

# CAUSAS Y CONSECUENCIAS DE ACCIDENTES QUÍMICOS OCURRIDOS ENTRE LA POBLACIÓN CIVIL. CASO: CIUDAD DE TAPACHULA, CHIAPAS, MÉXICO (2002-2010)<sup>1</sup>

Martha Elena Alcántara-Garduño<sup>2</sup> y Jaime Giovanni Ramírez-Camacho<sup>3</sup>

Resumen: Con el objetivo de conocer el tipo de eventos, las causas, consecuencias, materiales involucrados y frecuencia de accidentes químicos en fuentes fijas y transporte para la zona Sur de México, se realizó un estudio preliminar en la ciudad de Tapachula, Chiapas, usando como fuente de información el registro de eventos registrados por el H. Cuerpo de Bomberos de Tapachula en el período de 2002 a 2010. La información fue analizada aplicando el método de Análisis Histórico de Accidentes (AHA), encontrando que los accidentes químicos constituyen una importante problemática social y de salud en el área de estudio, afectando a la salud humana, propiedades de la población, la infraestructura pública y al medio ambiente.

**Palabras clave:** accidentes químicos, México, población, riesgo, salud.

## CAUSES AND CONSEQUENCES OF CHEMICAL ACCIDENTS IN THE CIVIL POPULATION. CASE: TAPACHULA, CHIAPAS, MEXICO (2002-2010)

Abstract: A preliminary survey was developed in Tapachula, Chiapas, to identify the types, causes, consequences, materials, and frequency of chemical accidents in the South of Mexico in both transportation and fixed facilities. Information from accidents attended by the Fire Department of Tapachula from 2002 to 2010 was collected and recorded onto a standard coding database, and was subsequently analyzed through HAA (Historical Accidents Analysis). It is found that chemical accidents are an important social and health problem in the study area, causing significant damage to human health, property, public infrastructure and environment.

**Key words:** chemical accidents, civil population, Mexico, public health, risk.

### INTRODUCCIÓN

Diariamente nos encontramos expuestos a distintos riesgos en nuestras actividades cotidianas. Debido a una inadecuada interacción entre el hombre, la tecnología y las sustancias químicas, se pueden generar eventos que implican el desarrollo de accidentes indeseables (fuga, derrame, incendio, explosión o la combinación de ellos) que ponen en riesgo la salud, además de ser capaces de generar daños a la propiedad y el ambiente con distintos grados de severidad (Kales et al., 1997; Horton et al., 2003; ITACA, 2006).

El riesgo tecnológico es la probabilidad de que un objeto, material o proceso peligroso, una sustancia tóxica o peligrosa o bien un fenómeno debido a la interacción de los anteriores, ocasionen consecuencias a la salud, la economía, el medio ambiente y el desarrollo integral de un sistema (CNE, 1997). Entre los diversos tipos de accidentes tecnológicos, el accidente químico se define como un acontecimiento o situación que resulta en la liberación de una o varias sustancias o materiales peligrosos para la salud humana y/o el medio ambiente, de manera inmediata o a largo plazo (Arcos et al., 2007).

<sup>1</sup> Artículo recibido el 13 de julio de 2012 y aceptado para publicación el 12 de noviembre de 2012.

<sup>2</sup> Directora, Instituto de Ecología, Universidad del Mar, Ciudad Universitaria, Puerto Ángel, San Pedro Pochutla, CP 70902, Oaxaca, México. E-mail: martele31@hotmail.com, autora correspondiente.

<sup>3</sup> Estudiante graduado, División de Estudios de Posgrado, Maestría en Ciencias Ambientales, Universidad del Mar, Ciudad Universitaria, Puerto Ángel, San Pedro Pochutla, CP 70902, Oaxaca, México.

De acuerdo a la Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) de México, un material peligroso es aquel elemento, sustancia, compuesto, residuo o mezcla de ellos que, independientemente de su estado físico, represente un riesgo para el ambiente, la salud o los recursos naturales, por sus características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables o biológico-infecciosas (LGEEPA, 1996).

Los accidentes con materiales peligrosos pueden dar lugar a afectaciones de diversa magnitud para las personas, el medio ambiente o el patrimonio. Entre los distintos accidentes se destacan los de tipo térmico (incendios), de tipo mecánico (explosiones) y de tipo químico (fugas o derrames incontrolados); estos fenómenos pueden ocurrir de manera aislada, simultánea o secuencial (Casal y Vílchez, 2010).

Los accidentes químicos pueden presentarse por diversas causas, como fallas mecánicas, operativas y de mantenimiento en los procesos industriales, comerciales y de servicios, errores humanos, causas premeditadas y derivados de fenómenos naturales como sismos o huracanes, entre otros (INDECI, 2006; Yang et al., 2008). Independientemente del mecanismo por el que suceden, pueden estar vinculados con actividades laborales formales o informales. Ejemplos de ello son los derrames de sustancias peligrosas en una planta industrial, un comercio, un hospital, un laboratorio clínico, un taller mecánico, o bien durante su transporte a través de vías de comunicación o ductos.

El peligro puede definirse como cualquier situación que tenga el potencial de causar lesiones a la vida o daños a la propiedad y al ambiente (Rivera et al., 2006). La exposición a un peligro puede ser voluntaria (como realizar deportes de alto riesgo) o involuntaria (como exponerse a la explosión no deseada de un material determinado). En el caso de peligros químicos, los efectos negativos a los que se encuentra expuesto un individuo dependen de factores como la toxicidad de la sustancia, dosis, tiempo y frecuencia de la exposición, entre otros muchos (Evans et al., 2003).

En México, el constante crecimiento de la actividad industrial, comercial y de servicios, así como no aplicar correctamente medidas de seguridad, han ocasionado un aumento sustancial de accidentes químicos durante la producción, almacenamiento, transporte, uso y disposición de sustancias peligrosas. Desafortunadamente, la información disponible en México sobre este tipo de accidentes se encuentra orientada básicamente al sector industrial, mediante los reportes recabados por la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA) o el Sistema de Emergencias de la Industria Química (SETIQ) (COATEA, 2010), entre otras instituciones mexicanas. Sin embargo, se ha dejado de lado la investigación relativa a los accidentes sufridos por la población en general, que involucran el manejo inadecuado de sustancias peligrosas y que puede derivar en eventos como fugas, derrames, incendios o explosiones; por ello, no se cuenta con estadísticas sobre su ocurrencia, distribución temporal y espacial, así como sobre sus causas y consecuencias. Distintas entidades públicas, como Protección Civil y los H. Cuerpos de Bomberos de distintas ciudades, han manifestado que es indispensable desarrollar y establecer estrategias y programas enfocados a identificar el tipo de eventos que se presentan, las causas que los originan, el lugar y frecuencia con que suceden, así como las consecuencias que provocan, con el fin de desarrollar medidas de prevención y acciones de atención adecuadas en tiempo y forma para reducir los efectos que puedan presentarse, además de fortalecer el marco normativo existente (Sarmiento et al., 2003).

Una situación similar, relativa a la falta de información y registro sistematizado sobre este tipo de accidentes, se repite en diversos países de Latinoamérica. Aunque se han realizados estudios para países desarrollados, como Estados Unidos o Canadá (Baker, 2004), los resultados no pueden ser aplicados para el caso de Latinoamérica debido a las diferencias tecnológicas, económicas y reglamentarias existentes.

En este estudio se llevó a cabo el análisis histórico de accidentes químicos ocurridos en la ciudad de Tapachula, Chiapas, México, durante el periodo 2002 a 2010, con el fin de identificar el tipo de eventos que se presentan y las causas que los provocan, su lugar de ocurrencia (fuente fija o móvil), tipo de sustancias involucradas y las afectaciones sufridas por la población. Dado que, como se mencionó antes, no se han llevado a cabo estudios similares en Latinoamérica, este estudio servirá como un punto de referencia inicial para la región, y en forma particular, para las áreas del sur de México y Centroamérica dadas sus similitudes sociales y tecnológicas.

## **FUENTE DE INFORMACIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS**

El Análisis Histórico de Accidentes (AHA) es una herramienta de identificación de riesgos que hace uso de los datos sobre accidentes ocurridos en el pasado. Su principal ventaja radica en que se basa en accidentes ya ocurridos

y por lo tanto los peligros, causas y consecuencias identificados son reales. Por otra parte, su principal limitación es que sólo hace referencia a accidentes ocurridos y registrados, excluyendo a aquellos que no cuentan con información suficiente para ser tomados en consideración (Casal et al., 1999).

Para el análisis histórico de accidentes químicos realizado en este estudio, la información fue obtenida del archivo de reportes de incidentes atendidos por el H. Cuerpo de Bomberos de Tapachula, Chiapas, durante el período 2002 a 2010, y posteriormente registrada en una base de datos diseñada específicamente para ello.

La selección de la ciudad de Tapachula como sitio de estudio fue hecha considerando que comparte características similares en cuanto a desarrollo social y tecnológico con otras ciudades de Centroamérica, y por lo tanto, los resultados obtenidos pueden servir como referencia a lo que ocurre en otros sitios de la misma región.

Los datos registrados en la base de datos fueron: fecha, hora y lugar (domicilio completo), tipo de evento (fuga, derrame, incendio, explosión, intoxicación, olor desagradable, quemadura o asfixia, o su combinación), fuente (fija o móvil), materiales involucrados (nombre, cantidad y características CRETI-corrosiva, reactiva, explosiva, tóxica o inflamable), causa del accidente, afectaciones (lesionados, muertos, daños a la propiedad o al ambiente), datos de la o las personas afectadas (nombre, edad, sexo), institución que atendió el evento, y descripción del accidente.

Los nombres de los materiales fueron identificados a partir de la información contenida en cada uno de los registros de accidentes, y estandarizados de acuerdo a su nombre químico o su nombre más común. Al conocer el nombre químico de los materiales involucrados, se asignó a cada material su número de Chemical Abstract Service (CAS) y su número de la Organización de las Naciones Unidas (ONU), pudiendo así crear un listado de materiales químicos más comúnmente involucrados en accidentes en donde se vea afectada la población civil y que será, a todas luces, distinto al listado de sustancias involucradas en accidentes ocurridos en actividades industriales o de transporte a través de tuberías o transportación terrestre de la región.

Se consideró como accidentes químico a la fuga, derrame, incendio, explosión, intoxicación, olor desagradable, quemadura, asfixia o la combinación de dos o más de ellos; solo se incluyó en este estudio a los eventos con magnitud suficiente para causar afectaciones a la salud humana, al ambiente o la propiedad.

Los accidentes que involucraron uno o más medios de transporte, es decir elementos que pueden desplazarse en forma autónoma, se clasificaron como ocurridos en fuente móvil, mientras que aquellos que ocurrieron en lugares fijos, es decir, que se mantienen en un mismo lugar sin tener desplazamiento (industrias, comercios, oficinas, escuelas, casas habitación, entre otros), fueron clasificados como fuentes fijas.

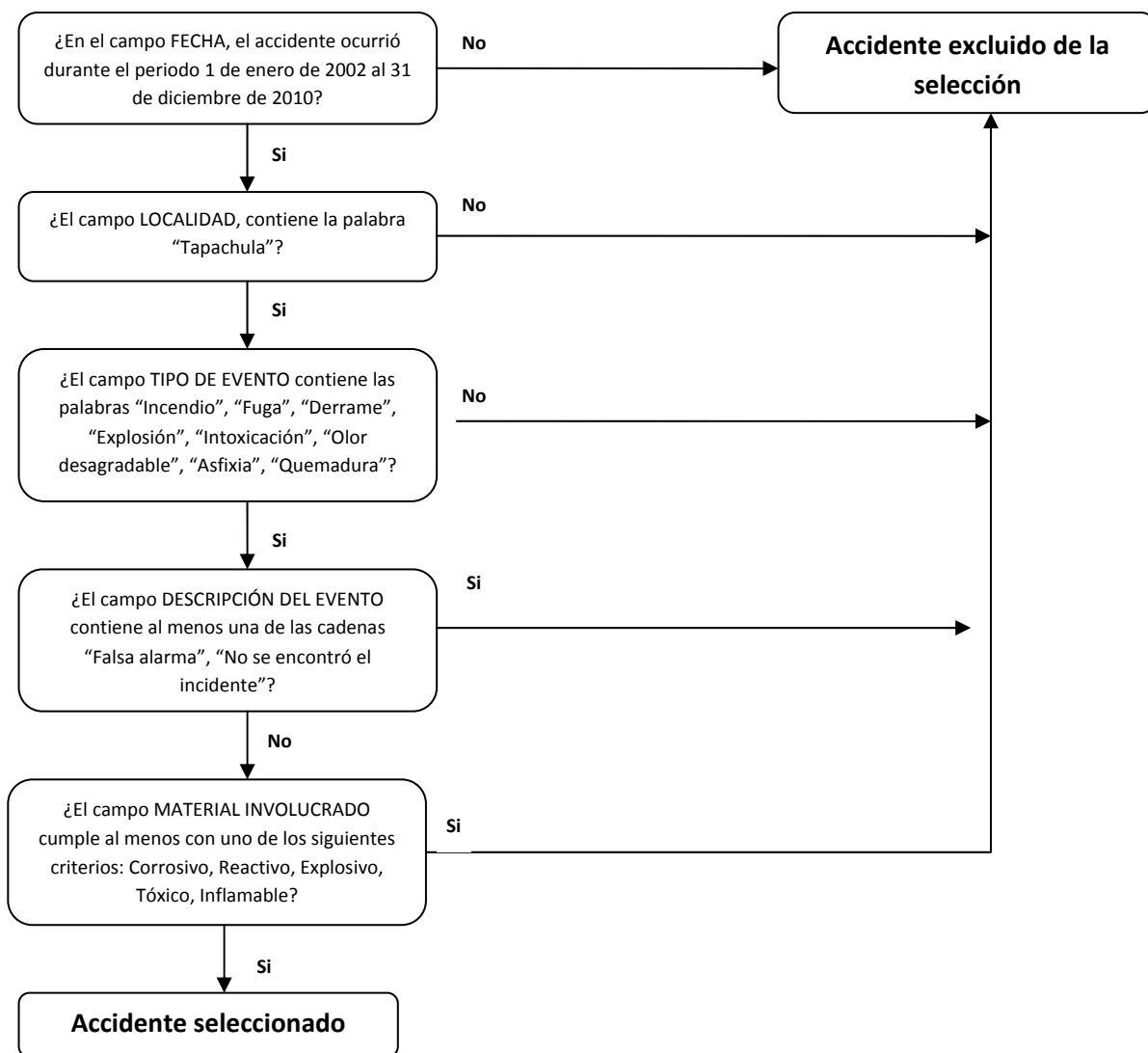
La selección y clasificación de accidentes se llevó a cabo de acuerdo a los criterios indicados en la Figura 1. Este procedimiento es similar al aplicado por Oggero et al. (2006) y Ronza et al. (2003), aunque en este estudio se consideraron solo aquellos accidentes que involucraran al menos una sustancia que presentara una o más características CRETI, es decir, materiales con características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas o inflamables. Dichas características son las que identifican aun material como peligroso tanto a nivel de la legislación mexicana (NOM-018-STPS-2000) como a nivel internacional (norma NFPA-704, National Fire Protection Association) (STPS, 2000; NFPA, 2012).

Es importante mencionar que se excluyó cualquier accidente ocurrido en zonas industriales, cuyas afectaciones (derrame, incendio, formación de nube tóxica, etc.) se vieron contenidas al interior de las instalaciones, y por tanto, no afectaron a la población civil.

La propuesta para la selección de accidentes que se presenta en este estudio, se llevó a cabo con el fin de:

1. Identificar accidentes reales ocurridos de acuerdo a los criterios establecido en la Figura 1.
2. Identificar, para cada registro de accidente, la información que permita describirlo con fiabilidad, de forma específica y consistente (Christou y Papadakis, 1998).
3. Contar con información de calidad y que esté respaldada por una entidad pública de reconocido prestigio que avale la información contenida en ella (Carol et al., 2000).

4. Generar la posibilidad de contraste. Toda información incluida en la base de datos debe ser comparable para verificar su veracidad. Sin embargo, dada la confidencialidad de algunos de los datos que se manejan (como nombre o dirección de los individuos involucrados), no siempre es fácil identificar un determinado evento o verificar un dato determinado (Carol et al., 2000).
5. Facilidad de explotación masiva. Debido a que uno de los objetivos de este trabajo es un tratamiento estadístico descriptivo de la información, un elemento fundamental es la posibilidad de extraer conjuntos de datos homogéneos y poder exportarlos para ser tratados por otras plataformas tecnológicas (Carol et al., 2000), lo cual permitirá en el mediano plazo contar con una base de datos a nivel nacional y regional que sirva como base para la toma de decisiones en las áreas de protección civil y seguridad pública.



**Figura 1: Criterios de selección aplicados para identificar los accidentes químicos del archivo de reportes atendidos por el H. Cuerpo de Bomberos de Tapachula, Chiapas, México.**

Adicionalmente, en este estudio solo se consideró el accidente principal originado por el material involucrado, para de esta manera, evitar la duplicidad de registros y con ello, errores en la información estadística generada.

Una vez seleccionados los eventos de interés, se aplicó un tratamiento estadístico descriptivo al conjunto de información recopilada, con el fin de obtener datos específicos relativos a la distribución temporal de los eventos (hora, día, mes, día de la semana y evolución a través de los distintos años analizados), frecuencia temporal de cada tipo de evento y material involucrado, afectaciones a la población (número, sexo y edad de muertos y lesionados). Para llevar a cabo el análisis estadístico se utilizó el programa Statgraphics Plus 4.1.

Dado que en el registro de cada accidente se recabaron los datos de domicilio completo y lugares de referencia cercanos, esta información es útil para determinar en un futuro cercano las áreas en donde los accidentes se presentan con cierta frecuencia, y en donde es necesario aplicar medidas de vigilancia adicionales para evitar afectaciones a sitios vulnerables con alta concentración de población, como escuelas u hospitales, entre otros. Es importante mencionar que muy pocas ciudades, tanto de México como de Centroamérica, cuentan con la identificación de sitios vulnerables por accidentes químicos, y por lo tanto, la generación de bases de datos y mapas de vulnerabilidad relacionados constituyen una herramienta fundamental en el área de protección civil.

## DISTRIBUCIÓN TEMPORAL DE EVENTOS

Del total de eventos atendidos ( $n=7965$ ) por el H. Cuerpo de Bomberos de 2002 a 2010, el 15.6% ( $n=1243$ ) corresponden a accidentes químicos. En la Tabla 1 se muestra la distribución anual de eventos totales y químicos ocurridos en el periodo de estudio, encontrándose que el promedio anual calculado fue de 885 (IC95% 723.55–1046.45) y 138.1 (IC95% 104.79-171.43) eventos/año, respectivamente.

**Tabla 1: Distribución de eventos totales y químicos atendidos por el H. Cuerpo de Bomberos de Tapachula (2002-2010).**

Año	Eventos							
	Totales	Químicos	Incendio n (%)	Fuga n (%)	Derrame n (%)	Explosión n (%)	Combinación n (%)	Otros n (%)
2002	1090	197	104 (52.8)	36 (18,3)	37 (18.8)	1 (0.5)	7 (3.6)	12 (6.1)
2003	1155	112	63 (56.3)	21 (18,8)	23 (20.5)	0 (0.0)	1 (0.9)	4 (3.6)
2004	1019	139	74 (53.2)	35 (25.2)	23 (16.5)	1 (0.7)	2 (1.4)	4 (2.9)
2005	1011	202	124 (61.4)	43 (21.3)	27 (13.4)	0 (0.0)	3 (1.5)	5 (2.5)
2006	783	140	86 (61.4)	31 (22.1)	22 (15,7)	0 (0.0)	0 (0.0)	1 (0.7)
2007	800	114	65 (57.0)	20 (17.5)	21 (18.4)	0 (0.0)	4 (3.5)	4 (3.5)
2008	666	102	50 (49.0)	33 (32.4)	15 (14.7)	0 (0.0)	1 (1.0)	3 (2.9)
2009	926	73	29 (39.7)	34 (46.6)	6 (8.2)	0 (0.0)	2 (2.7)	2 (2.7)
2010	515	164	95 (57.9)	37 (22.6)	25 (15.2)	0 (0.0)	5 (3,0)	2 (1.2)
Total	7965	1243	690 (55.5)	290 (23.3)	199 (16.0)	2 (0.2)	25 (2.0)	37 (3.0)
Promedio anual	885.0	138.11	76.67	32.22	22.11	0.22	2.77	4.11
±, IC 95%	161.45	33.31	22.28	5.71	6.47	0.33	1.71	2.47
Límite inferior	723.55	104.79	54.38	26.51	15.64	0.0	1.06	1.63
superior	1046.45	171.43	98.95	37.93	28.58	0.56	4.48	6.58

En la Tabla 1 se observa que ocurrió una disminución del 52.75% en el número total de eventos atendidos de 2002 ( $n=1090$ ) a 2010 ( $n=515$ ); sin embargo, en el caso de accidentes químicos, la reducción es de 16.75% ( $n=197$  en 2002, y  $n=164$  en 2010) lo que indica que durante el periodo de estudio, la población no ha aplicado sistemáticamente acciones de prevención para disminuir este tipo de eventos, lo cual puede deberse a una falta de conocimiento para evitar las causas que los provocan así como la impericia en el manejo de los materiales y procesos involucrados.

## DISTRIBUCIÓN POR TIPO DE EVENTO

Del total de accidentes químicos, 55.5% fueron incendios, 23.3% fugas, 16.0% derrames, 3.0% otros eventos no clasificados, 2.0% combinación de eventos y 0.2% explosiones. La distribución anual, el valor promedio, así como los límites de confianza (IC95%) para cada tipo de evento, están indicados en la Tabla 1.

Los incendios fueron los accidentes más frecuentes (55.5%) en el período de estudio, causando daños como la destrucción total o parcial de instalaciones industriales o comerciales, escuelas, viviendas y vehículos, afectando de forma directa a la población que hace uso de ellos, así como a los individuos ubicados en sus alrededores debido a la producción y emanación de humos o gases tóxicos.

Dado que los incendios son los eventos más frecuentes (55.5%), seguidos por fugas (23.3%) y derrames (16.0%), se advierte la necesidad de desarrollar y aplicar programas de capacitación dirigidos hacia la población civil para darles a conocer las acciones que deben aplicar para evitar que dichos eventos sucedan, y por otro lado, dotar a los cuerpos de primera ayuda (H. Cuerpo de Bomberos y Protección Civil, entre otros) con equipo y entrenamiento suficiente y adecuado, para atender rápida y eficazmente los eventos que se presenten con el fin de lograr una reducción en la magnitud de las afectaciones.

Las fugas de materiales inflamables y tóxicos constituyeron la segunda causa de accidentes (n =290), destacándose entre ellas las fugas de gas licuado del petróleo (GLP) (n =276); los eventos restantes corresponden a sustancias como amoníaco, ácido clorhídrico, bióxido de carbono, y acetileno, entre otros.

Es notoria la variación en el número de reportes de fugas entre los distintos años analizados (n =21 a n =43), lo que puede deberse a un subregistro de los eventos o que los accidentes fueron atendidos por la misma población sin conocimiento del H. Cuerpo de Bomberos, lo cual coincide con las causas reportadas previamente por otros autores (Brenac y Clabaux, 2005).

En el caso de fugas de gases tóxicos, inflamables o explosivos, éstos implican un riesgo para la integridad y salud de la población debido a su capacidad para propagarse, pudiendo formar nubes del mismo gas capaces de desplazarse largas distancias dependiendo de las condiciones meteorológicas y topográficas existentes (Lozano et al., 2010); en el caso de materiales tóxicos, al depositarse éstos sobre la superficie pueden contaminar el suelo, cuerpos de aguas superficiales o alimentos usados por personas o animales.

La *Combinación* de eventos involucra sucesos como fuga e incendio, fuga y explosión, derrame e incendio, y explosión e incendio. Su ocurrencia se debió a accidentes que no fueron atendidos oportunamente, y que provocaron eventos sucesivos con afectaciones a la salud, al ambiente y la propiedad.

La clasificación de *Otros* se refiere a eventos como presencia de olores desagradables debido a vapores de sustancias químicas como hidrocarburos, solventes o agroquímicos; intoxicación por ingestión de sustancias químicas o medicamentos, así como quemaduras por líquidos calientes, como aceite o agua, o sustancias químicas como ácidos.

Se identificaron 826 (66.5%) accidentes químicos en fuentes fijas y 417 (33.5%) en fuentes móviles. Los sitios donde ocurrieron fueron viviendas (54.9%), comercios (24.2%), vehículos (20.3%) e industrias (0.6%). De los accidentes ocurridos en fuentes fijas (viviendas, comercios, restaurantes e industrias), la fuga e incendio de GLP se vio involucrado en 262 eventos; 32 accidentes adicionales con GLP corresponden a eventos combinados como fuga-incendio (n =9), fuga-explosión (n =5), fuga-explosión-incendio (n =2) y emisión de olores desagradables (n = 16).

## CAUSAS DE ACCIDENTES

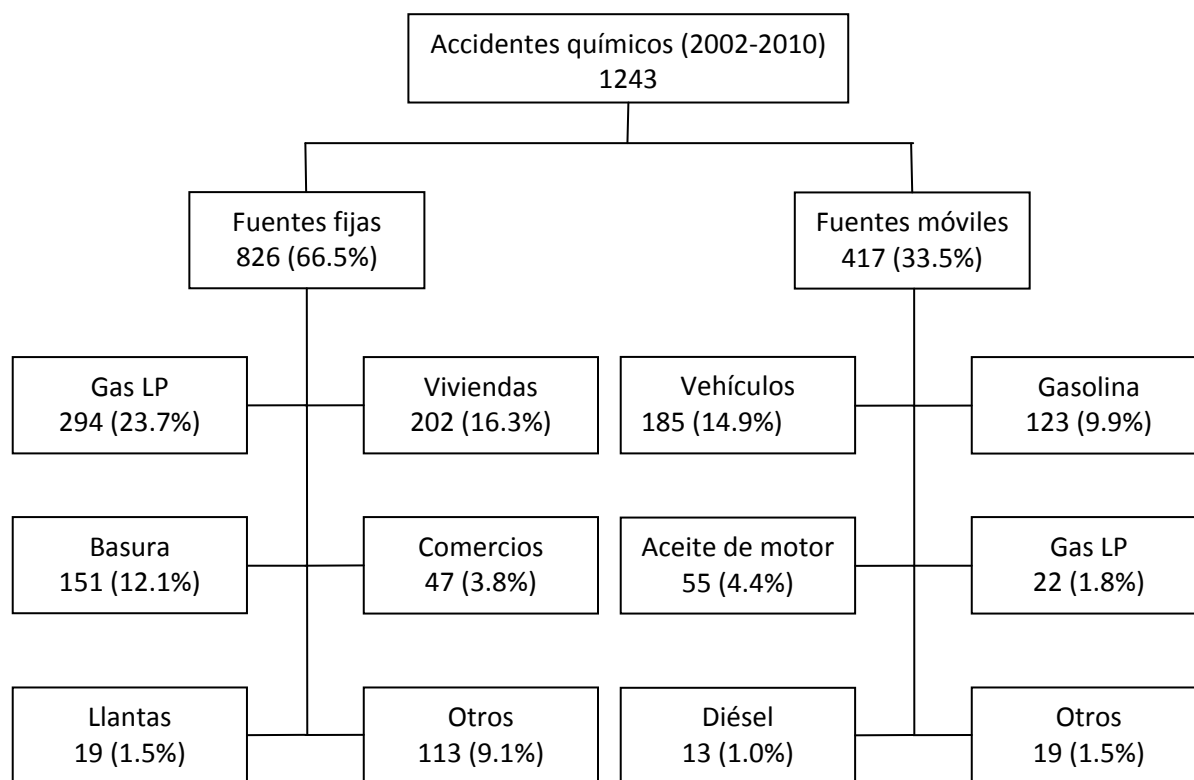
La mayor parte de los eventos ocurrió en fuentes fijas (viviendas y comercios) debido a incendios cuya causa inicial se debió a cortocircuitos eléctricos, fuga e incendio de combustibles, particularmente GLP, así como por la quema indebida de materiales dentro o fuera de la vivienda. Por esta razón, es importante hacer conocer a la población las acciones que pueden llevar a cabo en forma personal para eliminar las causas que los originan, y así reducir el riesgo al cual se encuentra expuestas.

Las causas de los accidentes en fuentes móviles (n =417) fueron atribuibles al conductor (26.1%, n =109), al vehículo (19.4%, n =81), accidentes previos (0.5%, n =2) y semoviente (0.2%, n =1); en 224 accidentes (53.7%) no se incluyó en el registro del accidente la causa que los ocasionó. Las causas atribuidas a los conductores fueron identificadas como imprudencia (20.4%, n =85), exceso de velocidad (3.4%, n =14), manejar en estado de ebriedad o bajo la influencia de drogas (1.2%, n =5), e invasión del carril (0.5%, n =2). Adicionalmente, el mal estado de los vehículos y las fallas mecánicas (19.4%, n =81) fueron factores importantes en la ocurrencia de los accidentes.

Las causas de accidentes identificadas en fuentes móviles son similares a las reportadas por el Instituto Mexicano del Transporte, el cual indica que los accidentes a nivel nacional ocurren principalmente por exceso de velocidad, invasión de carril e imprudencia, uso de alcohol o drogas, así como por deficiencias mecánicas de los vehículos involucrados (Cuevas et al., 2010).

## MATERIALES INVOLUCRADOS

La Figura 2 muestra los principales materiales involucrados en fuentes fijas y móviles. El 40.8% de los eventos involucró cuatro hidrocarburos: GLP (25.5%), gasolina (9.9%), aceite de motor (4.4%) y diésel (1.0%); estas sustancias están incluidas en el listado de materiales con mayor presencia en accidentes químicos ocurridos en México, de acuerdo a lo reportado previamente por el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED, 2001) y la PROFEPA (Cuevas et al., 2010). Lo anterior hace patente la necesidad de que los recipientes, tuberías y equipos que almacenan, transportan y usan sustancias químicas, respectivamente, tanto en viviendas como en vehículos, deben ser sujetos a verificación constante con el fin de prevenir que sufran daños que ocasionen la fuga o derrame de los materiales.



**Figura 2: Principales materiales involucrados.**

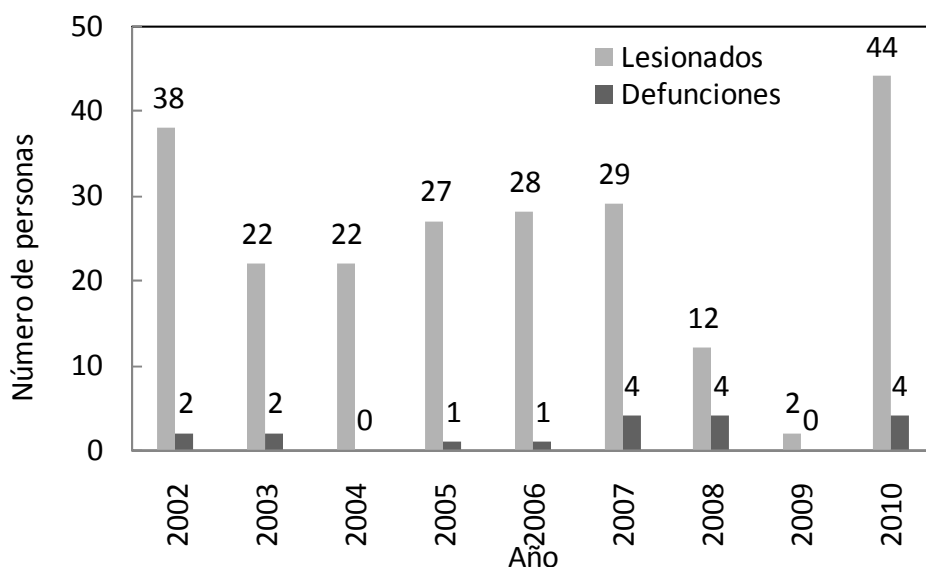
Otros elementos involucrados son viviendas y su contenido (16.3%), vehículos (14.9%) y distintos tipos de residuos (basura, plásticos, llantas, etcétera) que son eliminados por sus propietarios mediante su quema o disposición en terrenos o cuerpos de agua superficiales.

Se encontró una gran diversidad de sustancias como amoníaco, diésel, acetileno, y explosivos, entre otras, cuya ocurrencia fue muy baja pero su emisión al ambiente provocó consecuencias para la población, como lesiones y defunciones; estas sustancias se encuentran agrupadas como *Otros* en la Figura 2. La ocurrencia de accidentes con estas sustancias químicas sugiere impericia e inclusive total desconocimiento por parte de la población para llevar a cabo su almacenamiento, transporte, manejo, tratamiento y/o disposición.

Los materiales más comúnmente involucrados en derrames relacionados con fuentes móviles fueron gasolina (9.9%) y aceite de motor (4.4%). Los volúmenes involucrados, de acuerdo a los registros, no superan los 20 litros, excepto en dos accidentes ocurridos en 2005 y 2008, en donde la gasolina contenida en dos carrotaques con capacidades de 70,000 y 35,000 litros, respectivamente, fue derramada en su totalidad. El derrame de hidrocarburos ocasiona afectaciones al ambiente, particularmente al suelo y posiblemente al subsuelo; asimismo, dado que los hidrocarburos derramados se evaporan, provocan contaminación atmosférica del sitio y sus alrededores. En este estudio, los efectos de este tipo de accidentes en suelo y cuerpos de agua no fueron determinados ya que no existe un reporte detallado de las consecuencias en los registros analizados.

### AFECTACIONES A LA POBLACIÓN

Entre las afectaciones a la población se encuentra el número de lesionados en algún grado (n =224) así como defunciones (n =18); su distribución anual se muestra en la Figura 3.



**Figura 3: Distribución anual de muertos y lesionados.**

El 100% de defunciones registradas en incendios ocurridos en oficinas, condominios, casas-habitación y vehículos fue por envenenamiento debido a la inhalación de gases tóxicos.

La distribución de lesionados y defunciones por género y edad, así como el número de personas atendidas por los servicios de salud públicos o privados (centro de salud, hospital o consultorio médico, entre otros) se muestran en la Tabla 2.

El número de lesionados mostró una disminución significativa (42.1%) del 2002 al 2003. En 2010 el número de lesionados muestra un máximo histórico, sugiriendo una mayor gravedad de los accidentes ocurridos y las consecuencias derivadas de ellos, y por otro lado, que el registro de las consecuencias incluyó de forma regular a las personas lesionadas.

Los resultados sociodemográficos de la población afectada (véase la Tabla 2) indican que personas de sexo masculino (n = 98) son más afectadas por accidentes químicos que mujeres (n =46) en una relación 2.13:1. Coincidentemente, el Sistema Nacional de Información en Salud (SINAIS), México, indica que, para el Estado de



Chiapas, la tasa de lesiones sufridas es significativamente mayor en hombres que en mujeres; por ejemplo, para el año 2008 se registró una tasa de 97.0 y 18.5 por cada 100,000 habitantes para hombres y mujeres, respectivamente (SINAIS, 2008).

**Tabla 2: Características sociodemográficas de la población afectada.**

Característica sociodemográfica	Defunciones (n =18) n (%)	Lesionados (n =224) n (%)	Total (n =242) n (%)
<b>Sexo</b>			
Hombre	8 (3.3)	90 (37.2)	98 (40.5)
Mujer	3 (1.2)	43 (17.8)	46 (19.0)
No reportado	7 (2.9)	91 (37.6)	98 (40.5)
<b>Edad</b>			
0-10	1 (0.4)	4 (1.7)	5 (2.1)
11-20	1 (0.4)	10 (4.1)	11 (4.5)
21-30	0 (0.0)	4 (1.7)	4 (1.7)
31-40	0 (0.0)	6 (2.5)	6 (2.5)
41-50	1 (0.4)	7 (2.9)	8 (3.3)
> 50	1 (0.4)	3 (1.2)	4 (1.7)
No reportado	14 (5.8)	190 (78.5)	204 (84.3)
<b>Traslado a servicios de salud</b>			
Si	0 (0.0)	128 (52.9)	128 (52.9)
No	18 (7.4)	4 (1.7)	22 (9.1)
No reportado	0 (0.0)	92 (38.0)	92 (38.0)

La edad de las víctimas no fue registrada sistemáticamente en los reportes de accidentes, contándose con esta información sólo para el 15.7% de las personas afectadas.

Respecto a la atención hospitalaria, los datos indican que el 52.9% de los lesionados hizo uso de las instalaciones de servicios de salud. Al igual que en el caso del subregistro del dato de edad, se desconoce si el 38.0% de los lesionados usó servicios de salud, privados o públicos, o si atendieron sus lesiones en sus hogares u otros sitios.

Es necesario modificar el formato de reporte de accidente utilizado, así como capacitar al personal responsable de su llenado, para disponer en el futuro de información de interés sociodemográfico que cumpla con los criterios de ser completa, precisa, confiable y consistente, para que pueda ser usada con fines de planeación en las instituciones de salud que atienden a la población afectada.

## CONCLUSIONES

Los accidentes químicos ocurridos en Tapachula, Chiapas, constituyen una problemática social constante, que ha provocado afectaciones a la salud y propiedades de la población, a la infraestructura del estado y al medio ambiente.

A pesar de que el total de eventos atendidos por el H. Cuerpo de Bomberos de la ciudad de Tapachula ha mostrado una disminución durante el período de estudio, los accidentes químicos no lo han hecho en la misma medida.

La falta de mantenimiento de instalaciones eléctricas y de equipos que almacenan y transportan diversas sustancias ha sido determinada como la causa que origina con mayor frecuencia los incendios y fugas registrados en fuentes fijas, los cuales son los accidentes más comúnmente identificados en el sitio y período de estudio. Debido a lo anterior, es indispensable una mayor vigilancia por parte de las autoridades públicas responsables del

cumplimiento de normatividad en el área de seguridad de equipos e instalaciones que almacenan, transportan o transforman sustancias químicas peligrosas.

Dado que las sustancias involucradas con mayor frecuencia son hidrocarburos de uso cotidiano para la población civil (GLP, gasolina, aceite de motor y diésel), es necesario proporcionar información para llevar a cabo un manejo adecuado de los mismos, así como para que se realice un mantenimiento constante y adecuado de las instalaciones que los almacenan y transportan.

La población más afectada corresponde a hombres, siendo esto consistente con las estadísticas de salud estatales. Dado que un porcentaje significativo de las personas lesionadas (52.9%) en accidentes químicos hace uso de servicios médicos públicos o privados, es necesario que el personal de estas instituciones cuente con la preparación, materiales y equipos necesarios para brindar la atención para este tipo de eventos. Es importante modificar los formatos de registro de accidentes usados por las instituciones públicas que atienden los accidentes, así como capacitar al personal sobre su correcto llenado, con el fin de contar en el futuro con información completa, precisa, confiable y consistente respecto a los accidentes atendidos.

Los resultados obtenidos muestran la necesidad de llevar a cabo actividades de carácter intersectorial en la que todos los actores involucrados se comprometan a ejercer acciones para evitar la ocurrencia de accidentes químicos

Finalmente, con el fin de contar con información que pueda ser útil con fines de planeación para la atención de emergencias bajo las condiciones tecnológicas, económicas y sociales latinoamericanas, es necesario analizar la situación particular de otras ciudades de la región con el fin de obtener datos que representen de forma fiel la situación existente para llevar a cabo acciones de prevención y atención específicas.

## REFERENCIAS

- Arcos, M., Treviño, C., Espinosa, B., Balboa, R. y Medina, E. (2007). *Riesgos químicos*, 1ª edición, Centro Nacional de Prevención de Desastres, Secretaría de Gobernación, D. F., México.
- Baker, D. (2004). "Civilian exposure to toxic agents: Emergency medical response", *Prehospital and Disaster Medicine*, Vol. 19, No. 2, pp. 174-178.
- Brenac, T. y Clabaux, N. (2005). "The indirect involvement of buses on traffic accident processes", *Safety Science*, Vol. 43, pp. 835-843.
- Carol, S., Vilchez, J. y Casal, J. (2000). "Updating the economic cost of large-scale industrial accidents: Application to the historical analysis of accidents", *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, Vol. 13, No. 1, pp. 49-55.
- Casal J., Montiel H., Planas E. y Vilchez J. (1999). *Análisis del Riesgo en Instalaciones Industriales*, Ediciones UPC, Barcelona, España.
- Casal J. y Vilchez J. (2010). "El riesgo químico y el territorio", *Revista Catalana de Seguridad Pública*, Vol. 23, pp. 127-152.
- Centro de Orientación para la Atención de Emergencias Ambientales – COATEA (2010). *Análisis de emergencias ambientales en México (1993-2009): Análisis nacional y estatal*, Disponible en línea en: <http://www.profepa.gob.mx/PROFEPA/EmergenciasAmbientales/AnalisisNacionaldeEmergenciasAmbientales/AnalisisNacional.htm>, acceso en: 11 marzo 2011.
- Centro Nacional de Prevención de Desastres – CENAPRED (2001). *Diagnóstico de Peligros e Identificación de Riesgos de Desastres en México: Atlas Nacional de Riesgos de la República Mexicana*, 1ª edición, Centro Nacional de Prevención de Desastres, Secretaría de Gobernación, D. F., México.
- Christou, M. y Papadakis, A. (1998). *Risk Assessment and Management in the Context of the Seveso II Directive, Volume 6*, Kirchsteiger, C. (Ed.), Elsevier Science, Amsterdam, Holanda.
- Comisión Nacional de Emergencia – CNE (1997). *Módulo de Capacitación: Desastres y Emergencias Tecnológicas*, Comisión Nacional de Emergencia, Dirección de Emergencias, San José, Costa Rica.

- Cuevas, A., Rivera, F., Mayoral, E. y Mendoza, A. (2010). *Anuario Estadístico de Accidentes en Carreteras Federales 2008*, Instituto Mexicano del Transporte, Secretaría de Comunicaciones y Transportes, Querétaro, México.
- Evans, J., Fernández, A., Gavilán, A., Ize, I., Martínez, M., Ramírez, P. y Zuk, M. (2003). *Introducción al Análisis de Riesgos Ambientales*, Instituto Nacional de Ecología, SEMARNAT, D.F., México.
- Horton, D. K., Berkowitz, Z., Haugh, G. S., Orr, M. F. y Kaye, W. E. (2003). "Acute public health consequences associated with hazardous substances released during transit, 1993-2000", *Journal of Hazardous Materials*, Vol. 98, No.1-3, pp. 161-175.
- Instituto Nacional de Defensa Civil – INDECI (2006). *Programa de Capacitación Para la Estimación del Riesgo*, Instituto Nacional de Defensa Civil, Lima, Perú.
- Interactive Training Advanced Computer Applications, S. L. - ITACA (2006). *Riesgos Químicos y Biológicos Ambientales*, Ediciones Marcombo, Barcelona, España.
- Kales, S. N., Polyhronopoulos, G. N., Castro, M. J., Goldman, R. H. y Christiani, D. C. (1997). "Injuries caused by hazardous materials accidents", *Annals of Emergency Medicine*, Vol. 30, No. 5, pp. 598-603.
- Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente - LGEEPA (1996). Diario Oficial de la Federación, México.
- Lozano, A., Muñoz, A., Antún, J. P., Granados, F. y Guarneros, L. (2010). "Analysis of hazmat transportation accidents in congested urban areas, based on actual accidents in Mexico", *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, Vol. 2, No. 3, pp. 6053-6064.
- National Fire Protection Association - NFPA. (2012). *NFPA 704: Standard System for the Identification of the Hazards of Materials for Emergency Response*, Quincy, Massachusetts, USA.
- Oggero, A., Darbra, R. M., Muñoz, M., Planas, E. y Casal, J. (2006). "A survey of accidents occurring during the transport of hazardous substances by road and rail", *Journal of Hazardous Materials*, Vol. 133, No. 1-3, pp. 1-7.
- Rivera, R., Arcos, M., Izcapa, C., Bravo, E., Bernabé, L., Muñoz, E., Torres, L., Zepeda, O., Andrade, E. y López, L. (2006). *Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos: Fenómenos Químicos*, 1ª edición, Centro Nacional de Prevención de Desastres, Secretaría de Gobernación, D.F., México.
- Ronza, A., Félez, S., Darbra, R. M., Carol, J. A., Vílchez, J. A. y Casal, J. (2003). "Predicting the frequency of accidents in port areas by developing event trees from historical analysis", *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, Vol. 16, No. 6, pp. 551-560.
- Sarmiento, M. R., Ortiz, E. y Álvarez, J. (2003). "Emergencias ambientales asociadas a sustancias químicas en México", *Gaceta Ecológica*, No. 66, pp. 54-63.
- Secretaría del Trabajo y Previsión Social - STPS (2000). *NOM-018-STPS-2000: Sistema para la Identificación y Comunicación de Peligros y Riesgos por Sustancias Químicas Peligrosas en los Centros de Trabajo*, Diario Oficial de la Federación, México.
- Sistema Nacional de Información en Salud - SINAIS (2008). *Tasa de Mortalidad (Estandarizada por Edad) por Grandes Grupos de Causas, Según Sexo y Entidad Federativa fe Residencia Habitual*, Secretaría de Salud, México.
- Yang, J., Li F., Zhou, J., Zhang, L., Huang, L. y Bi, J. (2010). "A survey on hazardous materials accidents during road transport in China from 2000 to 2008", *Journal of Hazardous Materials*, Vol. 184, No. 1-3, pp. 647-653.

