

Matriz Empleo-Exposición para sustancias químicas en el Hospital del Mar, un estudio piloto

Job-Exposure Matrix for chemical substances at Hospital del Mar, a pilot study

Kelly González Anselmo¹  0009-0008-9423-6837

Julia del Prado Vinuesa¹  0000-0003-3392-6849

Joana Guerrero Monge^{1,2}  0009-0005-9742-2270

Consol Serra Pujadas^{1,2,3}  0000-0001-8337-8356

José María Ramada Rodilla^{1,2,3}  0000-0002-3854-1596

Fernando G. Benavides^{2,3}  0000-0003-0747-2660

¹Servicio de Salud Laboral, Hospital del Mar, Barcelona, España.

²Centro de Investigación en Salud Laboral, Hospital del Mar Research Institute/ Universitat Pompeu Fabra, Barcelona, España.

³CIBERESP-CIBER de Epidemiología y Salud Pública, Instituto de Salud Carlos III, Madrid, España.

Fechas · Dates

Recibido: 09/05/2025

Aceptado: 03/09/2025

Publicado: 15/10/2025

Correspondencia · Corresponding Author

Kelly González Anselmo

kgonzalezanselmo@gmail.com

Resumen

Introducción: Las matrices empleo-exposición (MEE) permiten estimar la exposición grupal a agentes de riesgo. Su utilidad está consolidada en estudios internacionales, como FINJEM y JEM Soignances, validados en el ámbito hospitalario. En España, su uso en el ámbito sanitario es limitado. Este estudio tuvo como objetivo construir una MEE centrada en riesgos químicos por inhalación en el Hospital del Mar (Barcelona), identificar los grupos funcionales homogéneos (GFH) potencialmente expuestos y estimar la prevalencia global y su distribución por niveles de riesgo.

Método: Se realizó un estudio descriptivo exploratorio, aplicando la metodología cualitativa de la NTP 937 del Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo. Se evaluaron seis agentes químicos seleccionados por su uso hospitalario habitual y toxicidad por vía inhalatoria (formaldehído, tamoxifeno, ciclofosfamida, cisplatino, sevoflurano y desflurano) en una población de 4.834 trabajadores distribuidos en 46 GFH.

Resultados: De los 46 GFH analizados, se identificó exposición en 10, agrupando a 1.502 trabajadores (31,1%). La mayoría (22,5%) presentó riesgo bajo, principalmente por gases anestésicos (sevoflurano y desflurano), así como formaldehído y citotóxicos en farmacia. Un 8,6% mostró riesgo moderado, vinculado a la manipulación de tamoxifeno, ciclofosfamida, cisplatino y formaldehído en unidades como hospital de día, agudos y bloque quirúrgico. No se detectaron exposiciones de nivel elevado.

Conclusiones: Los resultados evidencian la presencia de riesgos químicos en áreas hospitalarias específicas. La MEE elaborada constituye una herramienta útil para orientar intervenciones preventivas, priorizar recursos y planificar estrategias de control adaptadas a las condiciones reales de exposición en el entorno sanitario.

Palabras clave: Riesgos Químicos; Trabajadores Hospitalarios; Higiene Industrial; Exposición Laboral.

Abstract

Introduction: Job-exposure matrices (JEMs) are useful tools for estimating group-level exposure to hazardous agents. Their utility has been well established in international studies, such as FINJEM and JEM Soignances, which have been validated in hospital settings. In Spain, however, their application in the healthcare sector remains limited. This study aimed to develop a JEM focused on inhalation-related chemical risks at Hospital del Mar (Barcelona), to identify potentially exposed homogeneous job groups (HJG), and to estimate the overall prevalence and distribution of exposure by risk levels.

Method: A descriptive, exploratory study was conducted using the qualitative methodology outlined in NTP 937 by the Spanish National Institute for Occupational Safety and Health. Six chemical agents were evaluated: formaldehyde, tamoxifen, cyclophosphamide, cisplatin, sevoflurane, and desflurane selected for their common use in hospital settings and inhalation toxicity. The study population included 4,834 workers distributed across 46 HJGs.

Results: Of the 46 HJG analyzed, exposure was identified in 10, involving 1,502 workers (31.1%). Most cases (22.5%) presented a low risk, mainly due to anaesthetic gases (sevoflurane and desflurane), as well as formaldehyde and cytotoxic agents in the pharmacy department. A moderate risk (8.6%) was found, associated with the handling of tamoxifen, cyclophosphamide, cisplatin, and formaldehyde in units such as the day hospital, acute care, and surgical block. No high-level exposures were detected.

Conclusions: The results show the presence of chemical risks in specific hospital areas. The developed JEM is a useful tool to guide preventive actions, prioritize resources, and plan control strategies tailored to the actual exposure conditions in the healthcare environment.

Keywords: Chemical Hazards; Hospital Workers; Industrial Hygiene; Occupational Exposure.

Introducción

Una matriz empleo-exposición (MEE) constituye una herramienta que permite relacionar la información disponible acerca de los agentes o exposiciones laborales (filas) con diferentes categorías laborales o puestos de trabajo (columnas)⁽¹⁾. Las MEE no aportan información sobre exposiciones individuales, sino que estiman la exposición a diferentes agentes en los grupos de trabajadores, a partir de información empírica cuantitativa o cualitativa de esos lugares de trabajo o en una muestra de trabajadores⁽²⁾. A partir de esa información, una MEE permite establecer la prevalencia de exposición a un factor de riesgo, ya sea higiénico, ergonómico, de seguridad o psicosocial, según el puesto de trabajo. Las MEE pueden basarse en evidencia empírica, basadas en mediciones, en el juicio de expertos, o en una combinación de estos dos enfoques⁽³⁾.

La utilidad de las MEE reside en su capacidad para identificar prioridades en las medidas de prevención y de control para reducir la exposición a los riesgos laborales. Además, ayudan a conocer la relación entre la exposición pasada y la enfermedad en un proceso de determinación de contingencia de una enfermedad profesional o en una investigación sobre las causas de una enfermedad⁽⁴⁾.

El uso de matrices de empleo-exposición (MEE) se inició en los años 80 con estudios internacionales sobre epidemiología laboral, destacando especialmente la matriz finlandesa FINJEM⁽⁴⁾. En la literatura científica existen numerosos ejemplos de aplicaciones de las MEE en contextos específicos para diferentes industrias o territorios. Un ejemplo reciente es la matriz francesa JEM Soignances, validada en la cohorte CONSTANCES con una muestra de 12.219 trabajadores sanitarios. Este estudio mostró una buena concordancia para exposiciones biomecánicas y organizacionales. No obstante, presentaba limitaciones al asociar exposiciones psicosociales e importantes sesgos de muestra y validación⁽⁵⁾. Otro estudio reciente revisa qué son las MEE, cómo se construyen y su utilidad para integrar exposiciones laborales en estudios poblacionales y en el marco del exposoma. Destaca sus ventajas (bajo coste, aplicabilidad amplia, menor sesgo de autoinforme), sus limitaciones (pérdida de variabilidad individual, riesgo de errores en la clasificación) y las perspectivas de mejora mediante la actualización continua y las redes internacionales⁽⁶⁾. En España, existe la matriz MatEmESp, desarrollada por CiSAL UPF/IMIM con fines principalmente epidemiológicos², pero apenas existen investigaciones que apliquen y validen estas herramientas en el contexto hospitalario. Esta carencia justifica la necesidad de estudios piloto como el presente, orientados a estimar la prevalencia real de exposición a agentes químicos en centros sanitarios y a fundamentar medidas preventivas ajustadas a las condiciones locales.

Esta necesidad se acentúa aún más si se considera la complejidad del entorno hospitalario, donde coexisten múltiples fuentes de riesgo, desde agentes biológicos y radiaciones hasta fármacos oncológicos y gases anestésicos, y donde la exposición a sustancias químicas puede variar considerablemente según la actividad profesional, el servicio o las condiciones organizativas⁽⁷⁾. Ante esta realidad, resulta prioritario contar con instrumentos operativos que permitan estimar la exposición de forma sistemática y facilitar la priorización de medidas preventivas,

especialmente en centros sanitarios donde no siempre es factible realizar mediciones individuales.

Este estudio, de carácter exploratorio, se centra de forma exclusiva en los riesgos higiénicos de naturaleza química, en particular aquellos relacionados con la exposición por vía inhalatoria, dado que permiten una estimación sistemática mediante metodologías cualitativas reconocidas, facilitando una aproximación objetiva al riesgo en entornos laborales complejos como el hospitalario⁽⁷⁾.

El objetivo específico del trabajo fue construir una matriz de empleo-exposición (MEE) incluyendo una selección de 6 productos químicos en el Hospital del Mar (Barcelona), identificar los grupos funcionales homogéneos (GFH) potencialmente expuestos y estimar la prevalencia de exposición global y por niveles de riesgo, en función del agente químico evaluado.

Métodos

Se realizó un estudio descriptivo de carácter exploratorio en el Hospital del Mar (Barcelona), centrado en la exposición por vía inhalatoria a 6 agentes químicos en el entorno laboral sanitario. La población de referencia estuvo compuesta por 4.834 trabajadores, clasificados en 46 GFH del nivel 3 de desagregación laboral, según la estructura organizativa del hospital.

Productos químicos seleccionados

La selección de las sustancias se basó en su presencia habitual en determinadas unidades hospitalarias y en la existencia de evidencia científica sobre sus efectos adversos para la salud. Seis agentes químicos fueron elegidos para su inclusión en la MEE, por su uso en actividades hospitalarias y su relevancia preventiva en términos de toxicidad por inhalación. Entre ellos se encuentran el formaldehído, utilizado como conservante en procesos anatomopatológicos y con valores límite ambientales establecidos⁽¹⁰⁾; tres fármacos citotóxicos de uso oncológico: tamoxifeno⁽¹¹⁾, ciclofosfamida^(12,13) y cisplatino^(13,14), empleados en distintas fases del tratamiento del cáncer y potencialmente peligrosos durante su manipulación y eliminación; y dos gases anestésicos volátiles, sevoflurano y desflurano, cuya exposición laboral ha sido documentada en quirófanos y áreas clínicas⁽¹⁵⁾. Para estos últimos productos no se dispone de valores de referencia. La selección se fundamentó en su uso documentado en el hospital, el potencial de exposición por vía inhalatoria y su clasificación toxicológica. La información detallada sobre los efectos para la salud y las referencias regulatorias disponibles se recogen en la Tabla 1.

Tabla 1. Clasificación y resumen de la evidencia sobre la capacidad carcinogénica de diversos agentes químicos, basada en criterios de la International Agency for Research on Cancer (IARC),^(11,12,13,14,15) sus valores límite de exposición (VLA) y efectos sobre la salud humana.

	Formaldehído	Sevoflurano/ Desflurano (Gases Anestésicos)	Ciclofosfamida	Cisplatino	Tamoxifeno
Capacidad Carcinogénica (IARC)	1	No disponible	1	2A	1
VLA	0,37 mg/m ³ (ED)	No disponible	No disponible	No disponible	No disponible
Sistema respiratorio	Asma, bronquitis y disnea	Irritación y depresión del sistema respiratorio	Neumonitis y fibrosis pulmonar	Neumonitis, fibrosis pulmonar, disnea y tos	Irritación
Otorrinolaringología	Irritación en nariz y garganta. Puede producir lagrimeo, estornudos y tos.	Irritación en nariz y garganta.	Congestión e irritación nasal	Mucositis. Ototoxicidad	Irritación en nariz y garganta.
Reacciones alérgicas	Eritema, prurito y exantema	Eritema, prurito y exantema	Eritema, prurito y exantema	Eritema, prurito y exantema	Eritema, prurito y exantema
Cáncer	Nasofaríngeo Leucemia Mieloide	No demostrado en humanos	A largo plazo: Leucemia mieloide aguda (LMA) Cáncer de vejiga	No demostrado en humanos	Carcinoma hepático, endometrial y sarcoma de endometrio
Sistema reproductor	Esterilidad Abortos espontáneos	No demostrado en humanos	Amenorrea Disfunción ovárica Infertilidad Abortos espontáneos Malformaciones congénitas	Infertilidad Esterilidad Alteraciones menstruales Abortos espontáneos y complicaciones en el embarazo	Esterilidad Alteraciones menstruales
Sistema nervioso	Enfermedades neurodegenerativas	Cefalea, inestabilidad y náuseas	Neuropatía periférica, cefalea, confusión, fatiga y debilidad	Neuropatía periférica, cambios en el estado de ánimo, confusión y debilidad	Neuropatía periférica, afectación del estado de ánimo y deterioro cognitivo

Clasificación de los puestos de trabajo

Para este estudio se ha utilizado la clasificación de GFH que se emplea en el sistema de gestión de recursos humanos del Hospital del Mar, para agrupar a los empleados en función de su nivel de responsabilidad y las tareas que realizan. Los GFH se dividen en grupos profesionales según las necesidades específicas de la organización, siguiendo una distribución arborescente, donde cada rama se subdivide en categorías cada vez más detalladas. Para este trabajo, se ha partido de los 46 GFH del nivel 3 de desagregación, de los 5 existentes en la organización.

La plantilla total analizada incluye 4.834 trabajadores, distribuidos entre los diferentes GFH. Entre los grupos más numerosos destacan Servicios Clínicos (440 personas), Unidad de Hospitalización de Agudos del Monobloque (237), Unidad de Hospitalización de Agudos Otros (383), Servicios Quirúrgicos (164), Consultas Externas (164), Urgencias (273) y Unidad de Geriátria (228). En la Tabla 2 se presenta la MEE con el listado de los del nivel 3 en 2023, junto con las cruces que indican los lugares donde se ha identificado exposición a cada una de las 6 sustancias seleccionadas para el estudio.

Tabla 2. Matriz de Empleo Exposición con la distribución de la presencia de exposición a agentes químicos en los diferentes Grupos Funcionales Homogéneos (GFH). Hospital del Mar, Barcelona, 2023.

GFH-NIVEL 3	FORMALDEHÍDO	GASES ANESTÉSICOS	CICLOFOSFAMIDA	CISPLATINO	TAMOXIFENO
ADMISSIONS					
ANATOMIA PATOLÓGICA	+				
ANESTESIA		+		+	
ATENCION CIUDADANA					
CONSULTAS EXTERNAS					
CONSULTAS EXTERNAS PSIQUIATRIA					
DIRECCION					
DOCENCIA					
ECONOMIA					
EPIDEMIOLOGIA					
EQUIPO DE COMPLEMENTO					
ESTERILIZACION					
FARMACIA			+	+	+
GINECOLOGIA Y OBSTETRICIA					
HOSPITAL DE DIA			+	+	+
INTERVENCIONISMO					
LABORATORIO					
PRÁCTICOS SANITARIOS					
OFTALMOLOGIA					
PSIQUIATRIA					
BLOQUE QUIRÚRGICO	+	+		+	
RADIOLOGIA					
REANIMACION		+			
INVESTIGACION					
REDAN					
RECURSOS HUMANOS					
SALUD LABORAL					
ATENCION SEXUAL Y REPRODUCTIVA					
SERVICIOS CLINICOS		+			
SERVICIOS GENERALES					
SERVICIOS QUIRÚRGICOS		+		+	
SOPORTE TÉCNICO					
TRABAJO SOCIAL					
UNIDAD DE CUIDADOS INTENSIVOS					
UNIDAD AGUDOS OTROS					
UNIDAD DE AGUDOS DEL MONOBLOQUE			+	+	+
UNIDAD DE GERIATRIA					
UNIDAD PSIQUIATRIA DE AGUDOS					
UNIDAD PSIQUIATRIA OTROS					

GFH-NIVEL 3	FORMALDEHÍDO	GASES ANESTÉSICOS	CICLOFOSFAMIDA	CISPLATINO	TAMOXIFENO
URGENCIAS GINECOLOGIA					
URGENCIAS PERECAMPS					
URGENCIAS PSIQUIATRIA					
URGENCIAS					
EXPLORACIONES COMPLEMENTARIAS	+				
RADIOTERAPIA					
COVID 19					

Medición de la exposición

La estimación cualitativa del riesgo de exposición por inhalación se realizó aplicando la metodología recogida en la Nota Técnica de Prevención (NTP) 937 del Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST), basada en el modelo desarrollado por el Institut National de Recherche et de Sécurité pour la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles (INRS) de Francia⁽¹⁶⁾. Este enfoque permite evaluar el riesgo esperable de exposición a agentes químicos sin necesidad de mediciones directas, mediante la integración de cinco factores que afectan al grado de exposición en el entorno laboral.

La fórmula aplicada para el cálculo del nivel de riesgo fue la siguiente:

Nivel de riesgo = P riesgo potencial x P volatilidad x P proceso x FC VLA x P protección colectiva

Los cinco factores considerados fueron:

Riesgo potencial: combina el peligro intrínseco del agente químico, la cantidad absoluta que se maneja y la frecuencia de uso. A mayor toxicidad, volumen o frecuencia, mayor es la puntuación asignada.

Volatilidad: evalúa la capacidad del agente para difundirse en el ambiente, según su estado físico y presión de vapor.

Tipo de proceso: clasifica el modo de manipulación (abierta o cerrada) y su efecto en la generación de emisiones.

Factor de Corrección (FC) según valores límite ambientales (VLA): pondera el riesgo en función de los valores límite de exposición profesional (VLA-ED o VLA-EC), de modo que sustancias con límites más bajos generan un mayor riesgo.

Medidas de protección colectiva: considera la eficacia de los sistemas de ventilación o contención. A menor nivel de protección, mayor puntuación.

Cada parámetro fue puntuado siguiendo las escalas propuestas por la NTP 937, donde valores más altos indican una menor capacidad de control o mayor peligrosidad. La puntuación total obtenida se utilizó para clasificar la exposición en tres niveles:

Nivel 0: Sin exposición (no se identifica presencia del agente).

Nivel 1: Bajo (<100 puntos), cuando la probabilidad de exposición es reducida y/o existen suficientes medidas de control.

Nivel 2: Moderado (100-1.000 puntos), cuando la exposición puede producirse en determinadas condiciones y se requieren medidas preventivas específicas.

Nivel 3: Muy elevado (>1.000 puntos), cuando la exposición es muy probable o intensa y se considera necesaria una intervención inmediata para proteger la salud de los trabajadores.

Este método cualitativo de riesgo por inhalación permite obtener una aproximación estructurada al nivel de exposición en cada GFH, a partir de la combinación de factores que influyen en la generación y el control del riesgo. La magnitud del riesgo combina la probabilidad de exposición con la gravedad de sus consecuencias, y en este estudio se estima cualitativamente siguiendo la metodología de la nota técnica de prevención. La asignación concreta de puntuaciones aplicadas por sustancia y grupo funcional se presenta en la Tabla 3 del artículo.

Análisis

Tras aplicar la metodología cualitativa de la NTP 937 y asignar un nivel de riesgo a cada sustancia química y GFH, se procedió al cálculo de las prevalencias de exposición. Para ello, se identificaron los GFH con presencia de riesgo según los valores obtenidos y se contabilizó el número total de trabajadores asignados a esos grupos. La prevalencia específica por agente se calculó dividiendo el número de personas expuestas a cada sustancia entre el total de la plantilla (N = 4.834), expresándose en porcentaje. Asimismo, se calcularon las prevalencias por nivel de riesgo (bajo y moderado) según los puntos obtenidos tras aplicar la fórmula. Es importante señalar que esta estimación no considera exposiciones individuales, ya que únicamente se dispone de datos grupales agregados por GFH. Finalmente, se estimó la prevalencia global, entendida como el número total de personas expuestas a al menos una de las sustancias analizadas, independientemente del número de productos o niveles de riesgo. Estos cálculos permitieron organizar la información por sustancia, por grupo funcional homogéneo (GFH) y por nivel de riesgo estimado, de acuerdo con la clasificación oficial de la NTP 937. La distribución detallada se presenta en las Tablas 3 y 4.

Tabla 3. Evaluación del riesgo químico por inhalación de los productos seleccionados según los 10 Grupos Funcionales Homogéneos (GFH) analizados en el estudio. Hospital del Mar, Barcelona, 2023

Agente Químico	Grupos funcionales homogéneos	VALOR DE LAS VARIABLES-FACTORES DE RIESGO EN LA ECUACIÓN DE NIVEL DE RIESGO DE EXPOSICIÓN ESPERABLE POR AGENTE QUÍMICO Y GFH									
		P _{riesgo potencial}	P _{volatilidad}	P _{proceso}	FC _{VLA}	P _{prot col}	Resultado de la ecuación	Nivel de riesgo de exposición	Prevalencia en el conjunto del colectivo profesional GFH Nivel 3	Magnitud del riesgo: resultado de combinar nivel de riesgo con prevalencia en el GFH	Nivel de magnitud del riesgo real
Formaldehído	Anatomía Patológica	4	2	2	1	2	50	BAJO	0,7	35	BAJO
	Bloque Quirúrgico	4	2	2	1	4	350	MODERADO	0,1	35	BAJO
	Exploraciones Complementarias	4	2	1	1	3	7	BAJO	0,1	0,7	BAJO
Gases Anestésicos	Anestesia	2	2	2	1	2	0,5	BAJO	1	0,5	BAJO
	Bloque Quirúrgico	2	2	2	1	2	0,5	BAJO	1	0,5	BAJO
	Servicios Quirúrgicos	2	2	2	1	2	0,5	BAJO	1	0,5	BAJO
	Servicios Clínicos	2	2	2	1	2	0,5	BAJO	0,1	0,05	BAJO
	Reanimación	2	2	3	1	3	35	BAJO	1	35	BAJO
	Farmacia	4	1	2	1	1	0,05	BAJO	0,1	0,005	BAJO
Ciclofosfamida	Hospital De Día	4	1	3	1	3	350	MODERADO	1	350	MODERADO
	Unidad De Agudos Monobloque	4	1	3	1	3	350	MODERADO	0,7	245	MODERADO
	Farmacia	4	1	2	1	1	0,05	BAJO	0,1	0,005	BAJO
Cisplatino	Hospital De Día	4	1	3	1	3	350	MODERADO	1	350	MODERADO
	Unidad De Agudos Monobloque	4	1	3	1	3	350	MODERADO	0,7	245	MODERADO
	Bloque Quirúrgico	4	1	2	1	2	5	BAJO	0,1	0,5	BAJO
	Servicios Quirúrgicos	4	1	2	1	2	5	BAJO	0,1	0,5	BAJO
	Anestesia	4	1	2	1	2	5	BAJO	0,1	0,5	BAJO
	Farmacia	4	1	2	1	1	0,05	BAJO	0,1	0,005	BAJO
Tamoxifeno	Hospital De Día	4	1	3	1	3	350	MODERADO	1	350	MODERADO
	Unidad De Agudos Monobloque	4	1	3	1	3	350	MODERADO	0,7	245	MODERADO

Tabla 4. Prevalencia de exposición (P) a formaldehído, gases anestésicos, ciclofosfamida, cisplatino y tamoxifeno según niveles de riesgo en el Hospital del Mar, Barcelona, 2023.

NIVEL DE RIESGO	FORMALDEHIDO		GASES ANESTÉSICOS		CICLOFOSFAMIDA		CISPLATINO		TAMOXIFENO		TOTAL HOSPITAL	
	Personas expuestas (N)	Prevalencia exposición (%)	Personas expuestas (N)	Prevalencia exposición (%)	Personas expuestas (N)	Prevalencia exposición (%)	Personas expuestas (N)	Prevalencia exposición (%)	Personas expuestas (N)	Prevalencia exposición (%)	Personas expuestas (N)	Prevalencia exposición (%)
Nivel de riesgo 1	253	5,2	944	19,5	92	1,9	545	11,2	92	1,9	1088	22,5
Nivel de riesgo 2	108	2,2	0	0	306	6,3	306	6,3	306	6,3	414	8,6
Nivel de riesgo 3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cualquier nivel de riesgo	361	7,4	944	19,5	398	8,2	851	17,5	398	8,2	1502	31,1

Resultados

Del total de 46 Grupos Funcionales Homogéneos (GFH) analizados en el Hospital del Mar, se identificó exposición a alguno de los 6 agentes químicos seleccionados en 10 GFH, que agrupan a 1.502 personas trabajadoras. Esta cifra representa una prevalencia global del 31,1 % respecto al total de la plantilla (N = 4.834).

Los resultados del análisis muestran que la mayoría de las exposiciones (1.088 personas, 22,5 %) se clasifican como de riesgo bajo. Este nivel corresponde principalmente a la exposición a gases anestésicos (sevoflurano y desflurano), presentes en múltiples servicios quirúrgicos, anestesia y reanimación, donde las condiciones de uso y las medidas de contención permiten mantener el riesgo dentro de niveles controlados. En este mismo nivel se encuentran también exposiciones a formaldehído en Anatomía Patológica y Exploraciones Complementarias, así como a fármacos citotóxicos en el Servicio de Farmacia.

Por su parte, el nivel de riesgo moderado (puntuación entre 100 y 1.000) afecta a 414 personas (8,6 %) donde destaca la manipulación de tamoxifeno, ciclofosfamida y cisplatino en los GFH de Hospital de Día, Unidad de Agudos del Monobloque y Bloque Quirúrgico, así como con la exposición a formaldehído en el Bloque Quirúrgico.

No se identificaron situaciones de riesgo elevado (>1.000 puntos).

Discusión

Las MEE han demostrado ser herramientas útiles para estimar riesgos laborales, como confirma la validación de la JEM Soignances, con buena concordancia en exposiciones biomecánicas y organizacionales, aunque limitada en las psicosociales⁽⁵⁾. La revisión de Descatha et al. (2022) refuerza su valor en epidemiología poblacional, destacando ejemplos consolidados, junto a sus ventajas y limitaciones⁽⁶⁾. En España, más allá de la MatEmESp, apenas se han aplicado estas herramientas en el ámbito hospitalario, lo que justifica estudios piloto que aporten datos locales sobre exposiciones químicas y orienten medidas preventivas⁽²⁾. En este contexto, el presente trabajo confirma la utilidad de una MEE como herramienta cualitativa para estimar el riesgo por inhalación de sustancias químicas en entornos hospitalarios, donde las mediciones individuales no siempre son factibles. La matriz elaborada, basada en la metodología cualitativa de la NTP 93716, ha permitido identificar niveles de riesgo diferenciados entre los distintos GFH, con especial relevancia para la vigilancia de la salud y la planificación de medidas preventivas en el entorno laboral sanitario.

Los resultados muestran que solo una parte de los GFH presentó exposición a los agentes químicos analizados, mayoritariamente en niveles bajos y, en menor medida, moderados, lo que podría deberse tanto a la eficacia de las medidas preventivas implantadas como al carácter exploratorio del análisis. No se identificaron casos de riesgo elevado. La exposición moderada se concentró en áreas específicas como el hospital de día y algunas unidades hospitalarias, mientras

que la exposición baja fue más frecuente, especialmente en farmacia, anestesia y servicios quirúrgicos.

A diferencia de otras MEE como MatEmESp, que agrupan ocupaciones según clasificaciones nacionales y tienen un enfoque epidemiológico más general⁽²⁾, este estudio plantea una aproximación operativa y adaptada a la estructura interna del hospital. No obstante, a pesar de la ventaja que supone trabajar con GFH del nivel 3 (mayor desagregación funcional), no se ha podido estimar la prevalencia específica individualizada dentro de cada GFH ni vincularla a tareas concretas, lo que limita la capacidad de intervención dirigida.

Entre las principales limitaciones se encuentra el carácter cualitativo de la metodología utilizada, que, si bien es útil para priorizar intervenciones, no sustituye a mediciones ambientales ni permite evaluar exposiciones intermitentes o picos puntuales. Además, la aplicación de puntuaciones requiere el juicio experto del evaluador, lo que introduce un margen de subjetividad. Tampoco se analizaron posibles exposiciones combinadas ni se estimaron efectos acumulativos entre agentes, aspectos que podrían abordarse en futuras investigaciones. Asimismo, debe destacarse que esta MEE solo considera la vía de exposición por inhalación, conforme a la NTP 937⁽¹⁶⁾, por lo que los resultados no pueden extrapolarse a otros mecanismos de exposición como el contacto dérmico. Esta limitación metodológica puede infraestimar el riesgo total.

El conjunto de estos hallazgos refuerza la utilidad de integrar matrices cualitativas como esta en la gestión preventiva hospitalaria, al ofrecer una herramienta adaptada al contexto sanitario que facilita la priorización de actuaciones, orienta la toma de decisiones organizativas y puede servir como base para futuras investigaciones más detalladas, incluyendo validaciones cuantitativas o análisis longitudinales de exposición.

Bibliografía

1. Févotte J, Dananché B, Delabre L, Ducamp S, Garras L, Houot M, et al. Matgéné: A Program to Develop Job-Exposure Matrices in the General Population in France. *Ann Occup Hyg.* 2011;55(8):865-78. doi: 10.1093/annhyg/mer067
2. García AM, González-Galarzo MC, Kauppinen T, Delclos GL, Benavides FG. A job exposure matrix for research and surveillance of occupational health and safety in Spanish workers: MatEmESp. *Am J Ind Med.* 2013;56(10):1226-38. doi: 10.1002/ajim.22213.
3. Dobson R, Demou E, Semple S. Occupational Exposure to Second-Hand Tobacco Smoke: Development of a Job Exposure Matrix. *Ann Work Expo Health.* 2021; 65(9):1133-8. doi: 10.1093/annweh/wxab019.
4. Kauppinen T, Toikkanen J, Pukkala E. From cross-tabulations to multipurpose exposure information systems: a new job-exposure matrix. *Am J Ind Med.* 1998; 33(4):409-17. doi: 10.1002/(sici)1097-0274(199804)33:4<409::aid-ajim12>3.0.co;2-2.

- 5.** Singier A, Fadel M, Gilbert F; Soignances Group; Ester-MESuRS Collaboration on Occupational Risks; Zins M, Temime L, Descatha A. Validation of JEM Soignances Job-Exposure Matrix Through Comparison with Self-Reported Exposures Among Healthcare Workers in CONSTANCES. *J Occup Rehabil.* 2025. doi: 10.1007/s10926-025-10289-0.
- 6.** Descatha A, Fadel M, Sembajwe G, Peters S, Evanoff BA. Job-Exposure Matrix: A Useful Tool for Incorporating Workplace Exposure Data Into Population Health Research and Practice. *Front Epidemiol.* 2022; 2:857316. doi: 10.3389/fepid.2022.857316.
- 7.** Ruiz-Frutos C, Delclos J, Ronda E, Garcia AM, Benavides FG. Salud laboral. Conceptos y técnicas para la prevención de riesgos laborales. 5ª ed. Madrid: Elsevier. 2014; p.293-312.
- 8.** Universitat de les Illes Balears. Prevención de riesgos laborales. Capítulo: Riesgos laborales y su prevención. Tema: Riesgos ligados al medio ambiente de trabajo. Unidad: contaminantes químicos. Palma de Mallorca. 2003. Disponible en: https://www.academia.edu/30451830/PREVENCI%C3%93N_DE_RIESGOS_LABORALES_Capitulo_2_RIESGOS_GENERALES_Y_SU_PREVENCI%C3%93N_Tema_2_Riesgos_ligados_al_medio_ambiente_de_trabajo_Unidad_2_Contaminantes_Qu%C3%ADmicos_Contenido_de_la_unidad
- 9.** Límites de exposición profesional para agentes químicos en España. 2025. Madrid: Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST), marzo 2025. Disponible en: <https://bdlep.insst.es/LEP/>
- 10.** National Institute for Occupational Safety and Health. NIOSH Manual of Analytical Methods (NMAM): Formaldehyde Method, Issue 2. 2016. Disponible en <https://www.cdc.gov/niosh/docs/2003-154/pdfs/2016.pdf>
- 11.** International Agency for Research on Cancer. Tamoxifen. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, Volume 100A. IARC, 2012/06. Disponible en: <https://publications.iarc.fr/Book-And-Report-Series/Iarc-Monographs-On-TheIdentification-Of-Carcinogenic-Hazards-To-Humans/Pharmaceuticals-2012>
- 12.** Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST). NTP 740: Exposición laboral a citostáticos en el ámbito sanitario. Madrid: INSST; 2004. Disponible en: https://www.insst.es/documents/94886/327446/ntp_740.pdf/74958b24-1471-4b6c-b8c0-13f34c831a18
- 13.** National Institute for Occupational Safety and Health. NIOSH Alert: Preventing occupational exposure to antineoplastic and other hazardous drugs in healthcare settings. Cincinnati (OH): Centers for Disease Control and Prevention, 2004. Disponible en: <https://www.cdc.gov/niosh/docs/2004-165/pdfs/2004-165.pdf>
- 14.** Schenk KE, Schierl R, Angele M, Burkhart-Reichl A, Glockzin G, Novotny A, Nowak D. Cisplatin and oxaliplatin surface contamination in intensive care units (ICUs) and hospital wards during attendance of HIPEC patients, *Int Arch Occup Environ Health.* 2016; 89(6):991-6. doi: 10.1007/s00420-016-1137-3.

15. Hemmings HC, Hopkins PM. Foundations of anesthesia: basic sciences for clinical practice. 2nd ed. Philadelphia: Elsevier Health Sciences; 2018. Disponible en: https://books.google.es/books?id=xaXu1wHmENoC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f

16. Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST). Agentes químicos: evaluación cualitativa y simplificada del riesgo por inhalación (III). Método basado en el INRS. Nota Técnica de Prevención NTP 937. Madrid: INSST; 2012. Disponible en: <https://www.insst.es/documentacion/colecciones-tecnicas/ntp-notas-tecnicas-de-prevencion/27-serie-ntp-numeros-926-a-960-ano-2012/nota-tecnica-de-prevencion-ntp-937>.

Financiación

Los autores no recibieron apoyo financiero para la investigación, autoría, y/o publicación de este artículo.

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existen posibles conflictos de intereses con respecto a la investigación, autoría y/o publicación de este artículo.