

Análisis de causas y consecuencias de accidentes en el transporte de materiales peligrosos en México en el período 2016-2020

Díaz Reséndiz Andrea*, Alcántara Garduño Martha Elena

Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Química. Av. Universidad 3000, Coyoacán, Ciudad de México, C.P. 04510, México.

*Autor para correspondencia: andread099@comunidad.unam.mx

Recibido:

11/junio/2021

Aceptado:

23/octubre/2021

Palabras clave:

Transporte terrestre,
MATPEL,
frecuencia de accidentes

Keywords:

Land transportation,
HAZMAT,
accident frequency.

RESUMEN

Se llevó a cabo un estudio de 100 accidentes ocurridos por carretera durante el transporte de materiales peligrosos (MATPEL) en México entre 2016 y 2020. Los resultados mostraron una disminución entre 2016 y 2018, y un aumento en la frecuencia de accidentes en 2019. La mayoría de los accidentes registrados ocurrieron en la región Norte (25%), seguida por las regiones Centro y Oeste (ambas con un 23%), el Sur (18%) y el Este (11%). Los tipos de accidentes más frecuentes fueron las volcaduras (56.0%), seguidas de los choques (37%) y las fallas mecánicas (7%). Las consecuencias más frecuentes derivadas de los accidentes son el derrame (43%) y la explosión (16%). Se analizaron estadísticamente las causas y consecuencias de los accidentes relacionados con la población (el número de personas muertas y heridas). Por último, se discuten los factores por los cuales se vieron afectadas las tendencias en estos accidentes.

ABSTRACT

A study of 100 accidents, which occurred by road during the transport of hazardous materials (MATPEL) in Mexico between 2016 and 2020, was carried out. The results showed a decrease in the frequency of accidents from 2016 to 2018, and an increase in 2019. Most accidents recorded occurred in the North region (25%), followed by the Central and Western regions (both with 23%), the South (18%) and the East (11%). The most frequent types of accidents were rollovers (56%), followed by crashes (37%) and mechanical failures (7%). The most frequent consequences derived from accidents are release of substances (43%) and the explosion of materials (16.0 %). The causes and consequences of population-related accidents (the number of people killed and injured) were statistically analyzed. Finally, the factors by which the trends in these accidents were affected are discussed.

Introducción

El transporte de materiales peligrosos (MATPEL) es una actividad productiva que involucra una amplia gama de productos y de vehículos para su traslado, y que conlleva riesgos importantes para la salud humana, para el medio ambiente y para la infraestructura del transporte (Mendoza, 2016).

A pesar de los riesgos que implica el transporte de materiales peligrosos, esta actividad es esencial ya que dichos materiales son utilizados en muy diversos procesos. Por ello, Hernández (2006) considera que es necesario determinar las causas que los provocan, las sustancias que están involucradas y sus consecuencias, con el fin de reducir o eliminar sus causas, así como determinar las acciones inmediatas que deben llevar a cabo los cuerpos de primera respuesta (bomberos, protección civil, servicios médicos, seguridad pública) para aminorar las consecuencias a la población, el medio ambiente, la propiedad y la infraestructura.

En México, la modalidad más utilizada en el transporte de MATPEL es el autotransporte federal de carga especializada que representa el 80.9% del total de unidades registradas para el año 2018 (SCT, 2019).

El transporte de materiales peligrosos, de acuerdo con lo que indica la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA), incluye “elementos, sustancias, compuestos, residuos o mezclas 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” (SEMARNAT, 2021).

El uso y demanda de sustancias peligrosas aumenta con el tiempo, no sólo en el área industrial, sino también en todos los sectores de actividades humanas, lo cual representa que existan riesgos significativos tanto para la población, como para el ambiente y la propiedad. Por tal motivo, como menciona Guzmán (2018), el transporte de materiales peligrosos por carretera aumenta tanto en el número de vehículos como en la capacidad de éstos de manera constante, requiriendo rutas que no siempre son las mejores para salvaguardar la seguridad de la población, y que representan un riesgo mayor durante su operación.

En este proyecto se analizarán las causas y consecuencias de accidentes en carreteras federales que involucren sustancias químicas, que son reportadas en fuentes periodísticas y bases de datos oficiales, como de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes y de la PROFEPA, durante los últimos cinco años (2016-2020). Con la información obtenida se generará una base de

datos que incluya la sustancia, la causa(s) reportada(s) y las consecuencias. En el aspecto de las consecuencias se determinará los tipos de sustancias más frecuentemente involucradas, el tipo de vehículos con los cuáles ocurren los accidentes y las consecuencias reportadas tanto para la población como para el ambiente y la propiedad.

Objetivos

Realizar un registro de los accidentes ocurridos en carreteras federales de los 32 estados donde estén involucradas unidades de transporte de materiales peligrosos (MATPEL) durante el período 2016-2020, usando fuentes periodísticas y reportes públicos oficiales, como la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) y PROFEPA.

Definir, usando la información recabada en el registro de accidentes que se elabore, las causas y las consecuencias más comunes de accidentes en carreteras federales que involucran a las unidades de transporte de MATPEL.

Determinar, con base a las recomendaciones nacionales e internacionales, las acciones inmediatas que deben llevar a cabo los cuerpos de primera respuesta (bomberos, protección civil, servicios médicos, seguridad pública) para aminorar las consecuencias para la población, el medio ambiente, la propiedad y la infraestructura.

Metodología

En este proyecto se realizó investigación documental sobre accidentes ocurridos en carreteras federales que involucren materiales peligrosos para el período 2016-2020. Como fuentes de información se usaron periódicos en su versión digital, reportajes de televisión en versión digital, así como reportes oficiales publicados por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), PROFEPA y CENAPRED.

Una vez ubicado el reporte de cada accidente, la información obtenida fue analizada y clasificada con lo que se generó una hoja de cálculo que contiene información como: fecha y hora del accidente, lugar (carretera, kilómetro, estado, dirección), causa reportada del accidente, sustancia involucrada (nombre, composición, fórmula química, estado físico), tipo de transporte (autotanque unitario, articulado o doble articulado), consecuencias reportadas (número de heridos, número de muertos). Esta información permitió identificar causas y consecuencias generales que son comunes en este tipo de accidentes, y que pueden ser usados por las autoridades involucradas (SCT, Protección Civil, Bomberos, Guardia Nacional) para tomar decisiones en las medidas de prevención aplicables a las unidades de transporte de MATPEL. No

se puede realizar el análisis individual de cada accidente y la determinación de consecuencias específicas de ellos, ya que esto requeriría un conjunto de información técnica que no es reportada por periódicos, SCT o PROFEPA y además necesita un tiempo mucho mayor a las 16 semanas de la estancia académica.

Se utilizó el programa Google Earth para localizar algunos accidentes ocurridos cuya ubicación geográfica fue definida por las fuentes de información y que ocurrieron durante el período de estudio.

Mediante las hojas de seguridad de las 5 sustancias más frecuentemente involucradas y la Guía de Respuesta a Emergencia (GRE), se hicieron recomendaciones para la atención inmediata de los cuerpos de primera respuesta (Bomberos, Protección Civil, servicios médicos, seguridad pública) después de que ocurra un accidente.

Método de selección de accidentes

Debido al número de accidentes que fueron encontrados en las fuentes periodísticas, se diseñó un criterio de selección para facilitar tanto la captura de los datos como el análisis de estos.

Se tomaron en cuenta escenarios clave (Figura 1) para la selección de los accidentes incluidos en el registro y así determinar valores estadísticos lo más confiable posible.

El criterio de selección de accidentes se basó en el propuesto por Oggero et al. (2006) debido a que toma en consideración distintos elementos como la exclusión de accidentes ocurridos mientras los vehículos estuvieran estacionados, cargando o descargando material o presentes dentro de alguna fábrica.

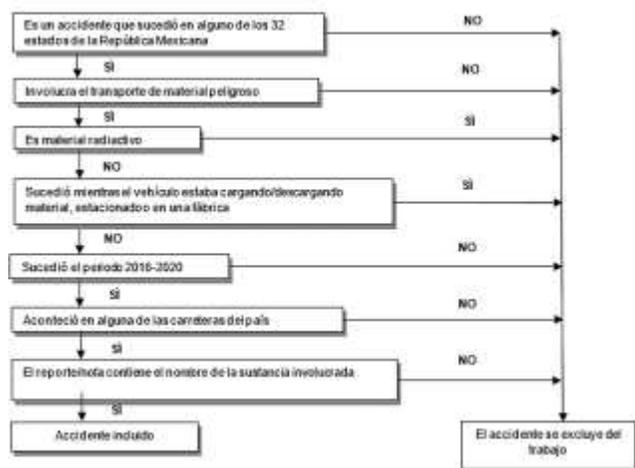


Figura 1. Criterio de búsqueda en accidentes de transporte de MATPEL (Modificado de Oggero et al., 2006).

Creación de hoja de cálculo con la información de los accidentes

Se elaboró una hoja de cálculo programada con VBA (Visual Basic for Applications) para la captura de información relevante acerca de los accidentes investigados; esta información se acomodó en una tabla para que su análisis fuera más preciso.

Clasificación de los accidentes

Dentro de la hoja de cálculo se tenían varios apartados (Figura 2). Por ejemplo, en el apartado *Tipo* se clasificó la causa del accidente ocurrido como choque, volcadura y falla mecánica, mientras que en el apartado *Consecuencia* se consideraron los eventos como fuga, derrame, incendio o explosión. Cada accidente puede considerar a uno o más de estos eventos.

Para incluir un accidente reportado por un medio de información dentro de la hoja de cálculo, se debe contar con una descripción de lo que sucedió, por ejemplo, si el choque del vehículo provocó una volcadura, un incendio, explosión, entre otros.



Figura 2. Apartados programados en la hoja de cálculo.

Resultados y discusión

Causas

En la Figura 3 se muestra que los tipos de accidentes que transportan MATPEL son ocasionados en su mayor parte por volcaduras (56.0 %), seguidos por choque (37.0 %) y fallas mecánicas (7.0 %). En el caso de las choques estos son ocasionados en diversos casos por vehículos de particulares y, en menor medida, por transporte público federal.

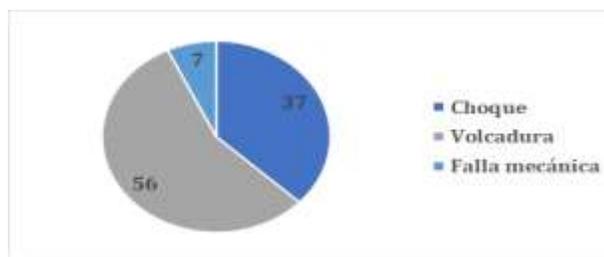


Figura 3. Tipos principales de accidentes reportados.

Las causas se relacionan en gran medida con el conductor (33%) y con el exceso de velocidad (30%). En el caso del conductor se consideraron factores como somnolencia, uso de sustancias psicotrópicas o impericia, entre otras. En la Figura 4 se refleja la importancia de la correcta capacitación del personal que transporta MATPEL ya que, si se considera que el exceso de velocidad y los errores atribuibles al conductor se deben a una falta de capacitación, esta condición origina el 64% de los accidentes.

Mejores condiciones operativas para el conductor, como respetar las horas máximas de conducción, o contar con uno o dos acompañantes en rutas extensas, con el fin de distribuir las horas de manejo de la unidad y así reducir el cansancio, serían favorables para reducir los accidentes ocasionados por este factor.

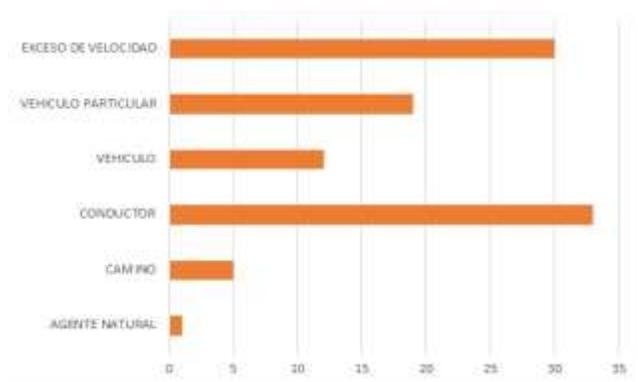


Figura 4. Causas que ocasionaron los accidentes.

Distribución de accidentes

Respecto al tiempo

La frecuencia de accidentes reportados disminuyó de 2016 a 2018, registrando incrementos en 2019 y 2020 (Figura 5). Debe considerarse que, aunque se hizo una revisión exhaustiva de los reportes, las variaciones observadas en el número de accidentes durante estos 5 años pueden ocurrir por una menor cobertura por parte de los medios de comunicación o la omisión de información relevante en los informes que originó que fueran eliminados del registro final.

El mes en el que se presentó mayor número de eventos fue octubre (14%), seguido por los meses de noviembre y diciembre (ambos con 12%).

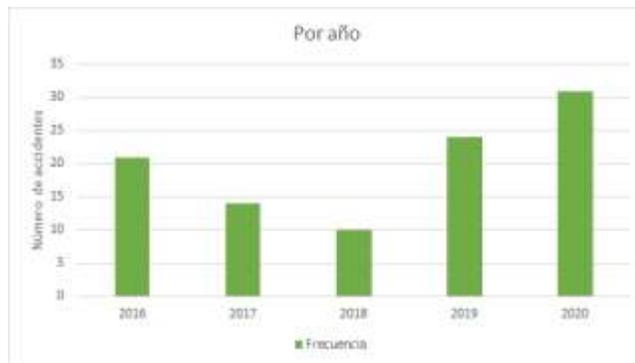


Figura 5. Distribución de accidentes en función del tiempo.

Como se puede observar en la Tabla 1, la frecuencia de accidentes aumenta en periodos vacacionales. Esto sugiere una mayor afluencia de vehículos particulares en las carreteras durante las vacaciones y/o los días festivos, lo cual influye en la cantidad de accidentes, incluyendo aquellos que transportan materiales peligrosos.

En la Figura 6 se observa que los días que se presentaron más accidentes del total registrado fueron jueves (21%), sábado (20%) y viernes (18%); esta tendencia está relacionada al sistema de la semana laboral de cinco días en México en donde las actividades de producción arrancan a inicios de semana, se envían las cargas a la mitad de esta, y se disminuye la producción y movimiento de carga los fines de semana. Estos resultados coinciden con lo reportado por Liu et al. (2020) y Lozano et al. (2010) en China y México, respectivamente.

Tabla 1. Accidentes ocurridos por mes en el periodo 2016-2020.

Mes	Número de accidentes	%	Mes	Número de accidentes	%
Enero	9	9.0	Julio	8	8.0
Febrero	4	4.0	Agosto	5	5.0
Marzo	10	10.0	Septiembre	10	10.0
Abril	6	6.0	Octubre	14	14.0
Mayo	7	7.0	Noviembre	12	12.0
Junio	3	3.0	Diciembre	12	12.0



Figura 6. Distribución de accidentes en función de los días de la semana.

Ubicación geográfica

En la Figura 7 se muestra que el mayor número de accidentes registrados ocurrió en la región Norte (25%), seguida por la región Centro (23%). Los estados que presentaron mayor frecuencia en los accidentes fueron el Estado de México y Michoacán, ambos con 9% de los eventos totales registrados para el periodo 2016-2020.

En la región Oeste del país se presentó la mayor cantidad de muertes (45.5%) y de lesionados (36.8%) del total registrado.

Una de las causas por las que ocurren más accidentes en las regiones Norte, Centro y Oeste es debido al tipo de actividades económicas que se realizan en los estados de estas regiones, que incluyen grandes centros industriales, mineros y agrícolas. Todos ellos requieren abastecerse de diversos materiales, como es el caso los combustibles, explosivos y agroquímicos, que recorren largas distancias desde los sitios donde son producidos hasta los puntos de consumo, aumentando la cantidad de vehículos que transportan MATPEL y con ello la probabilidad de verse involucrados en accidentes. A pesar de la presencia de refineras en la región Este, el número de accidentes por autotransporte federal es el menor de todo el país ya que diversos materiales (como los hidrocarburos) son conducidos a través de ductos, reduciendo la cantidad de vehículos y así las probabilidades de que ocurran accidentes relacionados con autotransporte federal. Una situación similar es reportada por Yang et al. (2010) en donde a mayor desarrollo económico e industrial en una región, se incrementa el número de accidentes por carretera que involucran MATPEL.



Figura 7. Distribución de accidentes por región.

Por tipo de materiales

Los tipos de materiales involucrados en los accidentes se basan en la clasificación dada por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes en la NOM-002-SCT/2011 (SCT, 2012), para el transporte de materiales peligrosos. De acuerdo con sus características las sustancias peligrosas se clasifican en 9 clases (Tabla 2); en el análisis de los accidentes revisados se identificó la participación de algunas de ellas.

Tabla 2. Clasificación de las sustancias peligrosas (SCT, 2012).

Clase	Designación
1	Explosivos
2	Gases comprimidos, refrigerados, licuados o disueltos a presión
3	Líquidos inflamables
4	Sólidos inflamables
5	Oxidantes y peróxidos orgánicos
6	Tóxicos agudos (venenos) y agentes infecciosos
7	Radiactivos
8	Corrosivos
9	Varios

Como se ve en la Figura 8, de acuerdo con el registro realizado, la clase 3 (líquidos inflamables) es la de mayor participación porcentual en accidentes (56.0 %); esta clase incluye todos los combustibles derivados del petróleo, aceites, esmaltes, pinturas, solventes y alcoholes (SCT, 2012).

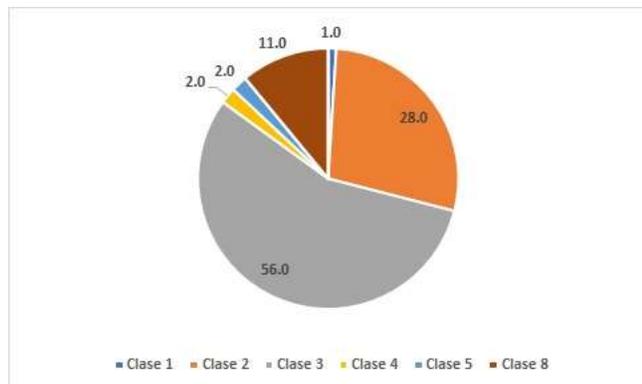


Figura 8. Porcentaje de accidentes, por tipo de sustancia, durante el transporte de materiales peligrosos.

Como se vio en el apartado anterior (*en ubicación geográfica*), la clase de material más transportado es el de combustibles (gasolina, diesel, turbosina, etc.), aumentando la probabilidad de verse involucrado en accidentes desde el sitio de producción y almacenamiento hasta llegar a su destino final de consumo. Además, por sus características químicas puede generar afectaciones en las áreas aledañas a donde ocurre un accidente, tales como incendio, explosión, contaminación de suelos y cuerpos de agua, y generación de nubes inflamables y explosivas, entre otras (Darbra *et al.*, 2010).

Yang *et al.* (2010) indicaron que las sustancias que más frecuentemente se ven involucradas en accidentes de autotransporte en China son los combustibles (Clase 3), lo cual sugiere que los resultados encontrados durante el transporte de esta clase de materiales para México en este trabajo ocurren de manera similar en otras partes del mundo debido a causas semejantes.

Consecuencias

Como se mencionó previamente, las consecuencias fueron clasificadas en cuatro tipos de eventos: fuga, derrame, incendio y explosión. La distribución porcentual de cada uno de estos eventos se detalla en la Tabla 3, siendo la suma total de ellos del 76.0 % respecto del total de accidentes registrados; en el restante 24.0 % ocurrieron volcaduras en donde los contenedores no presentaron afectaciones ni escape de material.

Estos resultados son parecidos a los datos mostrados por Liu *et al.* (2020), en donde menciona que el derrame es la consecuencia más común en los accidentes de transporte de MATPEL por carretera.

Tabla 3. Consecuencias de accidentes reportados.

Consecuencia	Número de accidentes	%
Explosión	16	16.0
Fuga	5	5.0
Derrame	43	43.0
Incendio	12	12.0

Ejemplo de emergencias ambientales en carreteras derivadas del transporte de materiales peligrosos

Una vez que se analizó la información para cada accidente, se procedió a ubicarlo en una vista aérea usando el programa Google Earth. Esta actividad se realizó con la finalidad de determinar las características geográficas del sitio y con ello las posibles afectaciones que pueden ocasionarse a la población aledaña, al ambiente o la infraestructura urbana.

Un ejemplo de esta actividad se muestra en la Figura 9 donde se observa, en una volcadura que involucra derrame de ácido nítrico en una localidad del estado de Jalisco, que existen edificios y comercios cercanos al sitio del accidente. En la Figura 10 se observan los daños a la propiedad provocados por el impacto del contenedor, así como la intervención del personal de Bomberos para atender las consecuencias del evento y evitar afectaciones mayores.

Al revisar las vistas aéreas de los accidentes, la mayoría de ellos ocurrieron en las salidas de áreas urbanas. De acuerdo con la información de los reportes analizados de dichos accidentes, en algunos casos los conductores al observar menor afluencia en el tránsito aumentaron la velocidad con la que viajaba el vehículo, lo que provocó la pérdida de control y uno o más de los eventos posteriores como choque, volcadura, fuga del material transportado, incendio y explosión de la carga.



Figura 9. Vista aérea del lugar del choque de un vehículo articulado con derrame de ácido nítrico en la carretera El grullo-Ciudad Guzmán, Jalisco (29/09/19).



Figura 10. Choque de un vehículo articulado con derrame de ácido nítrico en la carretera El grullo-Ciudad Guzmán, Jalisco (29/09/19).

La identificación de las carreteras vulnerables y sus áreas de influencia permiten establecer zonas de riesgos probables en función de la estadística de siniestralidad, para con ello establecer planes y/o programas de alerta que atiendan posibles consecuencias derivadas de accidentes y sus efectos nocivos (IMT, 2013).

Tipos de vehículo

De acuerdo con la clasificación de la SCT de los vehículos que transportan diversos materiales por carretera, hay 3 tipos que se han visto involucrados con mayor frecuencia, los cuales se muestran en la Tabla 4.

Tabla 4. Tipos de vehículos que se involucran con mayor frecuencia en accidentes con HazMat (Mendoza et al., 2012).

Tipo de vehículo	Volumen (Litros)
Autotanque unitario	110 000
Articulado	55 000
Doble articulado	25 000

La correcta clasificación de los vehículos involucrados en los accidentes no pudo ser posible debido a la falta de información adicional que no es proporcionada por fuentes periodísticas y/o reportes oficiales. Esta información sólo está disponible a través de la Guardia Nacional y no es difundida de manera precisa ni fiable a través de las notas periodísticas consultadas. Por lo tanto, la clasificación reportada en este trabajo se realizó analizando visualmente las fotografías obtenidas en el lugar del accidente por las fuentes periodísticas.

Como se puede observar en la Figura 11, el tipo de vehículo involucrado más frecuentemente en los accidentes es el de tipo articulado. La elección del uso esta configuración del vehículo por las compañías transportistas es debido a su mayor capacidad de almacenamiento lo que reduce el número de viajes y por lo tanto los costos.

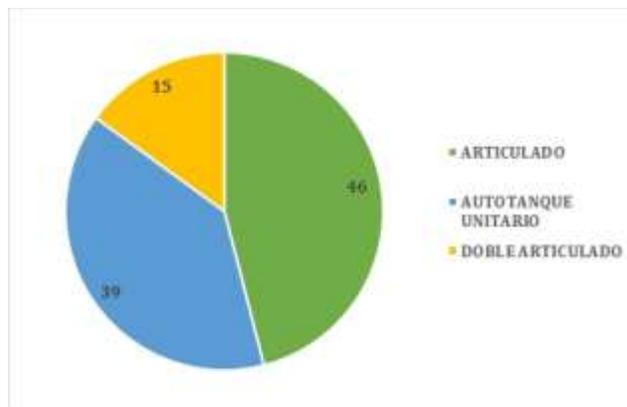


Figura 11. Porcentaje de accidentes con MATPEL por tipo de transporte.

Acciones de atención de emergencia y áreas de evacuación

En caso de que ocurra un accidente durante el transporte de materiales peligrosos y la posible liberación de la sustancia en el medio ambiente, es muy importante tener disponible la información sobre cada producto químico peligroso involucrado, contar con personal capacitado en el manejo de emergencias químicas, disponer de vehículos debidamente equipados y materiales específicos para ser empleados si ocurriera la liberación de la carga.

Los cuerpos de primera respuesta utilizan la Guía de Respuesta a Emergencias 2020 (GRE-2020). La GRE es una guía para ayudar a los equipos de primera respuesta a identificar rápidamente condiciones de peligro específicas de los materiales involucrados en el incidente y protegerse a sí mismos y al público en general durante la fase de respuesta inicial del incidente (Lozano et al., 2010).

En la GRE se sugiere para las sustancias un área de aislamiento como medida de precaución inmediata (que depende de la cantidad de sustancia involucrada) y un perímetro de evacuación para situaciones de derrames e incendios. Además, para los materiales peligrosos que son tóxicos por inhalación, se sugieren distancias iniciales de aislamiento y acción protectora para resguardar a las personas de los vapores resultantes de derrames de materiales peligrosos.

Varios factores influyen en la elección de la evacuación como lo son ubicación, clima, tipo de material peligroso involucrado, número de personas que pueden ser afectadas, tiempo disponible para evacuar o refugiarse en el lugar determinado, entre otros.

Recomendaciones

Es necesario determinar las causas recurrentes y las empresas transportistas que registren un mayor número de accidentes que involucren materiales peligrosos, con el fin de determinar las condiciones críticas que los provocan para que sean eliminadas o al menos reducidas a un valor mínimo y así aminorar el número de eventos que ocurren.

Para reducir al mínimo la ocurrencia de accidentes de tráfico que involucren MATPEL es necesario, entre otros elementos, la capacitación de los conductores, el mantenimiento preventivo de los vehículos usados en el transporte, mantener en óptimas condiciones el estado físico de las carreteras. En los casos de la atención de accidentes con MATPEL, el personal de primera respuesta de accidentes debe encontrarse bien capacitado en su manejo así como contar con el equipo y materiales necesarios para la atención de emergencias.

Un paso crítico para reducir los accidentes carreteros con MATPEL es fortalecer la aplicación de la ley y la supervisión de los conductores y de las empresas transportistas a través de los organismos reguladores gubernamentales, así como mejorar la gestión de riesgos para cada sustancia en particular. Las partes interesadas, como el gobierno, las empresas transportistas y los conductores, deben consolidar sus esfuerzos en la organización, planificación, implementación y monitoreo del transporte por carretera de materiales peligrosos a fin de minimizar los riesgos y consecuencias ambientales que puedan producirse por los accidentes. El establecimiento de la planificación y optimización de la atención de emergencias a través del Sistema de Comando de Incidentes (SCI) es esencial para minimizar las consecuencias de un accidente. La capacitación constante en materia de seguridad preventiva y las acciones de atención de emergencias para los conductores son medidas indispensables para evitar comportamientos inseguros.

Conclusiones

Se registraron 100 accidentes para el periodo de estudio, de los cuales el 56% fueron volcaduras, el 37% choques y el 7% fallas mecánicas.

Las causas principales se le atribuyeron al conductor (33%) y al exceso de velocidad (30%), mientras que las consecuencias más comunes fueron los derrames (43%) y las explosiones (16%).

Las acciones inmediatas que deben llevar a cabo los primeros respondientes deben basarse en las características físicas y químicas y la cantidad de la o las sustancias involucradas, la ubicación geográfica del

evento, el clima, disponibilidad de recursos humanos y materiales para la atención, el número de personas y tiempo disponible para evacuar o refugiar a la comunidad afectada, basándose siempre que sea posible en el Sistema de Comando de Incidentes (SCI).

Es de vital importancia que el personal que atiende accidentes donde se involucran sustancias químicas conozca y sepa utilizar, además de las hojas de datos de materiales, la GRE. Esta guía ayuda a la toma de decisiones dependiendo de las condiciones particulares de cada accidente (incluso si la carga no está identificada) en diferentes situaciones (fuego, derrame o fuga), así como acciones como los primeros auxilios generales que deben aplicarse a las personas lesionadas.

Como se mencionó anteriormente, la falta de información presentada en los reportes hechos por medios de comunicación influye en los resultados. El acceso a información detallada generada por fuentes oficiales, como Guardia Nacional, ayudaría a mejorar la confiabilidad de los resultados estadísticos que se presentan y dar un panorama más preciso sobre los accidentes con MATPEL en carreteras federales de México.

Referencias

- Darbra R. M., Palacios A., Casal J. (2010). Domino effect in chemical accidents: Main features and accident sequences. *J. Hazard. Mater.*, 183: 565-573.
- Guzmán F. (2018). El transporte de materiales peligrosos, más riesgoso en ciudades mexicanas. *Gaceta UNAM.*, 4942, 4-5. México. Recuperado el 5 de febrero de 2021, de <https://www.gaceta.unam.mx/el-transporte-de-materiales-peligrosos-mas-riesgoso-en-ciudades-mexicanas/>
- IMT (2013). Análisis de los accidentes en el transporte carretero de materiales y residuos peligrosos en México y su impacto ambiental. Secretaría de Comunicaciones y Transporte. Nota 145, pp. 7-8. México. Recuperado el 5 de julio de 2021 de <https://imt.mx/archivos/Boletines/Nota145.pdf>
- Liu Y., Fan L., Li X., Shi S., Lu Y. (2020). Trends of hazardous material accidents (HMAs) during highway transportation from 2013 to 2018 in China. *J. Loss Prev. Process Ind.*, 66, 1-6.
- Lozano A., Muñoz, A., Antún J. P., Granados F., Guarneros L. (2010). Analysis of hazmat transportation accidents in congested urban areas, based on actual accidents in Mexico. *Procedia Soc. Behav. Sci.*, 2: 6053-6064.
- Mendoza A. (2016). Curso-taller en materia de riesgo y emergencias ambientales NOM-028-STPS-2012.

PROFEPA, 17, 4-16. México. Recuperado el 5 de febrero del 2021, de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/171808/1_3_NOM-028.pdf

Oggero A., Darbra R. M., Muñoz M., Planas E., Casal J. (2006). A survey of accidents occurring during the transport of hazardous substances by road and rail, *J. Hazard. Mater.*, 133: 1-7.

SCT (2012). Norma Oficial Mexicana NOM-002-SCT/2011, listado de las substancias y materiales peligrosos más usualmente transportados. Diario Oficial de la Federación (DOF). México. Recuperado el 24 de mayo de 2021, de http://www.sct.gob.mx/fileadmin/DireccionesGrales/DGAF/Normatividad/Materiales_y_residuos_peligrosos/NOM-002-SCT-2011.pdf

SCT (2019). Estadística básica del autotransporte federal 2018. Dirección General de Autotransporte Federal. 10-12. México. Recuperado el 5 de febrero del 2021, de http://www.sct.gob.mx/fileadmin/DireccionesGrales/DGAF/EST_BASICA/EST_BASICA_2018/Estad%C3%ADstica_B%C3%A1sica_del_Autotransporte_Federal_2018.pdf

SEMARNAT (2021). Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA). Diario Oficial de la Federación (DOF). México. Recuperado el 6 de febrero de 2021 de <https://www.conacyt.gob.mx/cibiogem/images/cibiogem/protocolo/LGEEPA.pdf>

Yang J., Li F., Zhou J., Zhang L., Huang L., Bi J. (2010). A survey on hazardous materials accidents during road transport in China from 2000 to 2008. *J. Hazard. Mater.*, 184: 647-653