

# ANÁLISIS DE LOS ACCIDENTES QUÍMICO-TECNOLÓGICOS PRESENTADOS EN LA GRAN ÁREA METROPOLITANA DURANTE EL PERÍODO DE 1998-2005

*Ricardo Sánchez-Murillo*

Escuela de Química, Universidad Nacional.  
Apto 86-3000. Heredia. Costa Rica.  
Fax: (506) 260-1197, email: rsanc@una.ac.cr

## RESUMEN

Durante el periodo 1998-2005, la unidad de Materiales Peligrosos del Instituto Nacional de Seguros (MATPEL) atendió 329 emergencias químico-tecnológicas en Costa Rica, de las cuales 255 ocurrieron en la Gran Área Metropolitana (GAM). En los años 2002 y 2003 se observaron los mayores porcentajes de siniestros en la GAM, 82% y 92%, respectivamente. El 2004 presentó la menor cantidad de incidentes con 25, de los cuales 20 (80%) ocurrieron en el área metropolitana. En promedio en la GAM se atienden 32 accidentes por año, lo que equivale a 2,7 eventos por mes.

**Palabras clave:** accidente químico-tecnológico, Unidad MATPEL, Gran Área Metropolitana, industria, sustancias químicas.

## ABSTRACT

During the period of 1998-2005, 329 chemical-technological emergencies were attended within Costa Rica by the Department of Hazard Material of the National Insurance Institute. Of the total amount, 255 accidents took place in the Great Metropolitan Area (GMA). Through 2002 and 2003, the highest percentages of accidents within the GMA were observed, 82% and 92%, in that order. The 2004 showed the lowest quantity of unfortunate events with 25 of which 20 (80%) occurred in the GMA. A total of 32 accidents per year are attended which means 2.7 events monthly.

**Key words:** chemical-technological accident, Great Metropolitan Area, industry, chemical substances.

## INTRODUCCIÓN

El término **accidente o emergencia química-tecnológica** se refiere a un evento o circunstancia que resulte en la emisión no controlada de una o varias sustancias peligrosas para la salud humana o el ambiente con costos económicos importantes (PAHO/OPS, 1998). Las emergencias químico-tecnológicas pueden surgir de varias maneras, algunos de los tipos más frecuentes son (PAHO/OPS, 1998):

- Incendio/explosión en una instalación donde se manipulan o producen sustancias potencialmente tóxicas.
- Accidentes en almacenes que contienen grandes cantidades de varios productos químicos (fugas o liberaciones).
- Accidentes durante el transporte de sustancias químicas.
- Mal uso de productos que resulten en la contaminación de alimentos, del agua, del ambiente, entre otros.
- Manejo inadecuado de desechos, tales como disposición no controlada de productos tóxicos, fallas en los sistemas de disposición de desechos o accidentes en plantas de tratamiento de aguas residuales.
- Secundarias a un desastre natural.

Según el **Centro Panamericano de la Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente**

**(CEPIS) y la Organización Panamericana de la Salud (2002)**, las emergencias químico-tecnológicas presentan las siguientes características:

- Involucran materiales peligrosos que varían desde los relativamente confinados a un lugar específico, hasta los que se expanden al punto en que es probable que pongan en peligro a la comunidad entera.
- Todas las víctimas de un accidente químico sufren el mismo tipo de efecto nocivo, solo la magnitud del daño será diferente.
- Existencia de un zona tóxica (zona caliente) que solamente podrá ser accesada por personal que usa el equipamiento de protección personal adecuado. Las ambulancias (zona fría) y otro personal médico (zona fría) nunca deben entrar a tal zona.
- Es probable el contacto de víctimas expuestas a sustancias químicas que pueden constituir un riesgo para el personal de rescate, quienes podrán contaminarse al contacto con ellas.
- Existe poco conocimiento de las propiedades y efectos de muchos productos químicos. Por consiguiente, deben identificarse sistemas para obtener información esencial del (o los) químico(s) involucrados y brindar esta información a los grupos de rescate y otras personas que lo necesiten.
- Existe la necesidad de realizar estudios toxicológicos ambientales en fluidos biológicos de pacientes contaminados, por lo que deben identificarse los laboratorios con capacidad para realizar este tipo de investigaciones.

El creciente desarrollo de la actividad industrial, agroindustrial y comercial ha fomentado en Costa Rica la puesta en marcha de procesos productivos complejos, que en la mayoría de los casos implican el uso de equipos sofisticados y materiales altamente

peligrosos. Una amplia gama de estos procesos involucra el uso o la formulación de sustancias inflamables, tóxicas, corrosivas, oxidantes y radioactivas, entre otras, tanto como materia prima, producto terminado y desechos que comprometen la calidad de vida de la población y del entorno donde se desarrollen ubicadas estas actividades (Solís et al., 2000).

La Gran Área Metropolitana (GAM) se caracteriza por una alta densidad poblacional e industrial; cada día es más importante disponer de una herramienta que permita visualizar el tipo, el uso, el almacenamiento, la localización, el consumo y el manejo de sustancias químicas. Lo anterior vendría a mejorar la capacidad de respuesta ante eventuales accidentes químicos-tecnológicos, reduciendo la severidad del mismo (Solís et al., 2000).

En la GAM el desarrollo de la industria no ha sido paralelo al establecimiento de programas de prevención, preparación y respuesta ante las emergencias producidas por accidentes que involucran sustancias químicas incluyendo la preparación del sector salud para enfrentar los efectos de este tipo de eventos.

Si se toman en cuenta las particularidades que tienen los accidentes químicos, los cuales se diferencian de otros tipos de desastres, porque sobresale el alto potencial de riesgo de contaminación secundaria, el efecto tóxico sobre un gran número de personas o el desarrollo del proceso tóxico en los afectados, se justifica la necesidad de contar con información sistematizada y medidas de contingencia que garanticen una adecuada respuesta en el manejo de accidentes químicos **(CEPIS/OPS, 2002)**.

Los lugares donde más frecuentemente se producen este tipo de accidentes son los complejos industriales, los almacenes de depósito, las bodegas de plaguicidas, los laboratorios y las universidades. El transporte de mercancías peligrosas por carretera o tuberías y los depósitos de materiales peligrosos a granel son otra fuente de accidentes químicos-tecnológicos (Solís, 2002).

Las emergencias tecnológicas han ocupado a partir de 1980 un lugar importante junto a los desastres de origen natural en cuanto a pérdidas humanas. En el año de 1984, en Bophal,

India, ocurrió un escape de metil isocianato que causó aproximadamente 2 500 muertos, 50 000 intoxicados y 250 000 afectados. Adicionalmente, en 1986, se presentó uno de los mayores accidentes tecnológicos, la explosión del reactor nuclear de Chernobil, cuyos daños aún continúan cuantificándose.

Por ello que desde 1992 la Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias (CNE) integró un grupo de trabajo interinstitucional denominado *SECTOR DE MATERIALES PELIGROSOS*. Hoy, el grupo se ha fortalecido y sigue trabajando bajo el nombre de *COMITÉ ASESOR TÉCNICO DE EMERGENCIAS TECNOLÓGICAS*.

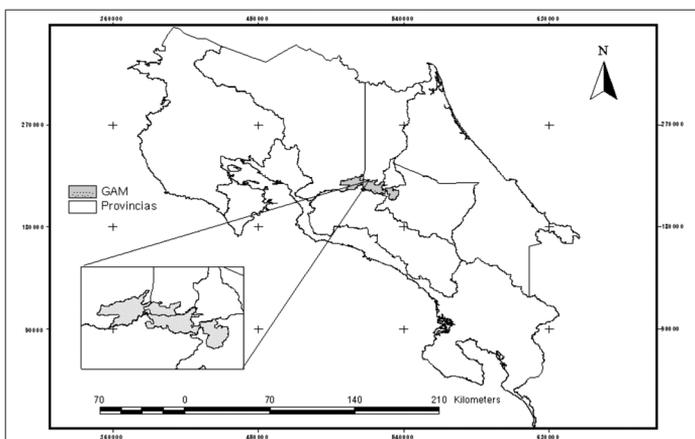
Este grupo cuenta con la participación de instituciones nacionales relacionadas con la temática: Benemérito Cuerpo de Bomberos Costa Rica (Unidad de Materiales Peligrosos, *MATPEL*), Ministerio de Salud Pública, Colegio Federado de Químicos e Ingenieros Químicos de Costa Rica, Organización Panamericana de la Salud (OPS), Caja Costarricense de Seguro Social, entre otras.

La CNE ha iniciado un proceso de capacitación y preparación de los comités locales de emergencia ante amenazas tecnológicas, así como al personal de las instituciones de respuesta ante emergencias. La preparación de la comunidad para hacerle frente a una situación de emergencia constituye un elemento importante para reducir sus consecuencias (humanas, materiales y ambientales). Para ello es necesario que exista una planificación efectiva. Al respecto, la Organización Internacional de Trabajo (OIT) señala que *“sin un plan para una eventualidad de emergencia para la empresa y la comunidad, se disminuye la capacidad*

*de controlar cualquier crisis en forma eficaz”* (Solís, 2002).

Hasta este momento, las organizaciones han venido actuando y preparándose mediante planes locales para atender los desastres; no obstante, si bien existe un buen avance al respecto es urgente trabajar en procura de la prevención del siniestro, a saber, manejo adecuado de sustancias peligrosas, caracterización y ubicación de las empresas de alto riesgo, entre otros.

El presente estudio se realizó en 36 distritos, con un área aproximada de 1 300 km<sup>2</sup>, lo que equivale a un 2,5% de la superficie del país (Figura 1). La población total del área es de 1 377 454 habitantes (Cuadro 1).



**Figura 1. Gran Área Metropolitana**

## MATERIALES Y MÉTODOS

En el país los accidentes químicos son atendidos por la Unidad de Materiales Peligrosos del Instituto Nacional de Seguros (*MATPEL*). Sus bitácoras de trabajo contienen la información correspondiente a la atención de los eventos presentados.

Además de *MATPEL* existen dos organizaciones con información complementaria:

el Departamento de Ingeniería de Riesgos del Instituto Nacional de Seguros y la CNE. Ambas instituciones trabajan conjuntamente en la atención de eventos, cuando estos requieren cooperación interinstitucional.

Basándose en las anteriores fuentes, se compiló la información correspondiente a los accidentes presentados en todo el país entre el período de 1998-2005.

La información compilada incluye: la hora y fecha del suceso, ubicación del lugar exacto del siniestro (en caso de ser un accidente de transporte se menciona la ruta), nombre de la empresa o institución donde ocurrió, personal involucrado, actividad productiva, mecanismo del incidente, observaciones sobre el evento, nombre de la sustancia involucrada y las consecuencias presentadas (daños materiales, personas perjudicadas).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El elevado número de sustancias químicas que son manipuladas, transportadas, almacenadas y utilizadas por el hombre no deja a algún país exento de recibir el impacto que provocan en el ambiente y la salud, sobre todo cuando ocurren accidentes que ponen en peligro gran cantidad de vidas humanas y, a su vez, alteran las condiciones ambientales tanto en la atmósfera, como los cuerpos de agua y suelos.

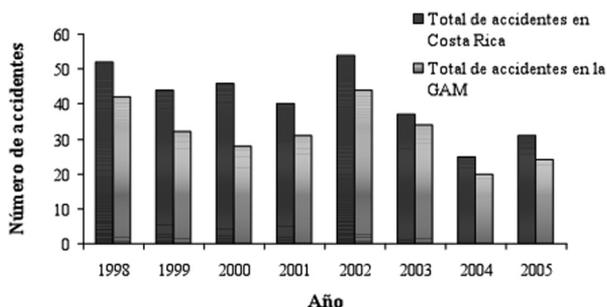


Figura 2. Números de accidentes químicos-tecnológicos ocurridos durante el período de 1998-2005.

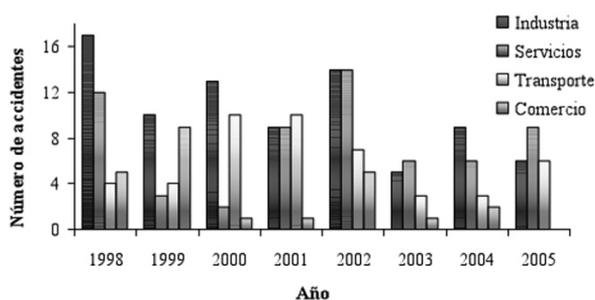
## ANÁLISIS DE LOS ACCIDENTES OCURRIDOS DURANTE EL PERÍODO DE ESTUDIO

Partiendo de la base de datos creada, se realizó un análisis de los accidentes químicos ocurridos dentro de la GAM. Entre los indicadores desarrollados están:

- Número promedio de accidentes por año.
- Frecuencia de incidencia de las sustancias en los accidentes químicos.
- Mecanismo del accidente (explosión, fuga o escape, incendio y derrame).
- Actividad productiva involucrada en el incidente (transporte, comercial, servicios e industrial).
- Personas afectadas en el evento (expuestas, lesionadas y fallecidas).

Los accidentes químicos en Costa Rica pueden ser agrupados de tres maneras diferentes según la clasificación establecida por la C.N.E, a saber, actividad desarrollada, sustancia química involucrada y mecanismo del incidente.

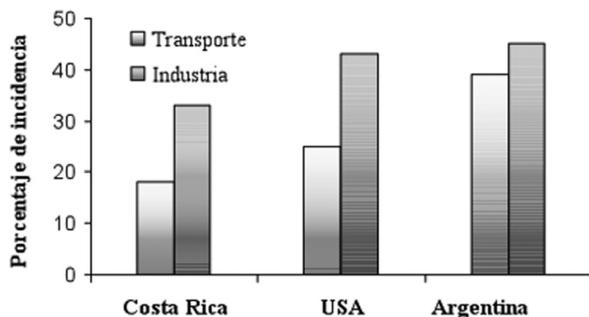
En la GAM, el sector comercio (restaurantes, supermercados) presentó el menor incidencia de accidentes con un 9% (24 accidentes) (Figura 3). En el transporte de sustancias químicas, se presentaron 47 accidentes, correspondiente a un 18%. La mayor cantidad de sucesos se produjeron en las industrias y en el sector servicios (universidades, hospitales, centros educativos, laboratorios de análisis), con 83 (33%) y 61 (24%), respectivamente (Figura 3).



**Figura 3. Relación entre el tipo de actividad desarrollada y el número de accidentes químicos, durante el período de 1998-2005.**

El reporte anual para el 2003 de la Agencia de Sustancias Tóxicas y Registro de Enfermedades de los Estados Unidos (ATSDR, por sus siglas en inglés), en 15 estados afiliados al programa de Vigilancia en Caso de Accidentes con Sustancias Peligrosas (HSEES, por sus siglas en inglés), informa que se presentaron un total de 9 105 incidentes en los cuales el 25,5% ocurrieron durante el transporte de sustancias químicas, 42,6% en industrias y un 31,9% en comercios e instituciones (Figura 4).

Según el Centro de Información Química para Emergencias de Argentina (CIQUEME) en el período de 1991-1998 se presentaron en este país 190 emergencias de gran impacto en la salud y el ambiente, de los cuales un 45% (86) ocurrieron en industrias y un 39% (75) en el transporte de sustancias químicas en carretera (Figura 4).



**Figura 4. Porcentaje de incidencia de accidentes químicos ocurridos en el sector transportista e industrial en la GAM (1998-2005), Estados Unidos (2003, reporte 15 estados) y Argentina (1991-1998).**

Respecto a los percances presentados durante el transporte de productos químicos, es necesario subrayar que dicha actividad es compleja y puede manifestarse a través de distintos mecanismos como explosiones, derrames o escapes. En Costa Rica, la mayoría de los problemas relacionados con el desplazamiento de sustancias químicas obedecen al desconocimiento de la incompatibilidad de los materiales que se transportan, al mal estado de los contenedores, camiones cisterna o bien vehículos de carga o en el peor de los casos al estado irregular de

las carreteras.

Otro problema especial que presentan los accidentes en el transporte es la movilidad de la amenaza. A diferencia de los deslizamientos de tierras, volcanes y aún inundaciones que pueden localizarse para tomar medidas de preparación y mitigación, los accidentes en el transporte de sustancias químicas suceden a menudo en áreas que no están preparadas y que carecen de equipo para enfrentar la amenaza. La población se encuentra totalmente desinformada de las sustancias que circulan cerca o a través de sus comunidades en ruta hacia fábricas o plantas distantes (CRID, 1991).

Debido a su casi total imposibilidad de pronosticar sus acontecimientos y ubicación, estos accidentes requieren un enfoque especial para su mitigación y estado de preparación.

Al igual que en los Estados Unidos y Argentina, en Costa Rica, las actividades de índole industrial son la principal causa de desastres químicos (Figura 4). En la GAM abarcan el 33% de los acontecimientos, lo que equivale a 10,4 eventos por año. Entre de los incidentes más comunes se encuentran los

escapes de gas amoníaco, los cuales abarcaron un 13%, las liberaciones de Gas Licuado de Petróleo (LPG) incluyeron un 12% (Cuadro 1). Mientras que los eventos relacionados con

gas cloro alcanzaron un 6% y los accidentes relacionados con hidrocarburos como diesel, bunker, aceites y gasolina, contemplan un 13% (Figura 5).

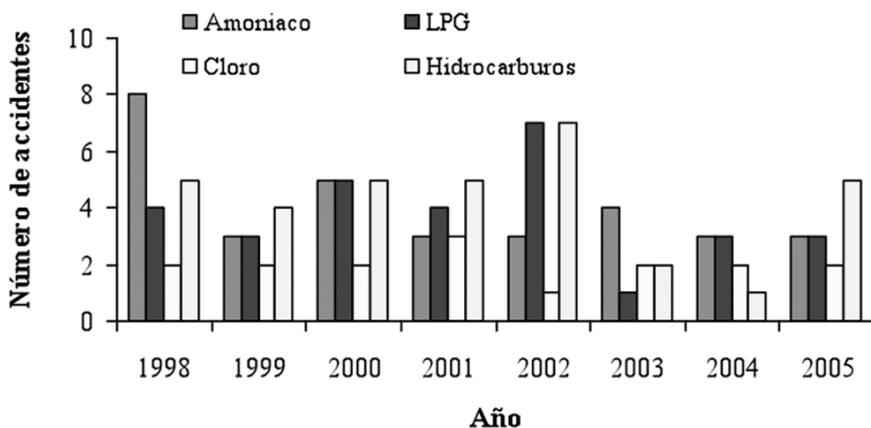


Figura 5. Sustancias químicas que mostraron mayor incidencia en los accidentes químicos presentados durante el período de 1998-2005.

Los eventos ocasionados por ácidos como el ácido nítrico ( $\text{HNO}_3$ ), ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ), ácido fosfórico ( $\text{H}_3\text{PO}_4$ ) y ácido clorhídrico ( $\text{HCl}$ ) presentan una incidencia del 8%, al igual que los disolventes orgánicos y las sales inorgánicas. Los incidentes debido a sustancias básicas como el hidróxido de sodio representan un 2% (5) (Cuadro 1). Asimismo, se presentaron accidentes que involucraron una gran cantidad de sustancias como resinas, pinturas, tintas, gases refrigerantes, formulaciones, bifenilos policlorados, entre otros, que corresponden a un 27% de los eventos.

La Unidad MATPEL no logró determinar la sustancia involucrada en un 7% de los accidentes posiblemente debido a razones como

- El producto que se transporta o manipula no cuenta el etiquetado correspondiente que identifique la sustancia involucrada.
- Las personas (operarios o conductores) involucradas en el incidente carecen de información sobre las sustancias químicas que manipulan.

- En algunas industrias no existen sistemas pictográficos para la identificación del riesgo.
- No se cuenta con inventarios de las sustancias que son almacenadas en bodegas.

La escasez de información retarda la toma de decisiones ante un accidente que involucre sustancias químicas lo cual se traduce en un mayor número de personas afectadas, aumento de las pérdidas económicas y consecuentemente un impacto mayor al ambiente.

Cuadro 1. Frecuencia de accidentes químicos-tecnológicos en la GAM asociados con productos químicos en el período 1998-2005

Sustancia	Número de accidentes	Porcentaje de incidencia
Amoniaco	32	13
Hidrocarburos	34	13
Gas LPG	30	12
Ácidos	20	8

Disolventes orgánicos	20	8
Sales Inorgánicas	20	8
Gas Cloro	16	6
Bases	5	2
Otros	69	27
No determinados	17	7
<b>Total</b>	<b>255</b>	<b>100</b>

En Costa Rica, la incidencia de los escapes de gas cloro, amoníaco y LPG son mayores a las presentadas en países como Estados Unidos y México (Cuadro 2). El porcentaje de accidentes debidos a hidrocarburos ocurridos en la GAM (13%) es similar al presentado en México en el periodo de 1996-2002. Es importante recalcar la situación presentada con los escapes de gas cloro en nuestro país; mientras que en Estados Unidos la incidencia para el año 2003 fue de 1,3%, en el área metropolitana el promedio anual es de 6%, lo cual evidencia la necesidad de mejorar los procedimientos en la manipulación de esta sustancia (Cuadro 2).

**Cuadro 2. Porcentajes de incidencia de sustancias asociados con accidentes químicos en Costa Rica (GAM), Estados Unidos y México**

Sustancia	Costa Rica (GAM) <sup>1</sup>	Estados Unidos	México <sup>3</sup>
Amoníaco	13	5	4,1
Gas LPG	12	—	3,19
Gas Cloro	6	1,3	—
Hidrocarburos	13	2	15
Ácidos	8	8,5	—
Disolventes orgánicos	8	—	1,1
Sales inorgánicas	8	22	—
Bases	2	4,1	—

<sup>1</sup> Período 1998-2005; <sup>2</sup> Informe Anual 2003 (ATSDR) con base en la información de 15 estados; <sup>3</sup> Período 1996-2002 (INE).

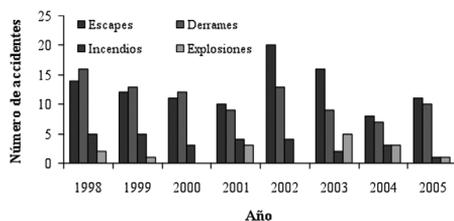
En Costa Rica, entre 1992 y 1994, los accidentes por LPG representaban un 20,8% de los eventos, los escapes de gas amoníaco un 16%, los escapes de gas cloro un 4,7% y los accidentes por disolventes y combustibles

un 11,3% (Solís *et al.*, 1995).

Las emergencias químicas pueden ser catalogadas de acuerdo con mecanismo del incidente, por ejemplo: derrames de productos líquidos o sólidos, escape o fuga de productos gaseosos, incendios donde se involucren sustancias u objetos peligrosos, explosiones, intoxicaciones masivas y exposición a radiaciones ionizantes.

En la GAM, los mecanismos más frecuentes son los derrames y escapes o fugas, que sumados abarcan el 75% de los eventos. En México, según el Instituto de Ecología, entre los años 1996 y 2002, en conjunto los escapes o fugas y derrames abarcaron un 87% de los incidentes (Cuadro 3).

Asimismo, las explosiones e incendios se presentaron en 6% y 11% de los incidentes (Cuadro 3), respectivamente. Cabe señalar que en un 8% (20 eventos) no se identificó concretamente el mecanismo del accidente, debido a que la Unidad MATPEL no atendió directamente la emergencia (Figura 6).



**Figura 6. Relación entre el número de accidentes presentados durante el período de 1998-2005 y el mecanismo del incidente.**

En Estados Unidos, según el Informe 2003 de la ATSDR para 15 estados, los derrames de sustancias químicas se presentaron en un 38% de los eventos, situación ocurrió en la GAM, en donde entre 1998-2005 los derrames corresponden a un 35% de los incidentes (Cuadro 3).

En Argentina, a diferencia de Costa Rica y Estados Unidos, los derrames ocupan el primer lugar de incidencia con 72%, mientras que las fugas o escapes se presentaron en un 17% de los eventos.

En cuanto a la incidencia de los incendios en los accidentes, en la GAM el porcentaje es mayor que los presentados en México, Argentina o Estados Unidos. Las explosiones, por su parte, presentan un comportamiento similar al de estos países. El porcentaje de accidentes en los cuales el mecanismo del incidente no fue determinado es alto en Costa Rica en comparación con el 1,7% en Estados Unidos o el 2,5% en México (Cuadro 3).

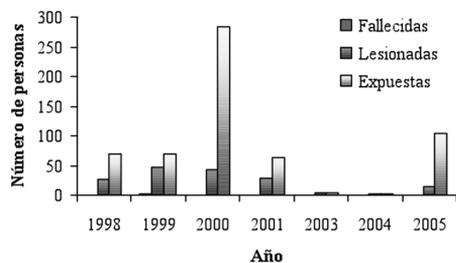
**Cuadro 3. Porcentajes de incidencia en el mecanismo de los accidentes químicos presentados en Costa Rica (GAM), Estados Unidos, México y Argentina**

Mecanismo	Costa Rica (GAM) <sup>1</sup>	Estados Unidos <sup>2</sup>	México <sup>3</sup>	Argentina <sup>4</sup>
Fugas o escapes	40	48,3	87*	17
Derrames	35	38	—	72
Incendios	11	3,1	6,1	8
Explosiones	6	8,2	4,4	—
No determinado	8	1,7	2,5	—

<sup>1</sup> Período 1998-2005; <sup>2</sup> Informe Anual 2003 (ATSDR) con base en la información de 15 estados;

<sup>3</sup> Período 1996-2002 (INE). \* En el caso de México las fugas y derrames abarcan un 87%. <sup>4</sup> Período 1991-1998 (CIQUIME).

Las emergencias químicas ocurridas en México han ocasionado diversos daños al ambiente y lamentablemente a la población. En este sentido, durante el periodo 1993-2002, se produjeron 485 muertes producto de 4 851 accidentes. Además, se provocó un total de 2 277 personas heridas o lesionadas en algún grado, 5 081 personas intoxicadas y 94 070 personas tuvieron que ser evacuadas de sus domicilio (Sarmiento et al., 2003).



**Figura 7. Número de personas expuestas, lesionadas y fallecidas en Costa Rica entre 1998-2005.**

En Costa Rica, el número de decesos es bajo, tres muertes en ocho años en comparación con los datos reportados en México por el INE. En Estados Unidos, en el año 2003, murieron 51 personas a causa de accidentes químicos. Además, 289 personas fueron tratadas en la escena del accidente, 991 tratadas en hospitales y 186 internadas en centros médicos.

En promedio, en Costa Rica, 22 personas sufrieron lesiones en la piel y respiratorias debido a los accidentes químicos. Asimismo, aproximadamente 77 (exceptuando año 2002) personas fueron expuestas a fugas, derrames, incendios o explosiones.

**Cuadro 4. Personas expuestas, lesionadas y fallecidas en accidentes químico-tecnológicos, durante el período de 1998-2005.**

Año	Personas expuestas	Personas lesionadas	Personas fallecidas
1998	70	26	0
1999	70	46	2
2000	283	43	0
2001	63	28	0
2002	1219	8	0
2003	5	5	1
2004	3	2	0
2005	105	15	0

En el año 2002, el número de personas expuestas es atípico debido al escape de gas cloro en la empresa IREX, ubicada en Concepción de Tres Ríos. Este incidente fue causado por una ruptura en la tubería de trasiego entre el tanque móvil y el tanque estacionario. La nube de cloro afectó lugares ubicados a más de 10 km de distancia, y el área de mayor afectación se ubicó en un radio aproximadamente de 1 km alrededor de la empresa. En el incidente resultaron afectadas más de mil personas.

Este siniestro mostró que el país no estaba preparado para afrontar a una emergencia química de tal magnitud, prueba de ello es que el sistema de atención de pacientes en los hospitales y clínicas no tuvo la capacidad para atender debidamente las personas por el incidente. Paralelamente, se replanteó la necesidad de contar con un Atlas de Amenazas Químico-Tecnológicas, en primera instancia, para los sectores donde se concentra la mayor cantidad de empresas que manipulan sustancias peligrosas, el cual pueda emplearse de plataforma para la implementación de uno que eventualmente abarque todo el territorio nacional.

## AGRADECIMIENTOS

A la Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias y Al cuerpo de Bomberos de la Unidad de Materiales Peligrosos, quienes me brindaron su ayuda para la recopilación de la información sobre los accidentes presentados en la GAM.

## BIBLIOGRAFÍA

- Agency for Toxic Substances and Disease Registry. (2003). *Hazardous Substances Emergency Events Surveillance: Annual Report 2003*. U.S. Department of Health and Human Services. Division of Health Studies Surveillance and Registries Branch. Atlanta, Georgia. 22 p.
- Centro de Información Química para Emergencias. (1999). *Accidentes con Sustancias Químicas en Argentina: informe estadístico 1991-1998*. Buenos Aires, Argentina. 1-5 p.
- Centro Panamericano de la Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS/OPS), (2002). *Curso de Autoinstrucción en prevención, preparación y respuesta: Desastres producidos por Productos Químicos*. Versión Digital.
- Centro Regional de Información Sobre Desastres: Latinoamérica y el Caribe (CRID). 1991. *Accidentes Químicos e Industriales*. Pavas, Costa Rica. 167-176 p.
- Panamerican Health Organization (PAHO)/Organización Panamericana de la Salud (OPS). (1998). *Accidentes Químicos: Aspectos Relativos a la Salud. Guía para la preparación y respuesta*. Organización y Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE), Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). Centro Europeo para el Medio Ambiente (OMS-ECEH). 209 p.

Sarmiento M., Ortiz E., Álvarez J. (2003). *Emergencias Ambientales Asociadas a Sustancias Químicas en México*. Gaceta Ecológica. Instituto Nacional de Ecología. Distrito Federal, México. 54-63 p.

Solís A. Alcóser M. (1995). *Evaluación de los programas de prevención ante accidentes mayores en la industria química costarricense y su situación a la luz del Convenio 174 de la Organización Internacional del Trabajo*. Universidad Latinoamericana de Ciencia y Tecnología. San José, Costa Rica. 381 p.

Solís, A. y Campos N. (2000). *Proyecto diagnóstico focalizado en la GAM de materiales peligrosos*. CNE. San José, Costa Rica. 16 p.

Solís, A. (2002). *Desastres y emergencias tecnológicas*. Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Emergencias. Dirección de Gestión de Desastres. Pavas, Costa Rica. 25 p.