomposición del ingrediente activo, fallas en la estabilidad de la emulsión y obstrucciones en los equipos de aplicación con pedazos de la laca desprendida.

### ***Formulaciones ULV***

Son formulaciones que vienen listas para su aplicación sin diluirlas en agua. Se aplican con

equipos especiales en volúmenes de 5 litros o menos por hectáreas y de allí su nombre de Ultra Bajo Volumen. Exigen una calibración muy precisa del equipo, para aplicar la dosis correcta. La concentración de ingrediente activo es muy variable: desde casi puros, hasta unos pocos gramos por litro. Dependiendo de las propiedades físicas y de la concentración del ingrediente activo, pueden llevar también un solvente y un aceite vegetal o mineral como portador. Son pegajosas y difíciles de limpiar ya que no son solubles en agua.

### ***Concentrados solubles***

Llamados también líquidos solubles o soluciones concentradas. Se identifican por las letras SL. Se componen de un ingrediente activo que es soluble en agua, o en solventes que se mezclan con el agua, como alcoholes o acetonas (y en este caso se presentan los riesgos de los solventes), adherentes y humectantes. Una vez disueltos en agua no requieren agitación adicional. No son abrasivos. Pueden tener problemas de precipitación cuando se mezclan con aguas duras (salobres) o fertilizantes.

### ***Suspensiones concentradas.***

Se han conocido también como fluidos. Se identifican con las letras SC. Tienen los mismos componentes de los polvos mojables, molidos muy finamente en molinos especiales, más agua y emulsificante. La finura de las partículas mejora la eficacia biológica en comparación con el mismo producto formulado como polvo mojable. Además tiene ventajas sobre los WP de no ponerse en suspensión en el aire y de facilitar la medida de la dosis.

Tiene el aspecto de una crema espesa de coloración variable, la cual, al echarla en agua, forma una suspensión. Debe agitarse en el envase antes de mezclarla con el agua ya que tiende a sedimentarse durante el almacenamiento. Requiere agitación durante la aplicación y son abrasivas.

### ***Microencapsulados***

Se identifican con las letras CS. En un tipo de formulación en la cual el ingrediente activo, insoluble en agua, se recubre de un polímero especial, formando cápsulas microscópicas (menores de 30 micras de diámetro) estas cápsulas se suspenden en el agua. Como el ingrediente activo es insoluble en agua no puede salir de las cápsulas, pero una vez la aspersión ha secado, el activo sale por los microporos que tienen las cápsulas y ejerce su acción biológica. Los micros encapsulados no contienen solventes por lo cual se evitan los riesgos derivados de ellos. La toxicidad oral y dermal es menor, así como los riesgos de fitotoxicidad. La liberación gradual se traduce en efecto más prolongada.

Requiere agitación durante la aplicación. Presentan riesgos para las abejas ya que estas pueden recoger los micros cápsulas y llevarlas a la colmena. La producción de esta formulación es compleja y por lo tanto costosa, por lo cual no se ha popularizado.

## **Otras**

Existen otras tales como las suspensiones oleosas, emulsiones invertidas, micro emulsiones, gases licuados, aerosoles de uso doméstico.

### **7.11. Formas de aplicación de los plaguicidas**

Dependiendo el tamaño de la superficie que se va a tratar, el tipo de formulación del plaguicida y, en muchos casos del problema fitosanitario que se va a controlar los plaguicidas pueden ser aplicados de diferentes maneras y con diversos equipos, entre las más importantes están:

#### ***Aspersión***

El plaguicida se aplica sin diluir en agua o diluido en agua o aceite, con equipos que producen una nube de gotas de tamaño variable. Este tipo de aplicación es el más común.

#### ***Espolvoreo***

El plaguicida formulado como un polvo, se aplica sin diluir, con equipos manuales o mecánicos, la aplicación produce una nube de polvo que se deposita sobre las plantas o el suelo.

#### ***Granular***

Es similar al espolvoreo, pero el plaguicida formulado vienen en partículas más grandes llamadas gránulos, los cuales se le aplican al suelo o al follaje de la planta, o se colocan cerca de las raíces de las plantas en bandas o coronas.

#### ***Termonebulización***

Se hace de varias maneras, todas incluyen el suministro de calor al plaguicida para producir vapores o humo.

#### ***Gasificación:***

El plaguicida produce gases debido a reacciones químicas o porque se trata de un gas licuado a presión. El tratamiento se hace utilizando cámaras herméticas o carpas, para evitar que los gases se escapen.

#### ***Drench o inundación***

El plaguicida se mezcla con agua, se aplica al suelo y luego se riega de forma abundante, para hacerlo penetrar en el suelo.

## ***Inmersión***

El plaguicida se diluye en agua u en otro líquido y en él se sumerge parcial o totalmente el producto que va a ser tratado.

Según el equipo utilizado la aplicación puede ser:

- *Aérea*: se hace con aviones o helicópteros.
- *Terrestre*: puede ser mecanizada, con equipos autopropulsados o acoplados a tractor o manual con equipos accionados por la fuerza del operador.

Según el área cubierta:

- *Total*: se aplica sobre todo el área.
- *En bandas*: la aplicación se hace en hileras o franjas a lo largo del cultivo.
- *Dirigidas*: cuando se aplica a una parte de la planta.
- *En parches o focos*: se aplica solamente donde está la plaga.
- *Tópica*: se aplica en un área reducida o localizada de la planta como los cicatrizantes en ramas podadas.

Según el ambiente donde se aplican:

- Al aire libre
- En ambiente cerrado: bodegas, silos, invernaderos, vehículos.

## **7.12. Vías de intoxicación**

Un veneno es una sustancia que al ingresar al organismo, altera su funcionamiento normal, provocando un estado de enfermedad o la muerte, por medios no mecánicos

Para que un tóxico afecte los organismos ya sean plantas, animales o personas debe ingresar en él. En los seres humanos el plaguicida ingresa por varias vías, siendo las usuales la vía oral (por la boca), la vía inhalatoria (por la nariz), la vía dérmica (la piel) y los ojos. Usualmente los agricultores y las personas del campo piensan que se pueden intoxicar solamente ingiriendo o bebiendo el veneno o tóxico.

La causa de la intoxicación con plaguicidas puede ser voluntaria (intentos de suicidio), criminal (homicidios) accidental (por errores, confusiones o desconocimiento) y ocupacional (en actividades de uso y manejo de plaguicidas).

### ***Vía oral.***

Conocida también como vía de ingestión, y la que generalmente produce consecuencias más

graves.

### ***Vía inhalatoria***

A través de las vías respiratorias. La contaminación de los tóxicos por la vía inhalatoria es aquella que presenta los efectos más rápidamente y generalmente son graves. Si las partículas suspendidas en el aire son pequeñas, asimismo ingresan por esta vía; si las partículas son menores de 10 micras pueden llegar hasta el alvéolo pulmonar. Partículas de 50 a 100 micras son retenidas por la cavidad nasal y se absorben por las mucosas. La superficie de absorción de los alvéolos es de unos 70 metros cuadrados y el alvéolo pulmonar, donde se produce el intercambio del gas carbónico y el oxígeno en la sangre, solo presenta una capa de células, de modo que los gases, vapores humos o partículas en general, que logren llegar al alvéolo se incorporen en la sangre.

### ***Vía dérmica***

Es la vía más frecuente de intoxicación ocupacional con plaguicidas. Se estima que el 90% de las intoxicaciones ocupacionales se presentan por esta vía.

En ensayos realizados con productos organofosforados se encontró que el antebrazo tiene menor absorción; a comparación de la cara y el cuero cabelludo es unas cuatro veces mayor, por el abdomen unas dos veces mayor y en la región genital se encontró que su absorción es doce veces mayor.

Las heridas, raspaduras e infecciones en la piel, así como el sudor, aumentan la capacidad de absorción.

## **7.13. Destino del tóxico**

El tóxico lo pueden eliminar las personas afectadas sin descomponerse en el organismo, pueden ser descompuestos en otras sustancias llamadas metabolitos, las cuales pueden ser tóxicas o más tóxicas que la sustancia original o puede depositarse en órganos y tejidos.

La descomposición o metabolización ocurre en el hígado por procesos de oxidación, reducción o conjugación.

La eliminación se produce por varias vías siendo la más común la vía renal (por orina) para los tóxicos o metabolitos solubles en agua y la vía digestiva para los insolubles. Otras vías son la respiratoria, el pelo, la leche y la placenta.

## **7.14. Efectos sobre la salud**

Los efectos de un tóxico pueden clasificarse de varias maneras así:

- a. *Locales* cuando el tóxico afecta solamente el sitio donde se aplica o sistémicos cuando comprometen todo el organismo.
- b. *Reversibles* cuando los efectos son temporales o irreversibles cuando dejan lesiones permanentes o producen la muerte.
- c. *Agudos* los que resultan de una exposición única o crónicos que resultan de la exposición repetida a dosis más bajas que la dosis aguda, pero en forma continua y por tiempo prolongado.

Los efectos agudos se manifiestan poco tiempo después de que el tóxico ha ingresado al organismo. Generalmente pocas horas y a veces pocos minutos. En las intoxicaciones agudas con plaguicidas los síntomas más comunes son: dolor de cabeza, debilidad general, náuseas, vómito, dolores o calambres abdominales, diarrea, visión borrosa, sudoración, lagrimeo, salivación, dolores musculares, dificultad para respirar. En casos graves pueden presentarse convulsiones, pérdida del conocimiento, coma y la muerte. Cabe aclarar que no siempre se presentan todos los síntomas.

Los efectos crónicos se demoran muchos años en aparecer, es difícil detectarlos a tiempo, afectan órganos o sistemas vitales, como el hígado, los pulmones, el sistema nervioso, etc., y sus efectos son generalmente irreversibles. De ahí la importancia de que la persona que trabaja con plaguicidas u otras sustancias tóxicas se realice exámenes médicos periódicamente.

Los tóxicos de acuerdo con el sistema u órgano que estén afectando así reciben el nombre:

- Neurotóxicos cuando afectan el sistema nervioso.
- Hepatotóxicos cuando afectan el hígado.
- Nefrotóxicos cuando afectan los riñones.
- Embriotóxicos o fetotóxicos cuando afectan al embrión o el feto mutagénico potencial para producir alteraciones en el material genético de las células de un organismo.

Los efectos que presentan las sustancias pueden ser de diferente clase entre las más comunes encontramos las siguientes:

- *Irritantes* cuando producen una inflamación temporal del tejido que tocan, como la piel, los ojos o las vías respiratorias.
- *Corrosivos* cuando producen destrucción del tejido (quemaduras) como la piel y los ojos.
- *Sensibilizantes* cuando producen reacciones de tipo alérgico después de varias exposiciones. Por ejemplo: una persona que lleva algún tiempo trabajando con un producto empieza a sentir irritaciones o picazón en la piel cuando entra en contacto con el producto, o sufre accesos violentos de tos cuando aspira sus

vapores, polvos o la nube de aspersión.

- *Anestésicos* cuando reduce la sensibilidad y provocan mareo, adormecimiento, confusión mental, o incluso la muerte.

## 7.15. Efectos en el medio ambiente

Es importante aclarar que dentro de los agroquímicos, solamente los plaguicidas se clasifican según categorías toxicológicas; de ahí su relevancia desde el punto de vista ambiental. El análisis persistencia/degradabilidad de los plaguicidas es clave para los análisis específicos de impacto sobre los recursos naturales, biota y población. Para entenderlo, se aborda el tema partiendo de la naturaleza química de los productos.

Los organoclorados, con enlaces entre átomos de carbono y cloro, que por ser tan escasos en la naturaleza los seres vivos no están adaptados para descomponerlos. Por esta razón y por ser altamente lipofílicos tienden a acumularse a través de las cadenas alimenticias. Tienen características de gran persistencia y acumulación. Al respecto, estudios realizados por Invemar en la Ciénaga de Santa Marta, en 1986, muestran apreciables concentraciones de plaguicidas organoclorados que han sido prohibidos desde 15 años atrás: aldrín, DDT, dieldrín, heptacloro, endrín, lindano, entre otros.

Los organofosforados son moléculas orgánicas que contienen fósforo, se hidrolizan fácilmente y han venido reemplazando a los organoclorados, porque son menos persistentes en el ambiente y no se acumulan en los organismos. Sin embargo, la velocidad de degradación en estas sustancias es muy variable y en algunos casos, el producto degradado es más tóxico que el producto original.

Dentro de los compuestos comerciales incluidos en esta categoría se encuentran el carbofenotión, cloropirifox, diazinón, dimetoato, fosfamidón, malatión, mercabam, paratión, triclorfon, entre otros.

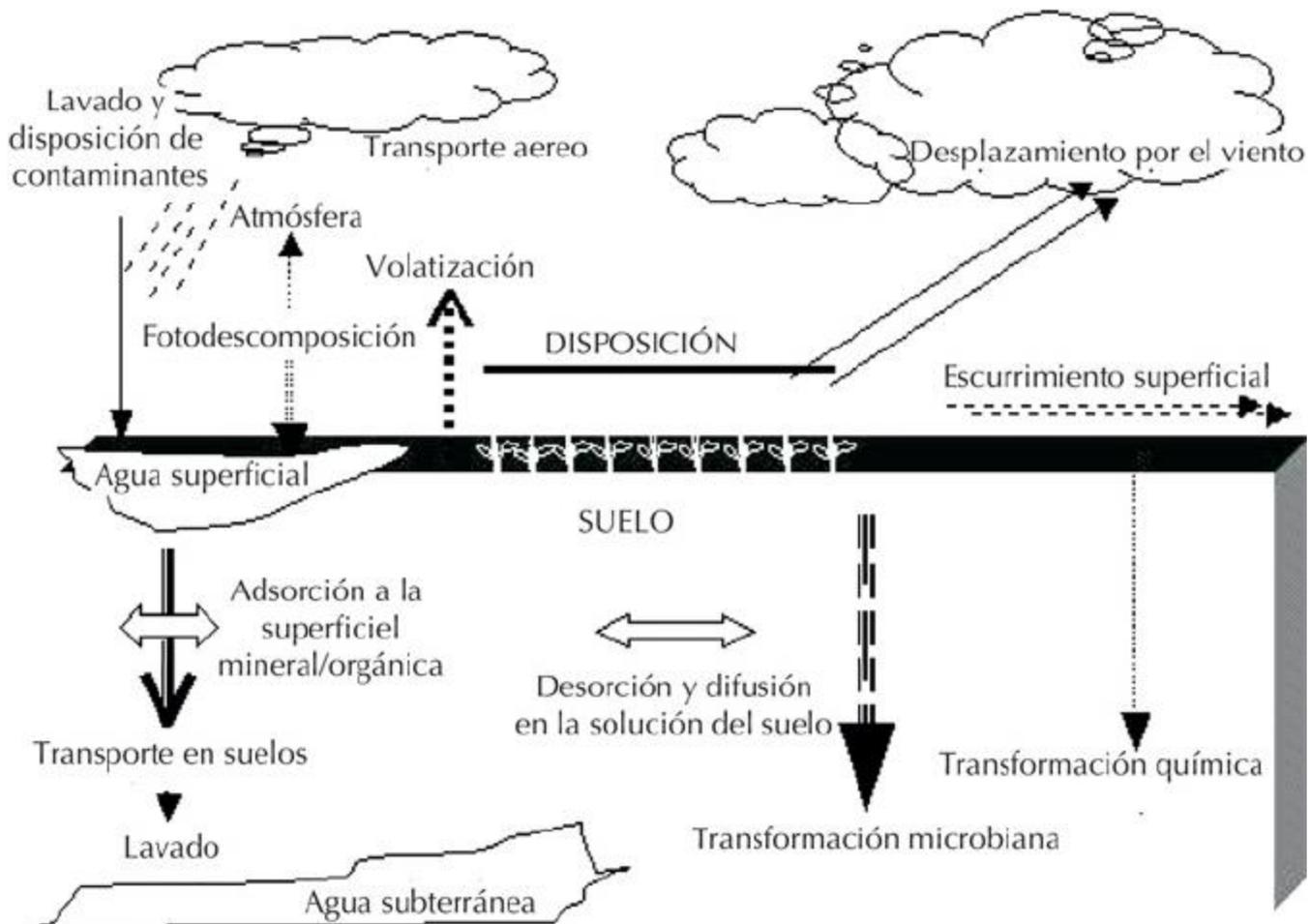
Los carbamatos son menos tóxicos porque se degradan fácilmente en el medio ambiente, pero presentan una acción potenciada cuando se combinan con organoclorados y/o organofosforados (mezclas/bombas). En algunos casos, son inhibidores del crecimiento celular y de la fotosíntesis. Dentro de los compuestos comerciales que han sido utilizados en esta categoría se hallan el aldicarb, benomilo, butilato, carbaril, carbofurano, carbosulfán, mancozeb, maneb, metam sodio, pirimicarb y zineb.

Los piretroides son insecticidas de origen vegetal, con baja toxicidad para mamíferos, poco solubles en agua, quedan retenidos en las capas superficiales del suelo antes de desaparecer, por ello es poco probable que alcancen aguas subterráneas. Tienen uso doméstico. Algunos productos de esta clase son: cipermetrín, deltametrín, fenvalerato, permetrín, rotenona.

Adicionalmente se consideran dentro de la clasificación otras categorías con efectos menores

sobre el medio ambiente y la población, como plaguicidas inorgánicos, ácidos orgánicos -no se acumulan en animales y en elevada proporción se eliminan por la orina, normalmente son herbicidas o fitoreguladores, derivados de la urea presentan toxicidad aguda relativamente baja para mamíferos, normalmente son herbicidas, derivados de la amida y otros.

El uso de herbicidas de amplio espectro como el Roundup (glifosato + POEA) aplicados por vía aérea, en los intentos fallidos por erradicar a la fuerza los cultivos de uso ilícito, causa graves e innecesarios problemas de salud en personas y animales, contamina el suelo, el aire, el agua y los alimentos, y destruye cultivos de pancoger, animales de cría y peces, los cuales constituyen la base de la sobre vivencia de comunidades campesinas e indígenas, y atenta contra la biodiversidad de flora y fauna.



## 7.16. Cómo se determina la toxicidad de un plaguicida

No se puede establecer un límite entre lo que es veneno y lo que no es; lo que se puede establecer son grados o categorías de toxicidad. Esto se hace con base en estudios realizados con animales como ratas, ratones y conejos.

La toxicidad aguda para la vía oral y la vía dérmica se expresa como dosis letal media (DL 50) que es la dosis que produce la muerte de la mitad (50%) de los animales en estudio. La DL 50

se expresa en miligramos por kilo de peso del animal (mg/ kg.). Cuando se trata de la vía inhalatoria se habla de concentración letal media (CL 50) y se expresa en miligramos de la sustancias por litro de aire, por un tiempo de exposición determinado (usualmente 4 horas). Cuanto más pequeño sea el valor de la DL 50 (o la CL 50) más tóxica será la sustancia. Algunos valores DL 50 de referencia (por vía oral en ratas) son:

Sustancia	mg/kg
Botulina	0.0005
Cianuro de potasio	1
Paration etílico	3,6
Adrenalina	10
Nicotina	50
DDT	120
Paraquat	157
Aspirina	500
Sal de cocina	3.750
Glifosato	4.320

Los resultados de los estudios obtenidos en animales permiten estimar la toxicidad para el hombre. Por ejemplo: si la DL 50 de un plaguicida en ratas es de 50 mg/kg. Se estima que para un hombre de 60 kilos esto equivaldría a  $60 \times 50 = 3.000$  miligramos (3 gramos) de dosis total. Este valor no es igual en el organismo del hombre.

### ***Interpretación de los valores de toxicidad aguda***

Para poder interpretar los valores de toxicidad de los plaguicidas decidieron agruparlos por categorías toxicológicas teniendo en cuenta las dosis letales medias.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) ha establecido cuatro categorías así: (valores DL 50 en ratón).

Categoría	DL 50 oral		DL 50 dermal	
	Sólidos	Líquidos	Sólidos	Líquidos
I a	5 o menos	20 o menos	10 o menos	40 o menos
I b	5 a 50	20 a 200	10 a 100	40 a 400
II	50 a 500	200 a 2.000	100 a 1.000	400 a 4.000
III	500 a 2.000	2000 a 3.000	sobre 1.000	sobre 4.000

En Colombia el Ministerio de Salud se guía por las recomendaciones de la OMS pero es necesario aclarar que aun cuando la DL 50 es una dosis que sirve de guía importante, no es el único factor que se tiene en cuenta para la clasificación toxicológica.

Las categorías establecidas en Colombia son las siguientes:

Categoría	Denominación
I	Extremadamente tóxicos
II	Altamente tóxicos
III	Medianamente tóxicos
IV	Ligeramente tóxicos

Se puede tener una idea aproximada de dosis mortal de los plaguicidas por cada categoría, tomando como ejemplo para la vía oral (producto sin diluir).

- Categoría I: unas cuantas gotas a una cucharadita de tinto.
- Categoría II: una cucharadita de tinto a una cucharadita sobera.
- Categoría III: una cucharadita sobera a un pocillo pequeño de tinto
- Categoría IV: más de un pocillo de tinto.

### 7.17. Identificación de los plaguicidas de cada categoría

Los plaguicidas se identifican a través de la etiqueta, allí se encuentra la banda de color y la categoría toxicológica a la cual pertenecen.

Categoría	Denominación	Color de la banda
I	Extremadamente tóxico	Rojo

II	Altamente tóxico	Amarillo
III	Medianamente tóxico	Azul
IV	Ligeramente tóxico	Verde

El riesgo depende de la toxicidad del plaguicida y la exposición al mismo y se puede resumir de la siguiente manera:

$$\text{Riesgo} = \text{Toxicidad} \times \text{Exposición}$$

Factores a tener en cuenta para conocer la toxicidad de las sustancias:

- Sus propiedades físicas y químicas, tales como la solubilidad en grasas y la volatilidad.
- Su mecanismo toxicológico (toxicocinética).

La toxicidad de los plaguicidas no se puede modificar, por tanto se debe minimizar la exposición para disminuir el riesgo.

Se tendrá más probabilidad de recibir dosis tóxica cuando:

- Se usan productos más tóxicos.
- Se trabaja por más tiempo.
- Se manejan productos concentrados.
- Se manejan mayores cantidades de plaguicidas.
- No se utilizan elementos de protección personal, se usan mal o se usan elementos inapropiados, deteriorados o contaminados.
- Los hábitos de higiene no existen o son deficientes.

Es importante tener en cuenta que los riesgos pueden variar por otros factores como :

- *Susceptibilidad personal.* Hay individuos que son, de por sí, más susceptibles (o menos susceptibles) a los tóxicos.
- *Estado de salud.* La susceptibilidad personal puede aumentar por causas como: mala nutrición, enfermedades y, en ciertos casos, por exposición previa a plaguicidas. Por eso la importancia de los exámenes de ingreso cuando las personas van a empezar a laborar en una empresa, así como los exámenes periódicos.
- Condiciones ambientales como la temperatura, presión atmosférica y humedad.

## 7.18. Equipos de protección personal

El equipo de protección personal para el manejo de plaguicidas está compuesto de diversos elementos destinados a evitar la exposición por vía dermal e inhalatoria. Los elementos más comunes son: ropa (permeable o impermeable) guantes, botas, gorro, casco o sombrero, gafas o protector facial y respirador.

El grado de protección de los elementos de protección depende de los siguientes factores:

- Su calidad, la cual está relacionada con el material, el diseño y su estado de conservación.
- Su correcto uso.
- Su adecuado mantenimiento.

## ***Ropa de protección***

### *Permeable*

Puede ser de una sola pieza o camisa y pantalón separados. Se utiliza de algodón o algodón poliéster. Deben tener manga larga en brazos y piernas. Las mangas no deben recortarse ni remangarse. Se debe tener cerrado la cremallera o botones. No debe presentar desgarres: estos deben remendarse. El almidonar la ropa ofrece mayor resistencia a la penetración de los plaguicidas y facilita la descontaminación al lavarlos. Deben suministrarse al trabajador en cantidad suficiente que garantice el recambio diario, o en caso de contaminación accidental. (Decreto 1843, artículos 179 y 181). En el caso de los agricultores, la ropa de trabajo debe lavarse separada del resto de la ropa. Si está demasiado contaminada debe ser lavada con guantes.

### *Impermeable*

En ciertas aplicaciones la ropa permeable no es suficiente para una adecuada protección y debe ser complementada o sustituida por ropa impermeable la cual es fabricada en diversos materiales como neopreno, PVC o caucho, o revestido con PVC.

Como complemento a la ropa se utilizan delantales de neopreno, los cuales deben cubrir el pecho y los lados del cuerpo. Deben tener una longitud que alcance por lo menos la altura de las botas de caucho.

Los invernaderos deben tener la precaución de realizar la actividad verificando tener un traje en buen estado para evitar la penetración. Utilizar sobre todo una buena higiene personal antes y después de tener contacto con el plaguicida.

## ***Guantes***

Se utilizan de diversos materiales impermeables como caucho, PVC, nitrilo, neopreno o vitón. Los de caucho presentan poca resistencia a la penetración de los solventes por lo cual deben

cambiarse frecuentemente. Los de PVC deben tener un grosor de 1 mm. Los de nitrilo y neopreno son los más recomendados y deben tener un grosor de 0,5 mm. Los de vitón son los que presentan mayor resistencia a los solventes, pero presentan poca resistencia mecánica (desgarros) y son costosos.

Los guantes no deben llevar forro de tela por dentro, ya que su forro se impregna fácilmente de los plaguicidas. La longitud del guante debe ser tal que cubra por lo menos hasta la mitad de antebrazo.

Cuando están usando los guantes deben evitar el contacto con la cara o el respirador. Antes de quitárselos se deben lavar, cuando se contaminan con plaguicidas lavarse lo antes posible.

En general las mangas de la camisa deben cubrir los guantes, pero cuando se está aplicando en cultivos altos y es necesario levantar los brazos los guantes deben ir por encima de las mangas.

Al terminar el trabajo del día lavar los guantes por dentro y por fuera y verificar que no estén rotos.

### **Botas**

Las botas generalmente son de neopreno, PVC o caucho revestido en PVC. No deben tener forro de tela en su interior. Dependiendo de la actividad que se realice su altura puede variar (tobilleras, media caña o caña altas) los colores claros en las botas son favorables cuando las personas trabajan expuestas al sol ya que se calientan menos y le permiten visualizar mejor su estado de limpieza. Las botas o zapatos de cuero o tela (tenis) no ofrecen adecuada protección para plaguicidas.

Debe verificarse el estado de las botas que no estén con rajaduras o perforaciones y utilizar los calcetines o medias.

Las mangas del pantalón deben cubrir las botas y no ir dentro de ellas para evitar que un derrame accidental que caiga se introduzca en ellas.

Las botas se deben lavar al terminar el trabajo, pero esto se tiene que hacer con los guantes puestos para evitar la contaminación de las manos.

### **Protección de la cabeza**

Puede hacerse por medio de los gorros de tela, cascos de plástico, sombrero, capucha o capuchones impermeables. Previenen la contaminación por salpicaduras, nube de aspersión que pueden caer en el cabello y luego, por el sudor, entrar en contacto con el cuero cabelludo. Deben lavarse a diario.

### **Gafas y protectores faciales**

Se fabrican en acetato, PVC y otros materiales. Previenen la contaminación por salpicaduras o por la nube de aspersión, especialmente al aplicar cultivos altos.

Las gafas deben ser cerradas, con ventilación indirecta. Los protectores faciales, llamados también visores, protegen no solo los ojos sino la cara y se empañan menos, especialmente en climas calientes y húmedos. Deben lavarse diariamente.

## **Respiradores**

Llamados comúnmente máscaras, se obtienen en diferentes modelos y tipos (o cartuchos) que se ajustan a diversas necesidades (Polvos, o vapores y gafas de distinta clase).

Los respiradores para polvos o material particulado pueden ser desechables, o estar compuestos por una pieza facial construida en PVC u otro material, con un filtro reemplazable. Ofrecen diferente clase de filtrado de partículas. Las de **tipo A** filtran por lo menos un **98%** de partículas menores de 10 micras, las de **tipo B** un **95%** y las de **tipo C** un **90%**. Algunos modelos poseen una válvula que facilita la salida del aire expirado. Las máscaras o el filtro se deben cambiar si están en mal estado, pero el respirador se puede identificar que no está sirviendo como filtro cuando se siente el olor de la sustancia o contaminante y la persona comienza a tener dificultad para respirar.

Los respiradores para vapores constan de una pieza facial provista de uno o dos filtros y una o dos válvulas de exhalación. La pieza facial se ajusta a la cara, cubriendo boca y nariz, mediante bandas elásticas o resortes y un arnés o cabezal. Esta pieza se puede obtener en diferentes tallas.

Los filtros y cartuchos están constituidos por un recipiente plástico o metálico, provisto en uno de sus lados de una rejilla y en el otro de un acople que encaja en la pieza facial. En su interior llevan carbón activado en medio de los filtros de material particulado. Generalmente en el acople que encaja en la pieza facial trae incorporada una membrana de caucho llamada válvula de inhalación, la cual permite el paso del aire filtrado, pero se cierra para evitar que el aire expirado entre al cartucho. También en algunos casos se pueden encontrar filtros con prefiltrado removible, que se ajusta al cartucho mediante un aro plástico cubriendo la rejilla.

Las máscaras de "Full face" (cara completa) cubren totalmente la cara y están provistas de un plástico o acetato transparente, que remplace al visor y las gafas. Pueden estar provistas de cartuchos normales o uno de mayor tamaño llamado "Canister". Son útiles cuando se manejan sustancias que producen vapores irritantes.

Importante tener en cuenta cuando se usan los respiradores las siguientes recomendaciones:

- Es indispensable que el respirador se ajuste herméticamente a la cara: para ello debe buscarse la talla y el diseño apropiado y el usuario no debe tener barba o patillas largas. Debe verificarse que la válvula de exhalación esté

perfectamente. Para comprobar el ajuste del respirador se tapa el filtro o los filtros con las manos y se inhala: la persona debe sentir que el respirador se pega a la cara; se contiene la respiración por unos segundos: si la pieza facial se afloja, es señal de que está entrando aire y es importante verificarse la causa. No debe buscar el ajuste apretando excesivamente la banda elástica ya que ello produce dolor de cabeza que puede confundirse con los síntomas de una intoxicación.

- Evite utilizar trapos o papel higiénico dentro del respirador ya que esto no mejora la protección y dificulta la respiración.
- No manipular los respiradores con los guantes contaminados o con las manos para evitar la recontaminación.
- Los filtros tienen una vida útil, de acuerdo con la actividad que se realice y el tiempo de exposición durante las diferentes tareas donde se apliquen plaguicidas. El fabricante debe proporcionar la asesoría sobre la vida útil del filtro teniendo en cuenta la sustancia y el tiempo de exposición a la que va ser sometido. Al momento de la adquisición de los filtros se debe especificar que van a ser utilizados para actividades con plaguicidas ya que hay variedad de filtros para diferentes tareas.
- La banda elástica debe reemplazarse cuando pierda su elasticidad. Importante limpiar el filtro cuando se termina la tarea con un trapo húmedo.
- El prefiltro puede limpiarse golpeándolo con la mano o con un chorro de aire, si es el caso, cambiarlo. El resto del respirador se debe lavar con abundante agua caliente a una temperatura de 65 °C y detergente y secarlo al aire libre. Los cartuchos deben ser guardados en una bolsa plástica debidamente cerrada.
- Los elementos de protección no deben guardarse en el mismo sitio donde se almacenan o manipulan plaguicidas.
- Tienen que renovarse de acuerdo con el tiempo y condiciones de uso y estado de conservación.

Las recomendaciones para el almacenamiento, distribución y expendio, transporte, aplicación, autorizaciones, licencia sanitaria, registros, permisos, conceptos, rotulación, envase, desechos, atención y controles médicos publicidad y propaganda, vigilancia epidemiológica, control sanitario, medidas sanitarias, sanciones y procedimientos se encuentran consignadas en el Decreto 1843 del 22 de julio de 1991 el cual debe ser consultado.

## **7.19. Etiqueta de los plaguicidas**

Los plaguicidas en sus empaques o envase deben traer su correspondiente etiqueta, impresa o adherida. Cuando el envase es muy pequeño y no permite plasmar la información básica exigida para su expendio entonces la información complementaria debe ir en un folleto o plegable adjunto. La etiqueta contiene un folleto que resume las experiencias obtenidas en el proceso de investigación y desarrollo de los plaguicidas, para evitar errores leer la información antes de su utilización.

En Colombia el contenido y distribución de la información de la etiqueta está regulado por la Norma Icontec 200 (sexta revisión). La etiqueta debe contener tres cuerpos o secciones:

### *Cuerpo central*

En este se tiene que incluir:

- Logotipo de la empresa fabricante.
- Marca o nombre comercial del plaguicida.
- Clase de plaguicida (insecticida, herbicida, fungicida).
- Uso registrado (agrícola, pecuario).
- Formulación (concentrado emulsionable, polvo mojable).
- Composición garantizada del plaguicida donde identifique el nombre genérico o común y el nombre químico del ingrediente activo. El contenido garantizado se expresa como porcentaje en peso en los productos sólidos y en gramos por litro de formulación a 20 oC, en los productos líquidos. Se debe identificar también los compuestos relacionados con el ingrediente activo.
- El contenido del empaque o envase. En los plaguicidas líquidos se expresa en litros o centímetros cúbicos y en los sólidos en kilos o gramos.
- Número de licencia de venta o registro expedida por el ICA.
- Número del lote de producción cada vez que el fabricante produce una cantidad de plaguicida, le asigna un número que lo identifica y conserva una muestra del mismo.
- Fecha de la formulación y vencimiento. La fecha de formulación aparece como un mes y un año. La fecha de vencimiento puede aparecer también. Como un mes y un año, como una leyenda que dice “vence x meses o años después de la fecha de formulación”. Generalmente el vencimiento de las formulaciones líquidas es de dos años y en las sólidas de tres, pero el fabricante la coloca de acuerdo con el conocimiento que tiene de la estabilidad de cada producto de formulación en particular.
- Nombre y dirección del fabricante.
- En los plaguicidas de categoría I y II la leyenda “venta por prescripción de un Ingeniero Agrónomo”.

## ***Cuerpo derecho***

El cuerpo derecho de la etiqueta está orientado hacia el uso eficaz del plaguicida. Antes de utilizar el producto, buscar la asesoría de un Agrónomo, para conocer las informaciones del producto, los cultivos, plagas y dosis para los cuales se han obtenido el concepto de eficacia, informaciones complementare tales como compatibilidad, fototoxicidad, volúmenes de mezcla que se recomiendan, momento oportuno para la aplicación, teniendo en cuenta el intervalo entre la última aplicación y la cosecha.

“El fabricante garantiza que las características físico-químicas del producto corresponden a las anotadas en esta etiqueta y mediante concepto de eficacia se verificó que es apto para los fines recomendados de acuerdo con las indicaciones de empleo, pero no asume responsabilidad por el uso que de él se haga porque su manejo y empleo está fuera de su control”.

## ***Cuerpo izquierdo***

Está orientado al uso seguro del producto. Contiene las siguientes leyendas obligatorias:

Lea la etiqueta antes de usar el producto; “Manténgase fuera del alcance de los niños”; “En caso de intoxicación llame al médico inmediatamente o lleve el paciente al médico y muéstrelle la etiqueta del producto”. “Después de usar el contenido enjuague el envase tres veces, vacíe el agua de lavado en la mezcla de aplicación. Luego proceda a destruir el envase” (no reutilice el envase que ha contenido plaguicidas para echar agua potable o alimentos).

## Etiqueta de plaguicidas

**LEA CUIDADOSAMENTE ESTA ETIQUETA ANTES DE USAR EL PRODUCTO**

**MANTENGASE BAJO LLAVE, FUERA DEL ALCANCE DE LOS NIÑOS**

**PRECAUCIONES Y ADVERTENCIAS DE USO Y APLICACION**

No comer, no beber ni fumar durante y después de la aplicación sin haberse lavado con agua y jabón.  
 Conservar el producto en el envase original etiquetado y cerrado.  
 No almacenar ni transportar conjuntamente con alimentos, medicinas, bebidas o forrajes.  
 Después de usar el producto bañarse y lavar la ropa contaminada.  
 Usar ropa protectora durante el maltrato, aplicación y para ingresar al área tratada en las primeras 24 horas.  
 Realice la aplicación siguiendo la dirección del viento.  
 El producto es nocivo por ingestión, contacto con la piel y por inhalación.  
 Ningún envase que haya contenido plaguicidas debe usarse para almacenar alimentos o para consumo.

**PRIMEROS AUXILIOS**

En caso de intoxicación acudir al médico inmediatamente y muéstrele la etiqueta.  
 En caso de contacto con los ojos lavar con abundante agua fresca y si el contacto fue con la piel, lavarla con abundante agua y jabón.  
 No dar de beber nada a un paciente que se encuentra inconsciente.

**NOTA AL MEDICO:**  
 Este producto es inhibidor de la colinesterasa.

**Antídoto:**  
 Suministrar atropina. Si hay edema pulmonar, sulfato (síntomas muscarínicos) administrar amoníaco por vía intravenosa en solución al 5% en agua durante 2 minutos.

**Teléfono de Emergencia:** CICOTOX 0800-13340  
 ESSALUD 411-8000

**MANEJO Y DISPOSICION DE DESECHOS Y ENVASES VACIOS**

Después de usar el contenido, enjuague tres veces este envase y vierta la solución en la mezcla de aplicación luego inutilícelo (hundimiento perforándolo) y deposítelo en el lugar designado por las autoridades locales para este fin.

No disponer con residuos municipales.

**MEDIDAS PARA LA PROTECCION Y CONSERVACION DEL AMBIENTE**

Peligroso para animales domésticos. No permita animales en el área tratada.  
 Admite tóxico para peces, aves y abejas.  
 No contaminar lagos, ríos, esteros o arroyos con los desechos y envases vacíos.  
 En caso de derrame recoger el producto y depositarlo en el sitio designado para este fin.  
 No contaminar las fuentes de agua con los restos de aplicación.

# CLORVEX<sup>®</sup> 48 CE

**INSECTICIDA AGRICOLA**

**CONCENTRADO EMULSIONABLE EC**

Composición:  
 Chlorpyrifos 483 g/l  
 Aditivos 583 g/l  
**Total 1066 g/l**

Reg. N° 894-99-AG-SENASA

Contenido neto : 1 Litro  
 Lote N° :  
 Fecha de formulación :  
 Fecha de vencimiento :  
 Titular del Registro: Pinerol Andina S.A.  
 Av. Javier Prado este 5252 Oto 305  
 Teléfono 436-5133 Lima Peru

Importador y Distribuidor: **GRUPO ANDEX S.A.C.**  
 Calle El Galón 180 Urb. La Cañita - Surco  
 Teléfono: 271-3366 Fax: 271-3368  
 Lima - Peru

Fabricante: **POINT International Ltd**  
 Great Ridgely  
 Chipping Norton, Oxford O57 1RE  
 Gran Bretaña  
 Tel: 412282903

NO EXPLOSIVO    INFLAMABLE    CORROSIVO

X

MODERADAMENTE PELIGROSO DAÑINO

**INDICATIVOS DE USO Y MANEJO**

CLORVEX 48CE, es un insecticida ORGANOFOSFORADO de sistémico que actúa por contacto e ingestión, se recomienda para el control de plagas masticadoras, barrenadoras y perforadoras, tanto las que atacan al follaje de las hortalizas y otros cultivos, así como también las que atacan en el suelo.

Para su aplicación tener el tiempo del equipo de aspersión: con agua hasta la mitad, agregar la cantidad de producto a aplicar y mezclar; luego completar con agua hasta su capacidad total, mezclar y aplicar. Utilizar equipo de aspersión, manual o mecánica.

**CONSULTE CON SU INGENIERO AGRONOMO USOS Y DOSIFICACIONES RECOMENDADAS:**

Cultivos	Nombre Común	Manejo Técnico	Dosis L/250 l	Período de Cuidado (días)	L.M.R. (ppm)
Ajofón	"Queano ajofón"	Protección antiplaga	0.50	10	4
Cebolla	"Tijá"	Triste Maluco	0.50	10	3.25
Chirimoya	"Mancha de verde" "Queano tomate" de hojas y frutos	Protección antiplaga Opciones de cultivo	0.75 0.5-0.6	14 14	2.00 3.25
Chirpe	"Queano melón"	Protección antiplaga	0.50	21	0.2
Maíz	"Cagallón"	Síntomas de plagas	0.50	10	3.25
Plátano	"Daga de verde" "Quirón"	Protección antiplaga Opciones de cultivo	1.00 0.50	21	3.25 3.25
Tomate	"Queano de verde" "Pudra"	Pala espanta Opciones de cultivo	0.75 0.50	21	0.5 0.5
Papa	"Queano de verde"	Triste Maluco	0.5-0.6	14	1.6
Abróchala	"Queano verde"	Síntomas antiplaga	0.5-0.6	14	1

LMR: Límite máximo de Residualidad, en partes por millón (ppm)

**Frecuencia y época de aplicación:** Dependerá del nivel de infestación de la plaga y época de desarrollo del cultivo. Número de aplicaciones por campaña 3-4

**Período de reingreso:** 24 horas.

**Compatibilidad:** CLORVEX 48CE no es compatible con productos de acción alcalina.

**Fitotoxicidad:** CLORVEX 48 CE no es fitotóxico usado a las dosis recomendadas en la etiqueta.

**Responsabilidad Civil:** El titular del registro garantiza que las características físico-químicas del producto contenido en este envase corresponden a las indicadas en la etiqueta y que es eficaz para los fines aquí recomendados. Si se usa y maneja de acuerdo a las condiciones e instrucciones dadas.

*The pesticide label contains important information, need it! La etiqueta de plaguicidas contiene información importante leala!*

## 7.20. Banda de color

La categoría toxicológica de los plaguicidas se puede identificar fácilmente por la banda de color que aparece en la parte inferior de la etiqueta. En esta aparecen también textos y símbolos en la siguiente forma:

- Categoría I. Color de la banda rojo, texto "Categoría I". Extremadamente tóxico. Símbolo calavera con tibias cruzadas en medio de las palabras. Peligro veneno. El texto y la calavera van en color blanco.
- Categoría II. Color de la banda amarillo, texto "Categoría II". Altamente tóxico. Símbolo calavera con tibias cruzadas en medio de las palabras. Cuidado veneno. El texto y la calavera van en color negro.
- Categoría III. Color de la banda azul, texto "Categoría III". Medianamente tóxico. Cuidado. El texto va en color blanco.
- Categoría IV. Color de la banda verde, "Categoría IV". Ligeramente tóxico. Precaución. El texto va en color blanco.

Hay cuatro colores



## **Pictogramas**

Estos se encuentran dentro de la banda de color. Son dibujos o símbolos de fácil comprensión que indican las precauciones que deben tomarse cuando se está manejando el producto concentrado, ejemplo: al medir la dosis, preparar la mezcla o cargar el equipo de aplicación, como al hacer la aplicación. Los pictogramas están hechos de forma fácil para que el campesinado que no sabe leer lo aprenda a entender, ya que estos también ayudan a indicar la agresividad de un producto formulado, pero no se encuentran en todos los productos.

Los pictogramas relacionados con precauciones al manejar el producto concentrado, aparecen al lado izquierdo de la banda y los referentes a la aplicación, al lado derecho.

### **7.21. Rotulado de sustancias químicas**

Mediante el uso del Código NFPA704 se rotulan e identifican los productos peligrosos con los siguientes objetivos:

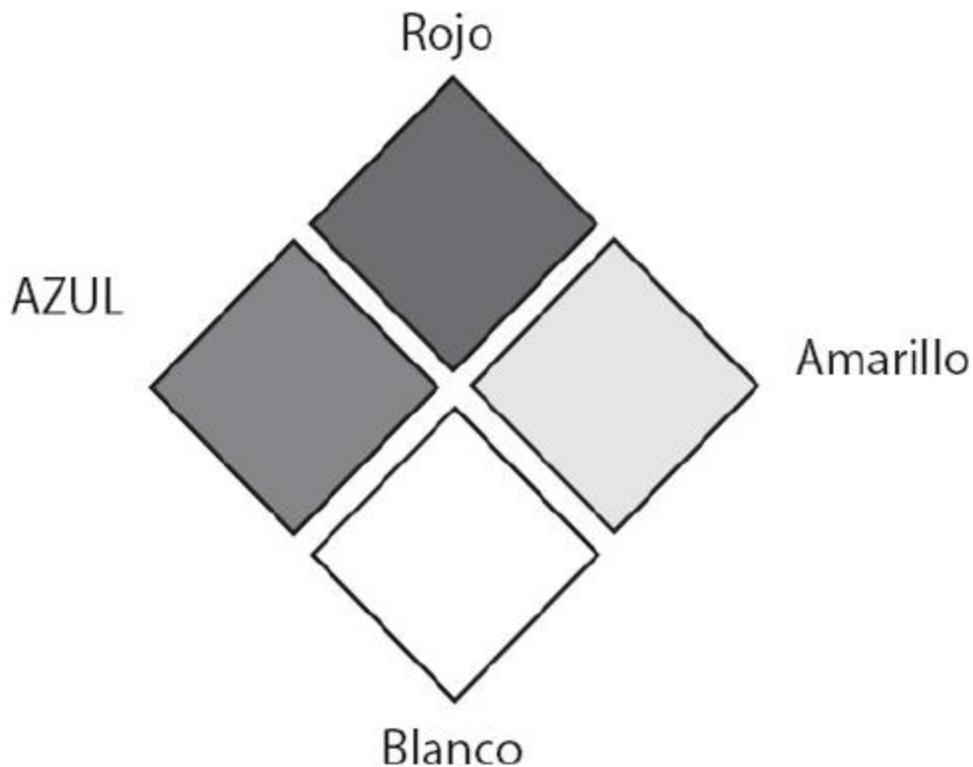
- Hacer que los productos peligrosos puedan ser fácilmente reconocidos, a distancia, por las características del rótulo.
- Proporcionar una fácil identificación de la naturaleza del riesgo que se puede

presentar durante la manipulación y almacenamiento de las mercaderías.

- Facilitar por medio del color de los rótulos, una primera guía para la manipulación y estiba o almacenamiento.

El Código NFPA 4040 establece un sistema de identificación de riesgos para que en un eventual incendio o emergencia, las personas afectadas puedan reconocer los riesgos de los materiales respecto del fuego, aunque estos no resulten evidentes. Este código ha sido creado para la utilización específica de los cuerpos de bomberos. Consiste en una etiqueta que consta del nombre del material y cuatro secciones con un color asignado en cada caso:

<b>Salud</b>	Azul
<b>Inflamabilidad</b>	Rojo
<b>Reactividad</b>	Amarillo
<b>Riesgo especial</b>	Blanco



En cada una de las secciones se coloca el grado de peligrosidad: 0, 1, 2, 3,4, siendo en líneas generales, 0 el menos peligroso, aumentando la peligrosidad hasta llegar a 4, el nivel más alto.



Los criterios para establecer los grados de peligrosidad en cada una de las secciones son los siguientes:

### ***Riesgos para la salud***

- Se considera la capacidad del material para producir lesiones por contacto con la piel, ingestión o inhalación. Solo se considerarán los riesgos que pongan de manifiesto alguna propiedad inherente del material. No se incluyen las lesiones causadas por el calor del incendio ni por la fuerza de explosiones.
- El riesgo para la salud en la lucha contra el fuego u en otra condición de emergencia es mortal, de modo que una explosión simple puede variar desde unos pocos segundos hasta más de una hora. Además, es de esperar que el despliegue físico que demanda combatir un incendio y las condiciones de emergencia intensifiquen los efectos de cualquier exposición.
- Hay dos fuentes de riesgo para la salud. Una tiene que ver con las propiedades inherentes del material y la otra con los productos de la combustión o de su descomposición. El grado de riesgo se asignará sobre la base del mayor riesgo que pueda existir bajo el fuego o en otras situaciones de emergencia. No se incluyen los riesgos comunes derivados de la combustión de los materiales combustibles comunes.

La valoración del riesgo para la salud indicará al personal de bomberos o emergencia alguna de las informaciones siguientes:

- Que puede trabajar con seguridad con el equipo de protección especializado.
- Que puede trabajar en forma segura con el equipo de protección respiratoria

adecuado.

- Que puede trabajar con seguridad en el área con ropa ordinaria.

La graduación del riesgo para la salud se efectuará de acuerdo con la severidad probable de este hacia el personal y será la siguiente:

#### *Grado 4*

Materiales que con una explosión muy corta pueden causar la muerte o lesiones residuales mayores, aun cuando se haya dado pronto tratamiento médico, incluyendo aquellos que son demasiado peligrosos para aproximarse sin el equipo de protección.

Este grado incluye: materiales que puedan penetrar a través de la ropa de protección ordinaria de caucho. Materiales que bajo condiciones normales o bajo condiciones de incendio desprendan gases que son extremadamente peligrosos (tóxicos, corrosivos, etc.), por inhalación, contacto o por absorción a través de la piel.

#### *Grado 3*

Materiales que en una exposición corta pueden causar lesiones serias, temporarias o residuales, aun cuando se haya dado pronto tratamiento médico, incluyendo aquellos que requieran protección total contra contacto con cualquier parte del cuerpo.

Este grado incluye: materiales cuyos productos de combustión son altamente tóxicos. Materiales corrosivos para los tejidos vivos o que son tóxicos por absorción por la piel.

#### *Grado 2*

Materiales que en una exposición intensa o continuada pueden causar incapacidad temporaria o posibles lesiones residuales si no se suministra pronto tratamiento médico, incluyendo aquellos que requieren el uso de equipos de protección respiratoria con suministro de aire independiente.

Este grado puede incluir: materiales que originen productos de combustión tóxicos. Materiales que liberan productos de combustión altamente irritantes. Materiales que, sea bajo condiciones normales o en un incendio, originen vapores que son tóxicos para quien carece de los elementos de protección adecuados.

#### *Grado 1*

Materiales que por su exposición pueden causar irritación, pero solamente producen lesiones residuales menores si no se administra tratamiento médico, incluye a aquellos que requieren el uso de una máscara de gas aprobada.

Este grado puede incluir: materiales que en condiciones de incendio pueden originar productos de combustión tóxicos. Materiales que en contacto con la piel pueden causar irritación sin destrucción de los tejidos.

### *Grado 0*

Materiales que en una exposición en condiciones de incendio no ofrecen riesgos mayores que los que dan los materiales combustibles corrientes.

### ***Riesgo por inflamabilidad***

Se considera la capacidad de los materiales para quemarse. Muchos materiales que se quemarían bajo ciertas condiciones, no queman bajo otras. La forma o condición del material, como así también las propiedades inherentes, afectan el riesgo. La graduación de los riesgos se efectuará de acuerdo con la susceptibilidad de los materiales a quemar, como sigue:

### *Grado 4*

Materiales que se vaporizan completa o rápidamente a la presión atmosférica y a las temperaturas ambiente normales, y que están bien dispersos en el aire y se quemarán con mucha facilidad.

Este grado incluye: gases, materiales criogénicos, todo material líquido o gaseoso que, sometido a presión, está en estado líquido o tiene un punto de inflamación menor a 23 °C y un punto de ebullición menor a 38 °C. Materiales que según su forma física o su estado de agregación puedan formar con el aire mezclas explosivas y que están efectivamente dispersas en el aire, tal como polvos de combustibles sólido y nieblas de líquidos combustibles o inflamables.

### *Grado 3*

Líquidos y sólidos que se pueden encender bajo todas las condiciones de temperatura ambiente. Este grado de materiales produce atmósferas riesgosas con el aire a cualquier temperatura o si bien no resultan afectadas por la temperatura ambiente, son igníferos bajo cualquier condición.

Este grado incluye: líquidos que tengan un punto de inflamación menor a 23 °C y un punto de ebullición igual o mayor a 38 °C, y aquellos líquidos que tengan un punto de inflamación igual o mayor a 23 °C y menor a 38 °C.

- Materiales sólidos en forma de polvos gruesos que pueden quemarse rápidamente pero que generalmente no forman atmósferas explosivas con el aire.
- Materiales sólidos que queman con extrema rapidez, usualmente debido a que

contienen su propio oxígeno.

- Materiales sólidos en estado fibroso o de pelusa que pueden quemar rápidamente (algodón, sisal, etc.).
- Materiales que expuestos al aire se encienden instantáneamente.

## *Grado 2*

Materiales que para encenderse requieren ser previamente calentados con moderación o estar expuestos a temperaturas ambientes relativamente altas. Los materiales de este grado en condiciones normales con el aire no forman atmósferas peligrosas, pero bajo altas temperaturas ambientes o ante calentamiento moderado pueden desprender vapores en cantidades suficientes para producir, con el aire, atmósferas peligrosas.

- Este grado incluye: líquidos que tengan un punto de inflamación mayor a 38 °C hasta 93 °C.
- Sólidos y semisólidos que emitan vapores inflamables.

## *Grado 1*

materiales que para encenderse necesitan ser calentados previamente. Los materiales de este grado requieren un considerable precalentamiento bajo cualquier temperatura ambiente antes que ocurran el encendido y la combustión.

- Pueden incluirse: materiales que queman en el aire cuando se exponen a temperaturas de 815 °C por un período de 5 minutos o inferior.
- Líquidos y sólidos semisólidos que tengan un punto de inflamación mayor que 93 °C.

## *Grado 0*

Materiales que se queman en el aire cuando se los expone a temperaturas de 815°C por un período de 5 minutos.

### ***Riesgo por reactividad***

En esta parte se considera la capacidad de los materiales para liberar energía. Algunos materiales son capaces de liberar energía rápidamente por sí mismos, como ser por auto reacción o por polimerización, o pueden desarrollar una violenta reacción eruptiva o explosiva cuando toman contacto con el agua, con otro agente extintor o con otros materiales.

La violencia de la reacción o de la descomposición de los materiales puede verse incrementada por el calor o por la presión, por otros materiales debido a la formación de mezclas combustible-oxidantes, o por contacto con sustancias incompatibles, contaminantes,

sensibilizantes o catalíticas.

Los grados de riesgo por reactividad se valoran de acuerdo con la facilidad, velocidad y cantidad de liberación de energía como sigue:

#### *Grado 4*

Materiales que, a temperatura y presiones corrientes, en sí mismos son fácilmente capaces de detonar o descomponerse o reaccionar en forma explosiva. Esta graduación incluirá los materiales que a presión y temperaturas normales son sensibles a los golpes mecánicos y a los choques térmicos localizados.

#### *Grado 3*

Materiales que en sí mismos son capaces de detonar o de reaccionar o de descomponerse en forma explosiva, pero que requieren una fuente de ignición fuerte, o antes de la iniciación calentarse bajo confinamiento.

Pueden incluirse: materiales que son sensibles al choque térmico y mecánico a temperatura y presiones elevadas o que reaccionan en forma explosiva con el agua, sin requerir calentamiento ni confinamiento.

#### *Grado 2*

Materiales que en sí mismos son normalmente inestables y que fácilmente experimentan cambios químicos violentos pero no detonan.

Pueden incluirse: materiales que a temperatura y presión corrientes, pueden experimentar cambios químicos con rápida liberación de energía, o que a presiones y temperaturas elevadas pueden experimentar cambios químicos violentos.

Además se incluirán aquellos materiales que puedan reaccionar violentamente con el agua o aquellos que puedan formar mezclas potencialmente explosivas con agua.

#### *Grado 1*

Materiales que, en sí mismos, son normalmente estables pero que pueden tornarse inestables a temperaturas y presiones elevadas, o que pueden reaccionar con el agua con alguna liberación de energía, pero no violentamente.

#### *Grado 0*

Materiales que, en sí mismos, son normalmente estables, aún expuestos en las condiciones de un incendio y que no reaccionan con el agua.

## Riesgo especial

En este cuadro se indican los siguientes riesgos especiales:

- Una letra W atravesada por una raya indica que el material puede tener reacción peligrosa al entrar en contacto con el agua. Esto implica que el agua puede causar ciertos riesgos, por lo que deberá utilizarse con cautela hasta que se esté debidamente informado.
- La letra OX indica si la sustancia es oxidante.
- Aunque son símbolos no reconocidos por la NFPA 704, algunos usuarios utilizan las letras ALK para indicar sustancias alcalinas y ACID para ácidos.

A continuación se muestra un resumen de lo anteriormente explicado:

4. Extremadamente inflamable - Debajo de los 25° C
3. Ignición a temperaturas normales - Debajo de los 37° C
2. Ignición al calentarse normalmente - Debajo de los 93° C
1. Debe precalentarse para arder - Sobre los 93° C
0. No arde



# Capítulo 8

## Límites máximos permisibles y almacenamiento

### 8.1. Límites máximos permisibles

#### *TLVs (Threshold Limit Values)*

Los agentes agresivos del ambiente que pueden actuar sobre la salud de los trabajadores son de tres tipos: químicos (polvos, humos, gases, vapores, neblinas), físicos (ruido, vibraciones, presiones anormales, temperaturas anormales, radiaciones ionizantes y no ionizantes) y biológicos (virus, bacterias, hongos, parásitos).

Por experiencia se ha observado que cualquier material extraño o forma de energía al ambiente natural, tiene algún efecto sobre el hombre, variando desde un mínimo a un máximo. La siguiente observación lógica ha sido que cierto tipo de materiales o formas de energía ejercen un efecto primario sobre un sistema biológico en particular, por ejemplo los polvos sobre los pulmones y sistema respiratorio, los disolventes sobre el sistema hematopoyético y renal, el ruido sobre el sistema auditivo, etc. Además, se ha demostrado que todos los individuos no reaccionan de igual manera a los contaminantes en el mismo ambiente. Así, en un ambiente donde todos los trabajadores están expuestos a un nivel constante razonable de un contaminante común, pueden observarse cuatro niveles de respuesta biológica: severa, menos severa, moderada y respuesta nula.

En tan amplias variaciones de la respuesta biológica influyen una serie de factores que se pueden clasificar en intrínsecos (sobre los que el hombre no puede ejercer ningún control, como sus características inherentes y adquiridas: edad, sexo, código genético, capacidad de desintoxicación del cuerpo, susceptibilidad) y extrínsecos (sobre los que el hombre tiene algún grado de influencia, como la concentración del contaminante, los hábitos de trabajo y tensiones derivadas de él, la duración de la exposición, el uso de otras sustancias tóxicas (alcohol, drogas, tabaco), el estado nutricional).

El único factor relacionado con la causa de la enfermedad que está sujeto a controles de ingeniería rígidos es la concentración del contaminante. El siguiente factor más significativo sobre el que puede ejercerse un control es la duración de la exposición.

Estas dos variables sobre las que el profesional de Salud Ocupacional puede ejercer un alto grado de control, constituyen los elementos claves de la prevención y los que servirán para la fijación de los niveles máximos permisibles.

De conformidad con la Resolución 2400 del 22 de mayo de 1979, Título III, Capítulo VIII, Artículo 154, en todos los establecimientos de trabajo en donde se lleven a cabo operaciones y procesos con sustancias nocivas o peligrosas que desprendan gases, humos, neblinas, polvos, etc., y vapores fácilmente inflamables, con riesgo para la salud de los trabajadores, se fijarán los niveles máximos permisibles de exposición a sustancias tóxicas, inflamables o contaminantes atmosféricos industriales, en volumen en partes de la sustancia por millón de partes de aire (PPM), en peso en miligramos de la sustancia por metro cúbico de aire (mg/m<sup>3</sup>), o en millones de partículas por pie cúbico de aire (MPPP3) de acuerdo con la tabla establecida por la Conferencia Americana de Higienistas Industriales ACGIH o con los valores límites permisibles fijados por el Ministerio de Seguridad Social.

El Límite Máximo Permisible (LMP) es el valor de una sustancia, en su concentración, en el ambiente de un lugar de trabajo, por debajo de la cual existe una razonable seguridad de que una persona podrá desempeñar sus labores indefinidamente, con ocho horas diarias de exposición y cuarenta horas semanales, sin sufrir molestias ni daños en su salud. Para los factores de riesgo físicos es la concentración de un nivel de energía en el ambiente de trabajo por debajo del cual existe una razonable seguridad de que una persona podrá desempeñar sus labores indefinidamente, cumpliendo jornada de trabajo de 40 horas semanales y ocho horas diarias, durante su vida laboral, sin sufrir molestias ni daños en su salud.

Debido a que la susceptibilidad individual varía ampliamente, la exposición ocasional de un individuo a los umbrales límites (o aún a valores menores), puede no prevenir malestar, empeoramiento de una condición preexistente o una enfermedad ocupacional.

El control del ambiente de trabajo se basa en la suposición de que para cada sustancia existe un nivel de exposición tolerable y seguro por debajo del cual no ocurren efectos adversos significativos.

La ACGIH plantea el uso de tres tipos de valores límites permisibles que se aplican de acuerdo con cada sustancia específica.

**TLV-TWA (límite máximo permisible- media ponderada en el tiempo)**

Es la concentración media ponderada en el tiempo para una jornada laboral normal de ocho (8) horas diarias y cuarenta (40) horas semanales, a la cual pueden estar expuestos casi todos los trabajadores repetidamente, día tras día, sin sufrir efectos adversos en la salud.

***TLV-STEL (límite máximo permisible de corta duración)***

Es la concentración a la que los trabajadores pueden estar expuestos de manera continua durante un corto período de tiempo, quince (15) minutos, no más de cuatro (4) veces por día y con un período de por lo menos sesenta (60) minutos entre exposiciones sucesivas a este valor, sin sufrir irritación, daños crónicos o irreversibles en los tejidos o narcosis en grado suficiente para aumentar la probabilidad de lesiones accidentales, menoscabar la auto

recuperación o reducir sustancialmente la eficacia en el trabajo y siempre que no se supere el TLV-TWA.

### **TLV-C (Límite máximo permisible techo)**

Es la concentración que no se debe sobrepasar en ningún momento. La práctica habitual de la higiene admite para su valoración muestreos de 15 minutos excepto para aquellos casos de sustancias que puedan causar irritación inmediata con exposiciones muy cortas.

## **8.2. Valor Límite Permisible corregido por Tiempo de Exposición**

Cuando se trabaja en jornadas prolongadas de más de ocho (8) horas diarias o más de cuarenta (40) horas a la semana, se requiere ajustar el TLV por un mayor tiempo de exposición, lo cual se hace mediante las siguientes fórmulas:

Factor de reducción para aplicar al TLV para jornadas de más de ocho (8) horas diarias:

$$Fr = \frac{8}{Hd} \times \frac{24 - Hd}{16}$$

Factor de reducción para aplicar al TLV para más de cuarenta (40) horas de trabajo en la semana:

$$Fr = \frac{40}{Hs} \times \frac{168 - Hs}{128}$$

Esta fórmula se aplica siempre para reducir el TLV por más tiempo en la jornada de ocho (8) horas diarias o cuarenta horas semanales y en ningún caso para aumentar el TLV:

$$TLV_c = TLV * Fr$$

En donde:

- TLV<sub>c</sub> es el límite máximo corregido. TLV es el límite máximo de las tablas.
- Fr es el factor de reducción.
- Hd = horas de turno diario.
- Hs = horas de trabajo durante la semana.

Cuando el tiempo de exposición es inferior a ocho horas diarias y cuarenta semanales no se debe realizar corrección del TLV y su valor será el de las tablas.

En otros casos se requerirá ponderar las concentraciones encontradas y estos valores serán la base de comparación con los TLVs.

Como consecuencia del análisis de los resultados obtenidos de las concentraciones y el análisis de laboratorio y su comparación con las normas, se determinará la existencia o inexistencia de un problema higiénico.

Es necesario aclarar que si bien los TLVs no indican barreras fijas de peligro y no peligro, si constituyen elementos de juicio que posibilitan la toma de decisiones, a falta de mejor información y superados estos límites (TLVs) cabe pensar en la existencia del problema higiénico que será más o menos grave según la separación que exista con los valores de referencia.

La ACGIH somete a revisión anualmente los valores límites permisibles y puede introducir modificaciones sustanciales para algunos de ellos, en caso de existir investigaciones, generalmente realizadas a través de muchos años que sustenten tales cambios.

### 8.3. Valor límite permisible corregido por temperatura y presión

Cuando se muestrea a una temperatura y presión significativamente diferente a la calibración deberá corregirse los volúmenes de muestreo, para lo cual se aplica la fórmula:

$$\frac{V_m \times P_m}{T_m} = \frac{V_c \times P_c}{T_c}$$

En donde:

- $V_m$  = volumen muestreado.
- $P_m$  = presión de muestreo.
- $T_m$  = temperatura de muestreo.
- $V_c$  = volumen corregido.
- $P_c$  = presión de calibración.
- $T_c$  = temperatura de calibración.

Cuando los lugares de trabajo están a alturas diferentes a los que vienen referidos los valores límites permisibles expresados en miligramos por metro cúbico ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) para polvos, se deberá hacer la corrección de estos mediante la fórmula:

En donde:

$$F_c = \frac{P}{760}$$

- $F_c$  = factor de corrección.

- P = presión atmosférica del lugar de trabajo, medida en mg de hg.

## 8.4. Grado de riesgo

Cuando se trate de riesgos químicos, para los cuales existan técnicas de evaluación que permitan su valoración y valores límites permisibles para la ponderación de su severidad debe tenerse en cuenta el concepto de grado de riesgo y no el grado de peligrosidad.

El grado de riesgo es un indicador de la severidad de la exposición al riesgo y se expresa como el resultado numérico de la relación entre la concentración de un contaminante dado y el valor límite permisible para dicho contaminante, multiplicado por la relación entre el tiempo de exposición durante la jornada y la duración de la misma para la cual se estableció el TLV (8 horas / día).

$$\text{Grado de riesgo GR} = \frac{\text{Concentración}}{\text{TLV de tablas}} \times \frac{\text{Tiempo de exposición}}{8 \text{ horas / día}}$$

Interpretación:

- Si  $GR > 1$ : alta exposición. Requiere control inmediato.
- Si  $0.5 < GR < 1$ : mediana exposición. Se requiere control, es una decisión de riesgo que debe tomar el personal de salud ocupacional.
- Si  $GR < 0.5$ : baja exposición, se deben vigilar las condiciones de trabajo para que permanezcan.

## 8.5. Almacenamiento de productos químicos

La presente norma de seguridad tiene como objetivo fundamental, disponer de un sitio seguro para la conservación y guarda de productos químicos.

**Objetivos específicos:**

- Evitar la combinación accidental de sustancias químicas con otras incompatibles que pudiera dar lugar a reacciones peligrosas o violentas, con la posibilidad de generar incendios, explosiones y/o emanaciones de gases venenosos o corrosivos que pudieran comprometer la salud de las personas, las instalaciones y/o el medio ambiente.
- Prevenir situaciones graves que pudieran presentarse por derrames, fugas o roturas de envases.

**Estrategias - Criterios de incompatibilidad**

Resulta de suma importancia que los productos químicos sigan criterios claros de almacenamiento según incompatibilidad. Consideramos nueve grupos que pueden llegar a generar riesgos de importancia en su almacenamiento:

1. Inflamables
2. Oxidantes
3. Reductores
4. Ácidos y bases fuertes concentrados
5. Productos reactivos con el agua
6. Tóxicos
7. Peroxidantes
8. Pirofóricos
9. Gases comprimidos

Los cinco primeros grupos dan lugar a reacciones fuertemente exotérmicas, liberándose cantidades importantes de calor en forma violenta, incluso explosiva, si entra en contacto con productos incompatibles.

Los productos reactivos con el agua, además de producir reacciones violentas o de liberar productos altamente tóxicos, dificultan las tareas de extinción en caso de incendio. Los tóxicos requieren zonas de almacenamiento ventiladas, en especial los de alta volatilidad.

Los peroxidables son productos que pueden formar peróxidos inestables, debiéndose almacenar en ambientes frescos y oscuros.

Los pirofóricos entran en combustión en contacto con el aire y en ocasiones con el agua; son necesarias medidas especiales de confinamiento. Por último los gases plantean, además de los riesgos inherentes al producto, riesgos por la elevada energía cinética que poseen al estar comprimidos en un recipiente.

Se debe tener siempre presente que las sustancias químicas tienen que almacenarse en sus envases originales, en lugares seguros, considerando sus riesgos inherentes, la incompatibilidad con otros productos químicos y las condiciones del ambiente (calor, fuentes de ignición, luz y humedad).

### ***Formas de almacenamiento***

La forma más correcta de almacenarlos sería separar estos grupos y aplicarles las medidas de seguridad adecuadas a cada uno de ellos.

En muchos casos, esto no se puede aplicar debido a que es común encontrar un producto que

se clasifica en dos o más grupos simultáneamente. Esta situación, implica que se deben establecer criterios adicionales. Para este aspecto, es importante realizar una estimación de la severidad del riesgo, teniendo en cuenta cantidades totales almacenadas, el material y tamaño de los recipientes.

Un criterio universalmente adoptado para establecer la Severidad del Riesgo, de mayor a menor, es:

1. Productos explosivos
2. Productos comburentes
3. Productos inflamables
4. Productos tóxicos
5. Productos corrosivos
6. Productos nocivos

- En lo que atañe al Criterio de Segregación, en un almacén de productos químicos el accidente que se da con mayor frecuencia es el incendio y el que puede desencadenar otros riesgos: explosión y toxicidad entre otros. Al respecto, se debe tener siempre presente que el agua es el agente extintor más adecuado y efectivo en la mayoría de los incendios por su eficacia, abundancia, economía y fácil localización. Para su utilización en el caso de productos químicos existen limitaciones impuestas por la presencia de productos químicos que en contacto con el agua liberan productos inflamables, tóxicos o corrosivos. En este caso el uso del agua es extremadamente peligroso, debiéndose resguardar estos productos de lugares donde haya zonas húmedas y disponer de agentes extintores especiales.
- La presencia de productos químicos inflamables insolubles y de menor densidad que el agua fría. Aquí la limitación viene dada por el hecho de que el agua, puede extender el incendio; por lo tanto el agua preferentemente pulverizada debe ser aplicada por personal entrenado.

Consecuentemente, bajo este marco probabilístico el criterio debería realizarse atendiendo en primer término a la inflamabilidad, y en segundo lugar la incompatibilidad del producto con el agua.

### ***Separaciones entre grupos de productos***

#### ***Grupo 1: Productos inflamables compatibles con el agua***

Los sólidos como el azufre y líquidos como el metanol, etanol, acetona, ácido acético son algunos ejemplos de este grupo. El volumen de estos productos almacenado determinará si es necesario disponerse de un almacén exclusivo o simplemente bastará un tabique de material

incombustible. Es recomendable la instalación de cubetas para evitar derrames.

Si un producto de este grupo posee características de toxicidad acentuadas (acrilamida, epiclorhidrina, disulfuro de carbono), debería colocarse en otra zona u armario con buena ventilación.

Igualmente, si se cuenta con productos peroxidables como el tetrahidrofurano o el dioxano deberíamos separarlos del resto, almacenándolos en lugares frescos y preferentemente oscuros llevando control del tiempo de permanencia.

### *Grupo 2: Inflamables incompatibles con el agua*

Los mismos criterios y normativas serán aplicables en este grupo, excepto, lógicamente, en la presencia del agua.

La incompatibilidad con el agua se puede dar de dos formas:

1. Con base en una reactividad peligrosa
  - a. Metales alcalinos y alcalinos térreos sobre todo finamente divididos que reaccionan vigorosamente con el agua, (calcio, litio, magnesio, sodio) liberando hidrógeno, gas capaz de inflamarse por el calor liberado en la reacción.
  - b. Metales como el aluminio, cinc o boro en estado pulverulento, también liberan hidrógeno en contacto con el agua.
  - c. Carburo como el de berilio, calcio o aluminio producen gases inflamables, tales como el metano o el acetileno los cuales se inflaman con el calor liberado.
2. Con base en la inmiscibilidad y menor densidad que el agua. Este hecho puede dificultar las tareas de extinción. En este caso el criterio de almacenamiento será muy parecido al grupo 1 pudiéndose incluso almacenar junto a ellos si las cantidades son pequeñas con la precaución de colocar extintores de espuma, polvo o incluso de agua pulverizada. Ejemplo de estos productos son: tolueno, hexano, ciclohexano, éter de petróleo, etc.

### *Grupo 3: No inflamables compatibles con el agua*

Este es un grupo heterogéneo, donde se incluyen ácidos, bases, tóxicos, oxidantes o reductores que tienen en común su compatibilidad con el agua.

- Los tóxicos deben ser almacenados en lugares ventilados. Si alguno de ellos tiene una toxicidad muy manifiesta o es cancerígeno es aconsejable almacenarlos bajo llave como el cianuro sódico o el potásico, cloruro de

bario, trióxido de arsénico, óxido de cadmio, etc.

- Los ácidos, bases, oxidantes y reductores deben almacenarse por separado, algunos ácidos inorgánicos tienen un efecto oxidante muy marcado; en estos casos deberemos almacenarlos como oxidante y alejarlos de productos y materiales combustibles.
- Conviene separar sólidos y líquidos para evitar las mezclas en casos de roturas y derrames.

#### *Grupo 4: No inflamables incompatibles con el agua*

Este grupo como el anterior es heterogéneo, con el agravante que el contacto con agua produce reacciones peligrosas.

Los subgrupos se constituirán como en el grupo 3, separando bases, ácidos, oxidantes, reductores y tóxicos.

#### *Grupo 5: Productos inestables a temperaturas superiores a las ambientales*

Este grupo lo componen productos químicos que se tornan inestables a temperaturas moderadamente superiores a la temperatura ambiente. Por ejemplo el peróxido de hidrógeno es una sustancia oxidante fuerte, soluble en agua, que puede descomponerse violentamente al estar expuesto a calor excesivo.

Para el almacenamiento de estas sustancias deberá asegurarse el alejamiento de fuentes de calor. Así los productos de este grupo podrán asimilarse al resto, en función de sus riesgos y compatibilidad con el agua.

#### *Grupo 6: Productos inestables o muy volátiles a temperaturas ambientales que necesitan un ambiente refrigerado*

Este grupo requiere para su almacenamiento un frigorífico o una habitación fría, que posea las siguientes características: interior libre de posibles focos de ignición y disposición de sistemas alternativos de suministro energético para el caso de fallo de la fuente principal de energía.

No almacenar productos inflamables estables en refrigeradores domésticos o asegurarse que estos no posean ningún elemento eléctrico en su interior.

#### *Grupo 7: Pirofóricos*

Los pirofóricos arden espontáneamente en contacto con el aire y normalmente en contacto con el agua.

Cada compuesto pirofórico debe almacenarse en recipientes especiales, requiriendo, en

muchas ocasiones atmósferas inertes y secas. Un ejemplo es el fósforo blanco.

### *Grupo 8: Gases comprimidos, licuados o disueltos contenidos en botellas o botellones*

Deben estar:

- Almacenados en lugares ventilados
- Ubicados en el exterior
- Libres de toda fuente de ignición
- Colocados en posición vertical
- Debidamente protegidos para evitar su caída
- Separando físicamente los gases inflamables del resto y las botellas llenas de las vacías.

### ***Almacenamiento de pequeñas cantidades***

La estrategia de almacenamiento expuesta anteriormente es válida para todo tipo de almacenamiento aunque está orientada, fundamentalmente, al almacenamiento de un número variado de productos químicos en cantidades importantes. No obstante, existen almacenes de productos químicos que posean cantidad variada de ellos, pero siendo estas pequeñas.

En esta situación podemos simplificar la estrategia anteriormente presentada de esta manera:

Los inflamables compatibles o incompatibles con el agua (en término de inmiscibilidad) separados del resto y almacenados en un armario de seguridad en una zona ventilada y libre de focos de:

- Ignición
- Ácidos fuertes
- Bases fuertes
- Oxidantes fuertes
- Reductores fuertes
- Tóxicos que no posean ninguno de los riesgos anteriores. En tal caso se almacenarán con el grupo de riesgo correspondiente. Los muy tóxicos carcinogénicos, bajo control.
- Gases, aparte, preferiblemente en el exterior.
- Productos químicos de especial peligrosidad (incompatibles con el agua, pirofóricos, etc.), almacenados en las condiciones preventivas necesarias.
- Resto de productos sin riesgo específico.

Algunos criterios de seguridad en este campo son:

1. Disponer de instrucciones escritas de las prácticas de almacenamiento
2. Contar con hojas de seguridad
3. La ubicación correspondiente a los distintos tipos de productos químicos debe ilustrarse en un plano del depósito o sector de almacenamiento.
4. En un registro químico figurará la máxima cantidad permitida de todos los productos químicos en general y por clases.
5. Los protocolos químicos almacenados serán examinados periódicamente, al menos una vez al año.
6. Aquellos cuya vida útil hubiera expirado, estuvieran deteriorados o se encontraran en recipientes con fugas, deberán ser descartados en condiciones de seguridad.
7. Se utilizará un sistema de gestión de existencias: «primero en entrar, primero en salir».

### ***Requisitos en materia de etiquetado***

La etiqueta es un elemento esencial para la organización de los productos químicos almacenados.

Cuando ciertos productos peligrosos se recibieran en bidones o bolsas y volvieran a ser embalados, los nuevos envases deberán ser etiquetados de manera que el usuario pueda identificar la sustancia química y reconocer de inmediato sus riesgos.

Para el etiquetado y señalización existe el sistema de frases R y S que se debería implementar.

### ***Sistema de seguridad frases "R"***

<b>R1</b>	Explosivo en estado seco.
<b>R2</b>	Riesgo de explosión por choque, fricción, fuego u otras fuentes de ignición.
<b>R3</b>	Alto riesgo de explosión por choque, fricción, fuego u otras fuentes de ignición.
<b>R4</b>	Forma compuestos metálicos explosivos muy sensibles.
<b>R5</b>	Peligro de explosión en caso de calentamiento.
<b>R6</b>	Peligro de explosión en contacto o sin contacto con el aire.
<b>R7</b>	Puede provocar incendios.

**R8** Peligro de fuego en contacto con materias combustibles.

<b>R9</b>	Peligro de explosión al mezclar con materias combustibles.
<b>R10</b>	Inflamable.
<b>R11</b>	Fácilmente inflamable.
<b>R12</b>	Extremadamente inflamable.
<b>R14</b>	Reacciona violentamente con el agua.
<b>R15</b>	Reacciona con el agua liberando gases extremadamente inflamables.
<b>R16</b>	Puede explotar en mezcla con sustancias comburentes.
<b>R17</b>	Se inflama espontáneamente en contacto con el aire.
<b>R18</b>	Al usarlo pueden formarse mezclas aire-vapor explosivas/inflamables.
<b>R19</b>	Puede formar peróxidos explosivos.
<b>R20</b>	Nocivo por inhalación.
<b>R21</b>	Nocivo en contacto con la piel.
<b>R22</b>	Nocivo por ingestión.
<b>R23</b>	Tóxico por inhalación.
<b>R24</b>	Tóxico en contacto con la piel.
<b>R25</b>	Tóxico por ingestión.
<b>R26</b>	Muy tóxico por inhalación.
<b>R27</b>	Muy tóxico en contacto con la piel.
<b>R28</b>	Muy tóxico por ingestión.
<b>R29</b>	En contacto con agua libera gases tóxicos.
<b>R30</b>	Puede inflamarse fácilmente al usarlo.

**R31** En contacto con ácidos libera gases tóxicos.

<b>R32</b>	En contacto con ácidos libera gases muy tóxicos.
<b>R33</b>	Peligro de efectos acumulativos.
<b>R34</b>	Provoca quemaduras.
<b>R35</b>	Provoca quemaduras graves.
<b>R36</b>	Irrita los ojos.
<b>R37</b>	Irrita las vías respiratorias.
<b>R38</b>	Irrita la piel.
<b>R39</b>	Peligro de efectos irreversibles muy graves.
<b>R40</b>	Posibles efectos cancerígenos.
<b>R41</b>	Riesgo de lesiones oculares graves.
<b>R42</b>	Posibilidad de sensibilización por inhalación.
<b>R43</b>	Posibilidad de sensibilización en contacto con la piel.
<b>R44</b>	Riesgo de explosión al calentarlo en ambiente confinado.
<b>R45</b>	Puede causar cáncer.
<b>R46</b>	Puede causar alteraciones genéticas hereditarias.
<b>R48</b>	Riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada.
<b>R49</b>	Puede causar cáncer por inhalación.
<b>R50</b>	Muy tóxico para los organismos acuáticos.
<b>R51</b>	Tóxico para los organismos acuáticos.
<b>R52</b>	Nocivo para los organismos acuáticos.
<b>R53</b>	Puede provocar a largo plazo efectos negativos en el medio ambiente acuático.

**R54** Tóxico para la flora.

<b>R55</b>	Tóxico para la fauna.
<b>R56</b>	Tóxico para los organismos del suelo.
<b>R57</b>	Tóxico para las abejas.
<b>R58</b>	Puede provocar a largo plazo efectos negativos en el medio ambiente.
<b>R59</b>	Peligroso para la capa de ozono.
<b>R60</b>	Puede perjudicar la fertilidad.
<b>R61</b>	Riesgo durante el embarazo de efectos adversos para el feto.
<b>R62</b>	Posible riesgo de perjudicar la fertilidad.
<b>R63</b>	Posible riesgo durante el embarazo de efectos adversos para el feto.
<b>R64</b>	Puede perjudicar a los niños alimentados con leche materna.
<b>R65</b>	Nocivo: si se ingiere puede causar daño pulmonar.
<b>R66</b>	La exposición repetida puede provocar sequedad o formación de grietas en la piel.
<b>R67</b>	La inhalación de vapores puede provocar somnolencia y vértigo.
<b>R68</b>	Posibilidad de efectos irreversibles.

### **Combinación de frases R**

R48/21 Nocivo: riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada por contacto con la piel.

<b>R14/15</b>	Reacciona violentamente con el agua, liberando gas extremadamente inflamable.
<b>R15/29</b>	En contacto con el agua, libera gases tóxicos y extremadamente inflamables.
<b>R20/21</b>	Nocivo por inhalación y en contacto con la piel
<b>R20/22</b>	Nocivo por inhalación y por ingestión.

**R20/21/22** Nocivo por inhalación, por ingestión y en contacto con la piel.

<b>R21/22</b>	Nocivo en contacto con la piel y por ingestión.
<b>R23/24</b>	Tóxico por inhalación y en contacto con la piel.
<b>R23/25</b>	Tóxico por inhalación y por ingestión.
<b>R23/24/25</b>	Tóxico por inhalación, por ingestión y en contacto con la piel.
<b>R24/25</b>	Tóxico en contacto con la piel y por ingestión.
<b>R26/27</b>	Muy tóxico por inhalación y en contacto con la piel.
<b>R26/28</b>	Muy tóxico por inhalación y por ingestión.
<b>R26/27/28</b>	Muy tóxico por inhalación, por ingestión y en contacto con la piel.
<b>R27/28</b>	Muy tóxico en contacto con la piel y por ingestión.
<b>R36/37</b>	Irrita los ojos y las vías respiratorias.
<b>R36/38</b>	Irrita los ojos y la piel.
<b>R36/37/38</b>	Irrita los ojos, la piel y las vías respiratorias.
<b>R37/38</b>	Irrita las vías respiratorias y la piel.
<b>R39/23</b>	Tóxico: peligro de efectos irreversibles muy graves por inhalación.
<b>R39/24</b>	Tóxico: peligro de efectos irreversibles muy graves por contacto con la piel.
<b>R39/25</b>	Tóxico: peligro de efectos irreversibles muy graves por ingestión.
<b>R39/23/24</b>	Tóxico: peligro de efectos irreversibles muy graves por inhalación y contacto con la piel.
<b>R39/23/25</b>	Tóxico: peligro de efectos irreversibles muy graves por inhalación e ingestión.

**R39/24/25** Tóxico: peligro de efectos irreversibles muy graves por contacto con la piel e ingestión.

<b>R39/23/24/25</b>	Tóxico: peligro de efectos irreversibles muy graves por inhalación, contacto con la piel e ingestión.
<b>R39/26</b>	Muy tóxico: peligro de efectos irreversibles muy graves por inhalación.
<b>R39/27</b>	Muy tóxico: peligro de efectos irreversibles muy graves por contacto con la piel.
<b>R39/28</b>	Muy tóxico: peligro de efectos irreversibles muy graves por ingestión.
<b>R39/26/27</b>	Muy tóxico: peligro de efectos irreversibles muy graves por inhalación y contacto con la piel.
<b>R39/26/28</b>	Muy tóxico: peligro de efectos irreversibles muy graves por inhalación ingestión.
<b>R39/27/28</b>	Muy tóxico: peligro de efectos irreversibles muy graves por contacto con la piel e ingestión.
<b>R39/26/27/28</b>	Muy tóxico: peligro de efectos irreversibles muy graves por inhalación, contacto con la piel e ingestión.
<b>R42/43</b>	Posibilidad de sensibilización por inhalación y en contacto con la piel.
<b>R48/20</b>	Nocivo: riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada por inhalación.
<b>R48/21</b>	Nocivo: riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada por contacto con la piel.
<b>R48/22</b>	Nocivo: riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada por ingestión.
<b>R48/20/21</b>	Nocivo: riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada por inhalación y contacto con la piel.

**R48/20/22** Nocivo: riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada por inhalación e ingestión.

<b>R48/21/22</b>	Nocivo: riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada por contacto con la piel e ingestión.
<b>R48/20/21/22</b>	Nocivo: riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada por inhalación, contacto con la piel e ingestión.
<b>R48/23</b>	Tóxico: riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada por inhalación.
<b>R48/24</b>	Tóxico: riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada por contacto con la piel.
<b>R48/25</b>	Tóxico: riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada por ingestión.
<b>R48/23/24</b>	Tóxico: riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada por inhalación y contacto con la piel.
<b>R48/23/25</b>	Tóxico: riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada por inhalación e ingestión.
<b>R48/24/25</b>	Tóxico: riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada por contacto con la piel e ingestión.
<b>R48/23/24/25</b>	Tóxico: riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada por inhalación, contacto con la piel e ingestión.
<b>R50/53</b>	Muy tóxico para los organismos acuáticos, puede provocar a largo plazo efectos negativos en el medio ambiente acuático.
<b>R51/53</b>	Tóxico para los organismos acuáticos, puede provocar a largo plazo efectos negativos en el medio ambiente acuático.
<b>R52/53</b>	Nocivo para los organismos acuáticos, puede provocar a largo plazo efectos negativos en el medio ambiente acuático.
<b>R68/20</b>	Nocivo: posibilidad de efectos irreversibles por inhalación.
<b>R68/21</b>	Nocivo: posibilidad de efectos irreversibles por contacto con la piel.

<b>R68/22</b>	Nocivo: posibilidad de efectos irreversibles por ingestión.
<b>R68/20/21</b>	Nocivo: posibilidad de efectos irreversibles por inhalación y contacto con la piel.
<b>R68/20/22</b>	Nocivo: posibilidad de efectos irreversibles por inhalación e ingestión.
<b>R68/21/22</b>	Nocivo: posibilidad de efectos irreversibles en contacto con la piel e ingestión.
<b>R68/20/21/22</b>	Nocivo: posibilidad de efectos irreversibles por inhalación, contacto con la piel e ingestión.

### **Sistema de seguridad Frases "S"**

<b>S 1</b>	Guardar bajo llave.
<b>S 2</b>	Mantener fuera del alcance de los niños.
<b>S 3</b>	Conservar en sitio fresco.
<b>S 4</b>	Guardar fuera de espacios habitados.
<b>S 5</b>	Conservar bajo... (Líquido apropiado: véase etiqueta).
<b>S 6</b>	Conservar bajo... (Gas inerte: véase etiqueta).
<b>S 7</b>	Tener el recipiente bien cerrado.
<b>S 8</b>	Tener el recipiente en sitio seco.
<b>S 9</b>	Tener el recipiente en sitio ventilado.
<b>S 10</b>	Mantener el producto en estado húmedo.
<b>S 11</b>	Evitar contacto con aire.
<b>S 12</b>	No cerrar herméticamente el recipiente.
<b>S 13</b>	Mantener lejos de alimentos, bebidas y piensos.
<b>S 14</b>	Conservar lejos de... (Sustancias incompatibles: véase etiqueta).

**S 15** Mantener lejos del calor.

<b>S 16</b>	Mantener lejos de fuentes de ignición - No fumar.
<b>S 17</b>	Mantener lejos de materiales combustibles.
<b>S 18</b>	Manipular y abrir el recipiente con cuidado.
<b>S 19</b>	—
<b>S 20</b>	No comer ni beber durante la manipulación.
<b>S 21</b>	No fumar durante la manipulación.
<b>S 22</b>	Evitar respirar el polvo.
<b>S 23</b>	Evitar respirar los gases/humos/vapores/aerosoles.
<b>S 24</b>	Evitar contacto con la piel.
<b>S 25</b>	Evitar contacto con los ojos.
<b>S 26</b>	En caso de contacto con los ojos, lavar inmediatamente y abundantemente con agua y acudir al médico.
<b>S 27</b>	Quitarse inmediatamente la ropa contaminada o empapada.
<b>S 28</b>	En caso de contacto con la piel, lavarse inmediatamente y abundantemente con... (Productos adecuados: véase etiqueta).
<b>S 29</b>	No tirar residuos por los desagües.
<b>S 30</b>	Nunca verter agua sobre este producto.
<b>S 31</b>	Mantener lejos de materiales explosivos.
<b>S 32</b>	—
<b>S 33</b>	Evitar la acumulación de cargas electrostáticas.
<b>S 34</b>	Evitar choque o frote.
<b>S 35</b>	Eliminar los residuos del producto y sus recipientes con todas las precauciones posibles.

**S 36** Llevar ropa de protección durante la manipulación.

<b>S 37</b>	Llevar guantes de protección apropiados.
<b>S 38</b>	En caso de ventilación insuficiente, llevar máscara adecuada.
<b>S 39</b>	Protegerse los ojos/la cara.
<b>S 40</b>	Para limpiar el piso y los objetos contaminados por este producto, utilizar... (Véase datos en la etiqueta).
<b>S 41</b>	En caso de incendio y/o de explosión, no respirar los humos.
<b>S 42</b>	Durante las fumigaciones/pulverizaciones, utilizar máscara adecuada.
<b>S 43</b>	En caso de incendio utilizar... (Los medios de extinción: véase etiqueta).
<b>S 44</b>	En caso de malestar acudir al médico (Si es posible, mostrarle la etiqueta).
<b>S 45</b>	En caso de accidente o de malestar acudir inmediatamente al médico (Si es posible, mostrarle la etiqueta).
<b>S 46</b>	En caso de ingestión visitar inmediatamente al médico y mostrar el envase o la etiqueta.
<b>S 47</b>	No conservar a temperaturas superiores a... °C (Véase etiqueta).
<b>S 48</b>	Conservar húmedo con... (Véase etiqueta).
<b>S 49</b>	Conservar solo en el recipiente original.
<b>S 50</b>	No mezclar con... (Véase etiqueta).
<b>S 51</b>	Utilizar solo en zonas bien ventiladas.
<b>S 52</b>	No utilizar en grandes superficies para cuartos y salas de descanso

**Combinación de las Frases «S»**

---

**S 1/2** Guardar bajo llave y fuera del alcance de los niños.

<b>S 3/7/9</b>	Tener el recipiente bien cerrado en lugar fresco y bien ventilado.
<b>S 3/9</b>	Tener el recipiente en lugar fresco y ventilado.
<b>S 3/9/14</b>	Conservar en sitio fresco, bien ventilado, lejos de... (Sustancias incompatibles: véase etiqueta).
<b>S 3/9/14/49</b>	Conservar solo en el recipiente original en sitio fresco, bien ventilado, lejos de... (Sustancias incompatibles: véase etiqueta).
<b>S 3/9/49</b>	Conservar solo en el recipiente original en sitio fresco, bien ventilado.
<b>S 3/14</b>	Conservar en sitio fresco, lejos de... (Sustancias incompatibles: véase etiqueta).
<b>S 7/8</b>	Tener el recipiente bien cerrado en sitio seco.
<b>S 7/9</b>	Tener el recipiente bien cerrado en lugar bien ventilado.
<b>S 20/21</b>	No comer, beber ni fumar durante la manipulación.
<b>S 24/25</b>	Evitar contacto con los ojos y la piel.
<b>S 36/37</b>	Llevar guantes y ropa de protección adecuadas durante la manipulación.
<b>S 36/37/39</b>	Llevar ropa, guantes y gafas o máscara de protección adecuadas durante la manipulación.
<b>S 36/39</b>	Llevar ropa y gafas o máscara de protección adecuadas durante la manipulación.
<b>S 37/39</b>	Llevar guantes y gafas o máscara de protección adecuadas durante la manipulación.
<b>S 47/49</b>	Conservar solo en el recipiente original a una temperatura no superior a... °C (Véase etiqueta).

## 8.6. Sustancias explosivas

En esta categoría se incluyen todas las sustancias químicas, productos pirotécnicos y cerillas

que son explosivos per se.

También otras sustancias, como las sales metálicas sensibles que, por sí mismas, en ciertas mezclas o sometidas a determinadas condiciones de temperatura, choque, fricción o acción química, pueden transformarse y experimentar una reacción explosiva.

## **8.7. Sustancias oxidantes**

Constituyen fuentes de oxígeno y, por tanto, son capaces de facilitar la combustión e intensificar la violencia de un incendio. Si los envases de los materiales oxidantes se han deteriorado, su contenido puede mezclarse con otras sustancias combustibles y provocar una ignición.

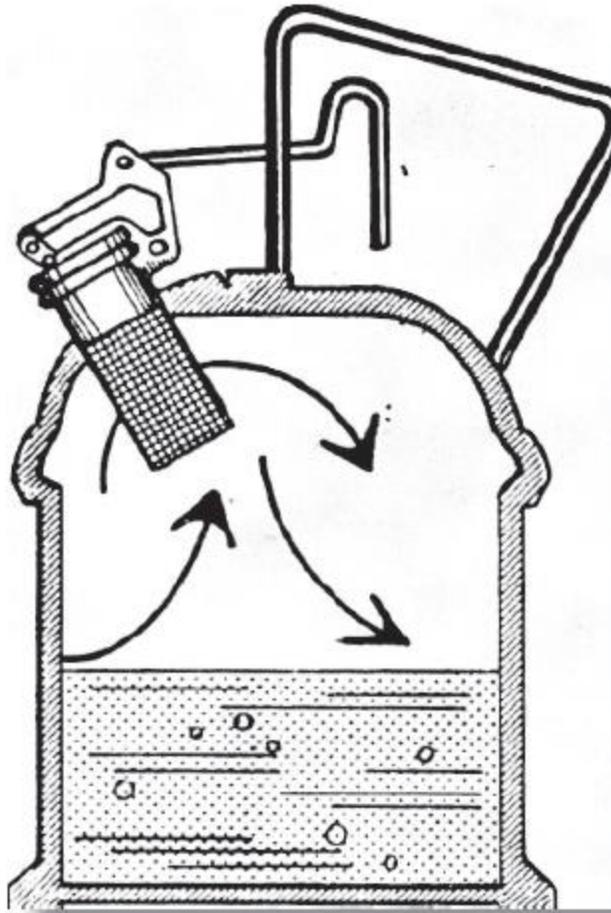
## **8.8. Sustancias inflamables**

El hidrógeno, el propano, el butano, el etileno, el acetileno, el ácido sulfhídrico y el gas de carbón, se encuentran entre los gases inflamables más comunes. Algunos como el cianuro de hidrógeno y el cianógeno son inflamables y tóxicos.

Los materiales inflamables deben conservarse en lugares suficientemente frescos para evitar igniciones accidentales si los vapores se mezclan con el aire.

Los vapores de disolventes inflamables pueden ser más pesados que el aire y moverse a ras de suelo hasta una fuente de ignición distante. Es esencial la prohibición de fumar y de generar llamas abiertas en los lugares en que se manipulan o almacenan dichos disolventes.

Los bidones de seguridad portátiles son los recipientes más seguros para almacenar sustancias inflamables. Los volúmenes superiores a un (1) litro deben depositarse en envases de metal específicos.



*Tapa a resorte adecuadamente diseñada para evacuar el exceso de presión.*

El área de almacenamiento debe situarse alejada de toda fuente de calor o de riesgo de incendio. Las sustancias inflamables deben conservarse separadas de agentes oxidantes potentes y de materiales susceptibles de combustión espontánea.

Cuando se almacenen líquidos de volatilidad elevada, deben instalarse aparatos y dispositivos eléctricos de iluminación antideflagrante y antiexplosiva certificadas y no se permitirá la generación de llamas abiertas en el lugar de almacenamiento o cerca de este.

Se dispondrá, además de extintores de incendios, materiales inertes absorbentes, como arena, para su utilización en situaciones de emergencia.

## **8.9. Sustancias tóxicas**

Las sustancias químicas tóxicas deben conservarse en áreas frescas y bien ventiladas, lejos de fuentes de calor, ácidos, humedad y sustancias oxidantes.

Los compuestos volátiles deben almacenarse en refrigeradores que no generen chispas (-20 ° C), para evitar la evaporación.

Puesto que los envases pueden sufrir fugas, las salas de almacenamiento deben equiparse

con campanas de evacuación de humos u otros dispositivos de ventilación local equivalentes.

Los envases abiertos deben cerrarse con cinta u otro elemento obturador antes de su recolocación en la sala de almacenamiento.

Las sustancias que pueden reaccionar químicamente entre sí, deben mantenerse en ubicaciones separadas.

## 8.10. Sustancias corrosivas

Son ejemplos típicos el ácido fluorhídrico, el ácido clorhídrico, el ácido sulfúrico, el ácido nítrico, el ácido fórmico y el ácido perclórico. Estos materiales pueden dañar sus recipientes y propagarse en la atmósfera del área de almacenamiento; algunos son volátiles y otros reaccionan violentamente con la humedad, la materia orgánica u otras sustancias químicas. Los vapores de ácido pueden corroer los materiales estructurales y los equipos y ejercer una acción tóxica sobre el personal.

Este tipo de sustancias deben mantenerse a baja temperatura, pero muy por encima de su punto de congelación, ya que un compuesto como el ácido acético puede congelarse a una temperatura relativamente alta, romper su envase y propagarse cuando la temperatura vuelva a superar dicho punto.

Asimismo, algunas sustancias corrosivas pueden tener otras propiedades peligrosas: por ejemplo, el ácido perclórico que, además de ser sumamente corrosivo, constituye un potente agente oxidante capaz de causar incendios y explosiones.

El agua regia presenta tres características peligrosas:

- a. Combina las propiedades corrosivas de sus dos componentes: el ácido clorhídrico y el ácido nítrico.
- b. Es un agente oxidante muy potente.
- c. Una aplicación limitada de calor basta para dar lugar a la formación de cianuro de cloro, un gas de gran toxicidad.

No se debe utilizar una misma área para el almacenamiento simultáneo de ácido nítrico y ácido sulfúrico.

En ocasiones, es necesario depositar líquidos corrosivos y tóxicos en envases especiales: por ejemplo, el ácido fluorhídrico debe conservarse en botellas de plomo, gutapercha o de ozokerite refinada. Puesto que este ácido interactúa con el vidrio, no debe almacenarse cerca de bombonas de este material o de barro que contengan otros ácidos.

Las bombonas que contengan ácido corrosivo deben envasarse con diatomita (tierra de infusorios), otro material inorgánico aislante eficaz

## 8.11. Manipulación de productos de aseo

Debido a que la manipulación de productos de aseo genera un sin número de riesgos no solo en las empresas sino también en los hogares, se transcribe a continuación el resumen preparado por Ricardo Galeano Parra del SISTEMA SURATEP sobre este aspecto importante:

Producto	Peligros	Almacene lejos y nunca lo mezcle con:	Precauciones
Ácido muriático (ácido clorhídrico).	Corrosivo destruye los tejidos de piel, ojos y vías respiratorias. Erosiona el esmalte dental. Perfora el tabique.	Soda cáustica, amoníaco, metales, ácidos, thinner, varsol.	Evite tocarlo u oler sus vapores, almacene muy bien tapado. Nunca lo caliente, ni siquiera ligeramente.
Amoníaco en solución	Corrosivo, muy irritante de la piel, ojos y vías respiratorias. Causa graves quemaduras.	Ácido muriático, soda cáustica, blanqueador, metales.	Evite olerlo o tocarlo, no mezcle con otros productos, no lo caliente, úselo en sitios ventilados.
Blanqueador (hipoclorito de sodio al 5%, cloros, límpido, decol, hipoclorito, patojito).	Corrosivo, causa graves quemaduras en piel y ojos. Mezclado con otras sustancias libera gas cloro tóxico y corrosivo.	Ácido muriático. Almacene bien protegido de la luz y del calor.	No se encierre a limpiar con este producto. No lo mezcle con jabón detergente, ni ningún otro producto.
Soda cáustica (hidróxido de sodio, diablo rojo, easy Q, destapón).	Corrosivo. Destruye los tejidos. Provoca quemaduras graves.	Metales, Thinner, varsol, ácido muriático.	Evite cualquier contacto, para diluirlo agregue soda al agua y no al contrario.

Detergente

Irrita los ojos. Si se ingiere puede causar

Blanqueador, soda

No provoque

alpicaduras

líquido

dolor, vómito y  
diarrea.

cáustica,  
ácido  
muriático.

Use solamente la  
cantidad necesaria.

Detergente en polvo	Irrita los ojos. Reseca la piel.	Blanqueador, soda cáustica, ácido muriático, líquidos inflamables.	Evite el contacto con ojos o piel. No salpique al diluirlo.
Cera	Reseca la piel. Es altamente combustible.	Blanqueador, soda cáustica, ácido muriático, líquidos inflamables.	Evite contacto con la piel. Evite las fuentes de calor y las llamas. Ventile después de aplicar.
Limpiavidrios	Irrita ojos y piel.	Blanqueador, soda cáustica, ácido muriático.	Evite el contacto. Use poca cantidad.
Ambientador spray	Produce alergia respiratoria. Irrita los ojos. Puede estallar con el calor.	Blanqueador, soda cáustica, ácido muriático y de fuentes de calor.	No respire la niebla, aplique poca cantidad, ventile después de aplicarlo. No lo caliente.
Gasolina	Líquido inflamable. Irritante de piel y ojos. Puede causar edema pulmonar.	Blanqueador, ácido muriático, El sitio debe tener buena ventilación.	No la use para aseo. No respire sus vapores. Evite el contacto con la piel. Evite calor, llamas y chispas.

el aseo. Úselo solamente para

Líquido inflamable,  
peligro de incendio.

Blanqueador,  
ácido  
muriático.

No se recomienda para

Thinner	Causa dolor de cabeza, cansancio y desmayo. Irrita la piel.	Elimine toda fuente de calor, llamas y chispas.	remove manchas pequeñas de pintura. Evite calor, chispas o llamas.
---------	---	---	--

Varsol	Líquido inflamable. Causa dolor de cabeza, confusión, somnolencia. El contacto con ropa húmeda causa ampollas.	Blanqueador, ácido muriático. Elimine toda fuente de calor, llamas o chispas.	Nunca lo use para limpiar pisos, paredes ni muebles. No respire los vapores. Evite calor, chispas, llamas.
--------	--	---	--

## 8.12. Legislación

Según el Decreto 1832 de 1994 se realiza una nueva clasificación de enfermedades profesionales por parte del Ministerio de la Protección Social.

- En el capítulo VIII de la Resolución 24 de 1979 artículos 153 a 154 se habla de las concentraciones máximas permisibles.
- En el capítulo IX de la misma Resolución lo referente a contaminación ambiental, entre los artículos 155 y 162.
- En el capítulo décimo, de la Resolución 2400/79, se plantean las normas sobre sustancias infecciosas y tóxicas, entre los artículos 163 y 165.

## 8.13. Técnicas de muestreo

El Ministerio de la Protección Social elaboró el documento técnico: “Estrategias de muestreo para sustancias químicas”, en el cual se describe el equipo y los procedimientos necesarios para la toma de muestras de metales empleando filtros de membrana de éster de celulosa (MEC), bombas de succión señalando el procedimiento analítico de laboratorio adecuado.

El reglamento toma como base los procedimientos de muestreo recomendados por NIOSH y OSHA; además de tener en cuenta los tipos de equipos empleados e indicados por estos organismos y que permiten una aflicción sencilla con la posibilidad del empleo de nuevas tecnologías que vayan surgiendo en el campo de la Higiene Ocupacional.

El reglamento incluye los procedimientos de calibración de los equipos y de las medidas aplicables para el control de los contaminantes químicos en forma de partículas o de humos metálicos.

A lo largo del documento se definen las estrategias de muestreo, reconocimiento, actividades previas, durante y posteriores al reconocimiento, criterios de priorización, definición de puntos y número de muestras por punto, garantías para el muestreo, tipo de muestras, cantidad de la muestra, trabajadores a muestrear, equipos y accesorios utilizados, medios de retención, equipos de secada y pesaje, equipos para calibración, mantenimiento de los equipos, medidas de campo, toma de muestras y todos los elementos que intervienen dentro del muestreo para sustancias químicas.

Además elaboró el Reglamento Técnico para Evaluación de Humos Metálicos de Soldadura; Reglamento Técnico para Polvo de Sílice, y Reglamento Técnico para Evaluación de Gases Anestésicos, documentos que deben ser estudiados antes de realizar cualquier tipo de intervención en los riesgos químicos.

# Bibliografía

ARSEG, Compendio de normas legales en Colombia sobre Salud Ocupacional, Bogotá, Junio 2005.

AGUIRRE, Eduardo. Seguridad Integral en las organizaciones, Editorial Trillas, México, 1986.

BONASTRE, Ramón et alter. Manual de Seguridad y Salud en el Trabajo, Editorial Ariel, Barcelona, 1996.

CABEZAS MARTA ET ALTER. Factor de riesgo químico, solventes, Facultad de Salud, Universidad del Valle, Cali, 2006.

CASTRO, F. Técnica Básica de la Seguridad e Higiene en el Trabajo, Ed. Labor S.A, Barcelona, 1970.

CORTÉS, José María. Seguridad e higiene en el Trabajo, 3 edición, Alfaomega, México, 2002.

DELA COLETA, José A. Accidentes de trabajo, Cincol Ltda., Medellín, 1991.

DENTON, Keith. Seguridad Industrial, McGraw-Hill, México, 1988.

ECO, Plaguicidas. Módulo de adiestramiento 2, Hernán Sandoval Orellana, Editor, México, 1983.

GOETSCH, David. Administración de la Seguridad Total, Prentice Hall hispanoamericana, México, 1998.

ICONTEC. Sistema de Gestión y Salud Ocupacional y otros documentos complementarios, Icontec, Bogotá, 2004.

INSTITUTO DE SEGUROS SOCIALES. Curso de Salud Ocupacional, ISS Atlántico, Dovel, Barranquilla, 1985

ISSN, Facts, Agencia Europea para la seguridad y la salud en el trabajo, Números 39, 40. Madrid, 2002.

NFPA; Norma 704, Rotulado de sustancias químicas.

LETAYF, Jorge, et al. Seguridad, higiene y Control Ambiental, McGraw- Hill, Bogotá, 1998.

P. SAENZ-GALLÉN et Alter. Manual de Salud Laboral, Springer-Verlag Ibérica, Barcelona, 1995.

RAMOS A ALFREDO. Manejo Seguro de Plaguicidas, Andi- Seguros Sociales, Produmedios, Bogotá D.C., 1998.

RODELLAR, Adolfo. Seguridad e Higiene en el trabajo, Alfaomega, México, 1999.

RUBIO, Juan Carlos. Gestión de la Prevención de Riesgos Laborales, Díaz DE SANTOS, Madrid, 2002.

SANZ Luz M. Ergonomía y Diseño de Productos, Editorial Universidad Pontificia Bolivariana, 1 Edición, Medellín, 2005.

VÁSQUEZ, Heliodoro. Productividad y Seguridad en el trabajo, Editorial Diana, México, 1992.

## Acerca del autor

### **Fernando Henao Robledo**

Ingeniero mecánico de la Universidad Tecnológica de Pereira, 1971; ingeniero de Salud ocupacional del ISS, Caldas 1972-2002; especialista en Salud ocupacional de la Universidad de Antioquia, 1999; profesional en Salud ocupacional de la Universidad del Quindío, 1999.

Elaboró las siguientes normas técnicas: Calderas, Seguridad Hospitalaria, Sierras Circulares para madera y Planeadoras.

Autor de: Límites máximos permisibles; Codificación en salud ocupacional; Estadística aplicada a la salud ocupacional; Riesgos Físicos I, ruido, vibraciones y presiones anormales; Riesgos Físicos II, iluminación; Riesgos Físicos III, temperaturas extremas y ventilación; Riesgos eléctricos y mecánicos; Riesgos químicos; y Riesgos en la construcción.

# Sistema de Información en Línea

www.ecoediciones.com



## Bienvenido

Estimado lector, en esta página se encuentra el serial de registro al Sistema de Información en Línea (SIL) de Ecoe Ediciones.

Si ingresa al sistema usted podrá:

- Obtener información adicional sobre los libros adquiridos de nuestro fondo.
- Consultar y descargar actualizaciones permanentes de los textos.

Instrucciones para registrarse en el Sistema de Información en Línea - SIL - de Ecoe Ediciones

1. Ingrese a [www.ecoediciones.com](http://www.ecoediciones.com) y haga clic en - SIL-
2. Regístrese en el SIL completando la información solicitada.
3. El sistema le enviará un correo electrónico para que confirme su registro.
4. Una vez registrado, el usuario siempre será su e-mail y tenga en cuenta la clave de acceso para futuras consultas. Solo puede registrarse una vez.

Serial de registro:

**EBPOD-0077**

# Riesgos químicos



La evaluación de los riesgos originados por los agentes químicos en los lugares de trabajo es una de las obligaciones establecidas para los empresarios. Dicha evaluación es compleja, no solo porque los agentes químicos tienen propiedades peligrosas muy diversas, que conllevan distintos tipos de riesgos, sino también porque estos agentes están presentes en una amplia variedad de actividades laborales ya sea por un uso intencionado o no.

El hecho de que algunos químicos puedan producir efectos sobre la salud a largo plazo complica aún más su evaluación y control. Por ello, los métodos simplificados de evaluación se han desarrollado considerablemente en los últimos años y están adquiriendo un papel importante cuando se trata el riesgo químico; además se han integrado dentro del esquema general de actuación preventiva.

Este libro es una guía para prevenir, reconocer el factor de riesgo, valorar y llevar a la práctica las medidas correctivas necesarias para evitar accidentes con productos químicos.

**Colección:** Ingeniería y salud en el trabajo

**Área:** Seguridad y salud en el trabajo

**ECOE**  
EDICIONES



[www.ecoediciones.com](http://www.ecoediciones.com)