

EVALUACION DE RIESGOS
PARA LA SALUD PUBLICA
ASOCIADOS CON
ACCIDENTES CAUSADOS
POR AGENTES QUIMICOS

V. SILANO

1985



CENTRO PANAMERICANO DE ECOLOGIA HUMANA Y SALUD
ORGANIZACION PANAMERICANA DE LA SALUD
ORGANIZACION MUNDIAL DE LA SALUD

ISBN 92 75 37010 9

EVALUACION DE RIESGOS PARA LA
SALUD PUBLICA ASOCIADOS CON
ACCIDENTES CAUSADOS POR
AGENTES QUIMICOS

VITTORIO SILANO

Departamento de Toxicología Comparativa
Istituto Superiore di Sanità
Viale Regina Elena 299
00136 Roma
ITALIA

2a. edición corregida 1985

La publicación de esta segunda edición corregida fue financiada con la donación AM-IPC-DPR/30/PG/85/550/AMR/85/002753 de la Agencia para el Desarrollo Internacional de Estados Unidos (USAID) a través del Programa para Preparación para Emergencias y Alivio de Desastres de la Organización Panamericana de la Salud (OPS/OMS).

CONTENIDO

I.	INTRODUCCION	5
II.	TIPOS DE ACCIDENTES QUIMICOS	6
III.	EVALUACION DE RIESGOS	7
III. 1	Identificación y análisis de fuentes de riesgos	8
III. 2	Identificación y análisis de áreas vulnerables	9
III. 3	Evaluación de riesgos	9
IV.	SELECCION DEL REMEDIO	10
V.	ESTUDIO RETROSPECTIVO DE ACCIDENTES QUIMICOS	10
V. 1	Utilidad y aplicaciones	10
V. 2	Limitaciones	13
V. 3	Adquisición de datos	13
VI.	CONCLUSION	15
VII.	REFERENCIAS	17
VIII.	CUADROS Y FIGURAS	19
IX.	ANEXO 1. Resumen del documento provisional de EURO/WHO sobre "Respuesta a accidentes causados por agentes químicos".	35
X.	ANEXO 2. Lista provisional de contenido del documento EURO/WHO sobre "La rehabilitación que sigue a la ocurrencia de accidentes en los que se encuentran involucrados agentes químicos riesgosos y potencialmente tóxicos".	41
XI.	ANEXO 3. Lista/cuestionario para la obtención de datos necesarios para realizar una encuesta de riesgos en instalaciones estacionarias.	49
XII.	ANEXO 4. Protocolo para la adquisición de datos para estudios retrospectivos de accidentes químicos.	59

I. INTRODUCCION

El constante incremento de volumen y diversidad de productos químicos que están siendo extraídos, manufacturados, vendidos, almacenados, usados o desechados, crea una probabilidad creciente y significativa de accidentes que involucran el escape de productos químicos potencialmente tóxicos. Por lo tanto, no es sorprendente que el incremento exponencial en el número de accidentes químicos haya sido documentado.¹

Los accidentes químicos pueden afectar la salud humana causando mortandad y morbilidad entre la gente afectada, enfermedades causadas por accidentes químicos diferentes de los problemas causados en forma inmediata. Para enfermedades retardadas, tal asociación requeriría un estudio clínico y una observación epidemiológica durante muchos años después del accidente. Los accidentes químicos también pueden afectar las actividades humanas y/u organismos y sistemas del medio ambiente.

Considerando el posible daño que la exposición a los productos químicos potencialmente tóxicos puede causar a la salud humana y al medio ambiente, es preciso que todos los países elaboren mecanismos para tratar eficazmente tales accidentes. La mayoría de los países tiene una especie de sistema de auxilio para emergencias en accidentes naturales, pero la mayoría de estos sistemas no está preparada para las necesidades adicionales de información y pericia asociadas con un escape accidental de productos químicos tóxicos. En realidad, en tal circunstancia, también es necesario saber las propiedades tóxicas, físicas y químicas de la fuga de productos químicos, los niveles de riesgo a los cuales están expuestos los seres humanos y las posibles maneras de tratarlos.

Esta situación exige una mejor preparación para emergencias causadas por agentes químicos, particularmente en los países caracterizados por un crecimiento rápido de la industria agrícola, de la producción minera y metalúrgica y de la industria de transformación química y energética, donde es más probable que se presenten situaciones que propician accidentes químicos.

Después de que un accidente químico ha tenido lugar, hay cuatro fases de actividad que siguen (Fig. 1): (I) la fase de emergencia, que normalmente se lleva a cabo en muy poco tiempo; (II) la fase de continuación, la cual es la verdadera sustancia de las actividades de reacción a emergencias y que puede continuar por horas o aun por días; (III) la fase de limpieza final, la cual tarda un poco más y está muy relacionada a las estrategias para la rehabilitación; y (IV) la fase de rehabilitación que puede tardar semanas, meses o aun años para llevarse a cabo.

La preparación para emergencias causadas por agentes químicos (Fig. 1) se refiere a todos los documentos, actividades, acuerdos formales e informales y los arreglos hechos con las sociedades a fin de reducir la probabilidad de accidentes en los cuales se involucre la liberación de agentes químicos y se disminuya también la severidad de los trastornos causados por los accidentes.² Después de ocurrido un accidente causado por agentes químicos, hay tres fases de actividad que siguen (Fig. 1): (i) la *fase de emergencia*, la cual puede concluir en un lapso relativamente corto; (ii) la *fase de seguimiento*, la cual constituye la verdadera sustancia de las actividades de respuesta y que puede continuar durante varios días y; (iii) la *fase de rehabilitación*, la cual puede desarrollarse durante semanas, meses y aún años.

Para que estas actividades sean exitosas y oportunamente realizadas, se requiere una planificación precisa antes de que ocurra un accidente, para poder desarrollar sistemas eficaces para reaccionar a emergencias específicas y para realizar una rehabilitación de la gente y las áreas afectadas después de un accidente. El paso primero y clave para todas las actividades destinadas a controlar los accidentes químicos es la evaluación de los riesgos de accidente impuestos en una comunidad por las instalaciones, los desarrollos y/o las operaciones que tienen que ver con productos químicos que son potencialmente tóxicos.

Esta evaluación consiste de tres etapas conceptualmente diferentes:

- (i) *identificación y análisis de fuentes de riesgos*, por ejemplo, cualquier situación que tiene potencial para causar daños a la vida, las propiedades y/o al medio ambiente;
- (ii) *identificación y análisis de áreas vulnerables*, por ejemplo, la susceptibilidad de la vida, las propiedades y/o del medio ambiente al daño, si se manifiesta su potencial.
- (iii) *evaluación de riesgos*, por ejemplo, la probabilidad de que un riesgo se manifieste y que se presenten daños a la vida, las propiedades y/o al medio ambiente.^{3,4}

WHO/EURO, trabajando de parte del Programa Internacional de Seguridad Química, ya ha producido lineamientos para ayudar a países a desarrollar estrategias en la preparación de sistemas eficaces de planificación contingente para responder a emergencias específicas,² y para desarrollar sistemas adecuados de rehabilitación después de accidentes químicos.³ Este papel está dedicado a una discusión de planteamientos en perspectiva y retrospectivos para la evaluación de peligros asociados con accidentes químicos.

II CLASES DE ACCIDENTES QUIMICOS

Los accidentes químicos pueden surgir en una variedad de maneras y no hay dos accidentes exactamente iguales. Algunas de las clases más importantes son:

- desastre/explosión en una planta o en un almacén.
- accidente durante el transporte de productos químicos.
- uso erróneo de productos químicos que resulta en la contaminación de alimentos o del medio ambiente.
- manejo inadecuado de desechos.

Hay diferencias entre accidentes como explosiones, o en accidentes de transporte en los que se involucran vehículos de carretera o marítimos que se derivan de fuentes fácilmente identificables, y aquellos accidentes que se derivan de fuentes que no han sido identificadas, tales como un contaminante desconocido en un lote de alimentos. Obviamente, una fuente identificable normalmente va a ser más fácil de evaluar en términos de riesgos asociados, o contener y controlar, que en el caso de una fuente desconocida. Las mismas consideraciones se pueden hacer para fuentes de accidentes no localizadas.

Un bosquejo general de las posibles combinaciones de fuentes conocidas y desconocidas, de productos químicos conocidos y desconocidos, relacionadas con fuentes localizadas o no, se ve en la Fig. 2. La combinación más difícil de evaluar en términos de riesgos asociados y para controlar es II-2-B, una fuente no determinada de un producto químico desconocido; la más fácil es I-1-A, una fuente identificada de un producto químico conocido. Un ejemplo de la primera puede ser un depósito de desechos abandonado o peligroso, donde no se sabe ni el grado de contaminación, ni los productos químicos involucrados. Un ejemplo de la segunda puede ser el descarrilamiento de un tren que tenga un letrero indicando el producto químico específico. Entre estos extremos se encuentra la gama de posibles accidentes.

Las diferencias principales entre los accidentes de transporte y aquellos en instalaciones fijas son:

- (a) Los accidentes de transporte pueden ocurrir en cualquier lugar y, por lo tanto, es difícil tomar precauciones o preparar un plan de contingencia o evaluación de riesgos para lugares específicos.
- (b) Pueden ocurrir en lugares lejos de servicios de emergencias, resultando en un retardo para obtener auxilio o consejos de un experto.

- (c) Las rutas de transporte están estrechamente relacionadas con las concentraciones poblacionales (especialmente en centros urbanos muy grandes) y, por lo tanto, mucha gente puede ser expuesta a peligros tóxicos.
- (d) El resultado de un accidente que ocurra en cualquier lugar puede crear un problema de eliminación (después de su contención), lo que puede requerir transporte adicional a un lugar lejos del sitio del accidente.

III EVALUACION DE RIESGOS

Para conocer los riesgos potenciales en una situación específica se pueden usar dos diferentes planteamientos conceptuales, el que predice (en prospectiva) y el histórico (retrospectivo). En realidad, estos dos planteamientos siempre se usan de una manera complementaria. De hecho, las técnicas de predicción permiten una mejor comprensión de registros históricos y facilitan la previsión de ciertas situaciones para las cuales hay una falta o insuficiencia de evidencia histórica. Por otro lado, las técnicas de predicción, para ser válidas, tienen que conducir a la obtención de resultados acordes con la generalidad de experiencias históricas de accidentes químicos.⁷

A veces, es posible hacer uso directo de información relacionada con accidentes anteriores al analizar las posibles consecuencias de un accidente, pero muchas veces es necesario ajustar la experiencia histórica para considerar diferentes circunstancias, como condiciones climáticas, distribución demográfica y aspectos similares pertinentes a la situación específica examinada. Los planteamientos teóricos diseñados para indicar las posibles consecuencias de varias clases de accidentes deberán tomar en cuenta todos los factores pertinentes, y a la vez, hacer debido caso a las hipótesis que sean razonables y basadas en datos fidedignos y realistas. Estos problemas requieren un planteamiento teórico que incluya imaginación de alta calidad para prever situaciones que, aunque no tengan antecedentes históricos directos, de todos modos no rebasen los límites de credibilidad.⁷

De acuerdo con el tipo de situación que se esté considerando, hay cuatro diferentes niveles de responsabilidad para llevar a cabo evaluaciones de riesgos. Estos son:

a) *Nivel I (Operador)*

Se considera este nivel para cualquier actividad desarrollada dentro de una sola instalación, fábrica u organización que tenga potencial para que se presente un accidente causado por agentes químicos (por ejemplo, plantas manufactureras, almacenes, comercios al mayoreo de productos químicos, vehículos que los transportan y unidades responsables del manejo de desperdicios). Cada operador tiene que llevar a cabo una evaluación de los riesgos asociados con accidentes químicos e identificar medidas para su posible remedio. Los resultados de esta actividad tienen que ser transmitidos a las autoridades públicas para ser supervisados.

b) *Nivel II (Local/Comunidad)*

Los funcionarios responsables de cada comunidad deben supervisar las evaluaciones de riesgos que hayan sido llevadas a cabo por todos los operadores dentro de la jurisdicción de su competencia y considerar los posibles riesgos provenientes de la interacción de las actividades que llevan a cabo todos los operadores que trabajan dentro de la comunidad.

c) *Nivel III (Regional/Nacional) y nivel IV (Internacional)*

Estos niveles son necesarios para evaluar los accidentes interjurisdiccionales o más serios, que excedan las fronteras y/o los recursos de una comunidad o de un país.

En vista de las dificultades que posiblemente estén asociadas con el proceso de evaluación de riesgos, algunos países han pensado en la utilidad del establecimiento de una o más institucio-

nes científicas para auxiliar en cada nivel de evaluación. El establecimiento de un programa a nivel de país para evaluar los riesgos para la salud pública asociados con accidentes causados por agentes químicos requiere de tiempo y de esfuerzos considerables. Si no existe un sistema así y los recursos de que se dispone son limitados, podría ser apropiado identificar áreas prioritarias dentro de un país para la evaluación de riesgos.

Tal como se ha mencionado en la introducción, conceptualmente la evaluación de riesgos consiste de tres etapas: (i) identificación y análisis de fuentes de riesgos; (ii) identificación y análisis de áreas vulnerables y; (iii) evaluación de riesgos.

III. 1 *Identificación y análisis de fuentes de riesgos*

Entre las fuentes de liberación de materiales riesgosos se incluye la extracción y refinación de materias primas, agricultura y agroindustrias, manufactura secundaria y/o procesamiento, generación de electricidad, servicios, transporte, almacenes y manejo de desechos. Ver detalles en el primer párrafo del Anexo 4 de este documento. En esta primera fase se deberá.⁹

(a) Identificar los puntos, los procesos y/o las actividades vulnerables (débiles)

Este análisis deberá proporcionar información a las siguientes preguntas:

- ¿Dónde, dentro de la planta o del sistema de operación, existe la posibilidad de un accidente grave, ej. como resultado de una de las rutinas normales de operación: un incendio, una explosión, una intromisión de productos químicos tóxicos desde afuera o una fuga grande de productos químicos tóxicos?
- ¿Está suficientemente lejos cualquier punto 'débil' de las instalaciones industriales vecinas para evitar un efecto 'dominó', donde una falla en un punto trae fallas más graves en otra parte? También, ¿queda suficientemente lejos de la comunidad circundante (casas, escuelas, hospitales, vías públicas, etc.)?
- Dada una posibilidad, ¿Cuáles son las posibles consecuencias en términos de riesgo (los trabajadores y el público) y la propagación del daño?
- ¿Permiten el diseño y la disposición de la planta, o el sistema de operación de una empresa, que los efectos de accidentes menores se limiten sin riesgo de que se propague al resto de la planta o del área circundante?
- ¿Qué tan adecuados son los recursos y arreglos existentes para controlar la emergencia previsible más grave?

(b) Estimación de la naturaleza y monto de las emisiones químicas posibles

La información clave que se necesita es la naturaleza y las propiedades tóxicas, físicas y químicas de los productos químicos afectados. Se deberá hacer una estimación de cuáles productos químicos pueden ser liberados y en qué formas y cantidades. Su clasificación puede incluir líquidos inflamables, sólidos inflamables, líquidos combustibles, materiales oxidantes, explosivos, productos químicos tóxicos, materiales corrosivos, etc. Se deberá prestar atención no sólo a los productos químicos originales, sino también a los posibles productos que resulten de reacciones durante el accidente y/o durante el proceso de dispersión en el medio ambiente.

(c) Estimación del patrón de las posibles emisiones químicas

Tanto las emisiones, como la concentración ambiental resultante de los productos químicos liberados, dependerán no sólo de los procesos y las operaciones presentes, sino también del rumbo definitivo del accidente y de las condiciones climáticas locales y vientos dominantes. Sería apropiado usar, en donde sea posible, modelos de simulación existentes, particularmente modelos de dis-

persión, incluyendo una predicción de los cambios de toxicidad y de concentración con el tiempo. Hay una variedad de modelos de dispersión de gases que han sido hechos para trazar las trayectorias bajo diversas condiciones de clima y viento y que pueden ayudar a establecer los probables límites del efecto del accidente.^{8,9}

Para recolectar toda la información necesaria para la identificación de las fuentes de riesgo, existen dos métodos posibles. El primero consiste en contactar a los gerentes encargados de las actividades y entrevistarlos personalmente o por medio de una lista de preguntas en las que puedan marcar las respuestas o un cuestionario. Se cuenta con muchos ejemplos de listas/cuestionarios¹⁰⁻¹⁵ y el Anexo 3 contiene una aplicable a facilidades estacionarias. Otro método usado para la identificación de riesgos a nivel de planta es la auditoría de seguridad,¹⁶ la cual consiste de un análisis detallado de la actividad industrial considerada, a fin de minimizar pérdidas y que usualmente es llevada a cabo por un equipo de profesionales que producen un informe y un plan de acción.³

En el Cuadro 1 se muestra un ejemplo de cómo es posible usar la información recolectada para determinar el grado relativo de riesgo de una fuente.

III. 2 Identificación y análisis de áreas vulnerables

El propósito de esta etapa del proceso de evaluación de riesgos es determinar si los efectos de una liberación accidental de agentes químicos se pudiera extender más allá de los límites de una determinada facilidad. Esto requiere de: (i) la identificación de las áreas de la comunidad que podrían ser afectadas por la liberación de agentes químicos y (ii) el examen de esas áreas para determinar la población y las facilidades que están dentro de ellas.¹⁶

En lo que concierne a la identificación de áreas susceptibles, el rango del impacto de la liberación de agentes químicos riesgosos depende de: la cantidad del (los) agente (s) químico (s) liberado (s), la naturaleza de los agentes químicos y la dinámica de la liberación. Para vapores liberados en un derrame o liberación de agentes químicos, existen varias Guías de Acción de Emergencia^{7,19} que proporcionan directrices sobre *distancias de evacuación* de liberaciones o derrames de diferentes magnitudes de un gran número de sustancias químicas que se almacenan en contenedores al aire libre. Este método puede ser aplicado tanto a facilidades estacionarias como a rutas usadas para el transporte de sustancias químicas. El área susceptible a los agentes químicos puede presentarse en cualquier parte a lo largo de la ruta. Aún más, es necesario determinar, por medio de un examen del terreno y de los patrones potenciales de flujos de agua en sitios específicos, el área que podría ser potencialmente afectada por derrames en corrientes de agua o en drenajes para aguas de lluvia. Debe entenderse que, para un accidente dado, las áreas que están poco alejadas de la distancia de evacuación sugerida, no están completamente a salvo de los agentes químicos liberados.¹⁶

Una vez que las áreas susceptibles que se encuentran alrededor de los sitios en que posiblemente se presenten liberaciones de agentes químicos hayan sido identificadas, se debe revisar sus características. Se debe estimar la población residente así como el número de personas que pudieran estar presentes en las instalaciones industriales, comerciales y de recreo. Todas las instalaciones con poblaciones dependientes o en las que la densidad de población es especialmente alta (por ejemplo, hospitales, escuelas y campos de juego) debe hacerse notar. En forma similar, se debe considerar la existencia de carreteras con mucho tráfico, fuentes de aprovisionamiento de agua, explotaciones lecheras, plantas de tratamiento de aguas servidas y áreas sensibles desde el punto de vista ambiental (por ejemplo, etc.). Los departamentos de bomberos y de policía son por lo general buenas fuentes de información.

Un ejemplo de cómo las características de una comunidad dentro de las áreas susceptibles pueden ser usadas para determinar el grado relativo de vulnerabilidad de la comunidad se muestra en el Cuadro 2.⁶

III.3 Evaluación de riesgos

El objetivo de esta etapa del proceso de evaluación es establecer la probabilidad de que el riesgo se presente en la fuente se manifieste y cómo afectaría las áreas vulnerables. Las metodolo-

gías que se usan para evaluar riesgos pueden ser cualitativas y cuantitativas.³ En el primer grupo se incluyen las metodologías basadas en los juicios de los expertos,^{10,20,21} mientras que en el segundo grupo se incluyen métodos como el "Análisis del Arbol de Fallas",^{11,22,23} "Análisis de Eventos",^{20,24} "Estudios de Predicción de Errores Humanos"²⁵ y "Estudios con el Método Epidemiológico",^{11, 24}

La parte más difícil del proceso de evaluación de riesgos es tratar de estimar la probabilidad de que se presente un accidente causado por agentes químicos. Los intentos para cuantificar el monto de una liberación de agentes químicos toman mucho tiempo y aún en el caso de estar basados en técnicas muy sofisticadas, sus resultados pueden prestarse a controversia. La probabilidad de que se presente un accidente se puede estimar con mayor facilidad si esta estimación se hace en términos cualitativos por medio de categorías como "baja", "media" y "alta" o simplemente como "probable"/"improbable". Otros elementos que pueden aumentar la confianza en una evaluación de las probabilidades de que se presente un accidente son: información sobre la frecuencia de los movimientos de la manipulación y el movimiento de agentes químicos, informes de accidentes causados por agentes químicos que se hayan presentado previamente y datos sobre los accidentes ferroviarios y en carreteras.

A fin de predecir qué podría pasar en caso de accidente, es conveniente marcar en un mapa la situación de fuentes de materiales que riesgosos, las vías de comunicación importantes y las áreas sensibles. Todas las complicaciones que se presentan en un gran accidente y los efectos de desastres naturales sobre la capacidad para responder a los accidentes deben de ser considerados junto con otros factores que también compliquen los problemas, como pueden ser los embotellamientos de tráfico, el cierre de establecimientos comerciales y la reducida disponibilidad de personal preparado para los escuadrones de emergencia. Es posible aprender mucho a este respecto de los estudios retrospectivos de accidentes anteriores (ver Sección V).

IV. SELECCION DEL REMEDIO

Una vez que las probables causas de accidentes hayan sido identificadas, lo siguiente sería la selección de una solución de entre muchas posibilidades disponibles. El principio orientador en el proceso debería ser, si es posible, diseñar el sistema de tal manera que no exista el peligro, o reducir al mínimo la probabilidad de una falla al modificar los componentes individuales, o seleccionar alternativas más confiables, si están disponibles. Otro medio de control menos satisfactorio es instalar un dispositivo de advertencia y de protección que se incorpore al diseño básico. El medio menos deseable es incorporar los controles de peligro en los procedimientos de enfrentamiento, de operación y de mantenimiento. Otras posibilidades incluyen un conjunto formal de procedimientos de emergencia que indican las posibles medidas protectoras o remediadoras que se pueden tomar para ayudar a reducir al mínimo los impactos adversos de probables emisiones químicas sobre el público y el medio ambiente. En particular, la evaluación de los riesgos proporciona una guía no sólo sobre el tipo de planes de contingencia que se requiere y los tipos sobre los cuales es necesario hacer énfasis, sino que también ayuda a establecer las prioridades de los planes de contingencia. El grado de riesgo que presenta la fuente de liberación de agentes químicos se puede combinar con el grado de vulnerabilidad de la comunidad y con las probabilidades de que se presente un accidente para determinar las prioridades de planificación de contingencia como se muestra en el Cuadro 3.

V. ESTUDIO RETROSPECTIVO DE ACCIDENTES QUIMICOS

El estudio de accidentes pasados, sus secuencias y sus efectos, así como las circunstancias en las cuales ocurrieron, es básico para identificar los procesos y las situaciones propensas a accidentes, así como los impactos de los accidentes sobre la salud y el medio ambiente, facilitando la definición y la implementación de medidas preventivas y de reacción para emergencias.

V. 1 Utilidad y aplicaciones

Si se dispone de datos adecuados y suficientes, es posible obtener resultados esclarecedores de un estudio retrospectivo. Por ejemplo, en 1979 un análisis de incidentes graves en la industria

química mostró¹ que los accidentes aumentaban exponencialmente en número, pero no en gravedad, a pesar del incremento de complejidad de las plantas químicas. En una revisión general de accidentes en transporte ferroviario, se demostró²⁷ que tanto los conocimientos de los usuarios acerca de los riesgos implicados por el transporte de sustancias químicas como la seguridad de confinamiento de estas sustancias en almacenaje y transporte se reducía en forma proporcional a la distancia de la planta de fabricación. Estudios retrospectivos indican que la incidencia de fugas químicas está relacionada con el volumen producido y transportado. Un estudio canadiense²⁸ reveló que diez productos químicos causaban 37% del número total de fugas y constituían el 50% del volumen de existencias y 83% del volumen total de fugas. El estudio también reveló que 150 productos químicos abarcan mucho más del 90% del número de derrames y del volumen de los derrames.⁹ Estos hallazgos pueden ayudar a las organizaciones de emergencia a jerarquizar la distribución de recursos para desarrollar la tecnología para responder a la pérdida de contención, rehabilitar los sitios y asegurar la salud y el bienestar del personal de emergencia. Además, en un estudio americano²⁹ de un gran número de derrames se examinaron las causas primarias y se determinó la probable potencia de riesgos. En importancia descendente éstas eran: rupturas de tanques, 0,23; rebases de tanque y otros derrames, 0,19; fallas de mangueras y sistemas de transferencia, 0,08; ruptura o perforación de envases que no sean tanques, 0,03.

Como se observa en el Cuadro 4, los tres plaguicidas (paratión, endrín y derivados de alkyl-mercurio) fueron la causa de los accidentes más severos por ingestión de plaguicidas de 1940 a 1975.

Un conocimiento de las probables causas de la falla de equipos es muy útil para varios grupos como: diseñadores del transporte de equipo para que mejoren los aspectos débiles del sistema; diseñadores de equipo de reacción a emergencias; y también a profesionales de salud ocupacional y seguridad que tienen que conocer y analizar las consecuencias de acercarse a un derrame y escoger el equipo protector apropiado para su personal de acuerdo con las circunstancias. Además, la agrupación de accidentes según las causas, tales como prácticas faltas de seguridad y las razones para seguirlos, peligros mecánicos y físicos y sus causas implícitas (gerenciales o de supervisión proporcionan un conocimiento de las deficiencias del procedimiento del equipo y del personal que probablemente tiene más experiencia en el sitio.

La Comisión de Salud y Seguridad del Reino Unido adoptó a un método muy interesante para llevar a cabo estudios retrospectivos de accidentes causados por agentes químicos, para considerar los problemas de seguridad asociados con procesos industriales a gran escala que impliquen operaciones riesgosas.⁷ A fin de evaluar la frecuencia, las causas y las consecuencias de cualquier accidente importante, el comité ejecutivo de la mencionada comisión estudió resúmenes e informes de accidentes ocurridos tanto en el Reino Unido como en otros países, especialmente los estuvieron involucrando los materiales que se mencionan a continuación:

- (I) Los gases tóxicos que, después de una fuga de una cantidad medida en toneladas, eran letales o nocivos en un radio considerable alrededor del punto del escape.
- (II) Material extremadamente tóxico que, después de su escape y dispersión en cantidades de kilogramos, era letal o nocivo a distancias considerables desde el punto del escape.
- (III) Líquidos o gases inflamables que, después de su escape en cantidades de toneladas, formaron una gran nube inflamable, que a su vez se quemó o explotó.
- (IV) Materiales inestables o altamente reactivos que han explotado.

El comité se restringió al estudio de un número de muertos, ya que las lesiones eran menos cuantificables y la información disponible frecuentemente no era confiable. Durante este estudio, el comité calculaba "índices de mortalidad", es decir, el número de muertos por tonelada de material liberado, porque esto se considera como una posible manera de comprobar varias categorías de riesgo.

La mayor proporción de escapes tóxicos en toneladas que han sido registrados se refieren al cloro (Cuadro 5); algunos de estos escapes resultaron cuando el hidrógeno, generado por el mismo proceso electrolítico que produjo el cloro, entró en el tanque de cloro, donde la reacción fue una explosión. El análisis de los datos también mostró (FIG. 3) que en años recientes las prácticas operacionales, las técnicas de ingeniería y las medidas mitigantes, cuyo propósito ha sido reducir el número de fallecimientos, han mejorado considerablemente. La mayoría de los otros escapes tóxicos registrados de importancia se relacionaron con el amoníaco, un gas que también ha sido producido y usado en cantidades grandes por más de medio siglo. Los datos del Cuadro 6 indican un índice con un término medio más bajo de mortalidad para el amoníaco que para el cloro, lo que es consistente con la toxicidad más baja del amoníaco comparada con la del cloro.⁷

En 1972, Strehlow llamó la atención al creciente peligro de la deflagración de nubes libres de vapores. Sus datos parecen mostrar que la frecuencia de los incidentes aumentaba a un ritmo significativo de aproximadamente cuatro en una década, hasta un número de más de 60 por década. Ha habido un mayor número de escapes de materiales inflamables que de materiales tóxicos.⁷ En el Cuadro 7 se dan ejemplos de incidentes que han ocurrido con materiales inflamables lo cual es una indicación de lo que puede llegar a ocurrir. Sin embargo, la lista que aparece en el Cuadro 7 es selectiva y se han excluido los incidentes en los cuales no se presentó ignición. El Cuadro 7 también muestra que las tuberías tendidas a campo traviesa que conducen un gas o gases licuados a una alta presión contienen gas suficiente para producir una nube significativa en caso de rotura.

Otra fuente potencial de un escape explosivo de energía es una serie de sustancias como: acetileno, amoníaco, nitratos, sodio, cloratos, compuestos de nitrocelulosa, peróxidos y óxido de etileno, los cuales son altamente reactivos o inestables cuando están sujetos a la presión, a la temperatura, a una fuerza mecánica o cuando se mezclan con otros materiales reactivos (Cuadro 8). De estas sustancias, el nitrato de amonio ha sido la causa de explosiones desastrosas, aunque últimamente este tipo de accidentes ocurre raramente. Se tiene disponible ya un libro sobre reacciones químicas con más de 7 000 entradas.³⁰

Otra fuente importante de peligro de accidentes es la explosión de polvos. Estas explosiones de polvo normalmente, pero no exclusivamente, tienen lugar en edificios donde se convierten granos en productos alimenticios para consumo humano o animal. Los fallecimientos normalmente resultan por el colapso de edificios o estructuras y en este sentido, los efectos están limitados. Generalmente se considera que el peligro potencial existe en las circunstancias de la producción del azúcar, del almidón y de la harina donde se procesan grandes cantidades de polvos inflamables en estructuras altas o de varios pisos de una construcción muy pesada. Respecto a esto, las instalaciones en las cuales se procesan grandes cantidades de polvo de aluminio o de magnesio representan una particular preocupación.

Con base del análisis llevado a cabo, la Comisión de Salud y Seguridad del Reino Unido concluyó que tonelada por tonelada, los explosivos convencionales, el nitrato de amonio, los gases inflamables y el cloro parecen ser igualmente riesgosos, a excepción del amoníaco, que parece ser menos riesgoso.⁷ Sin embargo, los índices de mortalidad calculados en base de esta evidencia no deberían ser más que un marco de referencia, debido al hecho de que las variaciones en las circunstancias de fuga causan un número muy variable de fallecimientos (Cuadro 5). Esto también es el caso del cloro, como se vio en un grave descarrilamiento de tren muy cerca de Toronto, Canadá, en 1979. Uno de los carros que contenía 90 toneladas de cloro se rompió y se escapó el gas; se hubiera presentado un alto número de muertes, pero el carro adyacente, que contenía propano líquido, explotó y se prendió fuego simultáneamente, lo que resultó en una corriente conveccional ascendente, que llevó el cloro muy alto en la atmósfera, donde se diluyó y se dispersó sin riesgo.

Otro tipo interesante de un estudio retrospectivo de accidentes mecánicos, llevado a cabo por el Comité de Asesoría del Reino Unido, ha tratado el comportamiento de formación y la explosión de vapores.⁷ El comité repasó la evidencia disponible y consideró las fuentes, las características y los factores que afectan la magnitud y el efecto destructivo de las explosiones de nubes de vapor. Se incluyen la cantidad de material, la cantidad que probablemente se escapará para formar una nube, la composición de la nube, la extensión del desplazamiento, la presión y la duración del estalli-

do. Aunque aquí no es oportuno describir en detalle la solución que se usó, el lector puede consultar la publicación original; vale la pena hacer notar que se podría dar asesoramiento sobre la probable potencia, la duración y la extensión de las explosiones, información que será útil tomar en consideración al diseñar los edificios en los sitios de riesgos graves. Es posible calcular los valores para estos parámetros, al usarse conocimientos del comportamiento de estructuras sujetas a grados conocidos de estallidos de explosivos fuertes.

V. 2 Limitaciones

Hay un número de factores que dificultan la realización de estudios retrospectivos satisfactorios de accidentes químicos y que pueden afectar la calidad de los resultados. El problema principal es que en las descripciones disponibles de accidentes químicos actualmente sólo se da una idea clara, de vez en cuando, de las características pertinentes a los accidentes; por ejemplo, la fuente, la causa, la razón, el sitio, la cantidad y las propiedades de los productos químicos liberados, las principales maneras de exposición humana y las consecuencias. Muchas veces la información disponible se basa en informes de personas que bien pudieran haber estado con angustia o en estado de shock y que no comprendieron las implicaciones técnicas de lo que presenciaron, todos son factores que probablemente se sumen a la bien conocida falibilidad de los testimonios de los testigos oculares. Además, se ha notado⁷ que los datos citados en el original dado a través de los medios masivos de comunicación tienen mucha persistencia y pueden hacer caso omiso de datos más autorizados, sacados a la luz posteriormente por estudios oficiales o por investigadores de reconocida competencia técnica. Otro problema es la cuantificación, generalmente inadecuada, del impacto de accidentes sobre la salud humana (excepto, tal vez, del número de fallecimientos) y sobre el medio ambiente. Además, en tanto que los accidentes graves normalmente son objeto de encuestas oficiales por las autoridades competentes, los accidentes menores, sobre todo aquéllos en los cuales no ha habido muertes, muchas veces no son estudiados en detalle, o ni siquiera reportados.

V. 3 Adquisición de datos

La atención prestada a los reportes y la clasificación de datos sobre accidentes químicos, posiblemente coordinado con un sistema internacional, son los más probables factores para mejorar significativamente la calidad de los estudios retrospectivos de accidentes químicos, y, por ende, nuestra capacidad de aprender lecciones de accidentes pasados y de enfrentar los futuros. Si se puede lograr algún acuerdo y colaboración sobre estas cuestiones en el futuro cercano, podríamos, entre otras cosas, mejorar considerablemente las posibilidades de:

- detectar las principales tendencias que conducen a la identificación de algunas situaciones que se prestan a accidentes y, por lo tanto, evitar de una manera más eficiente que algunos tipos de accidentes se repitan;
- obtener más fácilmente información útil y asesoramiento en la planificación y la implementación de la rehabilitación de personas y áreas afectadas;
- obtener oportunamente los datos para reaccionar a accidentes químicos bajo condiciones de emergencia.

Los datos sobre los accidentes que tienen que ver con el escape de productos químicos potencialmente riesgosos pueden ser informados y clasificados para muchos propósitos diferentes y según criterios diferentes. El Anexo 4 aborda una solución global para identificar, informar y clasificar datos que se deberían conocer y notificar respecto a cualquier accidente. Hay 12 categorías principales de datos para tomarse en cuenta, a saber: la fuente, la razón aparente, el sitio del accidente y el área afectada, la cantidad de productos químicos liberados y/o recuperados, las propiedades de los productos químicos liberados, la dinámica de la fuga química, las rutas principales de la exposición humana, el impacto sobre la salud humana, el impacto ambiental, social y económico, los métodos de rehabilitación ambiental y el nivel del manejo de recursos para responder a emergencias o para rehabilitar.

Cada una de estas categorías comprende sub-categorías y algunas de éstas se dividen en grupos. Todas éstas se detallan y se definen en el Anexo 4 para proporcionar por lo menos una opción práctica a las personas responsables de informar y clasificar los accidentes químicos. Algunas de las categorías son de tal forma que no se puede hacer ninguna respuesta al momento del informe y la clasificación iniciales, aunque podría haber una respuesta en etapas posteriores. Esto implica que el informe sobre accidentes químicos, según el planteamiento global propuesto en el Anexo 4, necesita una actualización periódica según el desarrollo de conocimientos sobre las características relacionadas con los accidentes. Sin embargo, es aconsejable adoptar estos criterios desde el principio mismo, ya que esto simplificaría el trabajo posterior y ayudará a concentrar la atención en la adquisición de información más importante. Es obvio que un informe completo y adecuado de algunos accidentes, según los criterios mencionados puede resultar imposible, debido a falta de información suficiente o puede ser necesario esperar muchos años (ej. en los accidentes que causan efectos sobre la salud y/o ambientales retardados). No se hace suficiente hincapié en la necesidad de contar con un personal debidamente capacitado e informado para que los informes y la clasificación de los accidentes se hagan apropiadamente. Los equipos de emergencia y de rehabilitación que trabajan en un accidente pueden contribuir significativamente para asegurar la colección y la clasificación correctas de datos pertinentes. Se deberán prestar atención especial a esta cuestión en los informes finales del trabajo de emergencia y de rehabilitación.

VI. CONCLUSION

Aunque en muchos países la industria química, en comparación con otros tipos de industria, tiene buenos records de seguridad, aún existe la necesidad de aumentar los conocimientos y las precauciones en relación con los peligros potenciales asociados con la eliminación y el manejo impropios de las sustancias químicas. Es esencial que el crecimiento de la industria química y de la prevención de accidentes vayan al unísono y para cuando la prevención falle, con la mitigación las consecuencias. Esto es posible solamente con el desarrollo de una preparación adecuada para contrarrestar los accidentes químicos. Esta preparación no es costosa y se paga sola en el largo plazo. Es importante citar aquí las recomendaciones detalladas para gobiernos, científicos, e industria que ha elaborado el grupo de trabajo la Organización Mundial de la Salud/Programa Internacional de Seguridad Química (OMS/PISQ) en Bilthoven en 1981 y que se resumen en los cuadros 9 al 11 de esta publicación. Estas recomendaciones ayudan a comprender cómo puede desarrollarse una preparación adecuada para accidentes causados por agentes químicos y hace resaltar la importancia de la evaluación de los riesgos que representan para la salud pública estos accidentes.

VII. REFERENCIAS

1. Carson, P.A., J. Hazardous Materials, 3, 149-165 (1979).
2. Tierney, K.J., Developing a community-preparedness capability for sudden emergencies involving hazardous materials. In "Safety and Accident Prevention in Chemical Operations", (Fawcett, H.H. & Wood, W. S. eds), pp. 759-787 (1982).
3. UNIDO/UNDRO/WHO/UNEP, Contingency Planning for Industrial emergencies for the West and Central African Region. UNIDO/15.425 (1983).
4. UNIDO/UNDRO/WHO/UNEP, Planning for chemical emergencies with special reference to transportation (1983).
5. Health Aspects of Chemical Safety-Emergency Response to Chemical Accidents-WHO/IPCS (1981).
6. Health Aspects of Chemical Safety-Rehabilitation following accidents involving toxic and potentially toxic and hazardous chemicals-WHO/IPCS (in preparation).
7. Health and Safety Commission. Advisory Committee on Major Hazards. Second Report-Health and Safety Executive, London (1979).
8. Fisher, K. *et al.*, Critical appraisal of mathematical models of explosive gas cloud dispersion. Report for the Commission of the European Communities BF-R-G3. 874-1 (1980).
9. Comitato Nazionale Energia Nucleare-Rilasci accidentali e dispersione di sostanze pericolose nell' atmosfera. Seminario ENI/SIC-CNEN/DISP, Castelgandolfo, Italia CNEN-RT/DISP (80) 5 (1980).
10. Dow Chemical Company. Fire and explosion index. Hazard classification guide. 5th. ed. New York, 1981.
11. Lees. F. P., Loss prevention in the process industries. 2 vol., Butterworths, London, 1980.
12. Spiegelman, A., Loss prevention. 3, p. 1. 1969.
13. Balemans, A.W.M. Loss prevention and safety promotion. Vol. 1, p. 7. 1974.
14. Webb, H.E., J. Chem. Eng. 69, p. 136, 1962.
15. Liston, D.M., Safety aspects of site selection, plant lay out, and Unit Plot Planning. In "Safety and Accident Prevention in Chemical Operations", (Fawcett, M.H. & Woods, W.S. eds.) pp. 35-59.
16. Powers, J.E., Pultz, S., Paxton, K, and Hsu Hway-Ling, Guide to developing contingency plans for hazardous chemical emergencies. Center Planning and Research Inc., Palo Alto, Ca. U.S.A. 1981 and Chemical Industry Safety and Health Council. Recommended procedures for handling major emergencies. Item 5, 2nd. ed. London, 1976.
17. U.S. Department of Transportation. Emergency Action Guide for Selected Hazardous Materials. 1978.
18. U.S. Department of Transportation. Hazardous Materials. Emergency Response Guidebook. 1980 and 1984.

19. U. S. Bureau of Explosives. Emergency Handling of Hazardous Materials in surface transportation. 1980.
20. Lewis, D.J., Loss prevention. 13, p. 20. 1980.
21. Lawley, H.G. Chemical Engineering Progress. 70 (4), p. 45. 1974.
22. Jennergren L.P. and R.L. Keeney. Risk assessment (*In: Handbook of applied systems analysis*). International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA). Laxenburg, Austria, 1979.
23. Prugh, R.W., Practical Application of Fault Tree Analysis. *In "Safety and Accident Prevention in Chemical Operations"*, (Fawcett, M.H. & Wood, W.S. eds.) pp. 789-805.
24. CONCAWE. Methodologies for hazard analysis and risk assessment in the petroleum refining and storage industry. Den Haag, The Netherlands, 1982.
25. Embrey, D.E., *Transaction of the Institution of Chemical Engineers*. Symposium series. 66, p. 124. 1981.
26. Westbrook, G.W., *Loss prevention and safety promotion*. 1, p. 197. 1974.
27. O'Driscoll, J.J., Development of a comprehensive emergency response system for railroad accidents.
28. Fongas, M.F. and Thornton, D.E., Spill Technol. Newslet. 7 (2) (1982).
29. Buckely, J.L. and Wiener, S.A., Hazardous Material Spills: A documentation and analysis of historical data. Final report 71-June 1973. Cincinnati Industrial Environmental Research Laboratory, Office of Research and Development, EPA, USA. 1978.
30. Bretherick, L. Handbook of Reactive chemical hazards, 2nd. ed. Butterworth, London, 1979.

CUADRO 1

GRADO DE RIESGOSIDAD DE LA FUENTE CON BASE EN LAS CARACTERISTICAS DE POSIBLES LIBERACIONES DE AGENTES QUIMICOS*

Características de la posible liberación	Baja riesgosisdad de la fuente	Moderada riesgosisdad de la fuente	Alta riesgosisdad de la fuente
Inflamabilidad, explosividad, corrosividad o toxicidad de los agentes químicos involucrados.	Baja	Media	Media/Alta
Números de agentes químicos liberados	Uno	Uno o más	Uno o más
Cantidad(es) liberada(s)	Pequeña/Media	Media	Alta
Tasa(s) de liberación	Lenta/Media	Media	Media/Rápida

* Se supone que la capacidad del personal de la fuente de riesgos es adecuada en todos los casos.

CUADRO 2

GRADO DE VULNERABILIDAD DE LA COMUNIDAD CON BASE EN LA POBLACION Y EN LAS INSTALACIONES QUE SE LOCALIZAN DENTRO DE LAS AREAS SUSCEPTIBLES*

Receptores de la comunidad localizados dentro de las zonas de impacto del agente químico riesgoso	Vulnerabilidad Baja	Vulnerabilidad Media	Vulnerabilidad Alta
Población	Ninguna/Muy pocos	Pequeña/Media	Grande
Uso del suelo	Rural, agrícola	Residencial, comercial, industrial	Escuelas, hospitales, residencial de alta densidad
Transporte	Carreteras de acceso	Carreteras principales vías de ferrocarril	
Provisión de agua	Ninguna	Agua superficial o pozos	Plantas municipales de tratamiento de aguas, tomas de agua

* Fuente: Powers, J.E., Pultz, S., Paxton, K, and Hsu Hway-Ling, Guide to developing contingency plans for hazardous chemical emergencies. Center Planning and Research Inc., Palo Alto, Ca. U.S.A. 1981 and Chemical Industry Safety and Health Council, Recommended procedures for handling major emergencies, Item 5, 2nd. ed. London, 1976.

CUADRO 3

PRIORIDADES DE PLANIFICACION DE CONTINGENCIAS COMO UNA FUNCION DE LA VULNERABILIDAD DE LA COMUNIDAD, RIESGOSIDAD DE LAS FUENTES DE ACCIDENTES Y PROBABILIDADES DE OCURRENCIA DE ACCIDENTES

Prioridad de planificación	Vulnerabilidad de de la comunidad	Riesgosidad de las fuentes	Probabilidad de ocurrencia de accidentes
1	Alta	Alta	Alta
2	{ Alta Moderada	{ Alta Moderada	{ Alta Alta
3	{ Moderada Alta	{ Moderada Alta	{ Alta Moderada
4	{ Alta Moderada	{ Moderada Alta	{ Moderada Moderada
5	Moderada	Moderada	Moderada

CUADRO 4

LOS DIEZ ACCIDENTES TOXICOS MAS IMPORTANTES OCASIONADOS POR PLAGUICIDAS, 1940-1975

Compuesto	Clase de Plaguicida	Causa	Total de Intoxicados	Muertos	Lugar y Año
Metilmercurio	Fungicida	Mezclado c/alimento	6530	459	Iraq, 1973
Endrin	Insecticida	" "	691	24	Qatar, 1970
Paratión	"	" "	600	88	Colombia, 1967
Paratión	"	Dudosa	559	16	México, 1968
Paratión	"	"	360	102	India, 1958
Etilmercurio	Fungicida	Mezclado c/alimento	321	35	Iraq, 1961
Flúor	Insecticida	Ingestión de formulación	260	47	EUA, 1943
Paratión	"	Mezclado c/alimento	200	8	Egipto, 1958
Endrin	"	" "	183	2	Arabia S., 1967
Endrin	"	" "	159	0	Gales, 1956

CUADRO 5
ESCAPES DE CLORO

Lugar	Fecha	Area/ sitio	Fuente de escape	Cantidad estapada (tons.)	No. de fallecimientos
1. Baton Rouge Louisiana, EUA	10-12-76	Fábrica	Tanque de depósito	90	0
2. Rauma, Finlandia	5-11-47	Fábrica	Tanque de depósito	30	19
3. Cornwall, Ont. Canadá	30-12-62	Urbano/rural	Carro tanque	28	0
4. Griffith, Indiana, EUA	13- 3-35		Carro tanque	27	0
5. La Barre, Louisiana, EUA	31- 1-61		Carro tanque	27	1
6. St. Auban, Francia	12-12-26	Fábrica	Tanque de depósito	24	19
7. Syracuse, NY, EUA	10- 5-29	Fábrica	Tanque de depósito	24	1
8. Zarnesti, Rumania	24-12-39	Fábrica	Tanque de depósito	24	60
9. Wyandotte, Michigan, EUA	1- 9-17	Urbano	Tanque de depósito	17	1
10. Chicago, Illinois, EUA	4- 2-47	Urbano	Carro tanque	16	0
11. Niágara Falls, NY, EUA	8- 2-34	Fábrica	Carro tanque	15	1
12. Walsum, Alemania Occidental	4- 4-52	Fábrica	Tanque de depósito	15	7
13. Brandtsville Pennsylvania EUA	28- 4-63	Rural	Carro tanque	8	0
14. Mjodolen, Noruega	24- 1-40	Fábrica	Carro tanque	7	3
15. Freeport, Texas, EUA	1- 9-49	Fábrica	Tubería	4	0
16. Lake Charles Louisiana, EUA	10- 3-56	Fábrica	Tubería de conexión	3	0
17. Johnsonburg, Pennsylvania EUA	12-11-36	Fábrica	Carro tanque	2	0
18. Mobile, Alabama, EUA	12- 7-64	Fábrica	Tubería	Desconocida	1

Indice de término medio de mortalidad = $\frac{\text{Número de fallecimientos}}{\text{Cantidad total perdida}}$

Basadas en la incidencia = $\frac{112}{361}$
de los números 1 a 17 en
el cuadro = 0,3

CUADRO 6
ESCAPES DE AMONIACO

Lugar	Fecha	Area/ sitio	Fuente de escape	Cantidad escapada (tons.)	No. de fallecimientos
Floral, Arkansas, EUA	5- 6-71	Rural	Tubería	600	0
Enid, Oklahoma EUA	7- 5-76	Urbano	Tubería	500	0
Conway, Kansas EUA	6-12-73	Rural	Tubería	277	0
Landskrona, Suecia	16- 1-76	Puerto	Conexión entre barco y tanque	180	2
Blair, Nebraska, EUA	16-11-70	Rural	Tanque de depósito	160	0
Crete, Nebraska, EUA	18- 2-69	Urbano	Carro tanque	90	9
Belle, West Virginia, EUA	21- 1-70	Urbano	Carro tanque	75	0
Texas City, Texas, EUA	3- 9-75	Urbano	Tubería	50	0
Poetchefstroom Africa del Sur	13- 7-73	Urbano	Tanque de depósito	38	18 +
Houston, Texas EUA	11- 5-76	Urbano	Camión tanque	19	6
Lievin, Francia	21- 8-68	Urbano	Camion tanque	19	6

Índice de término medio de mortalidad = $\frac{\text{Número total de fallecidos}}{\text{Cantidad total perdida}}$

$$= \frac{41}{2008}$$

$$= 0,02$$

CUADRO 7
ESCAPES REPENTINOS DE GASES O VAPORES INFLAMABLES

Lugar	Fecha	Area/ sitio	Fuente de escape	Tipo de incidente	Material afectado	Cantidad de material perdido (ton)		Tiempo pa- ra incen- dio (min)	No. de falleci- mientos
						Total	Antes de ignición		
1. Austin, Texas EUA	22- 2-73	Rural	Tubería	Fuego	NGL	530	80-100	10-12	6
2. Clímax, Texas EUA	29- 6-74	Rural	Carro tanque	Explosión	Cloruro de vinilo	más de 100	100	corto	0
3. Decatur, Illinois EUA	19- 7-74	Urbano	Carro tanque	Explosión y fuego	Isobutano	descono- cido	69	10	7
4. Port Huron, Missouri, EUA	9-12-70	Rural	Tubería	Explosión	Propano	360	60	24	0
5. East. St. Louis Illinois, EUA	22- 1-72	Urbano	Carro tanque	Explosión	Propileno/ propano	más de 56	56 max.	1	0
6. Pernis, Holanda	20- 1-68	Fábrica	Tanque de depósito	Explosión	Hidrocarbu- ros mezcla- dos	más de 50	más de 50	8	2
7. Flixborough, RU	1- 6-74	Fábrica	Reactor químico	Explosión	Ciclohexano	más de 40	40	menos de 1	28
8. Ludwigshafen Alemania	28- 7-48	Fábrica	Carro tanque	Explosión	Eter dime- tilo	30	30	descono- cido	207
9. Meldrim, Georgia EUA	28- 6-59	Rural	Carro tanque	Fuego	LPG	36	18	corto	23
10. New Berlin, NY, EUA	25- 7-62	Urbano	Camión tanque	Fuego	LPG	13	13	descono- cido	10
11. L.A. California EUA	18- 1-43	Rural	Camión tanque	Fuego	Butano	8	8	descono- cido	5
12. Buek, Holanda	7-11-75	Refinería	Reactor	Explosión	Fracción de propileno	5,5	5,5	2	14
13. Longview, Texas EUA	22- 2-71	Fábrica	1/2" diámetro	Explosión	Etileno	ton	0,5	descono- cido	4
14. Cleveland, Ohio EUA	20-10-44	Urbano	Almacén a granel	Fuegos y ex- plosiones	LNG	más de 2000	descono- cido	corto	128-136
15. Hearne, Texas EUA	14- 5-72	Rural	Tubería	Explosión y fuego	Petróleo crudo	1000	descono- cido	270	1
16. Dovers, Texas EUA	12- 5-75	Rural	Tubería	Explosión	NGL	800	descono- cido	7	4
17. Lake Charles, Louisiana, EUA	8- 8-67	Refinería	Conexión de esfera de almacén	Explosión	Isobutano	40	descono- cido	descono- cido	7
18. San Carlos, España	11- 7-78	Campa- mento	Camión tanque	Fuego	Propileno	22	descono- cido	corto	más de 150
19. Natchitoches, Louisiana EUA	4- 3-65	Urbano	Tubería	Explosión	Gas natural (metano)	descono- cido	descono- cido	17	21

CUADRO 7 (Continuación)

Lugar	Fecha	Área/sitio	Fuente de escape	Tipo de incidente	Material afectado	Cantidad de material perdido (ton)		Tiempo para incendio (min)	No. de fallecimientos
						Total	Agentes de ignición		
20. Amsterdam, Holanda	10- 8-71	Fábrica		Explosión	Butadieno	desconocido	desconocido	más de 45	8
21. Amberes, Bélgica	10- 2-75	Fábrica	Tubo de compresor	Explosión	Etileno	desconocido	desconocido	4	6
22. UMM Said, Qatar	3- 4-77	Refinería	Tanque de depósito	Explosión y fuego	NGL	desconocido	desconocido	desconocido	6
23. Petal City, EUA	25- 8-74	Almacén de planta	Caverna subterránea de almacenamiento	Explosiones	Butano (LPG)	unos miles	desconocido	desconocido	0
24. Plaquemine, Louisiana, EUA	3- 5-63	Fábrica	Reactor	Explosión	Etano-etileno (mezcla)	desconocido	desconocido	0.5	0

Índice de término medio de mortalidad (basado en los incidentes donde la cantidad escapada antes del incendio puede ser estimada, es decir, Nos. 1-13 en el cuadro).

$$= \frac{\text{No. total de fallecimientos}}{\text{total de cantidad perdida antes del incendio}} = \frac{306}{530}$$

Índice de término medio de mortalidad (basado en los incidentes cuando el total de la cantidad escapada puede ser estimado, es decir, Nos. 1-12 y 14-28).

$$= \frac{\text{No. total de fallecimientos}}{\text{cantidad total escapada}} = \frac{599}{5090}$$

Las explosiones confinadas y no confinadas no se han diferenciado aquí porque no se contaba con suficiente información.

Este cuadro se divide en partes: los números 1-13 están ordenados según la magnitud de la cantidad de material perdida antes del incendio. Esta información no se proporciona para los números 14-24, y por lo tanto se ordenan según la magnitud del total de material perdido.

+ Debido a diferencias entre informes oficiales, el número exacto de fallecimientos no está seguro; se han identificado sus límites probables. Basado en noticias de prensa no oficiales.

Este cuadro tiene una preponderancia de incidentes que tuvieron lugar en camiones tanque o carros tanque. Esto puede reflejar el hecho que tales incidentes probablemente están sujetos a un reporte más riguroso y preciso, particularmente en EUA por el National Transportation Safety Board (Consejo Nacional de Seguridad de Transportes). Se han incluido para indicar los posibles efectos del escape de materiales inflamables, aunque las circunstancias de escape no son directamente pertinentes al trabajo del comité.

Fuente: Health and Safety Commission, Advisory Committee on Major Hazards, Second Report. Health and Safety Executive London (1979).

CUADRO 8

INCIDENTES GRAVES CON SUSTANCIAS REACTIVAS

Lugar	Fecha	Area/ sitio	Circunstancias	Material afectado	Toneladas	Número de fallecimientos
Oppau, Alemania	22- 9-21		Una tienda explotó	Nitrato de amonio	4000	561
Texas City, Texas, EUA	16/18- 4-47	Muelles	Explotaron dos barcos	Nitrato de amonio	4000 [±]	500
Brest, Francia	28- 4-47	Muelles	Explotó un barco	Nitrato de amonio	2500	21
Doc Run N.Y., EUA	17- 5-62	Fábrica	Explotó un tanque de depósito y siguieron varias explosiones	Oxido de etileno	35	1
Amberes, Bélgica	4- 6-64	Fábrica	Un barco de reflujo explotó y siguió una explosión aérea.	Oxido de etileno	1	4
[±] Índice de término medio de mortalidad para nitrato de amonio				$= \frac{1132}{10500} = 0,1$		

Fuente: Health and Safety Commission. Advisory Committee on Major Hazards, Second Report. Health and Safety Executive, London (1979).

CUADRO 9

LAS RESPONSABILIDADES DE LA INDUSTRIA (EL OPERADOR) EN EL CONTROL DE ACCIDENTES QUIMICOS

La industria (el operador) deberá:

- (a) Hacer un plan de contingencia y asegurar que sea compatible con el de la comunidad local.
 - (b) Tener sus propios servicios de emergencia o tener un acuerdo con la comunidad local para que ésta le preste los suyos.
 - (c) Cooperar y colaborar con las autoridades, y proporcionar toda la información necesaria para un plan de contingencia coordinado y eficaz.
 - (d) Hacer un estudio de riesgos, indicando todos los riesgos y las medidas remediales posibles que puedan requerirse.
 - (e) Compartir información con otras plantas en la misma comunidad o área circundante.
 - (f) Proporcionar ayuda mutua, prestando equipo y personal, particularmente en el caso de accidentes de transporte, acceso a los centros de pericia.
 - (g) Acatar los procedimientos internacionales de etiquetado y manejo de materiales.
 - (h) Cooperar con las autoridades públicas en la operación y señalamiento de tuberías.
 - (i) Proporcionar a las autoridades públicas toda la información sobre toxicología, medicina y otros aspectos pertinentes.
-

Fuente: Health Aspects of Chemical Safety-Emergency response to Chemical Accidents-(WHO/IPCS 1981).

CUADRO 10

LAS RESPONSABILIDADES DE LOS GOBIERNOS LOCAL, REGIONAL Y NACIONAL EN EL CONTROL DE ACCIDENTES QUÍMICOS.

El gobierno debería:

- (a) Requerir a todas las industrias que usan o producen productos químicos que emprendan un "análisis de riesgos graves" y que lo sometan al gobierno para aprobación.
 - (b) Requerir a todas las industrias químicas que preparen y sometan para aprobación un plan de contingencia; este requisito, como el anterior, deberá tener vigencia para todas las instalaciones donde se producen, se manejan o almacenan productos químicos potencialmente tóxicos.
 - (c) Preparar su propio plan para la coordinación de las muchas agencias y niveles de gobierno que tienen que acudir a un accidente químico. Es particularmente importante que se haga un plan nacional de contingencia, y que se adopte y se pruebe antes de que se tenga que poner en práctica.
 - (d) Movilizar, identificar y mantener listas de expertos para asesoría de todos niveles, desde los más bajos, hasta los más altos.
 - (e) Mantener información a nivel local sobre todos los productos químicos tóxicos dentro, o transportados a través de esa área. También es importante que por lo menos haya suficiente información disponible para tratar cualquier emergencia que surja.
 - (f) Aplicar siempre la prohibición del transporte de determinados materiales por ciertas rutas que atraviesen varias jurisdicciones; esto puede restringir el área expuesta al riesgo y permitir manejar mejor la reacción a las emergencias de accidentes de transporte.
 - (g) Entablar negociaciones con países vecinos donde haya plantas químicas cerca de las fronteras nacionales, para que cualquier plan de contingencia, donde un accidente afecte los dos lados de una frontera, ya esté completo y aprobado de antemano.
 - (h) Consultar con industrias, sindicatos, grupos de conservación ecológica y sociedades profesionales y científicas para elaborar leyes y regulaciones sobre productos químicos.
 - (i) Exigir a las industrias que sufran accidentes que produzcan informes para mejorar su metodología de trabajo.
 - (j) Involucrar a expertos industriales en el análisis de los reportes de accidentes para mejorar la seguridad en el futuro.
-

Fuente: Health Aspects of Chemical Safety-Emergency response to Chemical Accidents-(WHO/IPCS 1981).

CUADRO 11

RESPONSABILIDADES DE LOS CIENTÍFICOS EN EL CONTROL DE ACCIDENTES QUÍMICOS

Los científicos que se requieren para dar asesoramiento experto en emergencia química deberán:

- (a) Proporcionar información para planificación de contingencias por anticipado.
 - (b) En caso de emergencia, poder proporcionar información rápida y confiable bajo tensión, para que ésta sea comprendida y utilizada por gente que no sea experta, como bomberos y policías.
 - (c) Conocer a, y ser conocido por, científicos y expertos en otros países para intercambiar información rápidamente en una red de información inter-personal.
 - (d) Estar disponible a través de bancos de datos y centros de información para interpretar los datos de un accidente; esta disponibilidad debería ser las 24 horas del día.
 - (e) Incluir científicos, sociales y económicos igual que personal nacional, ambiental y médico.
 - (f) Mantener un registro nacional actualizado de expertos e identificar a uno de ellos como "contacto internacional" en caso de que se requiera ayuda en otro país.
 - (g) Formar un comité internacional de tales personas "de contacto" para reunirse de vez en cuando para cambiar experiencias y evaluar acciones de control realizadas en casos de emergencias graves.
 - (h) Poder trabajar eficazmente bajo presión y vestido con equipo protector; tal equipo, perteneciente a aquellos científicos a quienes se espera vayan a desempeñar tal papel, debería estar probado y recibir mantenimiento.
 - (i) Ayudar a proponer límites tolerables de exposición a emergencias a corto plazo para poblaciones expuestas a diferentes riesgos a fin de permitir la toma de decisiones de evaluación.
 - (j) Participar en la evaluación de los registros de accidentes a fin de evitar o moderar accidentes futuros.
 - (k) Ayudar a planear procedimientos preestablecidos de desintoxicación y rehabilitación.
-

Fuente: Health Aspects of Chemical Safety-Emergency response to Chemical Accidents-(WHO/IPCS 1981).

FIG. 1 COMPONENTES DE LA PREPARACION PARA REACCIONAR A LOS ACCIDENTES CAUSADOS POR AGENTES QUIMICOS.

	FASE	ACTIVIDAD
ANTES DEL ACCIDENTE	1) Evaluación de riesgos	<ul style="list-style-type: none"> • Identificación de riesgos • Identificación de vulnerabilidades • Evaluación de Riesgos
	2) Prevención	<ul style="list-style-type: none"> • Remoción de riesgos • Selección de alternativas • Control de Riesgos
	3) Planificación de mitigación de efectos	<ul style="list-style-type: none"> • Planificación de contingencias • Conocimiento de métodos de rehabilitación • Institución de marcos de trabajo organizacionales
DESPUES DEL ACCIDENTE	4) Emergencia	<ul style="list-style-type: none"> • Reacción adecuada y precisa • Velocidad de acción
	5) Seguimiento	<ul style="list-style-type: none"> • Conocimiento de los agentes químicos • Aislamiento de la zona de accidente
	6) Rehabilitación	<ul style="list-style-type: none"> • Diagnóstico de necesidades • Implementación • Monitoreo • Retroalimentación y Ajuste • Transferencia y almacenamiento de información

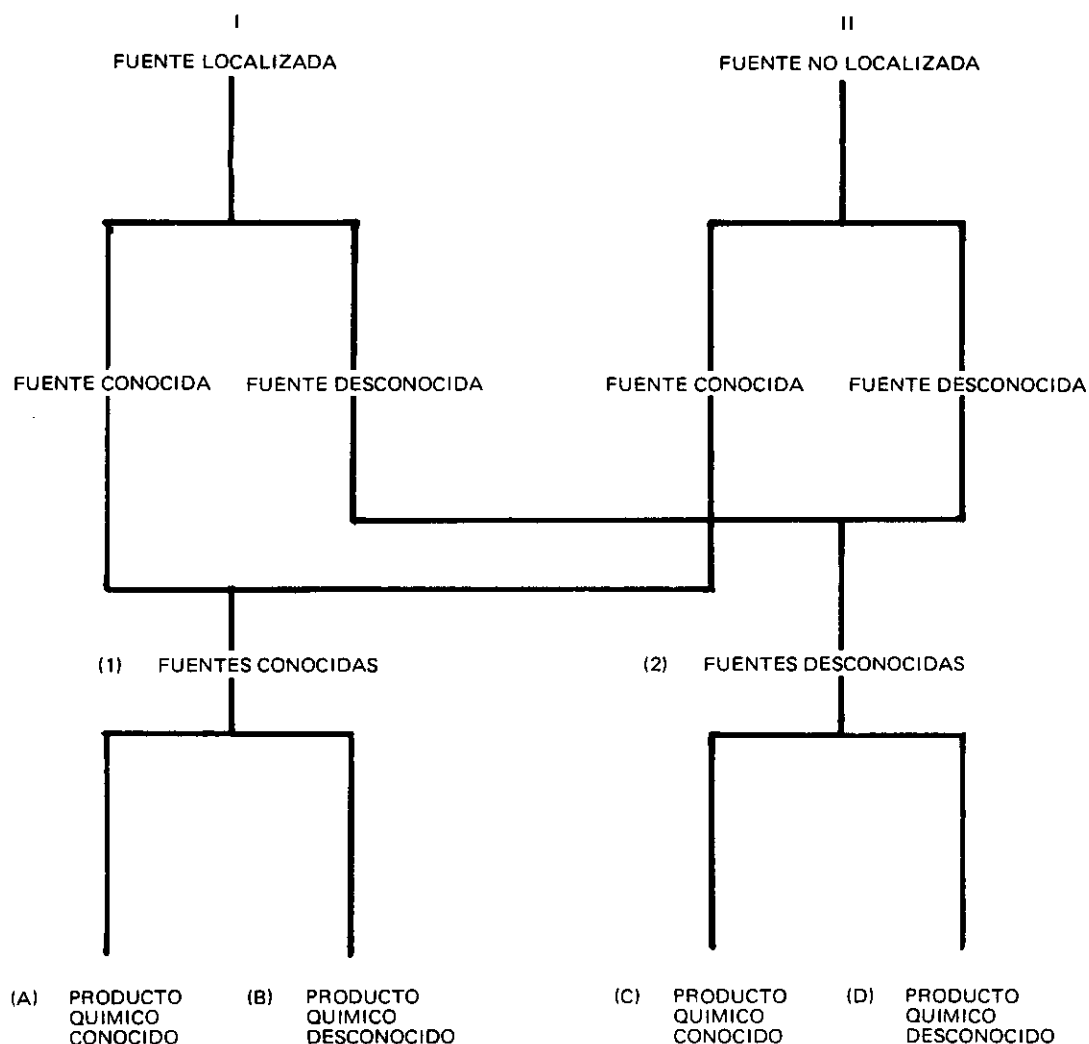


FIG.2 COMBINACIONES DE INFORMACION SOBRE ACCIDENTES QUIMICOS

Fuente: Health Aspects of Chemical Safety-Rehabilitation following accidents involving toxic and potentially toxic and hazardous chemicals-WHO/IPCS (in press).

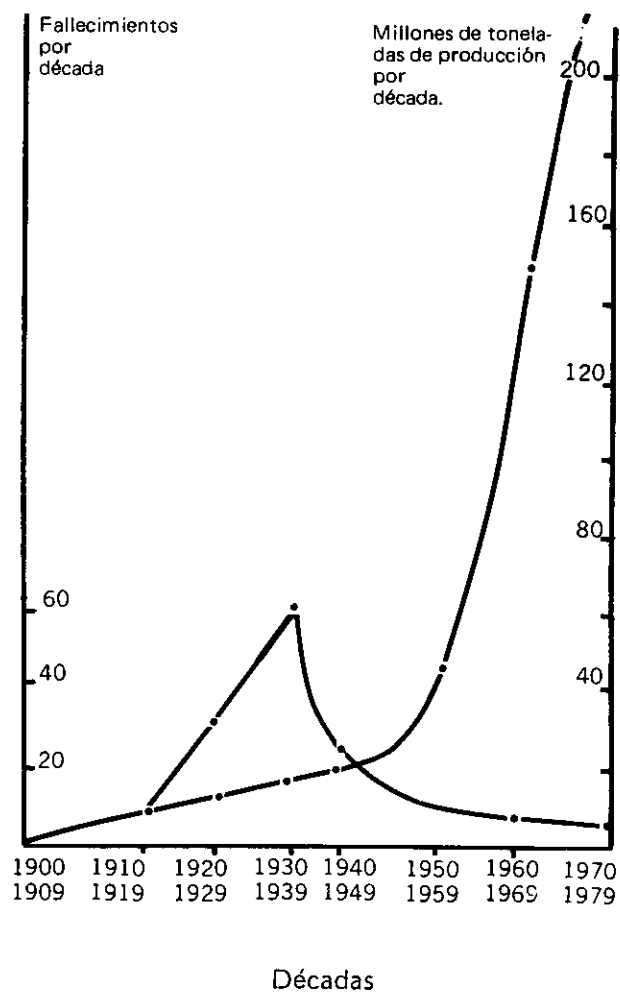


FIG.3 LA PRODUCCION MUNDIAL DE CLORO LIQUIDO Y LOS FALLECIMIENTOS CONOCIDOS A CAUSA DE INCIDENTES CON EL PRODUCTO QUIMICO.

Fuente: Health and Safety Commission, Advisory Committee on major Hazards Second Report Health and Safety Executive, London (1979).

ANEXO 1

RESUMEN DEL DOCUMENTO PROVISIONAL DE EURO/WHO SOBRE "RESPUESTA A ACCIDENTES CAUSADOS POR AGENTES QUIMICOS"*

* Fuente: Gilad, A. and Silano, V. (1983). Contingency Planning for Accidents and Emergencies Involving the Release of Potentially Toxic Chemicals, *J. Toxicol. Med. T.* 3, No. 1, 67-77.

Introducción

Como un paso preliminar para "manejar lo impredecible", un grupo de trabajo del Programa Internacional de Seguridad Química (PISQ), reunido en 1981, desarrolló un marco de trabajo institucional para la formación de un sistema de respuesta a la ocurrencia de accidentes causados por agentes químicos a nivel de país, el cual podría servir de modelo.

En este modelo conceptual se organiza el tipo de planificación para contingencias de acuerdo con cuatro tipos de limitación de accidentes. Al nivel 1 o nivel de operador, los efectos del accidente/emergencia pueden ser controlados dentro de una instalación. A nivel 2, o nivel local/ de comunidad, los efectos se extienden al sector público, pero pueden ser manejados empleando los recursos de la comunidad. A nivel 3 o nivel regional/nacional, los efectos se presentan en los límites entre dos regiones o comunidades dentro de un país y se requiere el uso de los recursos combinados con que se cuenta en este nivel jurisdiccional. A nivel 4 o nivel internacional, la emergencia puede ser un desastre en gran escala o un pequeño accidente que se hubiese presentado cerca de las fronteras de los países. A nivel 4, los procedimientos de manejo podrían requerir los servicios de un equipo internacional.

Planificación para contingencias

La planificación para contingencias por accidentes causados por agentes químicos se debe efectuar a los diferentes niveles (operador, local, regional y nacional). Los operadores responsables de la preparación de planes de contingencias deben de incluir en éstos las plantas que producen o usan sustancias químicas potencialmente tóxicas (SQPT) en sus procesos, instalaciones en las cuales se venden éstas al mayoreo o al menudeo, vehículos que las transportan, empresas que para mejorar la calidad de sus productos (por ejemplo, la industria alimenticia, agricultura, forestal) y procesos con unidades responsables del manejo de desperdicios. Se deben incluir los siguientes pasos en cualquier proceso de planificación para contingencias:

1. Designar responsabilidades de planificación para contingencias e implementación de un sistema de respuesta a emergencias. Es muy importante definir los papeles que desempeñará el supervisor de las actividades en el lugar del accidente y en el sitio del punto focal en el centro de control de emergencias.
2. Preparar un plan de acción. Este paso se debe llevar a cabo como una operación normal del procedimiento para manejar accidentes específicos; así como para reacciones rápidas ante cualquier emergencia.
3. Establecer la relación con autoridades externas (bomberos, policía, ambulancias y servicios de salud y en algunos casos con unidades de las fuerzas armadas).
4. Identificar y utilizar recursos para manejar los casos de emergencia incluyendo instrucción y entrenamiento del personal y el mantenimiento del equipo y los materiales.
5. Preparar un sistema de recolección, procesamiento, evaluación y divulgación de información.

Sistema de reacción a emergencias

Un sistema de reacción debe estar integrado apropiadamente dentro de una estructura regional, nacional y, en algunos casos, internacional. Esta planificación es necesaria debido a que frecuentemente es imposible predecir el alcance y las consecuencias que pueda tener un accidente causado por agentes químicos. En caso que grandes áreas resulten afectadas, un sistema de reacción a emergencias bien coordinado puede movilizar rápida y efectivamente los elementos necesarios para

prestar ayuda e iniciar inmediatamente las acciones de protección. El éxito de un sistema integrado complejo está basado en el establecimiento de un "punto focal" de cada sistema, a cada nivel de la estructura nacional. La persona designada como punto focal coordinará las acciones de respuesta a las emergencias dentro de las áreas de su responsabilidad. El punto focal será responsable de procesar, transmitir, y recibir la información necesaria tanto en relación con las autoridades como con el público y facilitar la ayuda requerida de las unidades de respuesta. Se debe proporcionar información completa sobre los efectos de los accidentes y de las medidas que se tomen para contrarrestar sus efectos a cada punto focal sucesivo ya que ellos tienen que decidir si la acción debe permanecer a su nivel o debe ser transferida a niveles más altos. Sin tomar en cuenta el nivel, el punto focal alertará a las unidades de emergencia y procurará obtener consejos de expertos. Las unidades de emergencia se dirigirán entonces a la escena del accidente bajo el mando de sus respectivos comandantes y el punto focal dirigirá y coordinará las actividades agenerales. Como ejemplo, en la figura 1 se ilustra el papel del punto focal a nivel 3.

Para determinar la extensión del efecto, se mide inmediatamente, bajo la dirección de los servicios de expertos (y/o los laboratorios), los niveles de las sustancias químicas en el medio ambiente. Esta información, junto con observaciones de los efectos sobre el medio ambiente y la salud y los conocimientos sobre la dinámica de la liberación de agentes químicos servirán para determinar si el manejo de un accidente a un nivel dado por el punto focal fue apropiado o no. Por tanto, conforme se cuente con más información sobre las características del accidente, el punto focal puede moverse más hacia arriba dentro de la jerarquía (por ejemplo, de nivel operador a nivel de comunidad, o de este último a nivel nacional). Este cambio se haría cuando sea necesario contar con ayuda adicional y/o cuando los impactos sobre la salud y ecológicos del accidente se extiendan de un sitio de extensión restringida a un área mayor que caiga dentro de la responsabilidad de la comunidad, regional o nacional.

Aunque los particulares dependerán de la extensión de la emergencia, cualquier sistema de respuesta a accidentes debe incluir ciertos elementos. Una parte integral de los sistemas de respuesta a los accidentes debe ser el sistema de alerta. Este componente requiere del establecimiento de sistemas de alarma apropiados, incluyendo un procedimiento estándar para transmitir la información sobre la ocurrencia de un accidente al punto focal apropiado. Son también aspectos críticos la evaluación de la situación y la evaluación del accidente. Debe proporcionarse información básica suficiente para clasificar el accidente en forma preliminar y que indique sus consecuencias probables y las acciones requeridas. Esta evaluación inicial sería hecha normalmente por la persona designada como punto focal. Al mismo tiempo, se recolectan datos relacionados con el accidente y se solicita la colaboración de expertos, tanto interna como externa.

Una vez evaluada la situación, es necesario asegurarse de que se contará con un flujo de información necesaria que se proporcionará a todas las personas y organismos de importancia, con objeto de asegurar que habrá una respuesta rápida y efectiva al accidente. Además, es probable que sea necesario contar con ayuda externa, ya que en muchos casos, no es posible contener o limitar los accidentes causados por agentes químicos en forma efectiva y tampoco minimizar sus impactos sin contar con ayuda y/o consejos provenientes del exterior. Los siguientes son ejemplos de esta ayuda o consejo:

- acceso a información relevante;
- asistencia de expertos altamente calificados con experiencia en el control de accidentes previos;
- servicio de laboratorios dignos de confianza y bien equipados para que lleven a cabo los análisis y pruebas necesarios;
- provisión de personal capacitado para tratar debidamente con la emergencia;
- proporción de materiales y equipos conforme van siendo necesarios para dar la protección adecuada y tomar las medidas necesarias para remediar la situación.

Los servicios de salud desempeñan un papel importante en las respuestas a los accidentes. Deben hacerse arreglos previamente con los servicios de salud relevantes en relación a su respectiva participación en las acciones tomadas para manejar emergencias causadas por agentes químicos. Debe incluirse la reservación de espacio suficiente en hospitales, así como la existencia de elementos médicos apropiados. La planificación de servicios de salud para emergencias debe estar basada en información detallada, proporcionada por los operadores, las industrias o los gobiernos locales. En esta información es necesario incluir datos sobre el tipo de sustancias químicas que pudieran estar involucradas en accidentes potenciales, sus propiedades y las posibles consecuencias de cualquier accidente. En caso de sustancias poco usuales o especiales, es posible que se requiera una capacitación adicional del personal médico para que puedan manejar cualquier emergencia en forma efectiva. La mayor parte de los hospitales tienen ya un plan de contingencia para emergencias. Estos planes deben ser examinados con objeto de asegurarse que contienen elementos para atender emergencias causadas por agentes químicos.

Llamar una ambulancia es por lo general la primera reacción ante cualquier accidente. Llamar una ambulancia es un procedimiento estándar en cualquier tipo de emergencia, por lo que debe ser incorporado en los planes de contingencia. Sin embargo, en cualquier plan de reacción ante accidentes se debe incluir provisiones para llamar también un mayor número de ambulancias y/o ambulancias helicóptero, en caso de ser necesario.

Durante las primeras etapas que siguen a la ocurrencia de un accidente, es de muy alta prioridad que se tomen medidas de protección. Simultáneamente, se deben considerar las medidas que se tomarán en el futuro para remediar las consecuencias del accidente o las medidas de rehabilitación. Es posible que este método sea no sólo más económico, sino que también pueda evitar una serie de problemas futuros. La evaluación y vigilancia de los impactos de los accidentes sobre la salud humana, así como las consecuencias de los cambios que se presentan con el tiempo dentro del área afectada son esenciales para el manejo efectivo de la emergencia. Las medidas adoptadas previamente deben modificarse de acuerdo con las circunstancias específicas de cada situación.

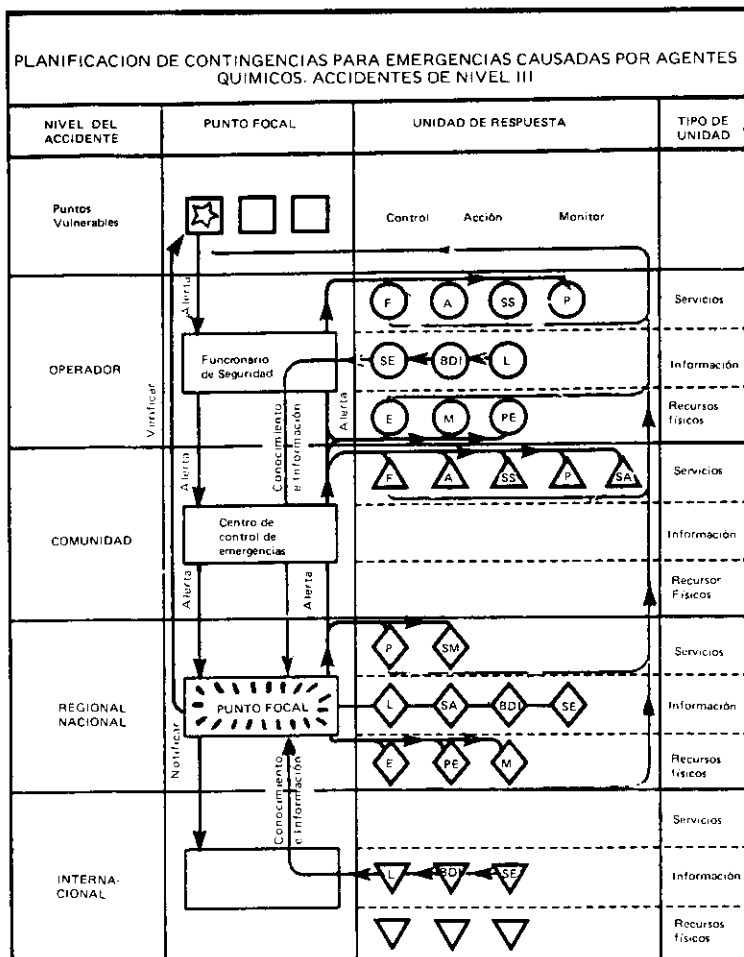
Las personas e instituciones que deben recibir información sobre el desarrollo de la situación son las autoridades gubernamentales al nivel correspondiente, los servicios de salud y el público en general. Con objeto de asegurar que se dará una información consistente, se prefiere que un solo funcionario sea quien proporcione la información a los medios masivos de divulgación.

Finalmente, se debe preparar un informe terminal sobre cada accidente. El objetivo principal de este informe es almacenar todas las experiencias y conocimientos obtenidos a partir de cada evento a fin de proporcionar bases para el mejoramiento tanto de los planes de contingencia como del desarrollo y aplicaciones prácticas de los sistemas de respuesta a accidentes.

Verificación del modelo de respuesta a accidentes

A fin de comparar este marco de trabajo idealizado de los sistemas de respuesta a accidentes con los que existen en Europa, se llevó a cabo una encuesta en 20 países europeos. En particular, la encuesta proporciona información sobre los marcos de trabajo organizacionales, los sistemas de alerta y de respuesta, centros de información y expertos y las leyes y reglamentos de los que actualmente se disponen en cada uno de los 20 países.

Aunque la verdadera prueba para los modelos de respuesta a accidentes causados por agentes químicos sería una situación real, se pueden usar los estudios de casos para verificar si los modelos están completos y si son apropiados. Se han preparado dos casos para este fin: la liberación accidental de TCDD en Seveso, Italia y el descarrilamiento del tren en Canadá, en el cual se liberó cloro. En ambos casos, el modelo de respuesta a emergencias parece bastante aplicable.



○ Recursos internos del operador
 △ Recursos de la comunidad local
 ◇ Recursos regionales y/o nacionales
 ▽ Recursos internacionales
 SM Servicios militares
 A Ambulancias
 BDI Banco de datos de información
 E Equipo
 SE Servicio de expertos (ambiental)
 F Brigadas de fuego (bomberos)

SS Servicios de salud
 L Laboratorios
 M Materiales
 P Policía
 PE Personal
 SA Servicios ambientales

ANEXO 2

LISTA PROVISIONAL DE CONTENIDO DEL DOCUMENTO EURO/WHO SOBRE "LA REHABILITACION QUE SIGUE A LA OCURRENCIA DE ACCIDENTES EN LOS QUE SE ENCUENTRAN INVOLUCRADOS AGENTES QUIMICOS RIESGOSOS Y POTENCIALMENTE TOXICOS"

Fuente: Health Aspects of Chemical Safety-Rehabilitation following accidents involving toxic and potentially toxic and hazardous chemicals. WHO/IPCS (*en preparación*)

I. INTRODUCCION

1. Objetivos y alternativas
 - 1.1 Restauración
 - 1.2 Rehabilitación
 - 1.3 Modificación
2. Evaluación de la situación de postemergencia
3. Planificación e implementación
4. Monitoreo
5. Retroalimentación y ajuste
6. Transferencia y almacenamiento de información
7. Cooperación internacional

II. EVALUACION DE LA SITUACION DE POSTEMERGENCIA Y DE LAS NECESIDADES DE REHABILITACION.

1. Fuentes de información
2. Descripción (de atributos) del accidente
 - 2.1 Clasificación de acuerdo con la fuente
 - 2.2 Clasificación de acuerdo con la causa aparente
 - 2.3 Clasificación de acuerdo con la razón aparente
 - 2.4 Clasificación de acuerdo con el lugar del accidente y áreas afectadas
 - 2.5 Clasificación de acuerdo con la cantidad de sustancia(s) química(s) liberada(s) y/o recuperadas
 - 2.6 Clasificación de acuerdo con las propiedades de la(s) sustancia(s) química(s) liberadas
 - 2.7 Clasificación de acuerdo con la dinámica de la(s) sustancia(s) química(s) liberadas
 - 2.8 Clasificación de acuerdo con la toxicidad de la(s) sustancia(s) química(s) liberadas
 - 2.9 Clasificación de acuerdo con las principales vías de exposición e impacto sobre la salud
 - 2.10 Clasificación de acuerdo al impacto ambiental, social y económico
 - 2.10.1 Naturaleza de los efectos
 - 2.10.2 Magnitud de los efectos
 - 2.10.3 Duración de los efectos
 - 2.10.4 Calidad de los efectos
 - 2.11 Clasificación de acuerdo con el nivel de recursos requeridos para rehabilitación
 - 2.11.1 Nivel I (nivel de operador)
 - 2.11.2 Nivel II (nivel de local/comunidad)
 - 2.11.3 Nivel III (nivel regional/nacional)
 - 2.11.4 Nivel IV (nivel internacional)
3. Información sobre acciones de emergencia
 - 3.1 Introducción
 - 3.2 Información para acciones postemergencia
 - 3.2.2 Propiedades de la(s) sustancia(s) química(s)
 - 3.2.3 Organización ante la emergencia
 - 3.2.4 Monitoreo continuo de la situación de postemergencia
 - 3.2.5 Evaluación de riesgos
4. Efectos observados
 - 4.1 Introducción
 - 4.2 Indicadores físicos
 - 4.3 Humanos
 - 4.4 Plantas
 - 4.5 Animales
 - 4.6 Agua, aire y suelo
 - 4.7 Efectos económicos y sociales
5. Resultados de las pruebas y el monitoreo iniciales
 - 5.1 Introducción

- 5.2 Métodos analíticos ambientales
 - 5.2.1 Detección biológica
 - 5.2.2 Detección físicoquímica
- 5.3 Procesamiento de datos del monitoreo
- 6. **Propiedades de las sustancias químicas involucradas**
 - 6.1 Introducción
 - 6.2 Propiedades físicas y químicas
 - 6.3 Propiedades bioquímicas
 - 6.3.1 Introducción
 - 6.3.2 Conducta en organismos más evolucionados
 - 6.3.3 Conducta en organismos menos evolucionados
 - 6.3.4 Bioacumulación
 - 6.3.5 Actividades bioquímicas específicas
 - 6.4 Efectos tóxicos (en humanos)
 - 6.5 Efectos tóxicos (ambientales)
 - 6.6 Transporte ambiental
 - 6.6.1 Introducción
 - 6.6.2 Análisis de destino ambiental
 - 6.6.3 Computación, elaboración de modelos y evaluación
- 7. Características del área involucrada
 - 7.1 Introducción
 - 7.2 Sistemas naturales (geográficos/ecológicos)
 - 7.3 Sistemas construidos o manejados (físicos/técnicos)
 - 7.4 Sistemas socioeconómicos
- 8. Evaluación
 - 8.1 Diagnóstico e interpretación iniciales
 - 8.2 Adecuación y consistencia de información disponible
 - 8.3 Mayores requerimientos e investigaciones más avanzadas
 - 8.4 Necesidad de rehabilitación

III. *PLANIFICACION E IMPLEMENTACION*

- 1. Plan de manejo
 - 1.1 Presupuesto
 - 1.2 Personal
- 2. Aspectos organizacionales
 - 2.1 Responsabilidades
 - 2.2 Relaciones con otras agencias
 - 2.3 Manejo de las acciones de rehabilitación para la recuperación de sistemas
- 3. Definiciones, evaluación de necesidades y alternativas
 - 3.1 Evaluación de necesidades de rehabilitación
 - 3.2 Limitaciones de tiempo y costo
 - 3.3 Alternativas de rehabilitación
- 4. Componentes del plan de acción
 - 4.1 Cuidado de la salud después de las emergencias
 - 4.1.1 Vigilancia y supervisión
 - 4.1.2 Censo inicial
 - 4.1.3 Evaluación de la extensión de la exposición
 - 4.1.4 Pruebas biológicas
 - 4.1.5 Reevaluación del diagnóstico inicial y de las estrategias de tratamiento
 - 4.1.6 Reevaluación de los efectos sobre la salud
 - 4.1.7 Cuidados médicos después de la emergencia
 - 4.1.8 Monitoreo intensivo versus vigilancia de "rutina" del sistema de información del servicio de salud
 - 4.1.9 Sistema de información sobre salud (estudio de cohorte)
 - 4.1.10 Informes y archivos médicos
 - 4.1.11 Organización

- 4.2 Trabajos sociales después de las emergencias
 - 4.2.1 Introducción
 - 4.2.2 Estructuras de organización
 - 4.2.3 Clases de trabajos sociales
 - 4.2.4 La manera de llevar a cabo los trabajos sociales
 - 4.2.5 Distribución en tiempo de los trabajos sociales
- 4.3 Ayuda económica después de las emergencias
- 4.4 Recuperación de los daños ecológicos
 - 4.4.1 Métodos de rehabilitación
 - 4.4.2 Rehabilitación de suelos
 - 4.4.3 Rehabilitación de recursos acuíferos
 - 4.4.3.1 Aguas superficiales
 - 4.4.3.2 Aguas subterráneas
 - 4.4.4 Edificios
 - 4.4.5 Instalaciones
 - 4.4.6 Precauciones
 - 4.4.7 Riesgos
- 4.5 Protección de los trabajadores de rehabilitación
 - 4.5.1 General
 - 4.5.2 Aspectos de salud
 - 4.5.3 Aspectos de Seguridad
 - 4.5.4 Selección inicial
 - 4.5.5 Capacitación de trabajadores
 - 4.5.6 Coordinación de actividades en el sitio
 - 4.5.7 Encuestas de higiene industrial
 - 4.5.8 Recomendaciones para controlar la exposición de los trabajadores
- 4.6 Sistemas de información pública

IV. *MONITOREO*

- 1. Introducción
- 2. Objetivos
- 3. Métodos y medios
 - 3.1 Aire/gas
 - 3.2 Agua
 - 3.3 Suelo y vegetación
 - 3.3.1 Introducción
 - 3.3.2 Suelo
 - 3.3.3 Vegetación
 - 3.4 Salud humana
 - 3.5 Salud animal
 - 3.6 Alimentos producidos localmente
- 4. Diseño de sistemas de monitoreo

V. *ORGANIZACION*

- 1. Evaluación de la efectividad de las evaluaciones
 - 1.1 Introducción
 - 1.2 Metodología
 - 1.3 Coordinación
 - 1.4 Toma de decisiones
 - 1.5 Modificaciones de personal
 - 1.6 Responsabilidad
 - 1.7 Modificaciones presupuestarias
 - 1.8 Interrelaciones
 - 1.8.1 Con autoridades locales
 - 1.8.2 Con grupos de trabajo

- 1.8.3 Con grupos externos
 - 1.8.4 Con el público
- 2. Declaración de terminación o reconsideración de metas y objetivos
 - 2.1 Reevaluación en relación con los objetivos previos
 - 2.1.1 Literatura de actualización
 - 2.1.2 Nuevos resultados para actualización
 - 2.2 Aparición de nuevos hechos
 - 2.3 Redefinición de prioridades
 - 2.4 Informe de progreso de los trabajos
 - Informes internos de rutina
 - Informaciones para la prensa
 - Publicaciones científicas
 - Informes especiales
- 3. Ajuste de los planes de rehabilitación
 - 3.1 Distribución del tiempo
 - 3.1.1 Frecuencia de las reuniones
 - 3.1.2 Frecuencia de muestreos y observaciones
 - 3.1.3 Monitoreo
 - 3.2 Evaluación del factor tiempo
 - 3.3 Reajuste del monitoreo
 - 3.3.1 Restauración del equilibrio ambiental
 - 3.3.2 Redefinición de áreas afectadas
 - 3.3.3 Redefinición de indicadores y parámetros
 - 3.4 Conclusión de la rehabilitación
 - 3.5 Plan de acción psicológica y social
 - 3.5.1 Bienestar de la población
 - 3.5.2 Lugar de observación y escucha
 - 3.5.3 Apoyo psicológico
 - 3.6 Rehabilitación económica
- 4. Monitoreo continuo
 - 4.1 Vigilancia después de la rehabilitación
 - 4.2 Reevaluación final
 - 4.3 Identificación de indicadores de predicción
 - 4.4 Identificación de los medios mínimos de acción

VI. *TRANSFERENCIA DE INFORMACION Y EXPERIENCIA*

- 1. Propósitos
 - 1.1 Información para archivos
 - 1.2 Experiencia disponible
 - 1.3 Información para legislación y establecimiento de estándares
 - 1.4 Información para encuestas formales
 - 1.5 Información para la participación del público
 - 1.6 Información para capacitación
 - 1.7 Educación a niveles más altos para ingenieros y gerentes
- 2. Medios
 - 2.1 Sistemas permanentes de almacenamiento y recuperación
 - 2.2 Publicaciones
 - 2.3 Informes especiales
 - 2.4 Medios masivos de información
 - 2.5 Manuales y ayudas audiovisuales
 - 2.6 Consejos de expertos

VII. *COOPERACION INTERNACIONAL*

- 1. Introducción
 - 1.2 Accidentes en sitios cercanos a fronteras

- 1.3 Accidentes complejos y únicos
- 1.4 Operaciones multinacionales
- 2. Asistencia técnica directa
- 3. Publicaciones internacionales
- 4. Grupos internacionales de trabajo
- 5. Intercambio de información y discusiones de expertos
- 6. Simposios, talleres y conferencias
- 7. Marcos de trabajo para cooperación internacional

ANEXO 3

LISTA/CUESTIONARIO PARA LA OBTENCION DE DATOS NECESARIOS PARA REALIZAR UNA ENCUESTA DE RIESGOS EN INSTALACIONES ESTACIONARIAS*

* Fuente: Document ISTISAN (Rome, Italy 1978/22 y UNIDO/UNDRO/WHO/UNEP. Contingency Planning for Industrial Emergencies for the West and Central African Region. UNIDO/1 S. 425 (1983) Mod.

CONTENIDO

1. NOMBRE Y DOMICILIO
2. SECTOR
3. CATEGORIA
4. TIPO DE BIENES PRODUCIDOS, COMERCIALIZADOS O DESTINADOS A SERVICIOS
5. PERSONAL
6. DIMENSIONES Y LOCALIZACION
7. AUTORIZACIONES
8. ESTRUCTURAS
9. PLANIFICACION DE LAS INSTALACIONES
10. PROCESOS QUIMICOS
11. AGENTES QUIMICOS
12. EQUIPO
13. AGENTES QUIMICOS QUE PUEDEN FORMARSE BAJO CONDICIONES ANORMALES DEL PROCESO ESTABLECIDO
14. UNIDAD DE OPERACIONES
15. PRACTICAS Y CAPACITACION DE OPERADORES
16. DESPERDICIOS Y EFLUENTES
17. EQUIPOS Y MEDIDAS DE SEGURIDAD
18. SERVICIOS SANITARIOS
19. INDICADORES DE SEGURIDAD Y DE SALUD

1. **NOMBRE Y DOMICILIO**
 - Empresa
 - Domicilio
 - Municipio
 - Estado
2. **SECTOR**
 - Industria
 - Taller artesanal
 - Comercio
 - Agricultura
 - Zootecnia
 - Servicios
3. **CATEGORIA**
 - Agrícola o zootécnica
 - Alimentaria y afines
 - Química y farmacéutica
 - Cuero, pieles, calzado
 - Celulosa, papel, editorial, fotofonocinematográfica
 - Electricidad, gas y líquidos combustibles, agua, frío y calor
 - Madera y afines
 - Metalurgia, automotriz, electrónica, electrotecnica
 - Aparatos radiógenos y fuentes radioactivas
 - Extracción y elaboración de minerales
 - Textiles y vestido
 - Depósitos
 - Varios (a especificar)
4. **TIPOS DE BIENES PRODUCIDOS, COMERCIALIZADOS O DESTINADOS A SERVICIOS.**
Especificar
5. **PERSONAL**
 - 5.1 Personal ocupado en el establecimiento
 - Responsable legal
 - Su domicilio
 - Director técnico responsable y su título profesional
 - Número de obreros permanentes
 - Número de obreros temporales
 - Número de turnos en 24 horas
 - Número de técnicos
 - Número de empleados administrativos
 - Porcentaje medio anual de ausencias en el trabajo
 - 5.2 Servicios contratados
 - Tipo de servicios y actividades contratadas y desarrolladas en la sede del establecimiento
 - Número de personas presentes globalmente en el establecimiento para desarrollar las actividades contratadas
6. **DIMENSIONES Y LOCALIZACION**
 - 6.1 Dimensiones
 - Area del establecimiento en m²

- Datos catastrales
- Superficie cubierta en m²
- Superficie pavimentada al aire libre dentro del área del establecimiento en m²
- Extensión de las superficies descubiertas:
 - destinadas a depósito en m²
 - destinadas a otros usos en m²
- amplitud de la eventual franja de protección en m

Uso previsto del área del establecimiento, en el plano regulador del municipio u otro instrumento equivalente (vigente o adoptado):

- agrícola
- artesanal
- industrial
- residencial
- otro (a especificar)

6.2 (respecto a)

- topografía y drenaje adecuados
- clima o desastres naturales que pudieran afectar las operaciones
- servicios (ej. agua, gas, electricidad)
- autopistas, carreteras, caminos, aeropuertos, o áreas congestionadas cerca de la planta
- servicio de bomberos de la comunidad

7. AUTORIZACIONES

Fecha de inicio de actividades del establecimiento

Fechas de ampliaciones importantes o de eventuales modificaciones

Eventual clasificación de acuerdo a los artículos pertinentes, especificando la fecha de tramitación

Lista completa y términos correspondientes de las autorizaciones expedidas en poder del interesado

8. ESTRUCTURAS

- Construcción de todas las edificaciones de conformidad con el código nacional de construcción (si éste existe)
- Adecuación de cimientos al subsuelo y a las cargas
- Aislamiento de las partes de las estructuras de acero y soportes para que resistan al fuego
- Minimización de factores que pudieran servir para propagar el fuego, tales como aberturas en pisos y muros, pozos para elevador y ductos para acondicionamiento de aire y ventilación
- Separación de áreas para procesos riesgosos por medio de muros contra incendio
- Ventilación de acuerdo con los estándares para edificios expuestos a riesgos de explosión
- Ventilación de todos los edificios para limitar la presencia de sustancias tóxicas e inflamables
- Número suficiente de salidas debidamente señaladas en todos los edificios
- Instalación de sistemas eléctricos de conformidad con los reglamentos nacionales respectivos
- Instalaciones de drenaje adecuadas en los edificios

9. PLANIFICACION DE LAS INSTALACIONES

Especificar si:

- El área de la planta está circundada por cercas y puertas adecuadas
- Existe una distancia que proporcione seguridad entre los límites de la planta y la unidad más cercana de la planta

- Las áreas de procesamiento están separadas de las áreas de almacenamiento, herramientas, oficinas y en dirección contraria a la del viento de fuentes de ignición
- Las unidades riesgosas están separadas de todas las áreas críticas tales como: cuartos de control o instalaciones de computación
- El espaciamiento del equipo se ha planeado tomando en cuenta la naturaleza de los materiales, la cantidad, las condiciones de operación, la sensibilidad del equipo, la necesidad de combatir el fuego y la concentración de materiales valiosos
- Las áreas de carga están en la periferia de la planta y lejos de las fuentes de ignición
- Los edificios administrativos y las bodegas están en la periferia de la planta
- Los sistemas de eliminación de desperdicios están en la dirección del viento de las concentraciones de personal
- Los tanques de almacenamiento están lejos de la periferia de la planta, no muy cercanos entre sí y protegidos o enterrados
- Hay rutas adecuadas para vehículos, tanto de entrada como de salida en casos de emergencia

10. PROCESOS QUIMICOS

- Proporcionar información sobre los siguientes aspectos de cada proceso químico:
 - Una descripción esquemática de las principales líneas del proceso
 - Una indicación de las reacciones químicas y/o bioquímicas del proceso, especificando si se lleva a cabo una combustión, oxidación, halogenación o cualquier otro tipo de reacción.
 - El tiempo y frecuencia del ciclo de producción
 - Una indicación de anomalías esperadas, especialmente respecto a la formación de sustancias riesgosas.
 - Mantenimiento para evitar situaciones riesgosas, especificando la clase y la frecuencia. Incluir el programa de mantenimiento si es posible. Especificar qué se ha hecho para evitar:
 - temperaturas anormales
 - presiones anormales
 - tasas anormales de reacción
 - adición impropio de reactivos
 - detención de flujo de materiales
 - fugas o derrames de los equipos

11. AGENTES QUIMICOS

- Proporcionar una lista de sustancias y preparaciones usadas en la manufactura, producidas o almacenadas en las bodegas del establecimiento.
- Indicar las sustancias químicas por sus respectivos nombres químicos y, en caso de preparaciones, por sus composiciones. Proporcionar también sus nombres comerciales o comunes.
- Especificar el monto máximo de cada sustancia que se tiene en la planta así como la cantidad promedio que se utiliza o se produce diariamente.
- Indicar el tipo de riesgos posibles asociados con cada sustancia (ej. inflamabilidad, explosividad, corrosividad, toxicidad), especificando la fuente de información como sigue:
 - A= etiqueta; B= investigación *ad hoc*; C= datos publicados en literatura; D= otros.
- Toda la información mencionada debe proporcionarse para los siguientes tipos de materiales:
 - Materias primas
 - Productos intermedios
 - Solventes y mejoradores
 - Productos primarios terminados
 - Productos secundarios terminados

12. EQUIPO

Especificar si:

- Cada pieza de equipo tiene su propio inventario detallado
- Se usan estándares reconocidos para el diseño del equipo
- El equipo está diseñado con control adecuado para seguridad a fin de prevenir excesos de temperatura o de presión
- El equipo ha sido construido, instalado y comprobado apropiadamente antes de operarlo
- El equipo es digno de confianza y fácil de operar
- Todos los instrumentos y controles están libres de fallas
- El programa de mantenimiento e inspección es adecuado
- Tanto los repuestos como el equipo para el personal de reparación están siempre listos

13. AGENTES QUIMICOS QUE PUEDEN FORMARSE BAJO CONDICIONES ANORMALES DEL PROCESO ESTABLECIDO

- Proporcionar información, para cada proceso, de acuerdo con el esquema descrito en la Sección 11 para cada una de las sustancias químicas que se pueden formar bajo condiciones anormales del proceso que se pudieran presentar con facilidad

14. UNIDAD DE OPERACIONES

- Medidas de precaución tomadas para prevención en contra de liberaciones accidentales de líquidos inflamables o tóxicos, gases o polvos combustibles
- Manejo apropiado de sustancias químicas inestables para minimizar su exposición a calor, presión, choque o fricción
- Diseño, instrumentación y control de las instalaciones de la unidad de operaciones (ej. columnas de destilación, adsorbedores y peladores) para minimizar las pérdidas
- Inspecciones de todas las operaciones de transmisión de calor y de transporte para que los operadores trabajen con seguridad
- Embarque de sustancias químicas en la planta

15. PRACTICAS Y CAPACITACION DE OPERADORES

- Manual de operaciones estándar. ¿Se revisa periódicamente y cuando se hacen cambios?
- Programas de capacitación de operadores. ¿Se cubren las necesidades de capacitación de personal supervisor y de operación?
- Programas de arranque y de suspensión de trabajos
- Sistema de permisos para ejecución de operaciones riesgosas
- Capacitación de personal para reconocer descomposturas o alteraciones potenciales de los procesos

16. DESPERDICIOS Y EFLUENTES

16.1 Desperdicios

Especificar para desperdicios sólidos, semisólidos y líquidos:

- naturaleza
- si se producen bajo condiciones normales o anormales
- monto promedio al día
- métodos de contención

16.2 Efluentes

Especificar para efluentes líquidos y gaseosos:

- composición
- si se liberan bajo condiciones normales o anormales
- monto promedio al día
- métodos de contención

17. EQUIPOS Y MEDIDAS DE SEGURIDAD

17.1 *Sistemas de alarma*

Especificar los tipos de sistemas de alarma disponibles y sus modos de operación, tipos de instalación o control de condiciones ambientales y si se dispone de un sistema de almacenamiento de datos

17.2 *Medidas de Seguridad*

Describir los medios previstos para la protección de las personas a cargo y del personal expuesto al peligro. Agregar un informe con respecto a los siguientes puntos:

17.2.1 De naturaleza preventiva

- a) Normas de conducta
- b) Medios para protección personal
- c) Medios de protección ambiental
- d) Programas de capacitación para reconocer anomalías de los procesos

17.2.2 En caso de emergencia

- a) Plan de contingencia
- b) Medios de protección personal
- c) Medios de protección ambiental
- d) Capacitación para manejar situaciones de emergencia

18. SERVICIOS SANITARIOS

18.1 *Servicios Sanitarios Ocupacionales*

18.1.1 Primeros auxilios

- ¿Existe un servicio de primeros auxilios?

18.1.1.1 *Dimensiones del servicio de primeros auxilios:*

- Número de locales destinados al servicio
- Número de camas

18.1.1.2 *Personal encargado de primeros auxilios:*

- ¿El servicio cuenta con un médico?
- Título del médico:
 - clínico
 - higienista
 - especialista en medicina del trabajo
 - otro
- Número de horas semanales dedicadas por el médico de servicio
- Número promedio de consultas semanales
- Número de auxiliares médicos

18.1.1.3 *Ambulancias*

- Existe un servicio permanente de transporte a disposición de primeros auxilios?
- ¿Tiene la empresa servicio externo de primeros auxilios?

18.1.2 *Medicina Preventiva*

18.1.2.1 *Personal*

- Número de médicos encargados
- Número global de horas semanales dedicadas por el personal médico a este servicio
- Número de auxiliares médicos
- Número global de horas semanales dedicadas por el personal auxiliar a este servicio

18.1.2.2 *Actividad*

- Se realizan investigaciones sistemáticamente?
- Ambientales
- De grupo
- Individuales
- ¿Existen convenios con instituciones públicas o privadas para consultas con especialistas?
- ¿Existen sistemas en función de análisis continuos de datos ambientales?
- Existe un registro de datos bioestadísticos?
- ¿Existe una cartilla personal de riesgo?

18.2 *Servicios Sanitarios de la Comunidad*

- Hospitales
- Ambulancias

19. *INDICADORES DE SEGURIDAD Y DE SALUD*

19.1 *Enfermedades Profesionales*

Una lista de enfermedades profesionales elaborada por las organizaciones correspondientes durante los últimos tres años y el número de casos de cada enfermedad

19.2 *Fuegos, Explosiones y Derrames*

Número de cada uno informado durante los últimos tres años

19.3 *Estudios Ambientales*

Indicar si se han llevado a cabo en relación con la planta durante los últimos cinco años, quién los llevó a cabo y cuáles fueron los resultados

ANEXO 4

PROTOCOLO PARA LA ADQUISICION DE DATOS PARA ESTUDIOS RETROSPECTIVOS DE ACCIDENTES QUIMICOS*

* Fuente: Health Aspects of Chemical Safety Emergency-Rehabilitation Following Accidents Involving Toxic and Potentially Toxic and Hazardous Chemicals-WHO/IPC (1981).

ANEXO 4

CONTENIDO

- INTRODUCCION
- 1. FUENTES
- 2. CAUSA APARENTE
- 3. RAZON APARENTE
- 4. EL SITIO DEL ACCIDENTE Y EL AREA AFECTADA
- 5. CANTIDAD DE PRODUCTO(S) QUIMICO(S) LIBERADO(S) Y/O RECUPERADO(S)
- 6. PROPIEDADES DE LOS PRODUCTOS QUIMICOS LIBERADOS
- 7. DINAMICA DE UN ESCAPE QUIMICO
- 8. RUTAS PRINCIPALES DE EXPOSICION HUMANA
- 9. IMPACTO EN LA SALUD HUMANA
- 10. IMPACTO AMBIENTAL, SOCIAL Y ECONOMICO
- 11. METODO(S) DE REHABILITACION AMBIENTAL
- 12. NIVEL DEL MANEJO DE RECURSOS PARA LA REACCION A EMERGENCIAS O LA REHABILITACION.

INTRODUCCION

Hay 12 categorías de datos que son pertinentes para informar sobre accidentes químicos: (a) fuente; (ii) causa aparente; (iii) razón aparente; (iv) el sitio del accidente y el área afectada; (v) cantidad de productos químicos escapados y/o recuperados; (vi) propiedades de los productos químicos escapados; (vii) la dinámica del escape químico; (viii) las rutas principales del impacto sobre la salud humana; (ix) impacto sobre la salud humana; (x) el impacto ambiental, social y económico; (xi) método(s) de rehabilitación ambiental; y (xii) nivel de control de recursos para reacción a emergencias o rehabilitación. Todos estos están explicados en detalle y definidos en este anexo para proporcionar por lo menos una opción practicable a aquellas personas que se encargarán de adquirir datos. Algunas categorías incluidas aquí, que tal vez no sean identificables en el momento de la clasificación inicial, pero cuya codificación podrá hacerse después. Esto implica que la clasificación de los accidentes químicos, de acuerdo con un planteamiento global que se propone aquí, necesitará una actualización periódica a medida que haya nuevos conocimientos o características pertinentes a los accidentes. Sin embargo, es aconsejable adoptar criterios de clasificación desde un principio, ya que ésto simplificará cualquier trabajo futuro y ayudará a llamar la atención a la información más importante que se ha de obtener.

1. FUENTES

Las posibles fuentes de accidentes pueden ser clasificadas en 7 sub-categorías:

- 1.1. Proceso de producción
- 1.2. Transporte
- 1.3. Servicio
- 1.4. Almacenamiento
- 1.5. Manejo de desechos municipales, industriales y riesgosos
- 1.6. Desconocidos
- 1.7. Otros

1.1. *Proceso de producción*

Al analizar los accidentes de acuerdo con el tipo de proceso de producción se deben tomar en cuenta los datos siguientes: el lugar, el tipo de planta, los productos químicos afectados, etc. Una interrupción del flujo del proceso que libere uno de los productos químicos de la planta, o una reacción desencadenada de un producto químico (como en Seveso) que resulte en otros productos inesperados, indicaría la necesidad de reacciones diferentes. Estos tipos de clasificación pueden ser útiles en la prevención de accidentes futuros. Los gerentes industriales deberían tener conocimientos detallados de los procesos químicos y de los productos que puedan resultar de reacciones desencadenadas. Esta información, correctamente documentada y guardada, podría ser usada como una "advertencia temprana" de accidentes potenciales, y también podría ser usada como un auxilio de planificación para aislar instalaciones particularmente riesgosas. La industria en conjunto, en donde se incluyen todas las plantas que manufacturan productos químicos o que los manejan, deberán conservar algunos informes sobre el tipo y la frecuencia de los accidentes que se presentan. Si esta información estuviera disponible a nivel mundial sería de gran utilidad. También se tendrían así algunas nociones de los riesgos implícitos que corren los trabajadores y las comunidades adyacentes a las plantas.

Esta clasificación también es útil para los planificadores de la utilización de terrenos, para que puedan, junto con otra información sobre la corriente de los ríos, la dirección de los vientos y los planes de desarrollo urbano, reducir al mínimo los riesgos potenciales en la ubicación de instalaciones.

(a) *La extracción y refinación de materias primas*

Se incluye cualquier actividad de manufactura primaria que tiene que ver con la extracción de gas, petróleo y minería, igual que la fundición de minerales y la refinación de petróleo y gas. Algunos ejemplos:

- carbón
- asbesto
- hematita y la magnetita (fierro)
- plomo
- blenda de cinc
- cadmio
- minerales de cobre
- cinabrio/mercurio
- sulfitos y el sulfuro
- caseterita
- cromo
- minerales de calcio/cemento
- uranio y otros minerales radioactivos
- petróleo (marítimo, terrestre)
- gases naturales

(b) La agricultura, la silvicultura y la pesquería

Se incluye cualquier actividad que se relacione con la producción de plantas y animales que sean útiles al hombre y que impliquen el cultivo del suelo, la cría de animales y el manejo de cultivos, y la cosecha de peces u otras formas de vida acuática. También se incluyen el manejo de terrenos forestales para producir madera, pastos, terrenos en descanso, desechos, fauna silvestre y recreo

(c) La manufactura secundaria y/o procesamiento

Se incluye cualquier conversión adicional del material de una forma a otra. Algunos ejemplos son:

- producción de productos químicos industriales (básicos e intermedios);
- producción de sustancias químicas para usos específicos (ej. productos agroquímicos, drogas, productos para el hogar, pinturas y limpiadores);
- producción de fibras de asbesto y fibras sintéticas;
- producción de componentes para las industrias automotriz, aeroespacial, eléctrica y electrónica;
- producción de explosivos y armas;
- producción de pulpa, papel y otros productos de madera;
- producción de polímeros y elastómeros;
- acabados metálicos;
- limpieza industrial;
- procesamiento de fertilizantes;
- procesamiento de alimentos para animales;
- purificación de agua potable;
- clorinación de agua potable.

(d) Generación de electricidad

Se incluye cualquier transformación de energía en electricidad. Ejemplos de algunos materiales usados para generar la electricidad:

- carbón
- gas
- petróleo
- uranio

(e) Otros

Se incluyen todos los procesos de producción no cubiertos en los grupos específicos ya mencionados.

1.2 *Transporte*

En este caso, el transporte de productos químicos puede incluir el transporte por barco, camión, ferrocarril y, en algunas instancias inusitadas, por avión. El análisis de accidentes de transporte es normalmente más significativo al considerarse la reacción a una emergencia que el programa de rehabilitación. Sin embargo, en el caso de accidentes de transporte, es particularmente importante mantener registros adecuados para que sea posible predecir las probabilidades de accidente bajo diferentes circunstancias. De esta manera, los planes de contingencia para el control de accidentes de alto riesgo pueden incorporar algunas medidas para la rehabilitación. Se debería agregar que la probabilidad y la frecuencia de accidentes en el transporte son mucho más altas que en el caso de las instalaciones de producción o de almacenamiento.

Varios sistemas de bancos de datos nacionales y provinciales han desarrollado métodos para registrar accidentes de transporte en términos de la hora, del producto químico, de los alrededores y de las condiciones climáticas.

Algunas de las sub-categorías pertinentes en esta categoría pueden ser las siguientes:

(a) *Buque tanque*

Se incluye cualquier buque, aerodeslizador, u otra embarcación que transporte una carga líquida o gaseosa a granel.

(b) *Transportador*

Se incluye cualquier buque, barcaza, aerodeslizador, u otra embarcación que transporte una carga sólida a granel.

(c) *Camión tanque*

Se incluyen todos los vehículos (excepto vehículos aéreos, trenes y embarcaciones) que transportan una carga líquida o gaseosa a granel.

(d) *Transporte*

Se incluyen todos los demás vehículos de transporte que no llevan pasajeros, con excepción de vehículos aéreos, ferrocarril y embarcaciones.

(e) *Otros vehículos motorizados*

(f) *Ferrocarril*

Se incluyen todos los vehículos que viajan sobre rieles.

(g) *Vehículos aéreos*

Se incluyen todos los vehículos que vuelan; no se incluyen los vehículos de cojín neumático que operan sobre el agua o la tierra al momento de un accidente.

(h) *Tuberías*

Se incluyen tuberías de transporte en volumen, sin importar su tamaño; no se incluyen tuberías dentro de una planta.

(i) *Otros*

Se incluyen todos los demás sistemas de transporte no incluidos en uno de los grupos específicos anteriores.

1.3 *Servicios*

Esta categoría incluye cualquier instalación en donde se distribuyen productos químicos (en venta) al público o donde se usan productos químicos tóxicos para proporcionar servicio especial. Algunas de las principales sub-categorías son las siguientes:

(a) *Estaciones de servicio*

Se incluyen todos los expendios de productos de petróleo ej. las gasolineras fijas de aeropuertos y muelles, las gasolineras regulares y de auto-servicio y los talleres donde se venden combustible y aceite, así como los talleres particulares que dan servicio a una sola empresa.

(b) *Terminales marinas*

Se incluyen las instalaciones costeras, las monoboyas costa afuera, y otras instalaciones por el estilo creadas especialmente para la transferencia de materiales entre barcos y otros lugares.

(c) *Tintorerías*

Se incluye cualquier instalación para lavar la ropa en seco.

(d) *Servicios alimenticios (servicio de banquetes a domicilio, restaurantes, y expendios de alimentos rápidos).*

Se incluye cualquier expendio de alimentos y servicio a grupos y cualquier lugar donde se vendan alimentos.

(e) *Droguerías y farmacias*

Se incluye cualquier establecimiento comercial donde se venden drogas, provisiones médicas y otros productos químicos y donde se surten medicinas para recetas.

(f) *Otros*

Se incluyen todos los otros servicios no cubiertos por uno de los anteriores grupos específicos.

1.4 *Almacenamiento*

Esta clasificación incluye almacenamiento en bodegas de ciertos productos químicos en tránsito del fabricante al distribuidor o al detallista; o, el almacenamiento de desechos en lugares como rellenos sanitarios o cuevas remotas de almacenamiento.

Un accidente puede ocurrir en una bodega donde se almacenan los materiales antes de ser usados para algún producto terminado, donde se almacenan diversos productos químicos en las mismas instalaciones y, donde los tipos de productos pueden cambiar durante el mismo período. Este tipo de almacenamiento requiere unos archivos hechos muy cuidadosamente y también requiere que la información sobre el contenido del almacén esté siempre actualizada.

En el caso del almacenamiento de desechos riesgosos, en los rellenos sanitarios o en cuevas remotas, puede existir algún traslape entre esta clasificación y la clasificación apropiada para el manejo de desechos.

En caso de almacenar los materiales en el mismo sitio donde se fabrican los productos químicos, habría algo de duplicación en la clasificación de accidentes de procesos de producción y la de accidentes en las instalaciones de almacenamiento. La clave, sin embargo, para la evaluación de los riesgos serían los conocimientos de los productos químicos y de sus efectos subsecuentes sobre la población humana y los ecosistemas en las cercanías del sitio.

) *Bodegas*

Se incluyen todas las instalaciones usadas para el almacenamiento en volumen, de las cuales se usan materiales para distribución.

(b) *Otras instalaciones para almacenamiento*

Se incluyen instalaciones particulares para almacenamiento, tales como aquéllas que pertenecen a plantas industriales, granjas y casas particulares.

1.5 *El manejo de desechos municipales, industriales y riesgosos*

Este tipo de accidentes probablemente ocurriría más en los rellenos sanitarios más viejos y abandonados que en las instalaciones actuales operadas en la mayoría de los países industriales. Sin embargo, todavía hay considerable controversia acerca de la seguridad de los rellenos sanitarios y las cuevas profundas que se suponía que eran completamente seguras.

En algunos países, se están estableciendo instalaciones de tratamiento de desechos industriales para tratar las mezclas de varios desechos industriales complejos que están siendo llevados a un sitio específico, donde se tienen unidades operacionales para tratar tipos específicos de desechos. Bajo estas condiciones, se podría producir un accidente por mezclar incorrectamente los desechos o etiquetar mal ciertos desechos o mezclas, lo que produciría una sustancia o mezcla mucho más tóxica que las sustancias originales. Envases rebosantes, inundación de las instalaciones de tratamiento y otras fallas de los procesos que resultan en fugas de materiales tóxicos y riesgosos de estas unidades de tratamiento y pueden ser descritos como problemas del manejo incorrecto de desechos.

Probablemente, el grupo más grande de accidentes dentro de esta clase incluiría los rellenos sanitarios abandonados que contenían desechos tóxicos y riesgosos. Este tema se trata con mayor detalle en un apéndice técnico a la serie de documentos: WHO/IPCS titulada: "Reclamation and Rehabilitation of Abandoned Toxic Chemical Dumps" ("La reclamación y rehabilitación de rellenos sanitarios abandonados de productos químicos tóxicos" un documento provisional de la OMS).

(a) *Tratamiento físico*

Se incluyen todos los métodos de tratamiento físico que se usan normalmente en el tratamiento de desechos riesgosos, incluyendo los procesos de separación por fases o componentes y los de encapsulación-solidificación, en los cuales el material riesgoso se fija en una matriz inerte e impermeable.

(b) *Tratamiento químico*

Se incluyen todos los métodos de tratamiento químico que se usan tanto para efectuar la completa descomposición de desechos riesgosos en gases no tóxicos como para modificar las propiedades químicas del desecho, ej. para reducir la solubilidad del agua o para neutralizar la acidez o la alcalinidad.

(c) *Tratamiento biológico*

Se incluyen tales tratamientos como la activación de aguas negras, filtros percolados, contructores biológicos rotativos, lagunas aireadas, camas fluidizadas, la conversión de materiales orgánicos en abono, digestiones anaeróbicas, filtros aeróbicos y lagunas de estabilización. Muchos desechos industriales están sujetos a tratamientos biológicos por métodos análogos a aquéllos que se usan para el tratamiento de aguas negras domésticas.

(d) *Tratamiento por reciclaje*

Se incluyen los métodos de tratamiento de desechos urbanos para la recuperación de desechos metálicos valiosos y la producción de alimentos para animales, así como métodos más sofisti-

cados que se usan para la recuperación de productos químicos valiosos que se encuentran en los residuos de varios procesamiento.

(e) Eliminación por rellenos sanitarios

Se incluyen todos los métodos para eliminar desechos municipales, industriales y riesgosos por entierro.

(f) Eliminación por procesos termal

Se incluyen todos los métodos (ej. la incineración, la gasificación, la calcinación, la pirólisis) para la oxidación por alta temperatura de desechos gaseosos, líquidos o sólidos, lo que los convierte en materiales gaseosos y un residuo sólido incombustible. Se puede hacer en tierra firme o a bordo, en el mar.

(g) Eliminación por descarga

Se incluyen todos los métodos de descarga en un área de depósito.

(h) Eliminación por descarga en el mar

Se incluye la eliminación de todos los desechos generados en tierra firme y descargados, en envases sellados o no, en el mar.

(i) Eliminación subterránea

Se incluyen todos los procesos de eliminación en minas profundas. Se usa para determinados desechos riesgosos cuya eliminación, de una manera ecológicamente aceptable en rellenos sanitarios o por procesos químicos o termal, es excesivamente cara.

(j) Eliminación en pozos profundos

Se incluyen todos los procesos de eliminación por medio de la inyección de desechos en estratos acuíferos a grandes profundidades.

(k) Otros

Se incluyen todos los sistemas no cubiertos en los anteriores grupos específicos.

1.6 Desconocidos

Se incluyen todos los incidentes donde, después de los procedimientos de investigación, la fuente de la fuga no puede ser determinada conclusivamente.

1.7 Otros

Se incluyen todas las demás fuentes no cubiertas por los grupos específicos anteriores.

2. CAUSA APARENTE

En este contexto, *causa* significa el evento físico responsable por una fuga de un producto químico en el medio ambiente. Hay 21 sub-categorías en esta categoría.

2.1 Choque

Se aplica solamente a aquellos acontecimientos en los cuales un barco u otro vehículo choca con algún otro objeto.

2.2 Varadura

Se aplica a las embarcaciones que se varan (en aguas poco profundas).

2.3 Hundimiento

Se aplica solamente a embarcaciones, y sólo a aquellos casos en los cuales la causa del hundimiento es desconocida o no está cubierta por una causa más específica como "choque" o "varadura".

2.4 El bombeo de sentina del tanque de un barco

Se incluyen descargas accidentales o intencionales por la borda al bombear sentinas, descargar el lastre, lavar los tanques, o llevar a cabo operaciones similares.

2.5 Descarrilamiento

Se aplica solamente a accidentes ferroviarios en los cuales uno o más carros y/o locomotoras salen de los rieles.

2.6 Caída de avión

Se aplica solamente a accidentes de vehículos aéreos.

2.7 Volcadura

Se aplica solamente a vehículos motorizados (camiones, etc.) que se ruedan, se voltean o se vuelcan accidentalmente.

2.8 Rebosamiento

Se sobrellenan tanques o envases fijos o portátiles.

2.9 Fuga de tubería

Se incluyen fugas del tubo mismo o bien, fugas de alguna(s) parte(s) no identificada(s) de un sistema de tubería, y se aplica a cualquier tipo o tamaño de un tubo, inclusive mangueras flexibles.

2.10 Válvula o herraje

Se aplica a válvulas, medidores, filtros, bombas, juntas, empaques de tolvas, u otros accesorios/componentes de un sistema de tubería, de un tanque o de otro envase.

2.11 Fuga de tanque

Se aplica a tanques usados para depósito, arriba de la tierra y subterráneos, e incluye tanques de carga. Las fugas que se presentan en las soldaduras de los tubos o los tanques, también se consideran como fugas de tanques. Se incluyen tanques de gasolina en vehículos motorizados, si éstas no han sufrido choques u otros accidentes.

2.12 Fugas de envases

Se incluyen cajas de cartón, botellas, barriles, bolsas y cualquier otro tipo de envase, excepto tanques.

2.13 *Descarga*

Para todos los otros tipos de descargas involuntarias o voluntarias, que incluyen tubos de paso de estaciones de bombeo, la descarga del contenido de un tanque de depósito, etc.

2.14 *Explosión de pozo*

Se aplica a explosiones de pozos de gas.

2.15 *Trastorno del proceso*

Un trastorno en las instalaciones de proceso que resulta en una fuga inusitada de un contaminante en el medio ambiente.

2.16 *Fallas de diques*

Fallas de embalses de almacenamiento y lagunas.

2.17 *Fallas elevadores*

Se incluyen todas las fallas de sistemas de elevación.

2.18 *Fugas de refrigerantes*

Se incluyen todas las fallas de sistemas de refrigeración, sin importar la clase de refrigerante.

2.19 *Falla de empaques o juntas*

Se refiere a cualquier forma de conexión (excepto soldaduras) tapones de ejes o estoperos, empaques de tapas, estoperos de los vástagos de válvulas.

2.20 *Mal uso de productos químicos*

Se incluye cualquier uso incorrecto o inapropiado de sustancias o mezclas de ellas.

Los accidentes que resultan del mal uso de productos químicos, probablemente representan la clasificación más amplia de accidentes. El incidente que se presentó en España en 1981, el cual tuvo que ver con el aceite comestible adulterado es un ejemplo muy claro de este tipo de accidentes. El consumo de semilla de maíz tratada con mercurio en Iraq en la década de 1960 (Véase el Apéndice Técnico de la serie WHO/IPCS Interim Documents que contiene Estudios de casos - WHO (en prensa) es otro ejemplo del mal uso de productos químicos.

Uno de los problemas más grandes asociados con esta clase de accidente es la grave dificultad que se tiene en el manejo de productos químicos, una vez que salen del control de los profesionales y se pasan al control de la comunidad. Hay ejemplos obvios del posible mal uso de plaguicidas, y aún de algunos fertilizantes, que podrían tener un papel en este tipo de accidentes. Afortunadamente, en estos casos, la cantidad de productos químicos sería muy reducida, a menos que se tratara de explotaciones agrícolas muy extensas, donde grandes cantidades de productos químicos pueden ser empleados incorrectamente.

Otro ejemplo de un accidente en esta categoría puede ser el uso de productos malamente etiquetados, lo que podría resultar en problemas ecológicos o de salud pública.

Grupos pertinentes de sustancias que pueden ser mal empleados:

a) *Aditivos alimenticios, que incluyen agentes de aderezo y colorantes*

Se incluye cualquier agente químico que se añada a propósito a un alimento para impartirle alguna cualidad deseable y cuyo propósito es ingerirse junto con el alimento.

b) *Coadyuvantes tecnológicos para alimentos*

Se incluye cualquier agente químico que se use como un coadyuvante tecnológico en el procesamiento de alimentos y, se espera, que no esté presente, en sí, en el producto terminado.

c) *Materiales para envoltura de alimentos*

Se incluye cualquier material que se use para envolver alimentos sólidos o envasar alimentos líquidos.

d) *Cosméticos*

Se incluye cualquier artículo cuyo propósito es ser untado, vertido, rociado o asperado, introducido, o aplicado al cuerpo humano, con el propósito de limpiar, embellecer, perfumar o alterar la apariencia. También, cualquier material destinado al uso de un componente de dichos artículos.

e) *Medicamentos*

Se incluye cualquier sustancia que se use interna o externamente como una medicina para el tratamiento, la cura o la prevención de una enfermedad del ser humano.

f) *Desinfectantes*

Se incluye cualquier agente químico que destruya microorganismos, pero no esporas bacteriales.

g) *Insecticidas y rodenticidas*

Se incluye cualquier agente químico que se use para matar insectos, roedores u otros animales pequeños.

h) *Productos químicos para el hogar*

Se incluye cualquier agente químico usado en el hogar, y con el cual puede haber algún contacto humano.

i) *Pinturas, pegamentos y tintas*

Se incluye cualquier pigmento o vehículo que pueda ser aplicado y secado en la superficie de algo para impartirle un color y cualquier sustancia usada para pegar dos o más cosas sólidas.

j) *Productos químicos agrícolas*

Se incluyen fertilizantes, acondicionadores de suelo, fungicidas, insecticidas, herbicidas y otros productos químicos que se usan para mejorar el rendimiento y la calidad de las cosechas.

k) *Medicamentos veterinarios*

Se incluye cualquier sustancia que se use interna o externamente como una medicina para el tratamiento, la cura o la prevención de una enfermedad en los animales destinados a la producción de carne.

l) *Aditivos para alimentos que incluyan integradores*

Se incluye cualquier agente químico agregado a propósito a los alimentos para impartir alguna cualidad deseable y destinado a ingerirse con el alimento para la producción de carne.

m) *Solventes*

Se incluye cualquier agente químico, excepto el agua, que se use para disolver otra sustancia.

n) *Productos químicos industriales*

Se incluye cualquier agente químico que sea producido para ser adicionalmente transformado por la industria. Estos productos químicos no son producidos por su actividad biológica, si la hay, ni con el propósito de que entren en contacto con los seres humanos, aunque puede presentarse el caso.

o) *Coadyuvantes para polímeros y elastómeros*

Se incluye cualquier agente químico que se use como un coadyuvante tecnológico en la producción y el procesamiento de polímeros y elastómeros.

p) *Otros*

Se incluyen todos los otros grupos químicos no cubiertos por uno de los grupos específicos anteriores.

2.21 Desconocidos

Donde la causa aparente del accidente no puede ser determinada.

2.22 Otros

Se incluyen aquellas causas que no pueden ser apropiadamente clasificadas bajo cualquiera de los grupos mencionados en esta sección.

3. RAZON APARENTE

En este contexto, *razón* significa el factor humano, natural o mecánico que causa el incidente que conduce a la fuga de producto(s) químico(s) en el medio ambiente. En este caso, hay 19 sub-categorías.

3.1 Intención

Una liberación intencional por el patrón, el empleado u otra persona desconocida.

3.2 Error

Una liberación debida a un error humano.

3.3 Negligencia comprobada

Liberación debida a un descuido comprobado de parte del operario.

3.4 Vandalismo

Una liberación intencional, usualmente en un acto de sabotaje y/o de entrada ilegal (normalmente condenables bajo el Código Criminal del país).

3.5 *Hielo o escarcha*

Cubre una variedad de incidentes que resultan de tensiones debido a temperaturas bajas (congelación).

3.6 *Condiciones de caminos*

Cubre una variedad de incidentes que resultan de malas condiciones de caminos.

3.7 *Fallas de energía eléctrica*

Se aplica a las descargas que resultan de la interrupción del flujo de electricidad o al momento de su reinicio.

3.8 *Incendio o explosión*

Se aplica solamente a incidentes que ocurren a causa de un incendio o una explosión, y no a aquéllos que son el resultado de incendios o explosiones.

3.9 *Tormenta o inundación*

Incidentes que ocurren a causa de la lluvia, de tormentas y de fenómenos asociados, como un relámpago.

3.10 *Terremotos o derrumbe*

Se aplica a movimientos telúricos que resultan de causas naturales, como los deslizamientos de tierra o desprendimientos en las orillas erosionadas de los ríos, etc.

3.11 *Subsidencia*

Se aplica a movimientos de tierras y suelos que resultan de actividades del hombre, ej. el hundimiento de trincheras rellenas, el hundimiento de rellenos sanitarios, de minas y de campos petroleros.

3.12 *Fallas de equipo*

Relacionado con los componentes de sistema e incluye:

- a) Mal funcionamiento de un dispositivo para evitar rebosamientos;
- b) La descompostura del freno o de la dirección de un vehículo;
- c) Otro tipo de mal funcionamiento mecánico parecido.

3.13 *Falla de soldaduras*

Incluye soldaduras en tanques, tuberías, etc.

3.14 *Tensión y presión excesivas*

Se incluye cualquier forma de sobrecarga, en la cual se exceda el límite de resistencia de un tubo, un tanque, un envase, un estopero, un empaque, etc.

3.15 *Corrosión*

Cubre todas las formas de la corrosión, sean internas o externas.

3.16 *Falla de material*

Relacionado con un diseño inadecuado o material corriente; puede haber una falla en el material aún cuando los límites de tolerancia no hayan sido alcanzados.

3.17 *Daños causados por equipo*

Se aplica a eventos como:

- a) un tractor nivelador o una retroexcavadora que rompen un tubo;
- b) un montacargas que daña un envase;
- c) un vehículo de aeropuerto que choca con el tanque de combustible en la punta del ala de un avión.

3.18 *Desconocido*

En los casos donde no se puede determinar la razón por una fuga.

3.19 *Otros*

Cualquier razón que no sea cubierta más adecuadamente por una de las razones mencionadas en esta sección.

4. *EL SITIO DEL ACCIDENTE Y EL AREA AFECTADOS*

Esta categoría se aplica al sitio donde tuvo lugar el accidente y a toda el área afectada por la consecuente fuga de producto(s) químico(s). Más de una sola de las siguientes 25 sub-categorías normalmente es pertinente para cualquier accidente.

4.1 *En el aire*

Se aplica a la mezcla de una variedad de gases individuales que forman la atmósfera terrestre.

4.2 *En tierra*

Se aplica a cualquier lugar en la superficie del suelo.

4.3 *Subterráneo*

Se aplica a cualquier lugar abajo de la superficie del suelo.

4.4 *Puente*

Se aplica a cualquier estructura construida sobre un río, etc., para proporcionar los medios de cruzar.

4.5 *Camino*

Se aplica a cualquier vía o carretera hecha para el paso de vehículos motorizados y similares.

4.6 *Ferrocarril*

Se aplica a cualquier vía tendida con rieles de acero, a lo largo del cual locomotrices jalan carros.

4.7 *Río*

Se aplica a cualquier corriente natural y grande de agua dulce sobre la superficie de la tierra, que tenga un flujo permanente o estacional.

4.8 *Riachuelo*

Se aplica a cualquier corriente natural y pequeña de agua dulce sobre la superficie de la tierra, que tenga un flujo permanente o estacional.

4.9 *Lago*

Se aplica a cualquier cuerpo de agua interior, desde pequeño hasta bastante grande, con agua expuesta a la atmósfera.

4.10 *Golfo/Fiordo*

Se aplica a cualquier extensión grande del mar parcialmente encerrada por la tierra.

4.11 *Bahía*

Se aplica a cualquier cuerpo de agua, más pequeño que un golfo y más grande que una caleta en una entrada en la orilla del mar.

4.12 *Mar*

Se aplica a cualquier subdivisión del océano o a cualquier lago salado sin salida al océano.

4.13 *Estrecho*

Se aplica a cualquier vía de agua que conecte dos cuerpos de agua grandes.

4.14 *Océano*

Se aplica a cualquier subdivisión primaria del cuerpo intercomunicador de agua salada que ocupa una depresión principal de la superficie de la tierra.

4.15 *Puerto*

Se aplica a cualquier cuerpo de agua de profundidad suficiente para que encuentren barcos y se protejan de tempestades.

4.16 *Cala*

Se aplica a cualquier cuerpo de agua no cubierto por uno de los anteriores grupos específicos.

4.17 *Otras aguas*

Se aplica a cualquier cuerpo de agua no cubierto por uno de los anteriores grupos específicos.

4.18 *Área urbana*

Se aplica a cualquier área característica de una ciudad.

4.19 *Aldea o pueblo*

Se aplica a cualquier concentración de casas más pequeña que una ciudad.

4.20 *Area industrial*

Se aplica a cualquier área dedicada a actividades industriales.

4.21 *Area agrícola*

Se aplica a cualquier area dedicada a la producción de plantas y animales para uso comercial.

4.22 *Area boscosa*

Se aplica a cualquier ecosistema que consista en plantas y animales en su medio ambiente, con árboles como la forma dominante de vegetación.

4.23 *Area semidesértica*

Se aplica a cualquier área despoblada y árida que no puede sostener algún crecimiento significativo de plantas.

4.24 *No definido*

Donde el sitio y el área afectados no pueden ser definidos con seguridad.

4.25 *Otras áreas*

Se aplica a cualquier otra área no cubierta por uno de los grupos específicos anteriores.

5. *CANTIDAD DE PRODUCTO(S) QUIMICO(S) LIBERADO(S) Y/O RECUPERADO(S)*

Se puede clasificar por masa (kilos o toneladas métricas) o por volumen (litros o metros cúbicos). Sin embargo, la significación se relacionará más con las propiedades de la(s) sustancia(s) que con la cantidad liberada.

6. *PROPIEDADES DE LOS PRODUCTOS QUIMICOS LIBERADOS*

Las propiedades de los productos químicos pueden ser clasificadas en una variedad de maneras. La solución adoptada, de aquí en adelante, es similar a la que se usa en muchos países para etiquetar las sustancias químicas que se venden. Se piensa que este sistema es particularmente útil aquí, ya que, por lo menos en algunos accidentes, las propiedades de producto(s) químico(s) liberado(s) pueden conocerse por medio de las etiquetas de los envases.

6.1 *Explosivos*

Se incluye cualquier sustancia, contenida o no en un dispositivo que haya sido especialmente preparado o fabricado, cuyo propósito es producir un explosivo práctico o un efecto pirotécnico, o cualquier otra sustancia que, por sus propiedades explosivas, debería ser tratada como tal.

6.2 *Gases*

Se incluye cualquier sustancia que, cuando se le confina en un recipiente, ocupa todo el espacio dentro del recipiente. Esto incluye vapores y humos.

6.3 *Sustancias radioactivas*

Se incluye cualquier sustancia inestable que sufra una serie de procesos de deterioro para alcanzar un estado estable.

6.4 *Sustancias de oxidación y peróxidos orgánicos*

Se incluyen sustancias que rindan oxígeno fácilmente y que puedan causar o contribuir a la ignición de un material combustible por contacto. Las sustancias de oxidación, al expedir oxígeno, aumentan el riesgo y la intensidad de incendio de otros materiales; los peróxidos orgánicos son extremadamente inestables y presentan graves riesgos de incendio y explosión.

6.5 *Sustancias y preparaciones altamente inflamables*

Incluyen:

- a) sustancias y preparaciones que pueden calentarse y finalmente prenderse fuego en contacto con el aire, a temperatura ambiente y sin aplicación adicional de energía, o
- b) sustancias líquidas y preparaciones que son inflamables en el aire a una presión normal, o
- c) sustancias líquidas y preparaciones que tienen su punto de inflamación abajo de 21°C., o
- d) sustancias gaseosas y preparaciones que son inflamables en el aire a una presión normal, o
- e) sustancias y preparaciones que, en contacto con el agua o la humedad del aire producen gases altamente inflamables en cantidades peligrosas.

6.6 *Sustancias y preparaciones inflamables*

Se incluye cualquier sustancia y preparación que tenga un punto de inflamación igual o mayor que 21 °C y menos o igual a 55 °C.

6.7 *Sustancias tóxicas*

Se incluyen todas las sustancias y preparaciones que, al inhalarse o ingerirse, o al penetrar en la piel, pueden causar riesgos graves de salud, agudos o crónicos o aún la muerte.

a) *Toxicidad aguda*

La prueba de toxicidad más comúnmente usada tiene el propósito de determinar la dosis letal media (DL_{50}), que ha sido definida como "una expresión, derivada estadísticamente, de una dosis de un material que probablemente matará 50% de la población". Los perfiles de datos para unos cuantos productos químicos que son potencialmente tóxicos normalmente incluirán la dosis letal para varias formas de vida. Esto permite que la clasificación se base en determinados organismos como blancos potenciales, que representan una variedad de niveles tróficos en el ecosistema.

b) *Toxicidad crónica*

Al estimar los posibles efectos detrimentales para la salud de un producto químico, el criterio más importante y difícil para evaluar es su toxicidad crónica. La toxicidad crónica puede ser probada por unos cuantos efectos específicos como la hepatotoxicidad, la nefrotoxicidad, la neurotoxicidad, la patología cardiovascular y la inmunosupresión.

La estimación de la posibilidad del riesgo de toxicidad crónica de los productos químicos realmente no ha recibido atención adecuada. Por lo tanto, nuestra falta de conocimientos y de preocupación de los efectos, posiblemente adversos, arrojados por exposición a bajos niveles a determinadas sustancias por largos períodos de tiempo, es motivo de inquietud.

6.8 Sustancias corrosivas

Se incluyen todas las sustancias y preparaciones que puedan destruir tejido vivo al ponerse en contacto con él o también pueden dañar o corroer otras sustancias o los elementos de los medios de transporte.

6.9 Sustancias irritantes

Se incluyen todas las sustancias y preparaciones no corrosivas que pueden causar inflamación a través de un contacto inmediato, prolongado o repetido con la piel o con la membrana mucosa.

6.10 Sustancia alergénicas

Se incluyen todas las sustancias que sean capaces de inducir reacciones inmunológicas adversas.

6.11 Mutágenos

Se incluyen todos los agentes químicos que puedan inducir mutaciones, si se inhalan, se ingieren, o se absorben por la piel.

6.12 Carcinógenos

Se incluyen todas las sustancias o preparaciones que puedan inducir el cáncer si se inhalan, se ingieren, o se absorben a través de la piel.

6.13 Teratógenos

Se incluyen todos los agentes químicos que puedan, si se inhalan, se ingieren, o penetran a través de la piel, inducir anomalías congénitas o monstruosidades.

6.14 Sustancias infecciosas

Se incluye cualquier sustancia que probablemente sea capaz de ser infecciosa al ser humano y a los animales.

6.15 Sustancias móviles

Un producto químico móvil es uno que es capaz de pasar a través de compartimientos ambientales y/o la cadena alimenticia y que, al fin, llega a su meta: un organismo y/o ecosistema apropiado. Los productos químicos solubles en el agua son los más obviamente móviles, pero hay muy buenos ejemplos de sustancias (liposolubles), que son difícilmente solubles en agua y que se han desparramado ampliamente (PCBs, Mirex, DDT). Esto puede explicarse por el hecho de que tienen un potencial muy alto de fugacidad. La fugacidad puede ser considerada como "una tendencia de una sustancia química de escapar de una fase a otra". Tiene unidades de presión y puede ser relacionada a la concentración. Por ejemplo, si la fugacidad en peces para un compuesto específico es más baja que la fugacidad en el agua, esto indica que la captación es cinéticamente controlada, o que algún mecanismo que remueve contaminantes está operando en los peces.

6.16 Sustancias no móviles

Los productos químicos móviles pueden eventualmente volverse no móviles en el ecosistema o en algún eslabón de la cadena alimenticia como ocurre en el caso de la acumulación de PCBs en

ciertos órganos de los peces o en la grasa humana. Otros materiales no móviles que son más obvios pueden ser sales metálicas inorgánicas con características de muy baja solubilidad en agua, o formas iónicas de sustancias tóxicas con coeficientes muy altos de adsorción, donde absorberían fácil y tenazmente a las partículas coloidales en el suelo.

Otros materiales menos obvios pueden ser complejos orgánicos de un peso molecular alto que contienen sustancias tóxicas, los cuales, por el mismo tamaño molecular, no pueden permear las membranas celulares y, por lo tanto, no pueden llegar a su objetivo.

6.17 Sustancias persistentes

Las sustancias persistentes son aquellas sustancias que no logran desintegrarse (o se desintegran muy lentamente) biológica o químicamente en el medio ambiente natural. Ejemplos de tales materiales son los metales pesados y algunas de las sustancias orgánicas complejas que no tienen una contraparte en la naturaleza como las estructuras de moléculas ramificadas de hidrocarburos con un porcentaje muy alto de átomos de carbono cuaternario.

6.18 Sustancias degradables

Ciertos productos químicos orgánicos, especialmente cuando tienen una contraparte en la naturaleza, son degradables tanto por actividades microbiológicas y biológicas normales como por los procesos de oxidación química. Cuando una sustancia orgánica es degradada naturalmente por un proceso aeróbico, normalmente se descompondrá hasta llegar a CO_2 y H_2O , pero cuando estas mismas sustancias son degradadas anaeróbicamente, producen una serie de intermediarios que pueden ser más tóxicos que el material original.

6.19 Sustancias riesgosas para el medio ambiente

Se incluyen todas las sustancias y preparaciones, el uso de las cuales presenta, o puede presentar, riesgos inmediatos o retrasados para el medio ambiente. Entre otros productos químicos, todos los productos químicos persistentes con un aparente período de vida media ambiental mayor de una semana, y productos químicos acumulativos con un factor de bioconcentración mayor que 50, podrían ser clasificados en este grupo.

6.20 Desconocidas

Donde las propiedades de los productos químicos afectados no pueden ser determinadas.

6.21 Otros

Se incluyen aquellas sustancias que no son adecuadamente cubiertas bajo las provisiones de las otras clases.

7. DINAMICA DE UN ESCAPE QUIMICO

Los dos extremos serían la explosión y el escape muy lento de lixiviación (ej. rellenos sanitarios). La diferencia fundamental entre estos dos, por supuesto, tiene que ver con la reacción a una emergencia. El tiempo disponible para tratar un contaminante soltado en una explosión es mucho más corto que el tiempo disponible para estimar la lenta difusión de un contaminante por el suelo. La escala de velocidades entre estos dos extremos es considerable. Se incluyen un derramamiento en un río de corriente muy lenta o un accidente de una mezcla de productos químicos particularmente volátiles, los cuales, aunque no explosivos, se convierten en vapor y se diseminan en el aire. Dichas preocupaciones se relacionan con la extensión de la contaminación y tienen una especial importancia en la planificación de las posibles zonas de rehabilitación. Una fuga lenta puede presentar un peligro más insidioso; la experiencia de Love Canal en las Cataratas del Niágara, Nueva York, es un ejemplo de una fuga lenta que causó poca alarma inicial causa de lo gradual de su comienzo.

La dinámica del escape de producto(s) químico(s) puede ser obvia, no tan obvia, obvia sólo para personal capacitado, y desconocida. Los accidentes en los cuales productos químicos son liberados a una alta velocidad tienen más probabilidades de ser obvios. Por otro lado, los accidentes caracterizados por una velocidad baja en la fuga de productos químicos tienen más probabilidad de no ser tan obvios.

7.1 Obvios

Se aplica a todos los casos en los cuales la dinámica del escape es tal que cualquier observador accidental podría comprender que tiene lugar un accidente con escape de productos químicos en el medio ambiente. Un descarrilamiento de un tren, en el cual unos carros explotan es un ejemplo extremo de accidentes clasificados en este grupo.

7.2 No obvios

Se aplica a todos los casos donde la dinámica de la fuga es tal que no es posible detectar el accidente hasta que los efectos sobre seres humanos u otros organismos vivos son evidentes. Las contaminaciones ambientales causadas por una fuga lenta de productos químicos de un relleno sanitario abandonado, olvidado o aún activo, bien pueden ejemplificar este tipo de accidente.

7.3 Otros

Se aplica a cualquier accidente no cubierto por uno de los dos grupos anteriores, inclusive aquéllos para los cuales hubo señales de un incidente que eran comprensibles solamente para personas bien informadas y capacitadas.

7.4 Desconocidos

Cuando la dinámica de la fuga de productos químicos no puede ser determinada.

8. RUTAS PRINCIPALES DE EXPOSICION HUMANA

8.1 Aire, partículas transportadas por aire y aerosoles

Un accidente químico puede ser clasificado como dirigido por aire porque la ruta principal de exposición del contaminante gaseoso o de partículas es directamente a través del aire al organismo objetivo. Un material transportado así, luego puede ser integrado, inhalado, o simplemente puede crear un problema por la deposición en la superficie del organismo. Esto se vincula de un modo muy importante con la toxicidad del material porque los materiales tienen diferentes toxicidades según la ruta de exposición.

Un aspecto importante de un accidente aéreo es que una gran proporción del daño generalmente es mucho mayor, ya que a menudo se relacionará a un incidente explosivo o una fuga bastante rápida de un producto químico volátil.

Esta clase de accidente no depende mucho de la velocidad ni de la dirección de los vientos para establecer la extensión del área afectada y la velocidad con la cual esa área sea afectada.

La velocidad del movimiento del aire es crítica en esta clase de accidente, porque si la velocidad es cero, el área afectada puede ser verdaderamente pequeña y si hay una velocidad muy alta, la dispersión del material puede ser tan grande como para no tener efecto adverso alguno y no poder medirse en ninguna parte, excepto, tal vez, en la fuente.

8.2 Agua

Al considerar que el agua es la ruta de exposición se tiene que incluir el agua superficial y el agua freática y los varios modos de contacto como la ingestión, el contacto, o la contaminación por

medio de la cadena alimenticia. En el caso del agua, la dirección de la corriente es mucho más pronosticable que la del aire, aunque la velocidad puede ser variable. Esta variabilidad, sin embargo, tiende a ser estacional. El alcance del daño que resulta de accidentes, en los cuales los contaminantes son transportados por agua, son más pronosticables y un poco más fáciles de contener que aquéllos que ocurren durante el transporte por aire.

Cuando la ruta de exposición es el agua, la solubilidad del material tiene gran importancia, igual que la persistencia de la sustancia. Por supuesto, la naturaleza de los productos químicos liberados también es de una importancia variable cuando el agua es la ruta de exposición, a causa de las posibles interacciones entre el producto químico y los varios minerales inorgánicos que se encuentran en el agua. Además, materiales biológicamente degradables pueden ser estabilizados y aún mineralizados en un sistema acuático (o en un sistema marino) y por lo tanto se reduce el alcance del daño al eliminar o modificar los productos químicos que han sido liberados.

8.3 Suelo

Ya que el suelo normalmente no se mueve, excepto por medio de la erosión, la ruta de exposición a través del suelo tendría una interacción con el agua freática, por contacto directo con el suelo, o por los alimentos ahí cultivados. Así que, como una ruta de exposición, podría tener poca importancia. Sin embargo, a partir de suelo contaminado pueden originarse partículas aéreas altamente contaminantes (que pueden ser inhaladas o ingeridas).

Además, el suelo puede ser una mejor ruta de exposición por medio de contacto dérmico o de ingestión por niños que juegan en la tierra, o por trabajadores expuestos a concentraciones altas de partículas de suelo en el aire.

Es más, puede haber contaminación química como resultado de una descarga a medianoche de materiales desconocidos, o de una descarga aprobada y regulada de materiales desconocidos, o de materiales cuyos efectos no se conocen en su totalidad. Esto puede permitir la transferencia de contaminantes, con el suelo como la ruta de exposición. Las consecuencias ecológicas de esto pueden ser mucho más significativas que las consecuencias sobre la salud pública. Si se contamina el suelo en tal manera, puede resultar en la destrucción de algún recurso natural como un bosque, un prado, o alguna actividad económicamente viable como la agricultura.

Otros métodos, que tienen que ver con las propiedades fisicoquímicas del material, pueden emplearse para separar el contaminante en otra fase y así removerlo del suelo, o precipitarlo como algún complejo inocuo que sea suficientemente estable para asegurar el sitio o cualesquiera productos del sitio.

8.4 Alimentos

Los alimentos pueden ser una ruta importante de envenenamiento. Siempre que surja una epidemia de envenenamiento, se sospecha de algún alimento como una de las posibles causas.

La vía de exposición a través de alimentos vegetales puede resultar de la contaminación directa después de que los alimentos se hubieran contaminado por medio del aire o por la liberación de sustancia tóxica por explosión, o a través del agua o el suelo contaminado en donde se expusieron las plantas. También se pueden contaminar los alimentos vegetales por el mal uso de agroquímicos y plaguicidas o a través de una falta de acatamiento al período de suspensión recomendado en el uso de plaguicidas. Por ejemplo, el uso incorrecto del alquil mercurio daría origen a accidentes químicos, cuya vía será un alimento.

Los alimentos derivados de animales pueden ser contaminados al nivel de producción por medio del uso de alimentos contaminados para los animales. En tal caso, la vía de exposición primero tendría que ser el suelo, el aire o el agua para llegar a las cosechas, en donde se concentraría el contaminante y llegaría a los alimentos para los animales. Además, el alimento puede estar contaminado por mercurio u otra sustancia para tratar semillas químicamente y éstas se incorporen en el ali-

mento. Los casos de contaminación química de alimentos para animales no son raros, pero no siempre son peligrosos para los seres humanos, debido al hecho de que los animales que se enferman y mueren a consecuencia de un envenenamiento agudo, normalmente son destruidos.

Otra vía principal de la contaminación de alimentos derivados de animales al nivel de producción es por medio del uso incorrecto o ilegal de drogas veterinarias, aditivos para alimentos y hormonas. La biomagnificación de varios contaminantes tóxicos también puede ocurrir a través del sistema acuático, lo que resulta en la bioacumulación en los peces, lo cual los vuelve tóxicos para el consumo humano. Un ejemplo típico es el envenenamiento epidémico que ocurrió en Minimata, Japón, por comer pescado contaminado con metilo de mercurio.

La contaminación de los alimentos derivados de animales y de plantas también puede tener lugar durante su procesamiento y/o distribución.

Numerosos informes a los centros de información sobre intoxicación acerca de intoxicaciones alimentarias que ocurren en restaurantes o en hogares, y en los cuales normalmente hay unas cuantas personas afectadas, sugieren que la contaminación, tanto de alimentos derivados de animales como aquéllos derivados de plantas, ocurre frecuentemente durante la preparación y la cocción.

9. IMPACTO EN LA SALUD HUMANA

Los accidentes químicos pueden afectar la salud humana y causar mortandad y morbilidad en las personas expuestas. Todos los efectos de salud deberían ser clasificados en términos de su naturaleza, duración, su reversibilidad, su grado y su alcance. Las enfermedades causadas por accidentes químicos pueden ser inmediatas o retardadas. Las enfermedades retardadas son más difícilmente asociadas con el accidente que las inmediatas. Tal asociación para enfermedades retardadas requeriría estudios clínicos y chequeos epidemiológicos por muchos años después del accidente.

9.1 Mortalidad

Se incluye cualquier muerte asociada con el accidente. Debería intentarse una cuantificación de las víctimas. Además, las personas afectadas deberían clasificarse por edad, sexo, causa principal de muerte, y mencionar si estaban expuestas al accidente por razones de su ocupación u otras.

Aparte de la enumeración de víctimas, la evaluación de la mortalidad requiere el cómputo del índice de mortalidad en términos de edad, sexo, causa específica, y sus comparaciones con índices de referencia apropiados (ej. cifras nacionales o regionales).

a) Cuantificación de víctimas

- ninguna víctima;
- menos de 10 víctimas;
- entre 10 y 100 víctimas;
- entre 100 y 1 000 víctimas;
- más de 1 000 víctimas.

b) Edad de las personas afectadas

- ancianos;
- adultos;
- niños;
- infantes;
- fetos.

c) Razón de la exposición al accidente

Se debe indicar el número de personas en cada grupo.

- ocupacional
- no-ocupacional.

d) *Causa de la muerte*

Se debe indicar el número de personas en cada grupo:

- enfermedades infecciosas y parasitarias;
- neoplasmas;
- enfermedades endócrinas, nutricionales y metabólicas, y desórdenes del sistema de inmunidad;
- enfermedades de la sangre y órganos que forman sangre;
- enfermedades mentales;
- enfermedades del sistema nervioso y de los órganos sensoriales;
- enfermedades del sistema circulatorio;
- enfermedades del sistema respiratorio;
- enfermedades del sistema digestivo;
- enfermedades del sistema genitourinario;
- complicaciones de embarazo, del parto y del puerperio;
- enfermedades de la piel y del tejido subcutáneo;
- enfermedades del sistema muscular-óseo y del tejido conectivo;
- anomalías congénitas;
- ciertas condiciones que se originan en el período perinatal;
- síntomas, señas y condiciones mal definidos;
- lesiones y envenenamiento.

9.2 *Morbilidad*

Se incluye cualquier enfermedad que puede ser asociada con el accidente. Debería hacerse una cuantificación de enfermedades agudas y crónicas. Además, la gente afectada puede ser clasificada por edad, por tipo de enfermedad, y si fueron o no expuestos al accidente por razones ocupacionales.

Además de la enumeración de los casos, la evaluación de la morbilidad requiere el cómputo de edad, de sexo, y del índice de incidencia de enfermedades debidas a causas específicas y su comparación con índices de referencia apropiados (ej. la morbilidad entre los que no están expuestos).

a) *Duración y cuantificación de enfermedades*

Enfermedades agudas

- ningún caso;
- menos de 10 casos;
- entre 10 y 100 casos;
- entre 100 y 1000 casos;
- entre 1000 y 10 000 casos;
- más de 10 000 casos.

Enfermedades crónicas

- menos de 10 casos;
- entre 10 y 100 casos;
- entre 101 y 1000 casos;
- entre 1001 y 10 000 casos;
- entre 10 001 y 100 000 casos;
- más de 100 000 casos.

b) *Edad de las personas afectadas*

- ancianos;
- adultos;
- niños;
- infantes.

El número de personas en cada grupo debería ser indicado.

c) *Razón por la exposición al accidente*

- ocupacional (especificar: producción, uso, transporte, etc.);
- no-ocupacional.

d) *Tipo de enfermedad*

Se debería reportar el número de personas que tienen síntomas y señas atribuibles a problemas de los órganos y sistemas indicados en seguida:

- sistema reproductivo;
- sistema músculo-esquelético;
- sistema nervioso y órganos sensorios;
- sistema cardiovascular;
- sistema respiratorio;
- sistema genitourinario;
- la sangre y los órganos que forman la sangre;
- sistema inmunológico;
- sistema alimentario;
- la piel y la mucosa;
- sistema endócrino.

Desórdenes psiquiátricos (ej. el ansia, la depresión, y las anormalidades de comportamiento) deberían ser notados en este contexto.

e) *Incapacidad y deterioro de salud*

Se debería reportar el número de personas que tengan incapacidades o deterioro de salud como se indica en seguida:

- *temporal total* (incapacidad completa para trabajar, pero temporal);
- *temporal parcial* (habilidad para ejecutar solamente trabajo más ligero que de costumbre en la ocupación de siempre, por un período limitado);
- *permanente parcial* (uso limitado del cuerpo o de una parte del cuerpo después de que la recuperación haya alcanzado un estado permanente);
- *permanente total* (pérdida permanente completa del uso de todo el cuerpo o de una parte, o quedar afectado en forma irreversible).

La incapacidad puede ser total o parcial.

La incapacidad permanente se define como una anomalía anatómica o funcional, o una pérdida permanente después de que se haya llevado a cabo la máxima rehabilitación médica, y que el médico la considere como condición estable o no-progresiva.

10. IMPACTO AMBIENTAL, SOCIAL Y ECONOMICO

Los accidentes químicos pueden afectar actividades humanas y/u organismos vivos y ecosistemas. Todos estos efectos deberían ser clasificados en términos de su naturaleza, duración, reversibilidad, grado y extensión.

10.1 Naturaleza de los efectos

En vista de que los efectos de productos químicos en los organismos vivos del medio ambiente adquieren importancia cuando una (o más) colonia(s) de organismos en un ecosistema determinado está(n) afectado(s), todos los efectos mencionados abajo deberían producirse en un nivel de la colonia de organismos (dentro de un ecosistema determinado) y no en un nivel individual.

a) Daño a los microorganismos

- procariontes
- eucariontes
- microorganismos del ciclo del nitrógeno
- microorganismos del ciclo del carbono
- otros.

Siempre que sea posible, especificar las plantas afectadas y los tipos de efectos observados (ej. la mortandad, los efectos bioquímicos, estructurales y subletales, reducción de crecimiento y de biomasa).

c) Daño a animales terrestres

- mamíferos (silvestres/domésticos)
- aves (silvestres/domésticas)
- gusanos
- insectos
- otros

Siempre cuando sea posible, especificar los animales afectados y los tipos de efectos observados (ej. mortalidad, efectos bioquímicos y estructurales subletales, efectos sobre el comportamiento, crecimiento reducido, reproducción incapacitada, interacciones entre las colonias de organismos).

d) Daño a organismos acuáticos

- organismos fitoplanctónicos
- organismos zooplanctónicos (adultos)
- organismos meroplanctónicos (Gurbryos, larvas y otros)
- organismos bénticos
- peces de mar abierto
- mamíferos acuáticos.

Siempre cuando sea posible, especificar los organismos afectados y los tipos de efectos observados (ej. mortalidad, efectos bioquímicos, estructurales y subletales, influencia sobre el comportamiento, crecimiento reducido, incapacidad de reproducción e interacción entre las colonias de organismos).

e) Contaminación ambiental de:

- aire
- agua (potable/de pozo profundo/de superficie)
- suelo y sedimentos

- organismos terrestres
- organismos acuáticos
- cadenas alimentarias terrestres
- cadenas alimentarias acuáticas
- ecosistemas específicos.

f) *Grado de contaminación*

- a) Contaminación *baja* de todo o de parte del medio ambiente con efectos secundarios molestos, pero que no requieren medidas correctivas, de protección y/o extensivas.
- b) Contaminación *grave* de todo, o de parte, del medio ambiente por la cual se crean dificultades para las actividades del hombre y se requieren medidas de protección y/o correctivas.
- c) Contaminación *peligrosa* de todo, o de parte, del medio ambiente, que limita algunas de las actividades del hombre en el área.
- d) Contaminación *extremadamente peligrosa* de todo, o parte, del medio ambiente que impide la continuación de las actividades del hombre.

g) Efectos sociales y económicos sobre:

- vivienda;
- escuelas;
- hospitales;
- fábricas;
- comercio;
- oficinas;
- transporte;
- otros.

Siempre cuando sea posible, se debería hacer estimaciones cuantitativas para cada grupo.

10.2 *La duración de los efectos de contaminación ambiental*

- a) *Efectos de corta duración* que afectan el área, desde unas cuantas horas, hasta unos cuantos días.
- b) *Efectos de larga duración*, que tienen un impacto en el área por semanas o meses.
- c) *Efectos semi permanentes*, cuando el efecto probablemente durará años.

10.3 *Pérdida económica total (dls. EUA)*

- menos de 5 000
- entre 5 000 y 50 000
- entre 50 001 y 500 000
- entre 500 001 y 5 000 000
- entre 5 000 001 y 50 000 000
- más de 50 000 000

11. *METODO(S) DE REHABILITACION AMBIENTAL*

Los métodos de rehabilitación considerados en esta sección se aplican a las áreas afectadas. Hay 5 sub-categorías para considerarse:

1. Métodos de contención
2. Métodos de recolección
3. Métodos de tratamiento
4. Métodos de eliminación
5. Ninguno

Cada una de las sub-categorías anteriores consiste de varios grupos. Hay traslape entre estas subcategorías, ya que es concebible que en un caso dado, todos los métodos citados puedan aplicarse.

11.1 *Métodos de contención*

Se incluye cualquier método de que se use para contener la difusión de productos químicos liberados dentro de ciertos límites.

a) *Ninguno*

Se incluyen todos los accidentes en los cuales no se intentó hacer una contención.

b) *Botalón*

Se incluye cualquier berlinga que se conecte al mástil o al pendolón de un barco que lleva equipo para elevar carga; o una cadena de troncos flotantes para contener productos químicos que flotan, como el petróleo o sólidos que flotan.

c) *Zanja*

Se incluye cualquier canal pequeño y artificial que se excava en la tierra o entre piedras para transportar agua para irrigación o drenaje.

d) *Represa*

Se incluye cualquier barrera que se construya para obstruir el flujo de una corriente de agua.

e) *Dique*

Se incluye cualquier montículo, normalmente de tierra, que se construya para controlar o contener un fluido.

f) *Combinación*

Se incluye cualquier combinación (a especificar) de los métodos de contención mencionados anteriormente.

g) Se incluyen todos los otros métodos de contención que no están cubiertos por uno de los grupos anteriores.

h) *Desconocidos*

Se incluyen todos los accidentes en los cuales no se puede determinar a ciencia cierta el método de contención.

11.2 *Métodos de recolección*

Se incluye cualquier método que se use para remover del área afectada el producto químico liberado.

a) *Ninguno*

Se incluyen todos los accidentes en los cuales no se procuró remover los productos químicos liberados.

b) *Desnatar*

Se incluye cualquier operación que se use para remover material flotante de un líquido.

c) *Absorber/Adsorber*

Se incluye cualquier material, compuesto, o sistema que pueda dar una función como adsorción, absorción o desorción.

d) *Excavación*

Se incluye cualquier proceso para remover la tierra, la piedra u otros materiales.

e) *Bombeo*

Se incluye cualquier máquina que atraiga un fluido a sí misma a través de un orificio y lo expela por un orificio de salida.

f) *Quemar*

Se incluye cualquier destrucción por fuego.

g) *Combinación*

Se incluye cualquier combinación (a especificar) de los métodos de recolección mencionados.

h) *Otros*

Se incluyen todos los otros métodos de recolección no cubiertos por uno de los grupos anteriores.

i) *Desconocidos*

Se incluyen todos los accidentes en los cuales los métodos de recolección no pueden ser exactamente determinados.

11.3 *Métodos de tratamiento*

Se incluye cualquier método usado para volver los productos químicos liberados inocuos o menos peligrosos en el sitio del accidente.

a) *Ninguno*

Se incluyen todos los accidentes en los cuales no se procuró tratar los productos químicos liberados en el sitio del accidente.

b) *Tratamiento físico*

Se incluyen todos los métodos de tratamiento físico. Ejemplos:

- a) Separación por fases y componentes, y procesos de solidificación y encapsulación, en los cuales el producto químico riesgoso se fija en una matriz inerte e impermeable.
 - b) La introducción de agentes de dispersión en las suspensiones de sólidos -en- líquidos, o líquidos -en- líquidos, para separar las partículas individualmente suspendidas.
 - c) La introducción de un solvente para disminuir la concentración del soluto por unidad de volumen.
 - d) El uso de luz de cualquier longitud de onda para hacer inactivos los productos químicos riesgosos que han sido liberados.
 - e) Lavar con un chorro repentino de agua o de cualquier otro fluido.
- c) *Tratamientos químicos*
- Se incluyen todos los métodos de tratamiento químico que se usen para efectuar la descomposición completa de productos químicos riesgosos en gases no-tóxicos y, con mayor frecuencia, para modificar las propiedades químicas de los productos químicos, ej. para reducir la solubilidad en agua o para neutralizar la acidez o la alcalinidad.
- d) *Tratamientos biológicos*
- Se incluyen todos los usos de organismos vivos (ej. microorganismos, plantas) para degradar, captar y/o desactivar los productos químicos liberados. Algunos ejemplos son aguas negras activadas, la aplicación de abono orgánico, la digestión anaeróbica y una cama fluidificada.
- e) *Combinación*
- Se incluye cualquier combinación (a especificar) de los métodos de tratamiento mencionados.
- f) *Otros*
- Se incluyen todos los otros métodos de tratamiento no cubiertos por alguno de los grupos anteriores.
- g) *Desconocidos*
- Se incluyen todos los accidentes en los cuales no es posible determinar en forma precisa los métodos de tratamiento a usar.

11.4 *Métodos de eliminación*

Se incluye cualquier método usado para eliminar los productos químicos liberados lejos del sitio del accidente.

- a) *Ninguno*
- Se incluyen todos los accidentes en los cuales no se intentó eliminar los productos químicos liberados.
- b) *Tratamiento de reciclaje*
- Se incluyen los métodos de tratamiento para la recuperación de desechos metálicos de valor, igual que métodos más sofisticados usados para la recuperación de productos químicos valiosos de los residuos de procesos.

c) *Eliminación por rellenos sanitarios*

Se incluyen todos los métodos para eliminar desechos municipales, industriales y riesgosos por medio de rellenos sanitarios.

d) *Eliminación por procesos termales*

Se incluyen todos los métodos (ej. la incineración, la gasificación, la calcinación, la pirólisis) para la oxidación de desechos gaseosos, líquidos o sólidos, a alta temperatura, lo que los convierte en materiales gaseosos y en un residuo sólido incombustible. Puede tener lugar en tierra firme o a bordo de embarcaciones en el mar.

e) *Eliminación por descarga*

Se incluyen todas las descargas en una área abierta de depósito.

f) *Eliminación por descarga en el mar*

Se incluyen todas las descargas en el mar, de desechos que se generan en tierra firme.

g) *Eliminación subterránea*

Se incluyen todos los procesos de eliminación en minas profundas. Se usan para desechos riesgosos cuya eliminación de manera ecológicamente aceptable en rellenos sanitarios o por medio de plantas de tratamiento termal sería demasiado costosa.

h) *Eliminación en pozos profundos*

Se incluyen todos los procesos de eliminación realizados en plantas de inyección.

i) *Combinación*

Se incluye cualquier combinación (a especificar) de los métodos de eliminación mencionados.

j) *Otros*

Se incluyen todos los otros métodos de eliminación no cubiertos en alguno de los grupos anteriores.

k) *Desconocidos*

Se incluyen todos los accidentes en los cuales los métodos de eliminación usados no pueden ser exactamente determinados.

11.5 *Ninguno*

Se incluyen todos los accidentes en los cuales no se realizó ninguna rehabilitación.

12. *NIVEL DE MANEJO DE RECURSOS PARA LA REACCION A EMERGENCIAS O LA REHABILITACION*

12.1 *Nivel I (nivel de operador)*

Un accidente en el cual los efectos adversos se limitan dentro de los límites de una instalación (como una planta, una terminal de ferrocarril, depósito de almacén, granja, estación de bombeo para un gasoducto u oleoducto y/o terminales, etc.) y donde la reacción a una emergencia o una rehabilitación se realiza dentro del área por el operador en el sitio.

12.2 Nivel II (nivel local/comunidad)

Se trata de un accidente en el cual los efectos se difunden al sector público (la comunidad), pero en el cual la reacción a una emergencia o una rehabilitación se realiza con los recursos de esa comunidad, junto con los de la planta o la industria afectada.

12.3 Nivel III (nivel regional/nacional)

Esto puede ser un accidente más grande y más grave, o puede ser que simplemente ocurra en la frontera entre dos jurisdicciones (regiones o comunidades) dentro de un país. Esto puede ser descrito como un accidente inter-jurisdiccional, y la reacción a la emergencia o la rehabilitación se hace con los recursos disponibles en el nivel regional o nacional, en lo cual también se emplean los recursos de las comunidades e industrias involucradas.

12.4 Nivel IV (nivel internacional)

Esto es más que un accidente complejo que rebasa las fronteras o los recursos de una nación. Esto puede ser un desastre nacional a una escala muy grande o puede ser un evento único que requiera de habilidades especiales o instalaciones no disponibles en ese país y/o puede ser simplemente un accidente pequeño que ocurra cerca de la frontera de un país vecino. Este último tipo de reacción a una emergencia o rehabilitación se realiza con recursos nacionales, pero el manejo del control puede ser realizado por un equipo internacional (dos o más naciones afectadas) que se ha establecido para este propósito.

12.5 Desconocido

Se incluyen todos los accidentes en los cuales no se sabe quién apoyó una reacción a una emergencia o una rehabilitación.

12.6 Otros

Se incluyen todos los accidentes no cubiertos por uno de los anteriores grupos específicos.

Edición
Ing. y M. Ed. Fernando Rulfo V.
Editor ECO