

Método rápido para la evaluación del riesgo químico por inhalación y contacto asociado al manejo de residuos peligrosos (Respel)

Jaime A. Álvarez Betancur ¹  

Luz Dinora Vera Acevedo ²  

Óscar J. Suárez Medina ³  

Recibido: 15 de abril del 2021 Aceptado: 12 de julio de 2021 Actualizado: 27 diciembre de 2021

DOI: 10.17151/luaz.2022.54.1

Resumen

Introducción. La gestión ambiental de los residuos peligrosos busca disminuir la generación; prevenir la contaminación y los riesgos sobre la salud humana. **Objetivo.** Proponer un método rápido para evaluar riesgo químico por inhalación y contacto asociado a residuos peligrosos, a partir de sus características de peligrosidad y el análisis de las etapas del ciclo de vida. **Materiales y Métodos.** Estudio de caso en una institución de educación superior. Se analizaron los procedimientos y condiciones de manejo de los residuos; se elaboró una metodología para la priorización de residuos según los peligros químicos; se identificaron los impactos potenciales del sistema-residuo mediante análisis de ciclo de vida puerta a puerta, a partir de información secundaria; se hizo una revisión bibliográfica de las metodologías para la evaluación del riesgo químico. **Resultados y discusión.** Método de aplicación rápida para la evaluación del riesgo químico sobre la salud por inhalación y contacto enfocado en los peligros y en las etapas del ciclo de vida de los residuos peligrosos. Incluye la percepción de las personas involucradas en el proceso. Contempla dos niveles de evaluación, el primero ofrece un diagnóstico inicial de la situación del riesgo. La aplicación del segundo nivel procede de acuerdo al resultado del primero. **Conclusiones.** Los métodos convencionales que abordan el riesgo químico se enfocan básicamente en las sustancias químicas y no en los residuos. El análisis del ciclo de vida posibilita identificar los aspectos ambientales críticos en cada etapa de la gestión de los residuos peligrosos, esto permite prevenir impactos negativos y riesgos sobre la salud y el ambiente. La metodología hace énfasis en los riesgos asociados a los residuos peligrosos, permitiendo una evaluación rápida que lleva a un diagnóstico inicial de la situación; responde a la exigencia de la normatividad colombiana, particularmente, el decreto 4741 de 2005 sobre evaluación de riesgos.

Palabras clave: evaluación de riesgos, análisis de riesgos, análisis de ciclo de vida, residuos peligrosos.

Quick method for chemical risk assessment by inhalation and contact associated with the handling of hazardous waste

Abstract

Introduction: The environmental management of hazardous waste seeks to reduce generation and to prevent pollution and risks to human health. **Objective:** To propose a quick method for evaluating chemical risk by inhalation and contact associated with hazardous waste based on their hazardous characteristics of danger and the analysis of the stages of the life cycle. **Materials and methods:** Case study at a Higher Education Institution. Waste management procedures and conditions were analyzed. A methodology was developed for the prioritization of waste according to chemical hazards. Potential system-waste impacts were identified through a door-to-door life cycle analysis, using secondary information. A bibliographic review of the methodologies for chemical risk assessment was carried out. **Results and discussion:** Quick application method for the evaluation of chemical risk to health by inhalation and contact focused on the hazards and stages of the life cycle of hazardous waste, including the perception of the people involved in the process. It contemplates two levels of evaluation: the first level offers an initial diagnosis of the risk situation and the application of the second level proceeds according to the result of the first level. **Conclusions:** Conventional methods that address chemical risk are basically focused on chemicals and not on waste. The Life Cycle Analysis makes it possible to identify the critical environmental aspects at each stage of hazardous waste management, and this allows to prevent negative impacts and risks on health and the environment. The methodology emphasizes the risks associated with hazardous waste, allowing a quick assessment that leads to an initial diagnosis of the situation and responds to the requirement of Colombian regulations, particularly act 4741 of 2005 on risk assessment.

Key words: risk assessment, risk analysis, life cycle analysis, hazardous waste.

Introducción

Las transformaciones sobre el entorno y la sociedad se deben en gran medida a los avances tecnológicos y científicos que han mejorado las condiciones de vida de la humanidad, pero que también han tenido efectos negativos sobre el ambiente y la salud de las personas (Ángel-Maya, 2013; Moreno, 2014; Plant *et al.*, 2011). Es el caso de la generación de residuos, especialmente de residuos peligrosos (Respel) (Adeola, 2011; Sardiñas Peña *et al.*, 2001), los cuales representan riesgos importantes para la salud humana y el medio ambiente (MAVDT, 2007; Prüss-Ustün, *et al.*, 2011).

Dentro de la regulación ambiental colombiana, el Decreto 4741 de 2005, Por el cual *se reglamenta parcialmente la prevención y manejo de los residuos o desechos peligrosos generados en el marco de la gestión integral*", se insta a evaluar y divulgar el riesgo para la salud y el medio ambiente en todas las etapas de la gestión de los Respel (generación, almacenamiento, transporte, tratamientos e incluso, disposición final).

No obstante, las metodologías que existen actualmente para evaluar el riesgo (específicamente el riesgo químico), tales como el método de evaluación cuantitativa de riesgos (QRA), los índices de cociente de salud (HQI), salud ocupacional inherente (IOHI), exposición química (CEI), el método HAZOP (análisis de peligros y operatividad), entre otros, se centran en las sustancias químicas y acusan serias dificultades a la hora de evaluar la etapa del residuo, debido a marcadas diferencias en cuanto a su gestión (Istas , 2009).

Estas metodologías inscritas en el área de la salud y la seguridad en el trabajo, abordan las sustancias químicas como insumos o materias primas, y no como Respel, entendiéndose que estas representan cierta exposición para el trabajador por un determinado tiempo (horas)/día. y las fichas de seguridad dan parámetros y umbrales de exposición conocidos en el ámbito de la seguridad industrial y la salud ocupacional, como son los TLV, los STEEL etc.; los mismos que no aplican para los Respel, dadas particularidades del residuo en cuanto al manejo, peligros, formas y tiempos de exposición, comparativamente con dichas sustancias (Cárdenas, 2018; Departamento Nacional de Planeación, 2016).

En este sentido es importante disponer de una herramienta para la evaluación del riesgo químico por inhalación y contacto que considere sistemáticamente las particularidades de la etapa del residuo, y que permita obtener de forma rápida, un diagnóstico inicial de la situación del riesgo, con el fin de tomar decisiones oportunas tendientes a prevenir efectos adversos sobre la salud humana y el medio ambiente.

El método descrito a continuación se elaboró a partir de un estudio de caso en una institución de educación superior (IES), aborda los vacíos relacionados con la gestión de los riesgos derivados del manejo de los Respel, y por lo tanto se considera novedoso; éste ofrece la posibilidad de una aplicación rápida, incorpora un análisis del ciclo de vida del residuo, y una metodología de priorización de residuos con énfasis en la gestión del riesgo.

Materiales y métodos

Estudio de caso en una institución de educación superior (IES) generadora de Respel en ejercicio de sus funciones misionales. Las etapas del estudio fueron:

Priorización de Respel

Se elaboró y se aplicó una metodología de priorización de residuos en función de sus peligros (frases H, según el Sistema Globalmente Armonizado) y otras variables como: fuentes de generación, número de personas expuestas, cantidad de residuos generados en un periodo de tiempo, componentes del (sustancias químicas que lo componen), frecuencias de generación, y tiempos de exposición y de almacenamiento dentro de la institución. La calificación de cada parámetro se realizó en términos porcentuales.

La metodología se aplicó en las etapas del ciclo de vida del Respel: generación en los laboratorios, recolección interna (transporte dentro de la institución) y almacenamiento temporal en el acopio.

El concepto de riesgo adoptado para el estudio, lo plantean Cardona (2002), Ilizaliturri et al. (2009), Phneah et al. (2017), así:

$$\text{Riesgo} = \text{Amenaza} \times \text{Exposición}$$

Cada etapa se ponderó y se calificó individualmente; Después, se hizo la calificación final mediante una matriz de priorización global, cuyo puntaje máximo podría ser 5,2 puntos, producto de la sumatoria del resultado de cada etapa, el cual se deriva de multiplicar el número de variables por el porcentaje ponderado, así:

Tabla 1. Método de priorización final o global de los RESPEL.

Etapa	# de variables	Ponderación	Puntaje máximo por etapa
Generación	7	0,4	2,8
Recolección	4	0,4	1,6
Almacenamiento	4	0,2	0,8
Puntaje máximo posible		5,2	

Fuente: los autores.

Caracterización del proceso de gestión interna de Respel y de riesgos

Se analizaron los instrumentos de gestión de la institución, tales como: el Plan de Gestión Integral de Residuos Peligrosos y el procedimiento para la identificación de peligros evaluación y valoración de riesgos, y determinación de controles, junto con sus documentos anexos (Universidad Nacional de Colombia. Dirección de Laboratorios, 2007).

Impactos potenciales de los RESPEL priorizados mediante un análisis de ciclo de vida (ACV)

El ACV permite un análisis y discusión de los impactos ambientales en cada etapa de la gestión del RESPEL al considerar todas las entradas (energía, materiales y recursos requeridos) durante el CV. El objetivo del ACV fue obtener una aproximación de los impactos ambientales potenciales asociados a los RESPEL priorizados en las etapas de recolección y almacenamiento.

Aunque el ACV no determina riesgos, es un método que enriquece el diagnóstico y contribuye a gestionarlos. Su importancia radica en que el análisis de los impactos potenciales en función de las etapas del CV de los RESPEL, permite identificar las vías de acceso al organismo, y con ello, los riesgos a la salud. Por ejemplo, si el principal impacto en la etapa de recolección o transporte interno, resultará ser sobre el aire, se sabría que la vía por inhalación representa el principal riesgo a la salud (bien sea por toxicidad aguda o crónica) durante una etapa determinada del residuo.

El ejercicio se realizó mediante el enfoque del ACV desarrollado por las normas ISO 14040:06 y 14044:06 (ISO, 2006). El ACV es una herramienta de gestión ambiental ya que posibilita estimar las cargas ambientales en las etapas del CV asociadas a una serie de categorías de impacto (Olsen *et al.*, 2001).

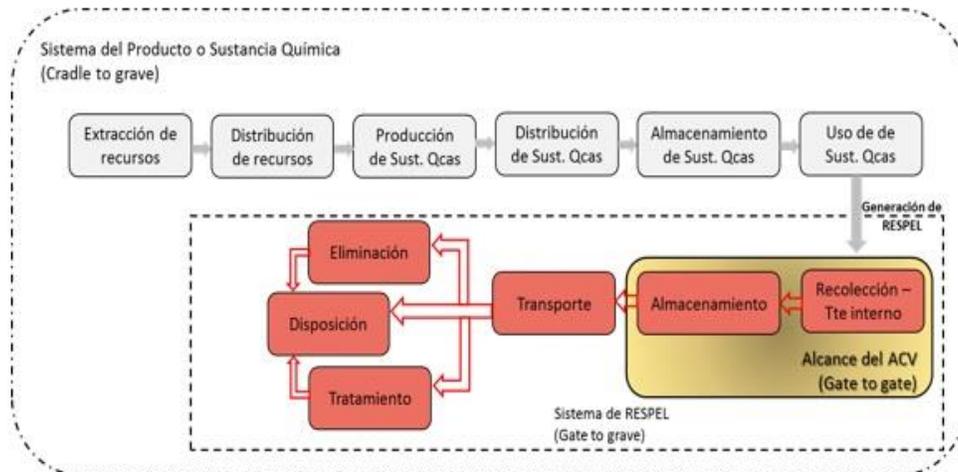
La identificación y la cuantificación del inventario para el análisis y la evaluación de las cargas ambientales se hizo con el software *SimaPro Faculty* (licencia educativa), que integra la base de

datos de **Ecoinvent**. Se abordaron las etapas básicas de un ACV, a saber: i) definición de objetivos y alcance, ii) análisis de inventario, iii) evaluación del impacto, e iv) interpretación de resultados (Haya, 2016; ISO, 2006).

El alcance del ACV fue puerta a puerta (gate to gate), es decir, desde el momento de generación del residuo en los laboratorios, hasta su almacenamiento en el centro de acopio, previo a la recepción por parte del gestor externo (figura 1). El análisis mostró información secundaria.

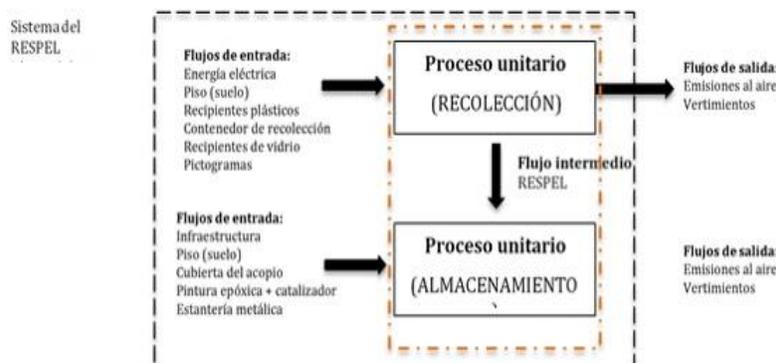
Las etapas del CV del Respel equivalen a procesos unitarios a los cuales se asignan los principales flujos de entrada. Los flujos de salida no se incluyen por no disponer de la información suficiente (figura 2).

Figura 1. Alcance del estudio de ACV del RESPEL dentro del sistema de ciclo de vida de una sustancia química.



Fuente: adaptado de Informe Nacional de Residuos Peligrosos (IDEAM, 2018).

Figura 2. Flujos de materia y energía en cada etapa o proceso del sistema-residuo dentro del alcance del estudio.



Fuente: los autores.

La información para el inventario fue suministrada por los responsables de las fuentes generadoras y el área de infraestructura de la institución.

Las bases de datos utilizadas para el análisis del inventario fueron: *Ecoinvent 3 -asignación en el punto de sustitución - unidad, Ecoinvent 3 - asignación, corte por clasificación - unidad, Ecoinvent 3 - consecuente - unidad, ELCD y Methods* (SimaPro PRé Faculty. Release. 9.0.0.30., 2019), las cuales incorporan las contribuciones ambientales de cada entrada, y que al final en su conjunto se atribuyen a la unidad funcional, es decir, los impactos ambientales potenciales asociados al sistema de Respel priorizado.

Construcción de la propuesta metodológica.

Se hizo una revisión en bases de datos especializados sobre enfoques teóricos y métodos para la evaluación del riesgo químico. Se recopiló la información en una matriz con el fin de hacer un análisis comparativo sobre los campos de aplicación, etapas, variables y formas de estimar o evaluar el riesgo.

A partir de este análisis, la peligrosidad de los Respel priorizados y los resultados del ACV, se definió la propuesta metodológica para la evaluación del riesgo químico asociado al Respel, la cual incluyó una variable de percepción aportada por las personas involucradas en el proceso.

El alcance espacial y temporal de la propuesta se estableció con base en las etapas de un proceso genérico de transformación industrial definido en el *Manual para la Administración de la Información del Registro Único Ambiental (RUA), para el Sector Manufacturero* en Colombia (Colombia. MADS - IDEAM, 2013) y las etapas del CV del RESPEL según la metodología del ACV.

Resultados y discusión

Priorización de Respel

De la cantidad de Respel generado en la institución durante el periodo de análisis (2017), se encontró que el 15% contenían alguna de las sustancias priorizadas en el perfil nacional de sustancias químicas de Colombia de 2017.

Tal como se menciona en la metodología, la priorización de los RESPEL se obtuvo de la sumatoria de los resultados de la priorización de las etapas de generación, transporte y almacenamiento, multiplicado por el porcentaje o ponderación asignada a cada una. El resultado final mostró que los tres principales residuos a tener en cuenta, desde el punto de vista de los riesgos químicos, fueron: los disolventes orgánicos (excepto halogenados) con **3,31 puntos**; las sustancias químicas de diseño no identificadas o nuevas, resultantes de la investigación y el desarrollo de actividades de enseñanza con **3,01 puntos**; y los solventes orgánicos halogenados con **2,84 puntos**.

La siguiente tabla muestra los resultados de la priorización global, luego de aplicar la metodología mencionada.

Tabla 2. Resultados de la priorización global de los Respel generados en la IES, en el periodo de análisis.

Puesto	Código	Proceso / actividad	PRIORIZACIÓN						
			Por Generación		Por Transporte		Por Almacenamiento		
			Calif.	Pond. (40%)	Calif.	Pond. (40%)	Calif.	Pond. (20%)	TOTAL
1	Y42	Disolventes orgánicos, excepto disolventes halogenados.	5,3497	2,1399	1,7222	0,6889	2,4330	0,4866	3,1153
2	Y14	Sustancias químicas de desecho, no identificadas o nuevas, resultantes de la investigación (...)	4,3332	1,7325	2,3322	0,9529	1,6322	0,3264	3,0518
3	Y41	Solventes orgánicos halogenados.	4,7099	1,8824	1,3173	0,5268	2,1559	0,4312	2,8409
4	Y34	Soluciones acuosas o acuosas en forma sólida.	4,1803	1,6740	1,8192	0,7277	1,9095	0,3819	2,7636
5	Y35	Soluciones básicas o bases en forma sólida.	3,8882	1,5553	1,2492	0,5077	2,0515	0,4103	2,4733
6	Y9	Mezclas y mulasiones de desechos de aceite y agua o de hidrocarburos y agua.	3,4082	1,3613	1,2253	0,4901	1,2344	0,2469	2,0983
7	Y12	Desechos resultantes de la producción, preparación y utilización de tintas, colorantes (...)	2,6754	1,0694	1,1887	0,4755	1,4440	0,2888	1,8357
8	Y29	Mercurio, compuestos de mercurio.	2,9750	1,1900	0,7803	0,3120	1,5250	0,3050	1,8000
9	A4130	Envases y contenedores de desechos que contienen sustancias incluídas en el Anexo I (...)	2,7741	1,1086	0,8174	0,3270	1,0819	0,2184	1,6630
10	A1180	Montajes eléctricos y electrónicos de desecho o restos con componentes como acumuladores y otras baterías incluídas en la lista A, (...)	2,3974	0,9590	0,7725	0,3080	1,5174	0,3055	1,5714
11	Y21	Compuestos de cromo hexavalente.	2,0803	0,8320	0,8713	0,3485	1,8203	0,3640	1,5446
12	A3030	Desechos metálicos y de desechos que contengan alaciones de su alícuota de las sustancias siguientes: Antimonio.	2,2010	0,8804	0,8700	0,3480	1,4429	0,2886	1,5170
13	Y11	Plomo, compuestos de plomo.	1,9088	0,7655	0,8996	0,3598	1,1088	0,2218	1,3451
14	Y11	Residuos alquitranados resultantes de la refinación, destilación o cualquier otro tratamiento pirólisis.	1,6923	0,6768	0,6565	0,2626	1,6361	0,3272	1,2667
15	Y1	Desechos clínicos resultantes de la atención médica prestada en hospitales, centros médicos y clínicas.	1,9777	0,7911	0,8179	0,3272	0,3466	0,0693	1,1876
16	Y6	Desechos resultantes de la producción, la preparación y la utilización de disolventes orgánicos.	1,9944	0,7977	0,3488	0,1379	0,8244	0,1669	1,1005
17	Y8	Desechos de aceites minerales no aptos para el uso a que estaban destinados.	1,7239	0,6886	0,3141	0,1257	1,3039	0,2608	1,0700
18	Y39	Fenoles, compuestos fenólicos, con inclusión de durosíoles.	1,3223	0,5288	0,5705	0,2281	1,9601	0,3120	1,0600
19	Y16	Desechos resultantes de la producción, preparación y utilización de productos químicos y materiales para fines fotográficos.	1,1778	0,4711	0,5850	0,2340	1,5748	0,3150	1,0001
20	A4050	Desechos que contienen, consisten o están contaminados con A. Cianuros inorgánicos (...)	1,6143	0,6487	0,2294	0,0917	1,2243	0,2469	0,9623
21	Y23	Compuestos de zinc.	1,1823	0,4729	0,4223	0,1689	1,4121	0,2824	0,9342
22	Y24	Arsénico, compuestos de arsénico.	1,1775	0,4710	0,5159	0,2083	0,9955	0,1993	0,8794
23	A4100	Desechos resultantes de la utilización de dispositivos de control de la contaminación industrial (...)	1,1183	0,4473	0,3232	0,1293	1,3181	0,2656	0,8402
24	Y40	Eteres.	0,9686	0,3874	0,3898	0,1479	1,3596	0,2719	0,8072
25	A4120	Desechos que contienen, consisten o están contaminados con peróxidos.	1,2616	0,5046	0,1262	0,0421	1,1021	0,2200	0,7667
26	A3040	Yeso de desecho procedente de procesos de la industria química, si contiene constituyentes del Anexo I (...)	0,7583	0,3052	0,1067	0,0427	1,1016	0,2203	0,5662
27	Y13	Desechos resultantes de la producción, preparación y utilización de resinas, látex (...)	0,7622	0,3049	0,1822	0,0649	0,1822	0,0324	0,4022

Fuente: los autores.

Hacer click sobre la imagen para ampliarla

Dado que el residuo que obtuvo el segundo puntaje (Y14), resulta muy heterogéneo en cuanto a su composición, características de peligrosidad y estado físico, no se tuvo en cuenta para aplicar el método propuesto en el estudio; en cambio se incluyó el residuo que usamos el tercer lugar (disolventes orgánicos halogenados), con esto, el ACV se hizo para los disolventes halogenados y no halogenados (RSOH-NH).

Etapas del CV de los Respel e impactos potenciales de los residuos priorizados mediante un ACV

En el ACV del RSOH-NH se identifican dos etapas, a saber: recolección interna (que incluye la etapa o momento de generación) y almacenamiento. Para cada etapa se relacionaron los flujos de materia y energía asociados al sistema del residuo (tabla 3).

Tabla 3. Flujos de entradas del sistema RSOH-NH por etapas del CV.

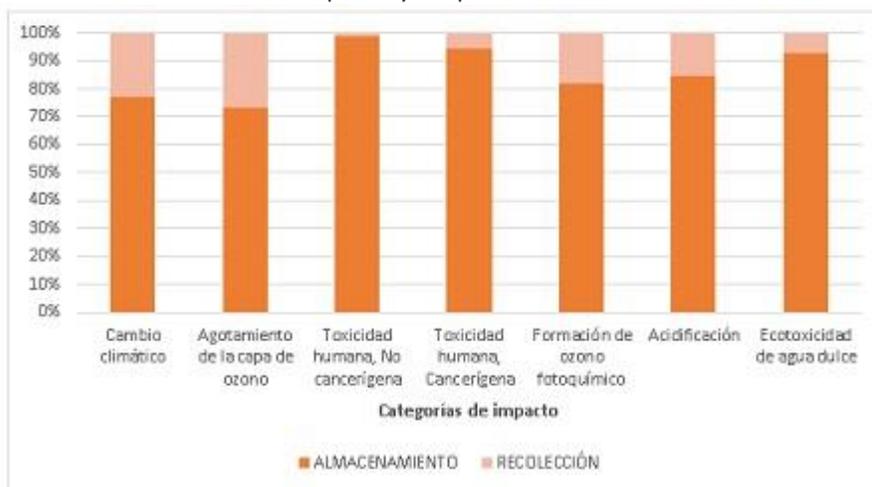
RECOLECCIÓN			ALMACENAMIENTO		
Entradas	Unit	Total	Entradas	Unit	Total
Electricity, low voltage (BR) electricity voltage transformation from medium to	kWh	1.040,9	Concrete, 35MPa (RoW) concrete production 35MPa, RNA only APOS,	m3	7,5
Polyethylene, high density, granulate (RoW) production APOS, U	Kg	30,6	Steel, low-alloyed, hot rolled (RoW) production APOS, U[2]	Kg	150
Packaging glass, brown (RoW) production APOS, U	Kg	25,5	Titanium dioxide (RoW) production, chloride process APOS, U (Pintura 15%)	Kg	1,41
Concrete, 35MPa (RoW) concrete production 35MPa, RNA only APOS,	m3	2,7	Bisphenol A epoxy based vinyl ester resin (RoW) production APOS, U	Kg	2,82
Corrugated board box (RoW) production APOS, U	Kg	11,4	Ethylene glycol monoethyl ether (RoW) production APOS, U (Pintura 10%)	Kg	0,94
Paper, melamine impregnated (RoW) melamine impregnated paper	Kg	0,1	Xylene (RoW) production APOS, U (Pintura 10%)	Kg	0,94
			Concrete block (RoW) production Cut-off, U[4]	Kg	4.048
			Zinc (RoW) primary production from concentrate APOS, U[5]	Kg	210,3

Fuente: los autores. Facultad SimaPro UNAL_MED.

Cada entrada a las etapas del sistema del RSOH-NH trae consigo unas cargas ambientales que contribuyen con una serie de impactos potenciales sobre el ambiente y la salud humana.

La figura 3 muestra la proporción de los impactos potenciales asociados al sistema del residuo (unidad funcional), por categoría de impacto y etapas del CV del residuo (EICV). En la figura se observa que la etapa de “Almacenamiento” es la que más contribuye en todas las categorías de impacto con un porcentaje superior al 70%, teniendo las mayores contribuciones en las categorías de toxicidad humana con efectos no cancerígenos y cancerígenos, superiores al 90%.

Figura 3. Evaluación de los impactos potenciales del sistema del RSOH-NH, por categorías de impacto y etapas del CV.



Fuente: los autores. Adaptado de SimaPro Facultad Copyright © RSOH-NH_UNAL_MED.

Construcción de la propuesta metodológica.

La propuesta se construyó a partir de un método de evaluación cualitativa y simplificada del *Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo* (INSHT) de España, el cual se basa en un método de evaluación del *Institut National de Recherche et de Sécurité* (INRS) de Francia (INSHT, 2012), y el enfoque de Evaluación de Riesgos para la Salud Humana: *peligros químicos* de la OMS (Martín-Olmedo *et al.*, 2016; OMS, 2010), aunque fue desarrollado para exposición a sustancias químicas, aplica bien a cortas exposiciones o riesgos bajos, como es el caso de los Respel.

Para el diseño se tomaron en cuenta los resultados del ejercicio de priorización de RESPEL y del ACV. Además, se incluyó la variable de percepción del riesgo (Correa *et al.*, 2016).

Se trata de una metodología para la evaluación del riesgo químico por inhalación y contacto asociado a Respel que plantea dos niveles de evaluación, el primero es de tipo cualitativo que se puede considerar de aplicación rápida, ya que permite un diagnóstico inicial de la situación del riesgo.

El método ofrece la posibilidad de un segundo nivel de complejidad, que procede en caso de que el resultado del primer nivel sea alto. El segundo nivel corresponde a una evaluación semicuantitativa que requiere estimar los impactos potenciales asociados a las descargas o salidas en cada etapa del CV del sistema - mediante residuo un ACV.

La [figura 4](#) muestra los componentes básicos y el flujograma para la evaluación inicial. El puntaje de riesgo (Pr) para la caracterización del riesgo por inhalación se da en función de la siguiente ecuación:

$$Pr=(Rp*En*TA)*P$$

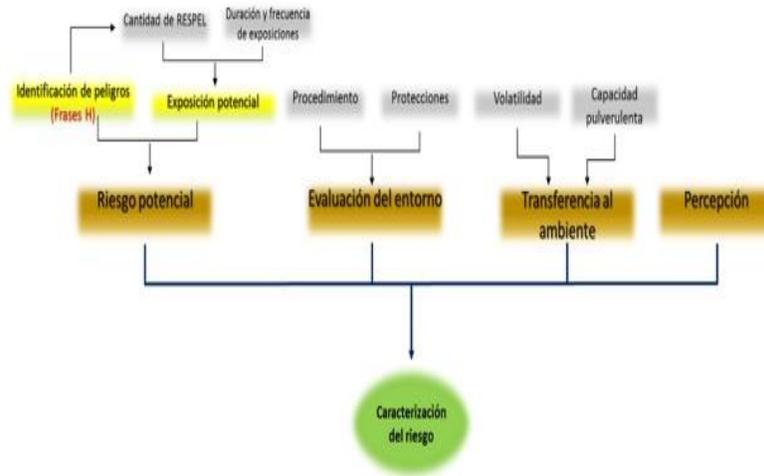
En donde:

Rp: Riesgo potencial; En: Entorno; TA: Transferencia al ambiente; y P: Percepción

El Pr para la caracterización por contacto no incluye TA, y la ecuación sería:

$$Pr=(Rp*En)*P$$

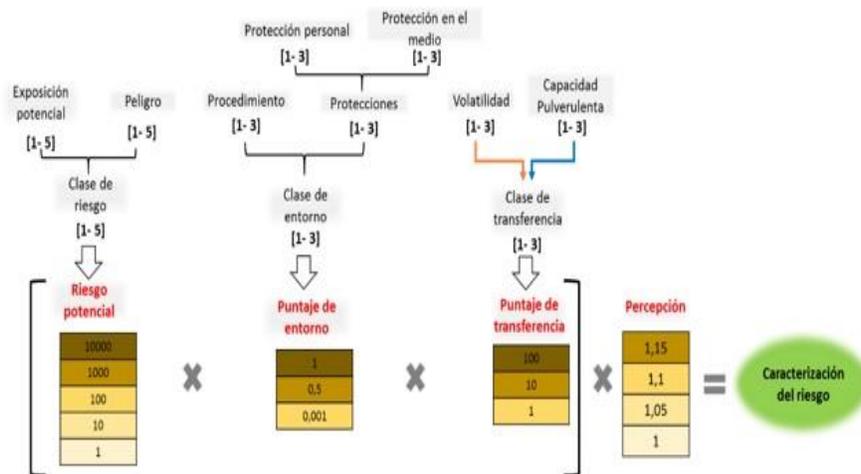
Figura 4. Componentes básicos y flujograma de la propuesta para la evaluación inicial del riesgo químico.



Fuente: los autores.

La [figura 5](#) representa el flujograma con los rangos de valoración de las variables y las escalas de puntuación de los componentes básicos.

Figura 5. Flujograma de la propuesta para la evaluación inicial del riesgo químico, con los rangos y escalas de puntuación de variables y componentes básicos.



Fuente: los autores.

El método consiste en calificar los componentes y sus variables mediante matrices numéricas definidas cualitativamente (INSHT, 2012). De acuerdo con la calificación numérica de los componentes se establecen unas clases, a las cuales se les asigna una puntuación que determinará el puntaje final del riesgo químico para la evaluación inicial.

El puntaje final permite la caracterización cualitativa del riesgo por inhalación o contacto y el nivel de prioridad en las acciones a tomar, dentro de las que se encuentran la implementación o no del segundo nivel de evaluación, de acuerdo con la siguiente tabla.

Tabla 4. Escala de puntuación para la caracterización del riesgo químico.

Puntuación del riesgo	Prioridad de acción	Caracterización del riesgo
> 1.000	1	Riesgo probablemente muy elevado (acciones correctivas inmediatas y ACV)
> 100 ≤ 1.000	2	Riesgo moderado. Probablemente medidas correctivas y/o un análisis más detallado de la información
≤ 100	3	Riesgo a priori bajo. No requiere acciones adicionales

Fuente: los autores. Adaptado de Sousa y Tejedor, 2012.

En el caso que el resultado de la caracterización sea establecido como a *priori bajo*, se sugiere finalizar la evaluación de riesgos, cumpliendo así el atributo de aplicación rápida. Si el resultado es probablemente *muy elevado*, se recomienda realizar un ACV sobre el componente *Transferencia al Ambiente*, y de manera particular sobre la vía inhalatoria.

El método propuesto fue aplicado con el RSOH-NH en el contexto de la gestión interna que normalmente realiza la institución. El resultado obtenido fue un PR *Moderado* en la etapa de recolección y un PR *Bajo* para la etapa de almacenamiento.

Discusión

A pesar de las diferencias metodológicas, alcance y objeto de estudio, los resultados de Villalobos *et al.* (2021), guardan similitud con el presente estudio respecto a la priorización de los residuos de disolventes orgánicos, y la importancia del riesgo químico por inhalación y contacto sobre la salud humana; tanto en el contexto de las sustancias químicas, como en las etapas del CV de los Respel. No obstante, dadas las grandes diferencias en su manejo, composición y tiempos de exposición, es necesaria la aplicación de metodologías que aborden los riesgos particulares asociados a los Respel.

En cuanto a la exposición, es fundamental en el momento de evaluar el riesgo químico (Adeola, 2011; Rosenfeld & Feng, 2011), tanto para las sustancias químicas como para los RESPEL, pero es claro que en el caso de las sustancias, esta variable tiene mayor relevancia comparativamente con los residuos (ISTAS, 2009).

Bajo las condiciones normales de gestión de los Respel en la institución, la exposición efectiva a peligros químicos es puntual en el momento de la generación y el depósito en los recipientes (etapa de recolección); en la etapa de almacenamiento, la exposición obedece más a errores en el

procedimiento o las situaciones de emergencia, dado que un buen almacenamiento minimizaría su ocurrencia (MAVDT, 2007).

Se destaca la importancia de complementar el ejercicio de priorización de residuos enfocado en los riesgos y los peligros con un ACV, considerando la cantidad no despreciable de residuos que se generan dentro de la institución; esto con el fin de intervenir o concentrar los esfuerzos en los momentos o etapas más críticas y en los residuos que representan mayor peligrosidad. La metodología de priorización constituye un producto del presente estudio por lo tanto no tiene antecedentes de validación, sin embargo, esta fue supervisada por ingenieros químicos, uno experto en Respel y otro de talla internacional experto en ACV.

Como se trata de un método rápido de evaluación de riesgos, la información para el inventario y la EICV es tomada de la base de datos de Ecoinvent, dada la necesidad de tener una aproximación a los impactos ambientales potenciales del sistema residual, por lo tanto, se considera que esta información secundaria no afecta significativamente los resultados de la investigación.

El carácter cualitativo, el atributo de aplicación rápida y la inclusión de la variable de percepción del método propuesto se consideran apropiados según las condiciones y las necesidades particulares de la institución respecto a la evaluación del riesgo químico en sus espacios. Una de las condiciones que avalan lo anterior es la experiencia y el conocimiento del personal involucrado directamente en el proceso de gestión interna de los RESPEL, además del nivel de riesgo químico obtenido en ejercicios previos (Villalobos *et al.*, 2021; Correa *et al.*, 2016; Martín-Olmedo *et al.*, 2016; OMS, 2010).

Si bien el método propuesto se diseñó para los RSOH-NH, este tendría aplicación sobre cualquier RESPEL de origen químico cuya principal vía de exposición sea la inhalatoria o el contacto directo (Bushnell, 2014). Eventualmente, el método podría permitir evaluaciones de riesgo por ingesta con algunas modificaciones sencillas sobre cantidades, tiempos de exposición y condiciones del entorno. Ciertamente, el resultado daría niveles de riesgo aún más bajos.

Los resultados de la aplicación del método para los RSOH-NH son coherentes con la teoría y con las condiciones de manejo interno de los RESPEL en la institución, en cuanto a la exposición y los niveles de riesgo (Ng & Hassim, 2015; Phneah *et otros*, 2017).

En relación con proyecciones de futuras investigaciones se sugiere que estas se enfocan en el levantamiento de información primaria en el marco del ACV, además de incluir las salidas o las descargas al ambiente en cada etapa del CV, con el fin de obtener datos reales que permitan intervenir con mayor certeza los aspectos críticos, y de esta forma contribuir con mayor eficacia en la prevención de impactos negativos sobre el ambiente y la salud, principalmente en el caso de generar nuevas mezclas de residuos con mayores características de peligrosidad producto de las actividades misionales de un IES.

Conclusiones

Los métodos para la evaluación del riesgo químico se inscriben principalmente en el campo de la salud ocupacional, la salud pública y la gestión ambiental. La mayoría de estos se enfocan en las sustancias químicas y no responden suficientemente a las particularidades de los Respel (composición, manejo, cantidades y tiempos de exposición).

La evaluación del riesgo químico asociado a los Respel exige una priorización de acuerdo con las características de peligrosidad y las condiciones particulares de manejo y exposición en los lugares por evaluar. Igualmente, exige la homologación del lenguaje de peligrosidad y advertencias, tanto de sustancias o productos químicos como de Respel, en este sentido el SGA representa un avance significativo que contribuye a dicho propósito.

La utilización de los peligros acordes al SGA y las frases de peligro o frases H, que tienen un respaldo científico importante, permiten hacer un mejor análisis de riesgo en los Respel, pues cada frase H responde a una categoría del peligro, es decir que cada frase H ya está priorizada, y cada Respel que tenga ese peligro y esa categoría, estaría “priorizado” en relación a los peligros. Además, las frases H (categorías de peligro a la salud), indican como en el caso de la toxicidad aguda, la vía de acceso al organismo; dato importante a la hora de evaluar el riesgo.

Dados los resultados del ACV la etapa del sistema del residuo que más aporta a los impactos potenciales fue el **Almacenamiento**, con más del 70% de la carga ambiental en todas las categorías de impacto; Sin embargo, en el momento de aplicar el método propuesto para la evaluación del riesgo químico, la etapa que representa mayor riesgo resulta ser la etapa de **Recolección**. Lo anterior se debe a que la recolección incluya el momento de la generación del residuo, y la exposición a los peligros del residuo es mayor en esta etapa en comparación con el almacenamiento. Aun así, la exposición es mínima comparada con la exposición en un puesto de trabajo en la cual un operario está expuesto 4, 8 o 12 horas a una materia prima o sustancia química pura.

Mediante un análisis de escenarios de impacto con el ACV se contribuye al desarrollo de propuestas para evitar impactos ya su vez prevenir riesgos, en la medida que se evalúen estos a partir de los resultados de los análisis, lo cual se podrá establecer bajo criterios preestablecidos (si son aceptables, tolerables o inaceptables). Por otro lado, la interpretación del CV para cada categoría de impacto ofrece una lectura comprensible, completa y coherente de la presentación de resultados de un ACV, lo que contribuye estratégicamente en la gestión de riesgos. En este sentido, es necesario tener en cuenta que la evaluación del impacto a partir de los resultados del inventario del CV equivale a la evaluación del riesgo químico según la metodología de evaluación de peligros. La importancia del inventario radica en que “(...) es la base para la determinación del destino del químico una vez es liberada, la estimación de la exposición y finalmente la evaluación del riesgo y gestión del mismo de ser requerido” (Ecodes-IIA, 2017, pág.42).

Los resultados obtenidos con la aplicación metodológica para el primer nivel de evaluación (aplicación rápida) del método propuesto, esto es, PR Moderado en la etapa de recolección y PR Bajo en la etapa de almacenamiento, sugieren un manejo aceptable del residuo objeto de la

evaluación por parte de la IES; posiblemente, atribuido a la implementación del procedimiento de gestión interna de Respel, que incorpora los lineamientos del SGA.

Los principales aportes del método a la gestión del riesgo en los laboratorios de la institución corresponden a la posibilidad de analizar los peligros sistemáticamente en relación con la exposición en cada etapa de la gestión interna de los Respel y la obtención de un diagnóstico inicial de la situación del riesgo químico a partir de la información que normalmente disponen los laboratorios.

Cualquier metodología para evaluar riesgo en las etapas de la gestión de los Respel, resulta pionera en Colombia y el mundo, pues los únicos desarrollos que se tienen actualmente para la evaluación del riesgo químico, responden a condiciones de jornadas de trabajo normales, donde la exposición es de varias horas al día, por otro lado, nunca se había tomado el SGA para asignar peligros a los RESPEL y mucho menos asociar las categorías de los peligros (Frasas H) a los peligros de los Respel, para priorizar y evaluar riesgo químico en los Respel; de hecho, no se había conectado incluido un ACV con la evaluación del riesgo y la priorización de Respel.

La metodología propuesta para evaluar riesgo en los Respel, resulta una herramienta adecuada para dar cumplimiento a la regulación colombiana que en particular en el Decreto 4741 de 2005 pide esta evaluación, además la metodología se adapta bien a situaciones de baja exposición y bajo riesgo, como es el caso de los Respel.

Agradecimientos

Los autores agradecemos a la Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín (Oficina de Gestión Ambiental – Sección de Seguridad y Salud en el Trabajo) para facilitar la información necesaria para adelantar el estudio. También agradecemos al profesor Israel Herrera Orozco del CIEMAT de España por sus aportes en el ACV.

Potencial conflicto de intereses

Los autores declaramos no tener conflicto de intereses reales o potenciales sobre la investigación o los resultados logrados.

Consideraciones éticas

El estudio no capturó ni procesó información que requiera consentimiento informado, ni sujeta a tratamiento de confidencialidad.

Referencias

- Adeola, F. (2011). *Deseos peligrosos, desastres industriales y riesgos para la salud ambiental. Luchas ambientales locales y globales*. Palgrave Macmillan. <https://doi.org/10.1057/9780230339538>
- Ángel-Maya, A. (2013). *El Reto de la Vida. Una introducción al estudio del medio ambiente*. http://augustoangelmaya.com/images/obras/el_reto_de_la_vida.pdf
- Bushnell, P. (2014). Riesgos de la inhalación de disolventes orgánicos. Sea ayprolongado o puntual, la exposición a ciertas sustancias volátiles resulta perjudicial para nuestra salud. *Investigación y Ciencia*, (451), 72-81.
- Cárdenas, H. (2018). *Genocidio silencioso. Desechos, químicos peligrosos y pesticidas prohibidos en Colombia y en el mundo*. Editorial Universidad del Rosario. <https://bit.ly/3uvjcup>
- Cardona, O. (2002). *La necesidad de repensar de manera holística los conceptos de vulnerabilidad y riesgo. Una crítica y una revisión necesaria*. Bogotá DC <https://bit.ly/3UDvdZk>
- Colombia. Departamento Nacional de Planeación. (2016). *Política de gestión del riesgo asociado al uso de sustancias químicas*. CONPES 6838Colombia.
- Colombia. IDEAM. (2018). *Informe Nacional de Residuos o Desechos Peligrosos en Colombia, 2017*. http://www.andi.com.co/Uploads/Informe_RESPEL_2017.pdf
- Colombia. MADS - IDEAM. (2013). *Manual para la Administración de la Información del Registro Único Ambiental para el Sector Fabricante por parte de las Autoridades Competentes*.
- Colombia. MAVDT. (2007). *Gestión Integral de Residuos o Desechos Peligrosos. Bases conceptuales*. (Dirección de Desarrollo Sectorial Sostenible/Organización de Control Ambiental y Desarrollo Empresarial OCADE, Ed.).
- Colombia. Consorcio Ecodes-IIA. (2017). *Términos de referencia para la elaboración del programa de reducción y manejo del riesgo para el ambiente de sustancias químicas de uso industrial*.
- Correa, GJ, Ríos, E. y Acevedo, J. (2016). Evolución de la cultura de la gestión de riesgos en el entorno empresarial colombiano. *Revista de Ingeniería y Tecnología*, 6(1), 22-45. <https://doi.org/10.22507>
- España. INSHT. (2012). *Agentes químicos: evaluación cualitativa y simplificada del riesgo por inhalación (III). Método basado en el INRS*. <https://bit.ly/3h3UQor>
- España. ISTAS. (2009). Los límites de los límites. *Valores límite de exposición ocupacional: Razones y limitaciones*. Barcelona. <http://www.istas.coo.es/descargas/LIMITES.pdf>

- Haya, E. (2016). **Análisis de Ciclo de Vida**. <https://www.eoi.es/es/file/66611/download?token=BTXaL249>
- Ilizaliturri, C., González-Mille, D., Nadia, P., Domínguez-Cortinas, G., Mejía, J., Torres-Dosal, A., ... Espinosa-Reyes, G. (2009). Revisión de las metodologías sobre evaluación de riesgos en salud para el estudio de comunidades vulnerables en América Latina. **Interciencia: Revista de Ciencia y Tecnología de América** , 34(10), 710-718. <https://doi.org/0378-1844>
- YO ASI. (2006). **ISO 14040:2006 Gestión Ambiental. Evaluación del ciclo de vida. Principios y Marcos (ISO)**. Ginebra.
- Martín-Olmedo, P., Carroquino, M., Ordóñez, J. y Moya, J. (2016). **La evaluación de riesgos en salud. Guía metodológica. Aplicaciones prácticas de la metodología de Evaluación de Riesgos en Salud por exposición a sustancias químicas** (Sociedad Española de Sanidad Ambiental, Ed.).
- Moreno S, A. (2014). Componentes físicos, químicos y biológicos del ambiente y su relación con la actividad humana. En Mac Graw Hill Education (Ed.), **Salud, Ambiente y Trabajo2** (págs. 38-55).
- Ng, RTL y Hassim, MH (2015). Estrategias para evaluar y reducir los peligros y riesgos inherentes a la salud ocupacional basados en información de procesos. **Seguridad de procesos y protección del medio ambiente** , 97, 91-101. <https://doi.org/10.1016/J.PSEP.2015.03.014>
- Olsen, SI, Christensen, FM, Hauschild, M., Pedersen, F., Larsen, HF y Tørsløv, J. (2001). Evaluación del impacto del ciclo de vida y evaluación de riesgos de los productos químicos: una comparación metodológica. **Revisión de la evaluación de impacto ambiental** , 21(4), 385-404. [https://doi.org/10.1016/S0195-9255\(01\)00075-0](https://doi.org/10.1016/S0195-9255(01)00075-0)
- Phneah, S., Hassim, M. y Ng, D. (2017). Revisión de métodos de evaluación de salud ocupacional basados en peligros químicos para procesos químicos. **Transacciones de ingeniería química** , 56, 1813-1818. <https://doi.org/10.3303/CET1756303>
- Plant, JA, Bone, J., Ragnarsdottir, KV y Voulvoulis, N. (2011). Contaminantes, salud humana y medio ambiente: un enfoque basado en el riesgo. **Geoquímica Aplicada** , 26, S238-S240. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.apgeochem.2011.03.113>
- Prüss-Ustün, A., Vickers, C., Haefliger, P. y Bertollini, R. (2011). Lo conocido y lo desconocido sobre la carga de morbilidad debida a las sustancias químicas: una revisión sistemática. **Salud ambiental** , 10(1), 9. <https://doi.org/10.1186/1476-069X-10-9>
- Rosenfeld, P. y Feng, L. (2011). **Riesgos de los Residuos Peligrosos** . Burlington, EE.UU. UU.: Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-1-4377-7842-7.00001-5>
- Sardiñas Peña, O., Trujillo, C., García Melián, M. y Fernández Novo, M. (2001). Evaluación de riesgos para la salud por exposición a residuos peligrosos. **Revista Cubana de Higiene y Epidemiología** , 39(2), 144-146. <https://bit.ly/3iLohMa>

Facultad SimaPro PRÉ. Liberar. 9.0.0.30. (2019). Facultad UNAL 02. Copyright © PRÉ Consultants by 2019. Todos los derechos reservados.

Universidad Nacional de Colombia. Dirección de Laboratorios. (2007). **Plan Integral de Residuos Peligrosos**. (Universidad Nacional de Colombia, Ed.).

Villalobos-González, W., Sibaja-Brenes, JP, Mora-Barrantes, JC y Álvarez-Garay, B. (2021). Evaluación de los riesgos químicos por inhalación de las sustancias utilizadas en una industria gráfica. **Revista Tecnología en Marcha**, 34(2), 122-136. <https://doi.org/10.18845/tm.v34i2.4977>

OMS. (2010). Conjunto de herramientas de evaluación de riesgos para la salud humana de la OMS : **peligros químicos** (Harmonizat). Organización Mundial de la Salud. <https://bit.ly/3FA6As2>

1 Maestría. Universidad Nacional de Colombia, Medellín. ORCID: 0000-0002-5269-9058 https://scholar.google.com/citations?hl=es&user=d_OROAOAAAAJ

2 Doctorado. Universidad Nacional de Colombia, Medellín. ORCID: 0000-0003-1497-0203 <https://scholar.google.com/citations?hl=es&user=gCFkmXgAAAAJ>

3 Maestría-Esp. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá DC ORCID: 0000-0003-3533-6527 https://scholar.google.es/citations?view_op=new_profile&hl=es
jaalvarezbe@unal.edu.co

Para citar este artículo: Álvarez Betancur, JA, Vera Acevedo, LD y Suárez Medina, OJ (2022). Método rápido para la evaluación del riesgo químico por inhalación y contacto asociado al manejo de residuos peligrosos (RESPEL). **Revista Luna Azul** (En Línea), 54, 1-17. <https://doi.org/10.17151/luaz.2022.54.1>

Esta obra está bajo una [Licencia de Creative Commons Reconocimiento CC BY](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)



Código QR del artículo

