



Gestión del riesgo ambiental en almacenamiento y comercialización de productos químicos¹

Dora María Cañón Rodríguez²

Environmental risk management in the storage and trading of chemical products

Gestão do risco ambiental no armazenamento e comercialização de produtos químicos

RESUMEN

Introducción. El almacenamiento de sustancias químicas peligrosas representa un potencial escenario donde el riesgo químico se convierte en el riesgo ambiental. **Objetivos.** Analizar y evaluar el riesgo ambiental que puede presentarse en una pyme de almacenamiento y comercialización de productos químicos. **Materiales y métodos.** Se aplican los conceptos de evaluación ambiental y gestión de los riesgos, adaptados a un estudio de caso, para describir y representar las relaciones existentes entre los contaminantes y los receptores que pueden verse afectados, las vías de liberación de las sustancias químicas y los efectos sobre los factores ambientales. Para la evaluación de riesgo ambiental se aplica la Norma UNE 150008:2008. **Resultados.** La evaluación ambiental señala como impacto de importancia alta el riesgo químico por presencia de sustancias químicas peligrosas, e impacto de importancia media la contaminación de suelos por fugas y derrames. En la evaluación y valoración de riesgos ambientales se clasificaron, en un nivel de riesgo alto, la liberación de vapores ácidos por derrame accidental de ácido nítrico, y la liberación de vapores volátiles de formol. El tratamiento de los riesgos está orientado hacia el control del cambio en tecnología y en administración de procesos de producción. **Conclusiones.** Al abordar con esta metodología el riesgo ambiental, se valora el peligro de causar daños al medio ambiente, a las personas o a los bienes, como consecuencia del deterioro sufrido por los factores ambientales. Una verdadera y efectiva gestión del riesgo debe incluir dos etapas: planificar la respuesta a los riesgos, y monitorizar y controlar los riesgos.

Palabras clave: sustancias químicas, riesgo químico, evaluación ambiental, gestión del riesgo ambiental.

¹ Este artículo es derivado del proyecto de investigación "Producción más limpia en sectores industriales altamente contaminantes, productivos y competitivos", financiado por la Fundación Universidad de América, realizado en la ciudad de Bogotá. (2011-2015).

² Ingeniera química, magíster en Saneamiento y Desarrollo Ambiental. Doctoranda en Sostenibilidad. Docente de tiempo completo de la Especialización en Gestión Ambiental. Fundación Universidad de América. Investigadora del Grupo de investigación Competitividad empresarial. E-mail: dora.canon@investigadores.uamerica.edu.co. ORCID: 0000-0002-9398-4808

ABSTRACT

Introduction. The storage of hazardous chemical substances represents a potential scenario where the chemical risk becomes an environmental risk. **Objectives.** To analyze and evaluate the environmental risk that might be present in a storage and trading SME of chemical products. **Materials and methods.** concepts of environmental assessment and risk management, adapted to a study case, to describe and represent relations between pollutants and receivers that might be affected, liberation ways of chemical substances and effects upon environmental factors are applied. For the assessment of environmental risk regulation UNE 150008:2008 is applied. **Results.** the environmental assessment points as a highly relevant impact, the chemical risk due to the presence of hazardous chemical substances, and middle relevance

impact of soil contamination due to leaks and spillages. In the assessment and valuation of environmental risks, the following were classified in a high risk level: the liberation of acid vapors caused by accidental spills of nitric acid and the liberation of formaldehyde volatile vapors. The treatment of risks is oriented towards the control of changes in technology and in the management of production process. **Conclusions.** When approaching the environmental risk with this methodology, the danger of inflicting damage to the environment, people or assets, as a consequence of deterioration suffered by environmental factors, is valued. A true and effective risk management shall include two stages: to plan the response to risks, to monitor and control risks.

Key words: chemical substances, chemical risk, environmental assessment, environmental risk management.

RESUMO

Introdução. O armazenamento de substâncias químicas perigosas representa um potencial cenário onde o risco químico se converte no risco ambiental. **Objetivos.** Analisar e avaliar o risco ambiental que pode apresentar-se numa *pyme* de armazenamento e comercialização de produtos químicos. **Materiais e métodos.** Aplicam-se os conceitos de avaliação ambiental e gestão dos riscos, adaptados a um estudo de caso, para descrever e representar as relações existentes entre os contaminantes e os receptores que podem se ver afetados, as vias de liberação das substâncias químicas e os efeitos sobre os fatores ambientais. Para a avaliação de risco ambiental se aplica a Norma UNE 150008:2008. **Resultados.** A avaliação ambiental mostra como impacto de importância alta o risco químico por presença de

substâncias químicas perigosas e impactos de meia importância, a contaminação de solos por vazamento e derramamento. Na avaliação e valorização de riscos ambientais se classificaram num nível de risco alto, a liberação de vapores ácidos por derramamento accidental de ácido nítrico, e a liberação de vapores voláteis de formol. O tratamento dos riscos está orientado para o controle da mudança em tecnologia e em administração de processos de produção. **Conclusões.** Ao abordar com esta metodologia o risco ambiental, se valora o perigo de causar estragos ao meio ambiente, às pessoas ou aos bens, como consequência da deterioração sofrido pelos fatores ambientais. Uma verdadeira e efetiva gestão do risco deve incluir duas etapas: planificar a resposta aos riscos, monitorar e controlar os riscos.

Palavras chave: substâncias químicas, risco químico, avaliação ambiental, gestão do risco ambiental.

INTRODUCCIÓN

La preocupación mundial por los riesgos que implica el manejo de las sustancias químicas ha hecho que se firmen varios acuerdos multilaterales; entre ellos se encuentra el Enfoque Estratégico para la Gestión Internacional de Productos Químicos (SAICM), cuyo objetivo es que en el 2020, los productos químicos se utilicen y produzcan de manera que minimicen los

efectos adversos importantes en la salud humana y el medio ambiente; fundamentalmente se reconoce la contribución que hacen los productos químicos a las sociedades y economías modernas y al mismo tiempo la amenaza que representa para el desarrollo sostenible la imposibilidad de gestionar racionalmente estos productos (Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente - PNUMA, 2007, 16).

La reducción de los riesgos (incluidas su prevención, reducción, mitigación, minimización y eliminación)

es un requisito fundamental para lograr la gestión racional de los productos químicos, incluso de los productos y artículos que los contengan, durante todo su ciclo de vida (PNUMA, 2007, 13). Conjuntamente con la evaluación ambiental, la gestión de riesgo ambiental constituye una herramienta para identificar y cuantificar posibles daños o pérdidas en los niveles de conservación de los recursos naturales (Estrada, 2011). La evaluación es el proceso en el que la organización emite un juicio sobre la tolerabilidad del riesgo y, por tanto, sobre su aceptabilidad (Carretero, 2009, 19). Para el estudio, se ha definido el riesgo ambiental como el resultado de una función que relaciona la probabilidad de ocurrencia de un determinado escenario de accidente y las consecuencias negativas del mismo sobre el entorno natural, humano y socioeconómico (Carretero, 2009, 10).

Los principales pasos para la gestión del riesgo ambiental se recogen en la norma UNE 150008:2008, porque define específicamente el proceso para identificar, analizar y evaluar el riesgo ambiental que podría desencadenar accidentes ambientales en una organización, independientemente de su tamaño y del sector al que pertenezca, siempre que exista la probabilidad de producirse un daño ambiental. A la vez, incluye la identificación de las consecuencias ambientales actuales, derivadas de las actividades pasadas de la organización. Cubre la operación tanto en condiciones normales como en situaciones accidentales / incidentales (Carretero, 2011). Está orientada hacia organizaciones de tamaño medio y pequeño, y su período de validez no supera los tres años, siempre que en este plazo no se hayan producido variaciones significativas. (García & Julio, 2008; Asociación Española de Certificación y Normalización - AENOR, 2008).

Con el propósito de estudiar y gestionar los riesgos ambientales por fuentes primarias químicas, se analiza una empresa comercializadora y distribuidora de productos químicos, la cual utiliza el mismo espacio para desarrollar simultáneamente actividades de recepción, almacenamiento, trasvasado y despacho.

En este artículo se sintetizan los principales elementos teóricos que deben incluirse al evaluar ambientalmente proyectos o actividades, en los que es central el manejo de sustancias químicas peligrosas, en tales cantidades que presentan un potencial escenario donde el riesgo químico se convierte en riesgo ambiental. Se construye un escenario teórico

para analizar y entender el problema de la presencia de sustancias y de esta forma se combinan las metodologías clásicas para identificar la importancia de los impactos ambientales, mediante matrices de relación causa-efecto con los principios del análisis de riesgos medioambientales.

MATERIALES Y MÉTODOS

El planteamiento metodológico desarrolló las siguientes etapas:

Diagnóstico del problema

Se realizó a partir del levantamiento de distribución de planta, la disposición de los tanques de almacenamiento de las sustancias químicas, las características de las sustancias para determinar la compatibilidad entre ellas, la identificación de líneas de conducción, válvulas y accesorios, la localización de las áreas de almacenamiento, los pasillos, las áreas de lavado de envases y los espacios comunes dentro de las instalaciones para operaciones. Se describió la altura de las áreas de procesos, el tipo de techo, la ventilación y las atmósferas contaminantes presentes, el estado de los muros e instalaciones eléctricas, y el estado de los pisos.

Adicionalmente, se identificó la secuencia de actividades adelantadas por los trabajadores en recepción de materias primas, bombeo, trasvasado, despacho y limpieza de instalaciones.

Relación entre las fuentes generadoras de riesgo, las vías de transmisión y los receptores

A partir de los antecedentes estudiados, se relacionaron las fuentes generadoras de riesgo (tanques de almacenamiento, líneas de conducción y accesorios, operaciones de almacenamiento, trasvasado, empaque, lavado de equipos e instalaciones), las vías por las que se eliminan las sustancias químicas al medio ambiente, el comportamiento de estas sustancias en los diferentes factores ambientales (aire, suelo, agua) y las rutas por las cuales llegan a los organismos vivos (receptores) y provocan efectos en ellos; esto es lo que algunos autores han denominado escenarios hipotéticos, y se refieren a las circunstancias, lugar físico, y temporalidad durante las cuales se supone que ocurre el contacto del potencial contaminante con el receptor (Centro Nacional del medio Ambiente - CENMA, 2013, 53).

Identificación y evaluación de los impactos ambientales por presencia de sustancias químicas

Mediante una matriz simple causa-efecto, se identificaron los posibles impactos positivos y negativos de las actividades adelantadas y los factores ambientales afectados por las actividades. Para evaluar la importancia de los impactos, se aplicó la Calificación Ambiental Ca, en la que se integran la importancia del impacto y la importancia del factor de los impactos. El valor absoluto de Ca será mayor que cero y menor a 10.

Gestión del riesgo químico

Incluyó la identificación de los riesgos químicos, la evaluación de los riesgos y el tratamiento de los riesgos. Para adelantar el análisis y la evaluación del riesgo ambiental, se aplicó la norma experimental UNE 150008:2008 de Análisis y Evaluación del Riesgo Medioambiental (García & Julio, 2008) y se consideró lo siguiente: a) las sustancias químicas y la clasificación de peligrosidad; b) las actividades que representan peligros directos con equipos; c) dispositivos y maquinaria; d) manipulación de sustancias; e) medidas de seguridad y f) programas de mantenimiento.

La Norma UNE 150008:2008 distingue dos tipos de daños: a los elementos naturales, por destrucción, pérdida de calidad o de utilidad causados a la tierra, el agua, al aire y los ecosistemas, y aquellos como consecuencia del daño a los elementos naturales (García & Julio, 2008). El estudio de evaluación de riesgo ambiental comienza con la identificación de los mecanismos potenciales de liberación, migración y destino ambiental de los elementos potencialmente contaminantes de interés, originados en la fuente (Callahan & Sexton, 2007).

Para calcular la frecuencia de los posibles escenarios de accidentes, se usaron las siguientes técnicas: análisis histórico de los accidentes a través de la investigación bibliográfica o de los bancos de datos de accidentes; análisis por árbol de fallas (AAF); y análisis por árbol de eventos (Godayol, 2013; Grupo Universitario de Investigación Analítica de Riesgos, 2015).

Análisis y evaluación de riesgos

Se inició a partir de la identificación y creación de sucesos iniciadores, identificación y creación de causas y peligros (sucesos causales), identificación

y creación de escenarios de accidentes (sucesos de consecuencia) (Bové, 2004).

Estimación del riesgo medioambiental

La cuantificación del riesgo medioambiental se basó en una relación entre la probabilidad de ocurrencia y sus consecuencias, utilizando unos valores numéricos según los criterios recogidos en la norma UNE 150008:2008 (ecuación 1).

Riesgo= (Probabilidad o frecuencia de ocurrencia x Consecuencias) (1)

A partir de la relación de peligros identificados, se asignó una frecuencia o probabilidad de ocurrencia. Para la valoración de las consecuencias se estimó el posible daño o consecuencias que cada uno de los eventos identificados causan sobre el entorno receptor (García & Julio, 2008).

El riesgo fue el producto del valor dado a la probabilidad de ocurrencia por el valor de la consecuencia, obteniendo un valor entre 1 y 25. De esta forma, a cada escenario le correspondieron tres valores de riesgo en función de las consecuencias sobre el entorno natural, humano y económico. Para cada suceso iniciador se evaluó la probabilidad de ocurrencia, la gravedad de las consecuencias y el nivel del riesgo.

Identificación del peor escenario posible

Para conocer y estimar el peor escenario posible fue necesario identificar y señalar las causas y consecuencias que lo podrían generar a partir de a) la condición que afectaría tanto el entorno como a los receptores expuestos, debido a la liberación de la(s) sustancia(s) química(s) peligrosa(s), que representa(n) la mayor peligrosidad en términos de toxicidad, volatilidad, explosividad o el efecto combinado de varias; b) la información sobre la cantidad y naturaleza de la(s) sustancia(s) químicas considerada(s) en el análisis; y c) la distancia (metros) estimada que alcanzaría el efecto de liberación de la(s) sustancia(s) química(s) peligrosa(s) (Zagal, 1996).

Tratamiento para la reducción del riesgo ambiental

Una vez identificados los posibles escenarios que clasificaron en un nivel de riesgo alto, medio o bajo, se plantearon estrategias de mejora para favorecer la reducción de los riesgos identificados y evaluados.

RESULTADOS

Diagnóstico

Se identificaron cinco áreas en las que se desarrollan simultáneamente actividades de recepción, almacenamiento, trasvasado y lavado de empaques: A1, área de recepción y cargue de materia primas; A2, área de almacenamiento de tanques de formol; A3, área de almacenamiento de ácido nítrico, soda cáustica e hipoclorito de sodio; A4, área de almacenamiento de peróxido de hidrógeno; A5, área de lavado de envases.

En un mismo espacio físico se encuentran los tanques de almacenamiento de productos químicos, el área de trasvasado y almacenamiento, el área de cargue y descargue de productos; cabe resaltar que no existen estructuras físicas para delimitar las áreas señaladas. Hay diez trabajadores para adelantar las labores de recepción de materia prima, trasvasado, almacenamiento, re-ensado, empaque, lavado y despacho de productos. Todos usan los elementos de protección personal aptos para las actividades adelantadas. La exposición a sustancias químicas es permanente y directa durante ocho horas de labor diaria.

Relación entre las fuentes generadoras del riesgo, las vías de transmisión y los receptores

Según el diagnóstico, se identificaron como fuentes generadoras de riesgo, los tanques de sustancias químicas, y las actividades diarias asociadas a la manipulación de las sustancias químicas y el nivel de exposición a ellas. Estas actividades se comportan, a la vez, como acciones generadoras de efectos ambientales que conllevan a impactos ambientales. El factor humano también se incluyó en las fuentes generadoras al analizar dos aspectos que enfatizan lo individual y lo organizacional: a) lo individual se refiere a la formación, el entrenamiento y la capacitación recibidos por los trabajadores directamente expuestos y los posibles errores humanos. En el ámbito de la UNE 150008 no se contempla el error humano, salvo como consecuencia expresa del registro histórico existente o casos flagrantes, que han sido documentados (Martínez, 2008, 30); b) lo organizacional, analizado desde la cultura empresarial para la prevención y el control de los riesgos, los sistemas de gestión, el clima laboral, entre otros. En la tabla I, se relacionan las sustancias químicas presentes.

Tabla I. Sustancias químicas almacenadas en la empresa

Características de peligrosidad de las sustancias químicas presentes en la bodega			
Nombre	N.º de identificación	Característica de peligrosidad	Compatibilidad en el almacenaje
	ONU		
Ácido nítrico	2031	Corrosivo-tóxico	Incompatible con compuestos inflamables orgánicos, compuestos oxidables, nitrocompuestos orgánicos, soluciones de hidróxidos alcalinos, ácidos y nitruros; reacciona con ácido acético.
Hidróxido de sodio	1427	Corrosivo	Reacción violenta o explosiva con agua, ácidos fuertes, aldehídos, entre otros.
Hipoclorito de sodio	1791	Oxidante	Compuestos de nitrógeno (amoníaco, urea). En contacto con HCl libera cloro, algunos metales como Cu, Ni y Co aceleran la descomposición del hipoclorito.
Peróxido de hidrógeno	2014	Oxidante fuerte-corrosivo	Materiales combustibles, agentes reductores, materiales oxidables, hierro, cobre.
Formol	2209	Corrosivo y líquido inflamable	Es considerado combustible porque los vapores pueden formar mezclas explosivas con el aire en un intervalo amplio de concentración. Materiales oxidantes como hipoclorito de sodio, peróxido de hidrógeno, álcalis, aminas, fenoles, urea.

Fuente: elaborado por los autores

Los mecanismos de liberación, migración y destino ambiental de estas sustancias, se presentan en la tabla 2.

Tabla 2. Mecanismos de liberación de las sustancias químicas

Factores Ambientales	Medios por los que se da la liberación de las sustancias químicas		
	Liberación de sustancias líquidas por disolución en medio acuoso	Liberación a la atmósfera de gases y /o vapores	Los puntos de contacto con los receptores hipotéticos
Suelo	Ruta de exposición primaria		Rutas de exposición secundaria
	1. Re-embasado de sustancias y trasvasado de sustancias.	X	
	2. Fugas y / o derrames de sustancias químicas	X	
	3. Lavado de pisos	X	
Aire		1. Re-embasado de sustancias y trasvasado de sustancias	
		2. Fugas y / o derrames de sustancias químicas	
Agua	4. Lavado de pisos	X	
	5. Lavado de envases	X	
	6. Transporte de contaminantes a través de las aguas subterráneas	X	X
Seres humanos	1. Re-embasado de sustancias y trasvasado de sustancias 2. Limpieza de instalaciones	6. Absorción por la piel	

Fuente: elaborado por los autores

Identificación y evaluación de impactos ambientales

Se evidenciaron 272 interacciones entre actividades y factores ambientales. Se identificaron 33 impactos y su comportamiento frente a cada una de las actividades y aspectos ambientales en los procesos de la empresa. Se estableció que el 47 % de los impactos generados por las actividades es de importancia ambiental baja; el 17,6 %, de importancia media; el 23,52 %, de importancia alta, y el 11,8 %, de importancia muy baja. Se identificaron dos impactos sobre los que hay que enfocar la atención: riesgos químicos por presencia de sustancias peligrosas, y contaminación de suelos por fugas y derrames.

DISCUSIÓN

Gestión del riesgo químico: análisis y evaluación del riesgo químico

Como posibles sucesos iniciadores se definieron los siguientes: derrame accidental de ácido nítrico, liberación de vapores ácidos por derrame accidental de ácido nítrico, fallas estructurales en el sistema de almacenamiento de tanques, derrame accidental de soda cáustica e hipoclorito de sodio, liberación de vapores alcalinos por derrame accidental de soda cáustica e hipoclorito de sodio, liberación de vapores volátiles de formol, liberación de peróxido de hidrógeno.

Para estimar las consecuencias se determinó el posible daño que cada uno de los escenarios identificados causa al el entorno receptor. Para identificar la gravedad de las consecuencias se aplicaron las ecuaciones 2, 3, y 4. Se usó la información que suministra la Norma UNE 150008:2008.

Gravedad sobre el entorno natural = Cantidad + 2 x peligrosidad + extensión + calidad del medio (2)

Gravedad sobre el entorno social = Cantidad + 2 x peligrosidad + extensión + población afectada (3)

Gravedad sobre el entorno económico = Cantidad + 2 x peligrosidad (*) + extensión + patrimonio y capital productivo (4)

(*) Se resalta la ponderación de la peligrosidad (García & Julio, 2008).

Los riesgos ambientales asociados al proceso industrial están condicionados por la naturaleza de las sustancias que se manejan en el mismo (Estrada, 2011, 8). Los resultados encontrados para los diferentes niveles de riesgo fueron:

- En el entorno humano, dos escenarios de nivel de riesgo alto: liberación de vapores volátiles de formol y liberación de vapores alcalinos por derrame accidental de soda cáustica y / o hipoclorito de sodio.
- En el entorno natural, tres escenarios de nivel de riesgo alto: liberación de vapores ácidos por derrame accidental de ácido nítrico, liberación de vapores volátiles de formol y liberación de vapores alcalinos por derrame accidental de soda cáustica y / o hipoclorito de sodio.
- En el entorno económico, un escenario de riesgo nivel alto por la liberación de vapores ácidos debido al derrame accidental de ácido nítrico.

Peor escenario posible

La liberación de vapores volátiles de formol en tales cantidades que sature la atmósfera del lugar puede llegar a ser el peor escenario posible, que se clasifica como riesgo de nivel alto.

Tratamiento y gestión del riesgo químico

Se plantearon tres objetivos para reducir, eliminar y

controlar los posibles riesgos: 1) cambio en tecnología: reemplazar el sistema actual de líneas de conducción y accesorios para el trasiego de los productos químicos; 2) administración de procesos de producción: elaborar e implementar un procedimiento de trasiego y trasvasado para materias primas; 3) adelantar cursos de formación y entrenamiento para el personal directamente expuesto a los riesgos. Una verdadera y efectiva gestión del riesgo debe incluir dos etapas: planificar la respuesta a los riesgos y monitorizar y controlar los riesgos (Project Management Institute - PMI, 2013).

Monitorear y controlar los riesgos

La organización debe identificar los peligros y valorar los riesgos periódicamente, además de determinar si los controles para los riesgos existentes son eficaces y suficientes para responder a nuevos peligros y a los cambios que la propia organización ha llevado a cabo.

Los siguientes aspectos deberán ser considerados cuando se repliquen los métodos propuestos y se adelante el monitoreo y el control de los riesgos, con el fin de abordar los vacíos no cubiertos en la investigación:

Respecto al diseño del problema de estudio: la dispersión de elementos y compuestos potencialmente contaminantes no ocurre de forma homogénea. Existen varias fuentes de elementos y compuestos potencialmente contaminantes. Por esta razón es importante avanzar con técnicas para monitorear y detectar de forma continua, la liberación y dispersión de los potenciales contaminantes en todas las actividades realizadas diariamente. Finalmente debería contarse con registros actualizados que evidencien el conocimiento de los riesgos por parte de la organización.

Respecto de la fuente de elementos potencialmente contaminantes: todas las fuentes de elementos potencialmente contaminantes contribuyen de manera continua y homogénea en el tiempo con la liberación de las sustancias químicas, bien sea por fugas o por derrames. Estudios futuros podrían evaluar las rutas de liberación y dispersión, con el propósito de identificar las medidas necesarias para controlar directamente en la fuente la liberación de las sustancias químicas. El alcance cubrirá, además de las materias primas auxiliares, el estado de las instalaciones auxiliares e infraestructuras físicas, los residuos sólidos y líquidos, el estado de los pisos, el ruido, los olores, y la contaminación lumínica y electromagnética.

La organización ha de identificar los peligros que el entorno puede generar en la instalación, y que hacen que esta sea, a su vez, fuente de peligros

Respecto de la exposición a elementos potencialmente contaminantes: los trabajadores se exponen continuamente a los vapores químicos en las áreas de recepción, almacenamiento, trasvase y limpieza. La susceptibilidad relativa de los diferentes receptores es considerada homogénea. No se realizó evaluación estadística ni levantamiento del estado de salud de la población, aspecto que debe abordarse dentro del diseño del problema de estudio para que los resultados obtenidos complementen la identificación del potencial escenario donde el riesgo químico se convierte en el riesgo ambiental.

CONCLUSIONES

Al aplicar la Norma I 50008:2008, la empresa identifica las probabilidades de ocurrencia de accidentes ambientales producto de las actividades, procesos y sustancias utilizados en ellas, con consecuencias sobre los factores ambientales.

Para analizar y relacionar la evaluación ambiental y el riesgo ambiental que se presenta en una pyme de almacenamiento y comercialización de productos químicos, es relevante identificar las fuentes de elementos y compuestos potencialmente contaminantes, los mecanismos de liberación, migración y destino ambiental de los mismos, y los puntos de contacto con los receptores hipotéticos identificados.

Con la presentación de este estudio, la autora buscó sintetizar los principales elementos teóricos que deben incluirse al evaluar ambientalmente proyectos o actividades en los que es central el manejo de sustancias químicas peligrosas en tales cantidades que presentan un potencial escenario donde el riesgo químico se convierte en riesgo ambiental.

La evaluación de riesgos ambientales permite a las organizaciones obtener información para llevar a cabo las medidas preventivas que sean necesarias e, incluso, para determinar qué tipo de medidas deben adoptarse.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Asociación Española de certificación y normalización AENOR. (2008). *Análisis y evaluación del riesgo ambiental*. Madrid, España: Aenor Ediciones.
- Bové, M. (2004). *Estudio comparativo del riesgo de incendio en la industria química. Tesis de Maestría. Universidad de Barcelona*. Obtenido de https://www.fundacionmapfre.org/documentacion/publico/i18n/catalogo_imagenes/grupo.cmd?path=1081166
- Callahan, M. & Sexton, K. (2007). If Cumulative Risk Assessment Is the Answer, What Is the Question? *Environmental health perspectives*, 15(5), 799-806. doi:<http://www.scopus.com/record/display.url?eid=2-s2.0-34249035531&origin=inward&txGid=FC648A3BF9682382D0AE23FEB4D33701.zQKnzAySRvJOZYcdfIziQ%3a23>
- Carretero, A. (2009). Norma UNE I 50008:2008. *Análisis y evaluación del riesgo ambiental*. España. Obtenido de <http://www.camarazaragoza.com/medioambiente/docs/bibliocamara/documentobibliocamara300.pdf>
- Carretero, A. (2011). Análisis y evaluación del riesgo ambiental: La norma UNE I 50008:2008: Aplicaciones en el marco legislativo y voluntario. *Ingeniería Química*, (495), 44-54.
- Centro Nacional del Medio Ambiente. (2013). *Evaluación preliminar de riesgos a la salud de la población de la cuenca del estero del cobre asociados con contaminantes ambientales originados por actividad minera, en relación con la exposición hídrica*. Santiago de Chile. Obtenido de http://www.sinia.cl/1292/articles-54388_Info_Final_Esta_el_Cobre_completo.pdf
- Estrada, O. (2011). La gestión de los riesgos ambientales: la sostenibilidad más cerca. *Ecosostenible*, (12), 3-13. Obtenido de http://www.ecoislapagina.com/pdf/ecosostenible/2011/Ecosostenible_12.pdf

- García, R., & Julio, A. (2008). Introducción a la norma UNE 150008: 2008 de análisis y evaluación del riesgo ambiental. *Jornal RESIDUOS*(166), 58-66. Obtenido de <http://www.inese.es/html/files/pdf/amb/iq/R106-58.pdf>
- Godayol, J. (2013 de 2013). *Desarrollo de una metodología de análisis de riesgo ambiental para su aplicación en un Análisis cuantitativo de riesgos*. Universitat Politècnica de Catalunya–UPC. Obtenido de http://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/19771/1/Proyecto%20final%20Master%20Eng.%20Qu%20mica%20de%20Procesos_Jordi%20Godayol_Febrero%202013.pdf?sequence=1
- Grupo Universitario de Investigación analítica de Riesgos. (2015). *Métodos generalizados de análisis de riesgos*. Obtenido de http://www.unizar.es/guiar/1/Accident/An_riesgo/Met_gen.htm#FTA
- Martinez, R. (2008). *Análisis y evaluación de riesgos ambientales*. Obtenido de Análisis y Evaluación de Riesgos Medioambientales: http://api.eoi.es/api_v1_dev.php/fedora/asset/eoi:45569/componente45567.pdf
- Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente. (2007). *Enfoque estratégico para la gestión de productos químicos a nivel internacional*. Obtenido de Observatorio Ambiental de Bogotá: <http://oab.ambientebogota.gov.co/es/con-la-comunidad/ES/enfoque-estrategico-para-la-gestion-de-productos-quimicos-a-nivel-internacional>
- Project Management Institute. (2013). *Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos (guía del PMBOK)*. (Quinta ed.). S. L.: Project Management Institute.
- Zagal, J. (1996). Método de evaluación de riesgos en accidentes químicos. En Simposio regional para preparativos para emergencias y desastres químicos. Un reto para el siglo XXI. *Organización Panamericana de la salud*. México. Obtenido de <http://www.cridlac.org/digitalizacion/pdf/spa/doc8836/doc8836-portada.pdf>