



MEDICINA y SEGURIDAD del trabajo

INTERNET

EDITORIAL

Servicio de prevención propio para Atención Primaria de la Comunidad de Madrid

Manuel Martínez Vidal 241-243

ARTÍCULO ESPECIAL

Estrés y bienestar en profesionales de enfermería intensiva dentro del ámbito de la donación y el trasplante de órganos: una propuesta desde la psicología de la salud ocupacional

Luis Manuel Blanco-Donoso, Isabel Carmona-Cobo, Bernardo Moreno-Jiménez, María Luisa Rodríguez de la Pinta, Elton Carlos de Almeida, Eva Garrosa 244-262

ORIGINAL

Dermatopatías Laborales: Registro de Mutua de Seguridad CChC durante 2012

Juan Pablo Mönckeberg Solar, Karen Valenzuela Landaeta, Viera Kaplan Zapata 263-270

REVISIONES

Revisión de la literatura sobre efectos nocivos de la exposición laboral a hidrocarburos en trabajadores en ambiente externo

Aroa Zubizarreta Solá, Javier Martínez Menéndez, Pablo Rivas Pérez, Sandra Gómez Iglesias, Ana Sanz Borrás 271-294

Revisión Sistemática sobre los efectos tóxicos de las nanopartículas metálicas en la salud de los trabajadores

Sara Santana Báez, Mariazel Mendoza Martín, María Carolina Quevedo Villegas y Edgar Josue Gutiérrez Disla 295-311

Neoplasias en trabajadores expuestos al aluminio y/o sus compuestos: Revisión sistemática

Patricia Troncoso-Piñeiro, Anaís Elvira González-de Giaratana, Isidro Rivadulla-Lema, María Gabriela Torres-Romero, Javier Sanz-Valero 312-326

252

Tomo 64 · Julio-septiembre 2018 · 3.º Trimestre Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades

Med Seg Trab Internet 2018; 64 (252):241-243 Instituto de Salud Carlos III

Fundada en 1952

ISSN: 1989-7790

NIPO: 062170138

Escuela Nacional de Medicina del Trabajo

<http://scielo.isciii.es>

ISC
Instituto
de Salud
Carlos III

Ministerio de Ciencia, Innovación
y Universidades

Escuela Nacional de
Medicina del Trabajo



International Labour Organization

International Occupational Safety and Health Information Centre (CIS)

Centro Nacional en España: Escuela Nacional de Medicina del Trabajo (ISCIII)



SUMARIO

EDITORIAL

Servicio de prevención propio para Atención Primaria de la Comunidad de Madrid

Manuel Martínez Vidal 295-311

ARTÍCULO ESPECIAL

Estrés y bienestar en profesionales de enfermería intensiva dentro del ámbito de la donación y el trasplante de órganos: una propuesta desde la psicología de la salud ocupacional

Luis Manuel Blanco-Donoso, Isabel Carmona-Cobo, Bernardo Moreno-Jiménez, María Luisa Rodríguez de la Pinta, Elton Carlos de Almeida, Eva Garrosa 244-262

ORIGINAL

Dermatopatías Laborales: Registro de Mutual de Seguridad CChC durante 2012

Juan Pablo Mönckeberg Solar, Karen Valenzuela Landaeta, Viera Kaplan Zapata 263-270

REVISIONES

Revisión de la literatura sobre efectos nocivos de la exposición laboral a hidrocarburos en trabajadores en ambiente externo

Aroa Zubizarreta Solá, Javier Martínez Menéndez, Pablo Rivas Pérez, Sandra Gómez Iglesias, Ana Sanz Borrás 271-294

Revisión Sistemática sobre los efectos tóxicos de las nanopartículas metálicas en la salud de los trabajadores

Sara Santana Báez, Mariazel Mendoza Martín, María Carolina Quevedo Villegas y Edgar Josue Gutiérrez Disla 295-311

Neoplasias en trabajadores expuestos al aluminio y/o sus compuestos: Revisión sistemática

Patricia Troncoso-Piñeiro, Anais Elvira González-de Giarratana, Isidro Rivadulla-Lema, María Gabriela Torres-Romero, Javier Sanz-Valero 312-326

ESCUELA NACIONAL DE MEDICINA DEL TRABAJO INSTITUTO DE SALUD CARLOS III

Directora: María Luisa Valle Robles

Instituto de Salud Carlos III. Escuela Nacional de Medicina del Trabajo. Madrid (España)

Director emérito: Jorge Veiga de Cabo

Instituto de Salud Carlos III. Escuela Nacional de Medicina del Trabajo. Madrid (España)

COMITÉ EDITORIAL

Editor jefe: Javier Sanz Valero

Universitat Miguel Hernández. Àrea d'Història de la Ciència. Dept. Salut Pública, Història de la Ciència y Ginecologia. Alicante (España)

Editor adjunto: Jerónimo Maqueda Blasco

Instituto Nacional de Seguridad e Higiene del Trabajo. Madrid (España)

Coordinadora de redacción: Isabel Mangas Gallardo

Instituto de Salud Carlos III. Escuela Nacional de Medicina del Trabajo. Madrid (España)

Traductora/revisora: María José Escurís García

MIEMBROS

Guadalupe Aguilar Madrid

Instituto Mexicano del Seguro Social. Unidad de Investigación de Salud en el Trabajo. México

Juan Castañón Álvarez

Jefe de Estudios Unidad Docente. Comunidad Autónoma de Asturias. Asturias (España)

Valentina Forastieri

Programa Internacional de Seguridad, Salud y Medio Ambiente (Trabajo Seguro). Organización Internacional del Trabajo (OIT/ILO). Ginebra (Suiza)

Clara Guillén Subirán

Ibermutuamur. Madrid (España)

Rosa Horna Arroyo

Servicio de Prevención de Riesgos Laborales. Hospital Marqués de Valdecilla. Santander (España)

Juan Antonio Martínez Herrera

Unidad Equipo Valoración Incapacidades. Madrid (España)

António Neves Pires de Sousa Uva

Escola de Saúde Pública. Universidade Nova de Lisboa. Lisboa (Portugal)

Héctor Alberto Nieto

Cátedra de Salud y Seguridad en el Trabajo. Facultad de Medicina de la Universidad de Buenos Aires (Argentina)

Joaquín Nieto Sainz

Director de la Oficina en España de la Organización Internacional del Trabajo.

María Luisa Rodríguez de la Pinta

Servicio de Prevención de Riesgos Laborales. Hospital Puerta de Hierro. Majadahonda. Madrid (España)

José María Roel Valdés

Sector Enfermedades Profesionales. Centro Territorial INVASSAT. Alicante (España)

COMITÉ CIENTÍFICO

Fernando Álvarez Blázquez

Instituto Nacional de la Seguridad Social. Madrid (España)

Francisco Jesús Álvarez Hidalgo

Unidad de Salud, Seguridad e Higiene del Trabajo. Comisión Europea (Luxemburgo)

Carmen Arceiz Campos

Servicio de Prevención de Riesgos Laborales. Hospital de La Rioja. Logroño (España)

Ricardo Burg Ceccim

Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Brasil

María Dolores Carreño Martín

Servicio de Prevención de Riesgos Laborales. Instituto de Salud Carlos III. Madrid (España)

Fernando Carreras Vaquer

Sanidad Ambiental y Salud Laboral. Ministerio de Sanidad, Consumo y Bienestar Social. Madrid (España)

Amparo Casal Lareo

Azienda Ospedaliera. Universitaria Careggi. Florencia (Italia)

Covadonga Caso Pita

Servicio de Prevención de Riesgos Laborales. Hospital Clínico San Carlos. Madrid (España)

Rafael Castell Salvá

Servicio de Prevención de Riesgos Laborales. Palma de Mallorca (España)

María Castellano Royo

Universidad de Granada. Facultad de Medicina. Granada (España)

Luis Conde-Salazar Gómez

Escuela Nacional de Medicina del Trabajo. Instituto de Salud Carlos III. Madrid (España)

Francisco Cruzet Fernández

Especialista en Medicina del Trabajo. Madrid (España)

María Fe Gamio González

Escuela Nacional de Medicina del Trabajo. Instituto de Salud Carlos III. Madrid (España)

María Ángeles García Arenas

Servicio de Prevención y Salud Laboral. Tribunal de Cuentas. Madrid (España)

Fernando García Benavides

Universidad Pompeu-Fabra. Barcelona (España)

Vega García López

Instituto Navarro de Salud Laboral. Pamplona (Navarra). España

Juan José Granados Arroyo

Servicio de Prevención de Riesgos Laborales. Hospital Severo Ochoa. Leganés, Madrid (España)

Felipe Heras Mendaza

Hospital de Arganda del Rey. Arganda del Rey, Madrid (España)

Emilio Jardón Dato

Instituto Nacional de la Seguridad Social. Madrid (España)

Cuauhtémoc Arturo Juárez Pérez

Unidad de Investigación de Salud en el Trabajo. Instituto Mexicano del Seguro Social. México

Francisco Marqués Marqués

Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. Madrid (España)

Gabriel Martí Amengual

Universidad de Barcelona. Barcelona (España)

Begoña Martínez Jarreta

Universidad de Zaragoza. Zaragoza (España)

Pilar Nova Melle

Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED). Madrid (España)

Elena Ordaz Castillo

Escuela Nacional de Medicina del Trabajo. Instituto de Salud Carlos III. Madrid (España)

Carmen Otero Dorrego

Servicio de Prevención de Riesgos Laborales. Hospital General de Móstoles. Móstoles, Madrid (España)

Cruz Otero Gómez

Servicio de Prevención de Riesgos Laborales. Hospital Universitario Príncipe de Asturias. Alcalá de Henares. Madrid (España)

Fernando Rescalvo Santiago

Jefe de la Unidad Docente Multidisciplinar de Salud Laboral de Castilla y León. Hospital Clínico Universitario de Valladolid. España

Vicente Sánchez Jiménez

Formación y Estudios Sindicales FECOMA-CCOO. Madrid (España)

Pere Sant Gallén

Escuela de Medicina del Trabajo. Universidad de Barcelona. Barcelona (España)

Dolores Solé Gómez

Instituto Nacional de Seguridad e Higiene del Trabajo. Barcelona (España)

José Ramón Soriano Corral

Mutua Universal. Madrid (España)

Rudolf Van Der Haer

MC Mutual. Barcelona (España)

Carmina Wanden-Berghe

Universidad CEU Cardenal Herrera. Elche. Alicante (España). Hospital General Universitario de Alicante (España)

Marta Zimmermann Verdejo

Instituto Nacional de Seguridad e Higiene del Trabajo. Madrid (España)

Escuela Nacional de Medicina del Trabajo del ISCIII Pabellón, 13 – Campus de Chamartín – Avda. Monforte de Lemos, 3 - 5 o C/ Melchor Fernández Almagro, 3 – 28029 Madrid. España.

Indexada en

OSH – ROM (CISDOC) Organización Internacional del Trabajo (OIT)
HINARI, Organización Mundial de la Salud (OMS)
IBECS, Índice Bibliográfico Español de Ciencias de la Salud
IME, Índice Médico Español
SciELO (Scientific Electronic Library Online)
Dialnet
Latindex
Free Medical Journals
Portal de Revistas Científicas. BIREME.OPS/OMS

Periodicidad

Trimestral, 4 números al año.

Edita

Escuela Nacional de Medicina del Trabajo
Instituto de Salud Carlos III
Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades



NIPO en línea: 062170138

ISSN: 1989 - 7790

Diseño y maquetación: DiScript Preimpresión, S. L.

<http://publicaciones.isciii.es>

<http://www.scielo.org>

<http://scielo.isciii.es>

<http://www.freemedicaljournals.com/>

<http://dialnet.unirioja.es/>

<http://publicacionesoficiales.boe.es>



<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

NORMAS DE PUBLICACIÓN

La Revista de Medicina y Seguridad del Trabajo nace en 1952, editada por el Instituto Nacional de Medicina y Seguridad del Trabajo. A partir de 1996 hasta la actualidad es editada por la Escuela Nacional de Medicina del Trabajo (ENMT) del Instituto de Salud Carlos III (ISCIII) de Madrid (España) en formato papel, y desde 2009 exclusivamente en formato electrónico.

Medicina y Seguridad del Trabajo se encuentra accesible desde diferentes plataformas y repositorios entre los que podemos citar el Instituto de Salud Carlos III (<http://www.isciii.es>), Scientific Electronic Library (SciELO, <http://www.scielo.org> y <http://scielo.isciii.es>), Directory of Open Access Journals (DOAJ, <http://www.doaj.org>).

1.- POLÍTICA EDITORIAL

Medicina y Seguridad del Trabajo es una revista científica que publica trabajos relacionados con el campo de la medicina del trabajo y la salud laboral. Acepta artículos redactados en español y/o inglés (en los casos en que se reciban en ambos idiomas se podrá contemplar la posibilidad de publicar el artículo en español e inglés). Los manuscritos han de ser originales, no pueden haber sido publicados o encontrarse en proceso de evaluación en cualquier otra revista científica o medio de difusión y adaptarse a los Requisitos de Uniformidad del Comité Internacional de Editores de Revistas Médicas (International Committee of Medical Journal Editors, ICMJE) (versión en inglés <http://www.icmje.org>), versión en español, http://foietes.files.wordpress.com/2011/06/requisitos_de_uniformidad_2010_completo.pdf).

La remisión de manuscritos a la revista para su publicación en la misma, supone la aceptación de todas las condiciones especificadas en las presentes normas de publicación.

El Comité de Redacción de la revista no se hace responsable de los resultados, afirmaciones, opiniones y puntos de vista sostenidos por los autores en sus diferentes formas y modalidades de intervención en la revista.

1.1.- Autoría, contribuciones y agradecimientos

Conforme al ICMJE, los autores firmantes deben haber participado suficientemente en el trabajo, asumir la responsabilidad de al menos una de las partes que componen la obra, identificar a los responsables de cada una de las demás partes y confiar en la capacidad e integridad de aquellos con quienes comparte autoría.

Aquellos colaboradores que han contribuido de alguna forma en la elaboración del manuscrito, pero cuya colaboración no justifica la autoría, podrán figurar como "investigadores clínicos o investigadores participantes" describiendo escuetamente su contribución. Las personas que no cumplan ninguno de estos criterios deberán aparecer en la sección de Agradecimientos.

Toda mención a personas físicas o jurídicas incluidas en este apartado deberán conocer y consentir dicha mención, correspondiendo a los autores la gestión de dicho trámite.

1.2.- Derechos de autor (copyright)

Medicina y Seguridad del Trabajo se encuentra adherida a la licencia Creative Commons (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>)



1.3.- Conflicto de intereses

Los autores deberán declarar aquellos posibles conflictos de intereses profesionales, personales, financieros o de cualquier otra índole que pudieran influir en el contenido del trabajo.

En caso de que el manuscrito o parte de su contenido hubiese sido publicado previamente en algún medio de comunicación, deberá ser puesto en conocimiento del Comité de Redacción de la revista, proporcionando copia de lo publicado.

1.4.- Financiación

En caso de que el trabajo haya tenido financiación parcial o total, por alguna institución pública o privada, deberá hacerse constar tanto en la carta de presentación como en el texto del manuscrito.

1.5.- Permisos de reproducción de material publicado

Es responsabilidad de los autores la obtención de todos los permisos necesarios para reproducción de cualquier material protegido por derechos de autor o de reproducción, así como de la correspondiente autorización escrita de los pacientes cuyas fotografías estén incluidas en el artículo, realizadas de forma que garanticen el anonimato de los mismos.

1.6.- Compromisos éticos

En los estudios realizados con seres humanos, los autores deberán hacer constar de forma explícita que se han cumplido las normas éticas del Comité de Investigación o de Ensayos Clínicos establecidas en la Institución o centros donde se hay realizado el trabajo, conforme a la declaración de Helsinki.

En caso de que se hayan realizado experimentos con animales, los autores deberán indicar el cumplimiento de normas nacionales para el cuidado y uso de animales de laboratorio.

2.- REMISIÓN DE MANUSCRITOS

2.1.- Formas de envío

Los autores deberán enviar a revistaenmt@isciii.es, una carta de presentación dirigida al Comité de Redacción, acompañando al manuscrito.

2.2.- Carta de presentación

La carta de presentación deberá especificar:

- Tipo de artículo que se remite.
- Breve explicación del contenido y principales aplicaciones.
- Datos del autor principal o responsable de recibir la correspondencia, en caso de que no coincida con el autor principal, relación de todos los autores y filiaciones de cada uno.
- Documento de conformidad de cada uno de los firmantes.
- Declaración explícita de que se cumplen todos los requisitos especificados dentro del apartado de Política Editorial de la revista (Punto 1).

2.3.- Contenido del manuscrito

El artículo se encontrará estructurado en las siguientes secciones: Título, Resumen, Palabras clave, Texto, Tablas, Figuras y Bibliografía. En los casos en que se requiera, Anexos y Listado de abreviaturas.

2.3.1.- Página del título

Deberá contener:

- **Título** en español y en inglés, procurando no exceder, en lo posible, en más de 15-20 palabras. Debe describir el contenido del artículo de forma clara y

concisa, evitando utilización de acrónimos y abreviaturas que no sean de uso común.

- **Autor encargado de recibir la correspondencia:** Puede ser el autor principal u otra persona designada. Deberá figurar nombre completo y apellidos, dirección postal, teléfono y correo electrónico.

- **Autores:**

- Apellidos y nombre o inicial, separado por comas, hasta un máximo de seis. Cuando el número de autores sea superior, la revista permite la opción de añadir "et al" o incluir una relación de los mismos al final del texto. En caso de que se incluyan dos apellidos, estos deberán encontrarse separados por un guion. Mediante números arábigos en superíndice, cada autor se relacionará con la institución/es a la/s que pertenece.
- En caso de que en la publicación deba hacer mención a algún tipo de agradecimiento, participantes o institución financiadora, deberá hacerse constar en esta página.

2.3.2.- Resumen

Cada artículo de investigación original y revisiones, deberán contar con un *resumen en español* y un *abstract en inglés*, preferiblemente estructurado en los apartados de introducción, objetivos, material y método, resultados y discusión (o conclusiones en su caso). Deberá ser lo suficientemente explicativo del contenido del artículo, no contendrá citas bibliográficas ni información o conclusiones que no se encuentren referidas en el texto.

2.3.3.- Palabras clave

A continuación y de forma separada de estos, se incluirán de tres a cinco *palabras clave en español* y *en inglés* (key words).

Para definir las palabras clave se recomienda utilizar descriptores utilizados en tesauros internacionales:

- Descriptores en Ciencias de la Salud (DeCS) (<http://decs.bvs.br/E/homepagee.htm>),
- Medical Subject Headings (MeSH) (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/sites/entrez?db=mesh>),
- Tesauro de la Organización Internacional del Trabajo (OIT-ILO) (<http://www.ilo.org/thesaurus/defaultes.asp>).

2.3.4.- Texto

Los manuscritos deberán ser redactados en formato Microsoft Word 2010 o compatible.

En el caso de artículos originales, deberán encontrarse estructurados atendiendo a las siguientes secciones: Introducción (finalizando con los objetivos del estudio), Material y métodos, Resultados y Discusión (Conclusiones en su caso), cada una de ellas, convenientemente encabezadas.

Se citarán aquellas referencias bibliográficas estrictamente necesarias, mediante números arábigos en forma de superíndices por orden de aparición, tanto en el texto como en las figuras.

Las referencias a textos que no hayan sido publicados ni que se encuentren pendientes de publicación (comunicaciones personales, manuscritos o cualquier otro dato o texto no publicado), podrá incluirse entre paréntesis dentro del texto del artículo, pero no se incluirá en las referencias bibliográficas.

En el apartado de material y métodos se especificará el diseño, la población de estudio, los métodos estadísticos empleados, los procedimientos y normas éticas seguidas en caso de que sean necesarias y los procedi-

mientos de control de sesgos, entre otros aspectos que se consideren necesarios.

Los trabajos de actualización y revisión bibliográfica pueden requerir una estructura diferente en función de su contenido.

2.3.5.- Tablas y figuras

El título se situará en la parte superior y tanto el contenido como las notas al pie, deberán ser lo suficientemente explicativos como para poder ser interpretadas sin necesidad de recurrir al texto.

Las tablas se enviarán en formato Microsoft Word 2010 o compatible y las figuras en formato Power Point, JPEG, GIFF o TIFF. Preferiblemente en fichero aparte del texto y en páginas independientes para cada una de ellas, indicando en el texto el lugar exacto y orden en el que deben ser intercaladas, aunque también se admite que remitan ya intercaladas en el texto.

Tanto las tablas como las figuras deberán estar numeradas según el orden de aparición en el texto, pero de forma independiente, las tablas mediante números romanos y las figuras mediante números arábigos. Se recomienda no sobrepasar el número de ocho tablas y ocho figuras en los artículos originales.

2.3.6.- Abreviaturas

En caso de que se utilicen abreviaturas, la primera vez que aparezca en el texto deberá encontrarse precedida del nombre completo al que sustituye la abreviación e incluirse entre paréntesis. No será necesario en caso de que se corresponda con alguna unidad de medida estándar. Cuando se utilicen unidades de medida, se utilizarán, preferentemente las abreviaturas correspondientes a las Unidades del Sistema Internacional. Siempre que sea posible, se incluirá como anexo, un listado de abreviaturas presentes en el cuerpo del trabajo.

2.3.7.- Anexos

Se corresponderá con todo aquel material suplementario que se considere necesario adjuntar para mejorar la comprensión del trabajo (encuestas, resultados analíticos, tablas de valores, etc.).

2.3.8.- Agradecimientos, colaboraciones y menciones especiales

En esta sección se hará mención a todos los colaboradores que no cumplen los criterios de autoría (personas, organismos, instituciones o empresas que hayan contribuido con su apoyo o ayuda, técnica, material o económica, de forma significativa en la realización del artículo).

2.3.9.- Referencias bibliográficas

Al final del artículo, deberá figurar la relación numerada de referencias bibliográficas siguiendo el mismo orden de aparición en el texto. (Número recomendado por artículo 40 referencias)

Deberán cumplir los Requisitos de Uniformidad del Comité Internacional de Editores de Revistas Médicas y adaptarse al sistema de citación de la National Library of Medicine de EEUU para publicaciones médicas (*Citing Medicine: The NLM Style Guide for Authors, Editors and Publishers*), disponible en <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/bv.fcgi?call=bv.View..ShowTOC&rid=citmed.TOC&depth=2>.

En **ANEXO** se incluyen algunos ejemplos que pueden ayudar a redactar la bibliografía

3.- Tipos y extensión de manuscritos

3.1.- Artículos Originales

Se consideran artículos originales aquellos trabajos de investigación cuantitativa o cualitativa relacionados con cualquier aspecto del campo sanitario relacionado con

las áreas de estudio de la revista. (Tamaño recomendado: 2.000 - 4.000 palabras)

3.2.- Revisiones

Trabajos de revisión de determinados temas que se consideren de relevancia en la práctica médica, preferentemente con carácter de revisiones bibliográficas o sistemáticas. (Tamaño recomendado 3.000 – 5.000 palabras)

3.3.- Casos clínicos

Descripción de uno o más casos por su especial interés, aportación al conocimiento científico o extrañeza, entre otros motivos. (Tamaño recomendado, menos de 1.500 palabras)

3.4.- Editoriales

Artículos escritos a solicitud del Comité Editorial sobre temas de interés o actualidad.

3.5.- Cartas al Director

Observaciones o comentarios científicos o de opinión sobre trabajos publicados en la revista recientemente o que constituyan motivo de relevante actualidad (tamaño recomendado: 200 – 500 palabras).

3.6.- Artículos especiales

El Comité Editorial podrá encargar o aceptar para esta sección, trabajos de investigación o actualizaciones que considere de especial relevancia. Aquellos autores

que deseen colaborar en esta sección deberán solicitarlo previamente al Comité Editorial, enviando un breve resumen y consideraciones personales sobre el contenido e importancia del tema.

3.7.- Aula Abierta

Artículos de carácter docente destinados a atender determinadas necesidades del programa de la especialidad de medicina del trabajo que se imparte en la Escuela Nacional de Medicina del Trabajo (ENMT-ISCIII).

4.- Proceso editorial

El Comité Editorial acusará recibo informando al autor principal de la recepción del manuscrito.

Los manuscritos recibidos se someterán a revisión por el Comité Editorial y serán sometidos a una evaluación por pares (*peer-review*) realizada por revisores expertos. El resultado de dicha evaluación se remitirá a los autores para que, cuando proceda, realicen las correcciones indicadas por los evaluadores dentro del plazo señalado.

Previamente a la publicación del artículo, se enviará una prueba a los autores para que la revisen detenidamente y señalen aquellas posibles erratas, debiendo devolverla corregida en un plazo no superior a 72 horas.

Todos los trabajos que no cumplan las Normas de Publicación de la revista podrán ser rechazados.

ANEXO:

Ejemplos de redacción de referencias bibliográficas más comunes

A) Artículo en revista médica:

Autor o autores (separados por comas). Título del artículo. Abreviatura internacional de la revista año; volumen (número): página inicial-página final del artículo.

Ejemplo:

Álvarez-Gómez S, Carrión-Román G, Ramos-Martín A, Sardina M^oV, García-González A. Actualización y criterios de valoración funcional en el transporte cardíaco. *Med Segur Trab* 2006; 52 (203): 15-25.

Cuando el número de autores sea superior a seis, se incluirán los seis primeros, añadiendo la partícula latina "et al."

B) Documento sin mencionar al autor:

Iniciativa sobre comunicaciones eruditas. Association of College and Research Libraries (ACRL). Disponible en: <http://www.geotropico.org/ACRL-2.pdf>

C) Libros y monografías:

Autor o autores (separados por comas). Título del libro. Edición. Lugar de publicación: Editorial; año.

Ejemplo:

Gil-Lozaga P, Puyol R. Fisiología de la audición. 1^o Ed. Madrid: Interamericana-Mc Graw Hill; 1996.

D) Capítulo de un libro

Autor o autores del Capítulo (separados por comas). Título del Capítulo. En: Autor o autores del libro (separados por comas). Título del libro. Edición. Lugar de publicación: Editorial; año. Páginas.

Ejemplo:

Bonet ML. Aspectos éticos de la investigación en nutrigenómica y con biobancos. En: Alemany M, Bernabeu-Maestre J (editores). *Bioética y Nutrición*. 2010. Editorial AguaClara. Alicante: 247-264.

E) Material electrónico:

E-1) CD-ROM

Anderson SC, Poulsen KB. Anderson's electronic atlas of hematology [CD-ROM]. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2002.

E-2) Artículo en revista en Internet:

López-Villaescusa MT, Robuschi-Lestouquet F, Negrín-González J, Muñoz-González RC, Landa-García R, Conde-Salazar-Gómez L. Dermatitis actínica crónica en el mundo laboral. *Med. segur. trab.* [revista en la Internet]. 2012 Jun [consultado 5 de abril de 2013];58(227):128-135. Disponible en:

http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0465-546X2012000200006&lng=es.

<http://dx.doi.org/10.4321/S0465-546X2012000200006>

MEDICINA y SEGURIDAD *del trabajo*

Editorial

Servicio de prevención propio para Atención Primaria de la Comunidad de Madrid

Own prevention service for the Primary Health care of the Community of Madrid

Manuel Martínez Vidal¹

1. Gerencia Asistencial de Atención Primaria. Servicio Madrileño de Salud. Madrid. España.

Recibido: 10-09-2018

Aceptado: 10-09-2018

Correspondencia

Manuel Martínez Vidal

Jefe Servicio de Prevención Riesgos Laborales

Gerencia Asistencial de Atención Primaria

Servicio Madrileño de Salud

C/ San Martín de Porres, 6 - 6ª planta

28035 Madrid. España.

Tel.: 913700102 / 124

Correo electrónico: manuel.martinez@salud.madrid.org

La entrada en vigor de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales y la legislación posterior que la desarrolla, supuso un cambio fundamental en la situación en la que se encontraban las Administraciones Públicas respecto a las políticas de protección de la salud de los trabajadores mediante la prevención de los riesgos derivados de su trabajo, ya que no solo posee el carácter de legislación laboral, sino que también se constituye en norma básica del régimen estatutario de los funcionarios públicos.

El Pacto suscrito el 18 de diciembre de 1998 entre INSALUD y Sindicatos para la constitución de los Servicios de Prevención en su ámbito asistencial, estableció para la Comunidad de Madrid la constitución de once Servicios de Prevención que, ubicados en los hospitales de referencia, daban cobertura a los centros de Atención Especializada, de Atención Primaria y SUMMA 112 comprendidos en cada una de las once Áreas de Salud definidas en su momento.

La Ley 6/2009, de 16 de noviembre, organizó el Sistema Sanitario Público de la Comunidad de Madrid en un Área de Salud Única integrada por el conjunto del territorio de la región. Posteriormente, el Decreto 52/2010, de 29 de julio, unificó la estructura organizativa territorial preexistente en Atención Primaria, en un modelo organizativo funcional, cuyo órgano de dirección en la actualidad es la Gerencia Asistencial de Atención Primaria, siendo los Centros de Salud las estructuras esenciales para la provisión de los servicios asistenciales, agrupándose estos funcionalmente en siete Direcciones Asistenciales.

La nueva estructura organizativa en Atención Primaria determina diferencias de ámbito territorial con los Servicios de Prevención ubicados en los hospitales, cuyas once zonas de cobertura respectivas no pueden coincidir con la agrupación de todos los centros adscritos a las siete Direcciones Asistenciales.



<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Asimismo, el nivel asistencial de Atención Primaria presenta unas características funcionales específicas y una gran dispersión que hacen necesaria una homogeneidad de los procedimientos, criterios y actuaciones en materia de prevención de riesgos laborales, únicamente alcanzable mediante un Servicio de Prevención propio y adaptado, en su estructura, a la organización territorial de la Gerencia Asistencial de Atención Primaria.

La creación de este nuevo Servicio de Prevención de Riesgos Laborales de la Gerencia Asistencial de Atención Primaria, supone una variación de los centros asignados a cada uno de los Servicios de Prevención existentes, lo que ha determinado la necesidad de modificar la asignación de centros a los Servicios de Prevención hospitalarios.

La Comisión Central de Salud Laboral, órgano especializado de la Mesa Sectorial del Personal de las Instituciones Sanitarias Públicas del Servicio Madrileño de Salud, de participación y representación en materia de prevención de riesgos laborales, en su reunión de fecha 14 de junio de 2016, manifestó su acuerdo con la constitución de un Servicio de Prevención de Riesgos Laborales para Atención Primaria, asimismo se aprobó la modificación de la asignación de centros a los actuales Servicios de Prevención hospitalarios, con el fin de darles una estructura más equilibrada y homogénea.

Como consecuencia de lo anteriormente expuesto, la Dirección General de Recursos Humanos y Relaciones Laborales del SERMAS, en ejercicio de las competencias atribuidas por el Decreto 196/2015, de 4 de agosto, del Consejo de Gobierno, por el que se establece la estructura orgánica del Servicio Madrileño de Salud, dicta la *Resolución de fecha 26 de enero de 2017 por la que se constituye el servicio de prevención de riesgos laborales de Atención Primaria y se reordena la asignación de centros a los servicios de prevención*.

Resolución por la que se constituye el Servicio de Prevención de Riesgos Laborales de Atención Primaria, como servicio de prevención propio, que incluye en su ámbito de actuación a todo el personal y a todos los centros de trabajo adscritos a la Gerencia Asistencial de Atención Primaria, definiendo el Servicio de Prevención Propio de la Gerencia de Atención Primaria del SERMAS como el conjunto de medios humanos y materiales necesarios para realizar las actividades preventivas a fin de garantizar la adecuada protección de la seguridad y la salud en su ámbito de competencias y cobertura, asesorando, formando y asistiendo a la Administración, a los trabajadores, a sus representantes, así como a los Comités de Seguridad y Salud de las siete Direcciones Asistenciales.

Este nuevo Servicio de Prevención de Atención Primaria se estructura así, en siete Unidades Básicas de Salud (UBS) y una Unidad Central de Coordinación (UCC).

Las 7 Unidades Básicas de Salud (UBS), se ubican en centros de las zonas geográficas de las respectivas Direcciones Asistenciales.

RECURSOS HUMANOS

Cada UBS está integrada por una plaza de Facultativo Especialista en Medicina del Trabajo y una plaza de Enfermero Especialista en Enfermería del Trabajo.

El Servicio de Prevención cuenta con siete plazas de Técnicos de nivel superior, en posesión de la titulación oficial correspondiente a las 3 especialidades técnicas, con dependencia directa de la Unidad Central de Coordinación, cada una de las cuales se ubica junto a cada una de las UBS.

La Unidad Central de Coordinación está integrada por un jefe del Servicio de Prevención, Especialista en Medicina del Trabajo, un Técnico en Gestión Documental (con las 3 especialidades técnicas), y un Auxiliar Administrativo, estando prevista la dotación de un Médico de apoyo para estudios epidemiológicos e investigación, en materia de Salud Laboral.

Sin perjuicio de la adscripción operativa de los profesionales a una UBS determinada, las plazas están administrativamente adscritas genéricamente a la Gerencia Asistencial de Atención Primaria.

Atendiendo a la especial dispersión de los Centros de Atención Primaria, los profesionales de este Servicio de Prevención deberán desplazarse a los distintos Centros dependientes de las Direcciones Asistenciales, para el adecuado cumplimiento de sus funciones, atendiendo a la organización y programación que a estos efectos establezca el jefe del Servicio de Prevención.

El funcionamiento y la cobertura del Servicio de Prevención propio dispondrá de un horario y disponibilidad que permita la cobertura, adecuación y gestión de la protección y prevención al conjunto de trabajadores y centros a él adscritos, tanto los de índole urbana como los de ámbito rural.

RECURSOS MATERIALES

El Servicio de Prevención de Atención Primaria cuenta con el equipamiento y los materiales necesarios, de conformidad con lo establecido en el Real Decreto 39/1997, de 17 enero, por el que se aprueba el Reglamento de Servicios de Prevención de Riesgos Laborales, en el Real Decreto 843/2011, de 17 junio, que establece los criterios básicos sobre la organización de recursos para desarrollar la actividad sanitaria de los Servicios de Prevención.

FUNCIONES

El Servicio de Prevención de Atención Primaria desempeñará las funciones que le atribuye la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, el Real Decreto 39/1997, de 17 enero, por el que se aprueba el Reglamento de Servicios de Prevención de Riesgos Laborales y las disposiciones que la complementan y desarrollan.

DEPENDENCIA

El Servicio de Prevención de Atención Primaria dependerá orgánica y funcionalmente de la Gerencia Asistencial de Atención Primaria, sin perjuicio de las competencias que, sobre diseño, coordinación y gestión de las políticas de salud laboral y prevención de riesgos del personal de los centros del Servicio Madrileño de Salud, tiene atribuidas la Dirección General de Recursos Humanos y Relaciones Laborales.

PERIODO TRANSITORIO PARA LA PUESTA EN MARCHA DEL SERVICIO DE PREVENCIÓN

Aprobada la plantilla orgánica en la que se incluyen todas las plazas y puestos del Servicio de Prevención de Riesgos Laborales, la Gerencia de Atención Primaria ha procedido a la selección de los profesionales, firmando éstos sus respectivos contratos con fecha 22 de diciembre de 2017.

Aunque en proceso aún de ultimar detalles de importancia, como la informatización del servicio o la designación del laboratorio para análisis clínicos, la entrada oficial en funcionamiento se ha producido tras la publicación de la Resolución de la Dirección General de Recursos Humanos y Relaciones Laborales, de fecha 8 de mayo de 2018, por la que el servicio de prevención de riesgos laborales de atención primaria asume las funciones y responsabilidades como servicio de prevención propio, respecto a los trabajadores, puestos de trabajo y centros de la Gerencia Asistencial de Atención Primaria.

MEDICINA y SEGURIDAD *del trabajo*

Artículo especial

Estrés y bienestar en profesionales de enfermería intensiva dentro del ámbito de la donación y el trasplante de órganos: una propuesta desde la psicología de la salud ocupacional

Stress and well-being in nursing professionals of intensive care within the organ donation and transplantation field: a proposal from the occupational health psychology

Luis Manuel Blanco-Donoso¹, Isabel Carmona-Cobo^{2,3}, Bernardo Moreno-Jiménez⁴, María Luisa Rodríguez de la Pinta⁵, Elton Carlos de Almeida⁶, Eva Garrosa⁴

1. Facultad de Psicología de la Universidad Autónoma de Madrid. Madrid. España.

2. Universidad de Jaén. Jaén. España.

3. Universidad Católica de Temuco. Chile.

4. Departamento de Psicología Biológica y de la Salud de la Facultad de Psicología de la Universidad Autónoma de Madrid. Madrid. España.

5. Servicio de Prevención de Riesgos Laborales del Hospital Universitario Puerta de Hierro. Majadahonda. Madrid. España.

6. Universidad de Sao Paulo. Ministerio de la Salud. Brasil.

Recibido: 06-08-2018

Aceptado: 20-09-2018

Correspondencia

Luis Manuel Blanco

Facultad de Psicología. Universidad Autónoma de Madrid

C/ Ivan Pavlov, 6. CP 28049. Cantoblanco. Madrid. España.

Teléfono: 914978939

Correo electrónico: luismanuel.blanco@uam.es

La realización de este trabajo ha sido posible gracias al apoyo de un proyecto del Ministerio de Economía y Competitividad del Gobierno de España. Referencia PSI2015-68011-R.

Resumen

Los profesionales de enfermería que trabajan en unidades de cuidados intensivos y que participan en las actividades relacionadas con la donación y trasplante de órganos están expuestos a un número importante de estresores en su trabajo, lo que favorece la aparición de determinados riesgos psicosociales como son el estrés laboral, el desgaste profesional, el trabajo emocional, el estrés traumático secundario, el estrés moral y el conflicto entre el trabajo y la familia. Además, los nuevos escenarios que se presentan y van consolidando en nuestro país en relación a la donación de órganos, como son la donación en asistolia controlada y no controlada, o los cuidados intensivos orientados a la donación, generan nuevas situaciones y estresores a estos profesionales que aumentan su exposición al riesgo psicosocial en su trabajo. Por todo ello, aquí



<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

llevamos a cabo una revisión y propuesta de las demandas específicas y las causas que podrían influir en el desarrollo de estos riesgos entre estos profesionales, así como sus posibles consecuencias. También se proponen una serie de recursos laborales y personales que podrían ser útiles para afrontar las demandas laborales y que satisfacen muchas de las necesidades apuntadas por organismos de referencia en éste ámbito para la prevención y promoción de la salud y bienestar dentro de este colectivo, así como para la mejora del proceso de donación y trasplante de órganos

Med Segur Trab (Internet). 2018;64(252):244-62

Palabras clave: Estrés laboral, Riesgos Psicosociales, Bienestar, Enfermería, Donación y Trasplante de Órganos.

Abstract

Nursing professionals who work in intensive care units and participate in activities related to organ donation and transplantation are exposed to a significant number of stressors their work, which favors the appearance of certain psychosocial risks such as work stress, burnout, secondary traumatic stress, moral stress, and the conflict between work and family. In addition, the new scenarios in our country in relation to organ donation, such as uncontrolled and controlled donation after cardiac death, or the intensive cares oriented to organ donation, generate new situations and stressors among these professionals that increase their exposure to psychosocial risks. Therefore, this paper reviews and proposes the specific demands and causes that could influence the development of these risks these professionals, as well as their possible consequences. It also proposes a series of job and personal resources that could be useful to these workers to face these job demands. These proposals meet many of the needs pointed by reference institutions in this *field to prevention and promotion of health and well-being* in this group of professionals, as well as to improve the process of organ donation and transplantation.

Med Segur Trab (Internet). 2018;64(252):244-62

Keywords: Work Stress, Psychological Risk, Well-Being, Nursing, Organ Donation and Transplant.

INTRODUCCIÓN

Los profesionales de enfermería juegan un papel central en el proceso de donación y trasplante de órganos, pues se encargan de que todo el proceso se lleve a cabo con eficacia, calidad y prestando una atención integral a todos los elementos presentes en él¹. En España, además, la enfermería participa activamente dentro de la coordinación de trasplantes², organizando multitud de procesos y secuencias que abarcan desde el inicio del proceso, con la identificación del potencial donante, hasta la recepción de los órganos por parte de los receptores³. Se encargan también de multitud de tareas y cuidados dentro del proceso mismo, como la de mantener hemodinámicamente estable al potencial donante, con todas sus funciones corporales en correcto funcionamiento para la conservación óptima de los órganos. Además, realizan actuaciones en el acto quirúrgico, en concreto actuaciones preoperatorias, perioperatorias y postoperatorias, tanto en el donante como en el receptor¹. Por último, aunque no por ello menos importante, hacen frente a una de las tareas más difíciles y cruciales dentro de todo este proceso: dar apoyo emocional a las familias⁴. Tarea difícil porque los profesionales a veces no se sienten con suficientes recursos y formación para dar este soporte, para acoger las emociones que aparecen y ofrecerles aliento en un momento tan complicado^{8, 20}. Tarea crucial porque, por ejemplo, en el caso de la donación de órganos, se ha visto como una incorrecta comunicación de malas noticias y una mala acogida emocional por parte de los profesionales de la salud puede ser un motivo que explique la negativa familiar a la donación^{2, 5}.

El trabajo que realizan estos profesionales en todo este proceso no se encuentra exento de dificultades y retos para su propia salud y bienestar^{6, 7, 8, 9}. Si hoy sabemos que la enfermería es una profesión altamente estresante, más lo es aún dentro de ciertas unidades especializadas que atienden a pacientes que se encuentran en un estado crítico^{10, 11}, como son las Unidades de Cuidados Intensivos o UCI's, médicas y quirúrgicas, en las que nos vamos a encontrar a muchos de los profesionales que participan en las actividades relacionadas con todo el proceso que abarca la donación y el trasplante de órganos. Estos profesionales, además de estar expuestos a las demandas inherentes a una UCI, se verán frente a situaciones particularmente estresantes propias del ámbito de la donación y el trasplante^{6, 7, 9, 12}.

Si comenzamos contextualizando la actividad laboral de estos profesionales dentro de una UCI, nos encontramos frente a un contexto laboral donde están presentes intensas demandas cognitivas, físicas, sociales y emocionales¹⁰. Estos profesionales desarrollan su trabajo en un contexto de elevada urgencia, estrés y toma de decisiones rápida, con alta responsabilidad¹¹. A veces en un lugar restringido, lleno de ruidos y con condiciones inadecuadas de iluminación¹¹. Las consecuencias de cometer errores pueden ser irreversibles y por ello pueden sentir una importante presión y deber en su trabajo⁷. Son testigos repetidamente del dolor, sufrimiento y muerte, en no pocas ocasiones de personas jóvenes que fallecen en accidentes, y de las reacciones emocionales intensas de sus familiares^{7, 20}. También se enfrentan a importantes dilemas éticos de difícil solución, y a la falta de recursos humanos, tecnológicos, y obsolescencia de los mismos^{13, 14, 15}. A ello hay que añadirle otros estresores presentes en la profesión de enfermería y que comparte con otras profesiones sanitarias, como son el contacto interpersonal constante, la sobrecarga asistencial, la rápida evolución de la tecnología sanitaria, los turnos de trabajo rotativos y nocturnos, o el creciente número de agresiones dirigidas a profesionales por parte de familiares de los usuarios¹⁶. La exposición repetida a estos factores pone en riesgo a estos trabajadores de sufrir determinados riesgos psicosociales, como son el estrés laboral, el desgaste profesional o *burnout*, el estrés traumático secundario, o el conflicto trabajo-familia^{6, 8}. A su vez, la presencia de estos riesgos psicosociales tendrá consecuencias importantes para su salud y su bienestar, así como para la productividad de la organización y la calidad asistencial que se ofrece a los usuarios. No obstante, esta relación no siempre va a ser lineal, y la manera en la que los profesionales respondan ante las demandas de trabajo, así como los recursos que la organización ponga a disposición de sus trabajadores,

podrán invertir ese proceso de deterioro¹⁷, y tener la oportunidad de que el trabajo sea también un lugar donde el crecimiento profesional y personal sean posibles, con un alto grado de satisfacción. Efectivamente, el trabajo en el hospital también ofrece la posibilidad de desarrollarse y alcanzar estados óptimos de bienestar⁸. Así, cuando los trabajadores tienen acceso o poseen recursos laborales y personales, las demandas de trabajo se pueden convertir en un verdadero reto y fuente de aprendizaje que produzcan bienestar y salud, otorgando sentido al trabajo realizado^{8, 9, 18}.

Con ello, el objetivo del trabajo que presentamos es integrar los conocimientos más actuales sobre psicología de la salud ocupacional al ámbito del estrés y el afrontamiento de los profesionales de enfermería que participan de las actividades relacionadas con la donación y el trasplante de órganos y tejidos. En concreto se hace una propuesta de factores específicos de riesgo y de protección, y de los riesgos psicosociales laborales a los que podrían estar expuestos el personal de enfermería por dedicarse a este tipo de actividades. A través de este trabajo se pretende que profesionales envueltos en el proceso de donación y trasplante de órganos tengan una visión más clara y comprehensiva de las demandas y factores laborales que les pueden generar estrés y desgaste en su actividad laboral, y de aquellos recursos que les pueden ayudar a alcanzar y mantener estados de salud y bienestar dentro y fuera de su trabajo. Además, con este trabajo, los autores quieren estimular la realización de estudios empíricos con este colectivo, ya que son escasos los estudios en nuestro país que abarcan los factores laborales y riesgos psicosociales que afectan a los profesionales que trabajan en este ámbito concreto.

FACTORES LABORALES DE ESTRÉS EN EL ÁMBITO DE LA DONACIÓN Y EL TRASPLANTE DE ÓRGANOS

Entre los profesionales que participan de actividades relacionadas con la donación y trasplante de órganos, las demandas emocionales son frecuentes y de gran intensidad⁹. Estos trabajadores están en contacto permanente con situaciones de dolor y muerte, no sólo la del potencial donante, sino también la de pacientes en lista de espera para un trasplante y con el duelo de todas las familias^{7, 8}. De hecho, cuando se identifica a un paciente como potencial donante y se certifica su muerte, la comunicación de la mala noticia y la petición de donación a los familiares supone un gran estrés para los profesionales, pues la mayoría percibe que no tiene la formación suficiente y que está irrumpiendo en el duelo de la familia con la posterior entrevista de donación^{12, 15}. Un estrés que aumenta exponencialmente cuando el paciente es joven, más aún si se trata de donantes pediátricos⁷⁷. Además, en ocasiones el proceso de donación puede durar muchas horas, lo que puede generar aún más estrés en las familias y repercutir también sobre el profesional que es testigo de todo este proceso desde que el paciente ingresó en la UCI¹⁹. Durante este tiempo, es inevitable que el contacto con la familia sea profundo e intenso a nivel emocional, pues en muchas ocasiones éstas comparten con el profesional sus historias de vida, historias que en algunas ocasiones serán difíciles de olvidar cuando las familias abandonen el hospital^{8, 44}.

Una demanda especialmente desgastante a nivel emocional para los profesionales del área quirúrgica, será la naturaleza gráfica del proceso de extracción de órganos, desde el inicio hasta los cuidados postmortem^{8, 9}. Muchos trabajadores reconocen que es un proceso especialmente duro porque uno no termina nunca de estar preparado emocionalmente para un procedimiento de tales características^{8, 9}. A veces resulta una experiencia fría, tener al donante delante, procediendo con la extracción, con especialistas de diferentes áreas entrando en la sala y comunicándose con ellos, sabiendo que hay una familia en el hospital esperando a que todo termine para por fin dar comienzo con su proceso de duelo^{8, 9, 47}. Un proceso a veces vivido como despersonalizante, pero al mismo tiempo, un proceso en el que los profesionales de enfermería encuentran la oportunidad de humanizar al máximo los cuidados post mortem al donante, ofreciéndole así la atención digna y respetuosa que se merece^{8, 9}.

El trabajo en los equipos de donación y trasplante también está lleno de contradicciones que pueden generar dilemas emocionales entre los profesionales. Por ejemplo, la vida y la muerte son dos fenómenos a los que se enfrentan todos los días. Al reflexionar sobre la muerte, algunos tienen sentimientos contradictorios²⁰. Por un lado, la perciben como la pérdida de un ser humano, despertándoles sentimientos de tristeza, y de miedo a su propia muerte o la de un ser querido, pero, por otro lado, la ven como una posibilidad de vida representada a través de la donación y el trasplante en beneficio de otra persona que va a ser receptora de los órganos²⁰. También, en algunas investigaciones llevadas a cabo se identifican los dilemas y contradicciones que experimentan los profesionales en torno a la muerte del paciente: físicamente y gracias a los procedimientos de soporte que se llevan a cabo para garantizar el mantenimiento de los órganos, el potencial donante parece seguir estando vivo, pero en realidad no lo está⁹. Lo que lleva a algunos trabajadores a cuestionarse a veces el concepto y criterios por el que se establece la muerte y a preguntarse si se podía haber esperado un poco más de tiempo^{8,9}. No debemos olvidar que a los profesionales sanitarios se les entrena en una filosofía de salvar vidas, y aceptar la muerte de un paciente no es asunto sencillo de por sí⁸. Por último, en cuanto a dilemas se refiere, uno de los mayores será el de participar en algún punto del proceso de donación de órganos cuando personalmente no se donarían los órganos, un hecho perfectamente legítimo pero que puede producir sentimientos contradictorios y estrés moral en el propio trabajador, además del miedo al estigma del resto de compañeros^{8,9}.

El personal de enfermería también va a tener que lidiar con una importante sobrecarga y presión temporal^{17,21}. Además de su trabajo diario en sus unidades, tienen que estar disponibles cuando se les requiere porque hay una posible donación o trasplante, a veces en horarios difíciles para conciliar con su vida personal, y bajo la presión temporal que requiere mantener al potencial donante y sus órganos en las condiciones óptimas para que se haga efectiva la donación y el trasplante. Estresores que se incrementan cuando se trata de una donación múltiple de órganos porque requiere de un mayor esfuerzo de coordinación⁹. Esto se puede traducir en una mayor carga laboral. Además, por otro lado, dedicarse a este ámbito requiere de los profesionales una formación continuada, de alto grado de especialización, avanzada y constante³⁵, que se puede sumar a todas las demandas laborales ya descritas, aumentando la carga, presión y estrés en el/la profesional.

Las relaciones interpersonales en un clima a veces de mucha tensión por las demandas emocionales, presión y urgencia temporal descritas tampoco son fáciles^{9,12}. Hay que comunicarse con profesionales de diferentes profesiones y especialidades y coordinarse con ellos con extrema eficacia. Un fallo puede tener consecuencias fatales⁷⁸. En este contexto, algunos profesionales han descrito como han sido víctimas y testigos de importantes faltas de respeto entre compañeros, supervisores, y otros profesionales⁹.

Por último, una situación que puede generar altos niveles de estrés entre estos profesionales son los nuevos escenarios de donación que emergen y se consolidan en nuestro país y en el plano internacional. Tradicionalmente, la donación de órganos de pacientes en muerte encefálica ha sido la forma más habitual de donación en el mundo. Sin embargo, aspectos como la disminución de los accidentes de tráfico y el aumento de la esperanza de vida en nuestro país, entre otros factores, han reducido la cantidad de potenciales donantes por esta causa. De esta manera, otras fuentes de donación, como son los donantes tras parada cardíaca controlada (tipo III de Maastricht) o los donantes tras parada cardíaca no controlada (tipo II de Maastricht), van consolidándose en nuestro país como formas alternativas a la donación tras muerte encefálica^{22,23}. Pero también aparecen nuevos escenarios y procedimientos, como son los cuidados intensivos orientados a la donación, es decir, aquellos cuidados intensivos que se inician o continúan en pacientes con un daño cerebral catastrófico en los que se ha desestimado tratamiento con finalidad curativa por criterios de futilidad y que son considerados posibles donantes, con el objetivo de incorporar la opción de la donación de órganos en muerte encefálica como parte de sus cuidados al final de la vida²⁴.

Lo que sucede en muchas ocasiones es que el avance y realidad de estos nuevos escenarios no es tan rápido como la aparición de protocolos específicos, estandarizados y compartidos de comunicación y de entrevista familiar para este nuevo tipo de escenarios²⁴. Ni tampoco siempre las actitudes y creencias de los profesionales ante éstos procedimientos avanzan de forma paralela y cogidos de la mano, generándose a veces importantes controversias, y e incluso falta de confort entre estos profesionales^{15, 25, 26}. Todo ello provoca que el profesional a veces pueda sentir descontrol e incertidumbre en la interacción con la familia, y la presencia de ciertos dilemas personales, presentándosele situaciones nuevas que no sabe del todo manejar, provocando nuevamente la aparición de tensión y estrés laboral⁹.

BIENESTAR EN UN AMBIENTE DE ELEVADO ESTRÉS: ¿ES POSIBLE?

Los factores laborales estresantes descritos hacen que merezca la pena poner la atención sobre estos profesionales para prevenir la aparición de ciertos riesgos psicosociales que provoquen un deterioro de su salud y bienestar físico y emocional. Sin embargo, este trabajo, además de estresante, puede también convertirse en una importante fuente de crecimiento y desarrollo personal para muchos de estos trabajadores, pues se trata un trabajo lleno de significados y grandes retos profesionales y humanos que harán que la experiencia del profesional dentro de éste ámbito también sea vivida como única y tremendamente enriquecedora^{8,9}.

De hecho, muchos trabajadores encuentran un gran sentido a su trabajo y conectan de algún modo con su espiritualidad^{8, 17}. Son testigos de la humanidad y generosidad de las personas. Y se ven como canalizadoras de ese proceso, velando por garantizar la voluntad y dignidad del donante y respetando los deseos de las familias^{8,9}. En realidad, estos profesionales son una pieza fundamental en la humanización de este proceso y les puede llegar a reconfortar el hecho de que tienen una gran responsabilidad en que la donación y el trasplante se lleven a cabo con los máximos estándares de calidad, técnica y humana^{8,9}.

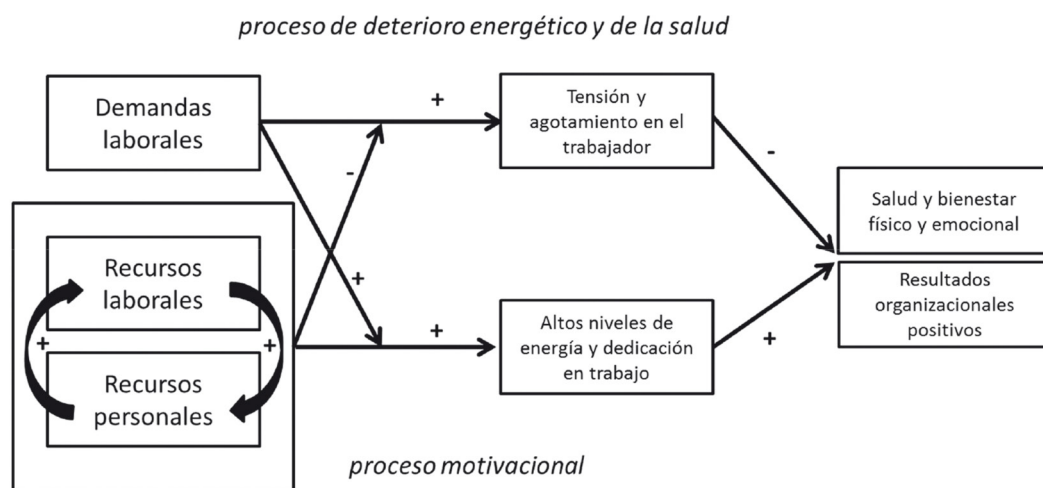
El contacto con las familias, aunque doloroso, es también reconfortante. Algunas de estas familias al final de todo el proceso agradecen personalmente a los profesionales la posibilidad de que se les haya permitido ejercer el derecho a que sus seres queridos donen sus órganos si éstos así lo habían manifestado en vida. O bien, en el caso de un paciente trasplantado, el que haya podido finalmente recibir un órgano de otra persona que le permite seguir viviendo. Ello genera profundos sentimientos de satisfacción, tanto en las familias, como en los trabajadores²⁷. En este sentido, muchos profesionales terminan logrando reinterpretar el estrés que les produce el enfrentarse a la muerte de una persona y el dolor de la familia, pues logran tomar perspectiva y ver que ese estrés ha estado al servicio de ayudar a otras personas, lo que favorece en el profesional la construcción de su propia resiliencia¹⁷. Cada situación que viven y cada familia con la que interaccionan al fin y al cabo puede convertirse en una oportunidad de aprendizaje¹⁷.

Además de los significados positivos que el propio trabajador otorga a su actividad, un factor determinante que va a explicar la relación entre las demandas de trabajo y el bienestar del personal de enfermería, será la presencia de recursos laborales y personales. Los recursos laborales se refieren a los aspectos físicos, psicológicos, organizacionales o sociales del trabajo que pueden (a) reducir las exigencias del trabajo y los costes fisiológicos y psicológicos asociados, (b) ser decisivos en la consecución de los objetivos del trabajo o (c) estimular el crecimiento personal, el aprendizaje y el desarrollo²⁸. Por su parte, los recursos personales son aspectos de uno mismo que generalmente están relacionados con la resiliencia y con la habilidad o sentido de control para ejercer influencia sobre el medio ambiente que rodea al individuo²⁹.

La relación entre demandas y recursos como factor determinante de la salud y bienestar de los/las profesionales de enfermería la pusieron de manifiesto el grupo de

Demerouti et al.³⁰ cuando propusieron el Modelo de Demandas y Recursos Laborales (JD-R). Este modelo, convertido hoy en teoría²⁸, explica cómo las demandas y recursos son factores que generan dos procesos relativamente independientes, conocidos como a) *proceso de deterioro de la energía y de la salud* y b) *proceso motivacional*. Como puede apreciarse en la Figura 1, mientras que las demandas laborales son generalmente los principales predictores de variables como el agotamiento emocional, los problemas de salud y la falta de rendimiento, los recursos laborales y personales son por lo general los predictores más importantes de la motivación, implicación laboral, salud y bienestar. Las razones de estos efectos son fundamentalmente que las demandas exigen esfuerzo y consumen recursos energéticos, mientras que los recursos satisfacen necesidades humanas básicas, como la autonomía, la relación y la auto-eficacia.

Figura 1. Modelo de Demandas y Recursos (adaptado de Bakker y Demerouti, 2017).



Este modelo también propone que las demandas y los recursos interactúan a la hora de predecir el bienestar laboral y personal.

La primera interacción es aquella en la que los recursos amortiguan el impacto de las demandas en el estrés/malestar. Así, los trabajadores que disponen de muchos recursos pueden afrontar mejor sus demandas laborales diarias. Sin embargo, cuando no hay recursos disponibles, aparece la tensión y el agotamiento. Por ejemplo, en las unidades de cuidados intensivos y en los equipos de donación y trasplante la escasez de recursos humanos, materiales y laborales (ej. falta de apoyo social, falta de *feedback*, etc.) es percibido por los profesionales como un importante obstaculizador en el proceso^{8,9,31}. Cuando tampoco se tienen ciertos recursos personales para afrontar las situaciones que hemos descrito en el apartado anterior, se corre el riesgo de sufrir más estrés y malestar psicológico en el trabajo. Por ejemplo, el estudio llevado a cabo por Zaforteza et al.³² puso de manifiesto que la percepción de los profesionales de no tener las habilidades emocionales necesarias para acercarse a la familia, prestarles apoyo y comunicarles malas noticias, ponía en riesgo su bienestar emocional, algo que aparece reflejado en los testimonios que nos ofrecen los profesionales en otros estudios^{8,9}.

La segunda interacción es aquella en la que las demandas amplifican el impacto positivo de los recursos laborales y personales en la motivación de los trabajadores. En este sentido, cuando la presencia de demandas es alta en un contexto de trabajo donde hay recursos laborales y personales necesarios y suficientes, se puede aumentar la implicación laboral de los trabajadores, su satisfacción y su bienestar. De hecho, tradicionalmente siempre se había considerado que las demandas emocionales eran fuente de estrés y agotamiento emocional en ésta y otras ocupaciones. Sin embargo, esto no tendría por qué ser siempre así, más aún en una profesión donde proporcionar ayuda y el contacto con la gente en necesidad es una de sus características principales, y un motivo frecuente para elegir esta profesión. La investigación confirma que si los

trabajadores cuentan con recursos emocionales (ej. apoyo de los compañeros, habilidades emocionales, etc.) para lidiar con ciertas demandas emocionales, éstas pueden llegar a convertirse incluso en una fuente de satisfacción, aprendizaje y bienestar^{18, 33}.

En conclusión, la presencia de demandas laborales en el personal de enfermería que participa en actividades relacionadas con el proceso de donación y trasplante de órganos puede aumentar sus niveles de estrés y agotamiento. No obstante, si se cuentan con los recursos laborales y personales necesarios, ese estrés se puede reducir, e incluso las demandas del trabajo convertirse en una fuente de satisfacción, motivación y reto. Por lo tanto, cuando hay un balance y equilibrio positivo entre demandas y recursos, el crecimiento y desarrollo profesional se hace posible. Cuando hay un desequilibrio entre estos dos elementos, la aparición de riesgos psicosociales para la salud de los trabajadores es altamente probable.

RIESGOS PSICOSOCIALES LABORALES EN EL ÁMBITO DE LA DONACIÓN Y EL TRASPLANTE DE ÓRGANOS

Los factores laborales que se han descrito hasta ahora hacen posible que los trabajadores que realizan actividades dentro del proceso de donación y trasplante de órganos estén expuestos a ciertos riesgos psicosociales por el hecho de trabajar dentro de este ámbito. Algunos riesgos psicosociales han sido bien identificados en la literatura, sin embargo, otros que también podrían estar presentes, no han sido abordados en tanta profundidad.

Estrés laboral

El estrés laboral es la respuesta que se produce en el individuo cuando hay un desajuste entre unas demandas de trabajo que la persona percibe como amenazantes y una falta de recursos para controlarlas³⁴.

Se trata de un riesgo psicosocial muy presente en el ámbito de la donación y el trasplante de órganos^{7,8}. Ya hemos mencionado la presencia de ciertos factores estresantes que son percibidos en muchas ocasiones como profundamente demandantes, a nivel cognitivo, físico y emocional, y que muchas veces no se tienen los recursos laborales ni personales necesarios para hacer frente a esas demandas. En este contexto, los profesionales de enfermería reconocen experimentar un elevado nivel de estrés laboral. Un estrés que también puede aparecer cuando se percibe que el intercambio entre las contribuciones que se aportan y las compensaciones que se reciben es inadecuado o injusto³⁴, algo que se intenta prevenir entre estos profesionales, reconociendo apropiadamente su trabajo^{35, 42}.

En los últimos años también se está prestando atención al *estrés colectivo* que se vive en ciertas unidades de trabajo y organizaciones³⁴ y donde su aparición tiene que ver con otro tipo de fenómenos (ej. contagio emocional) que van más allá del ajuste entre las demandas y los recursos de los trabajadores³⁶. En algunas unidades de trabajo existe la apreciación de una experiencia colectiva o clima de estrés que genera ciertas actitudes y emociones compartidas y que van más allá del estrés individual de cada uno de sus miembros. Esa apreciación colectiva de estrés puede producirse como resultado de una exposición de todos los miembros de la unidad a la misma fuente de estrés, por procesos de socialización o por influencia del líder. En este sentido, en el ámbito de la donación y trasplante de órganos, es importante que los coordinadores de estos equipos tengan tolerancia al estrés y a la presión, buena capacidad de respuesta y una actitud positiva que sean capaces de transmitírsela a los miembros del equipo³⁵.

Desgaste profesional o *burnout*

La exposición crónica al estrés laboral puede conducir a algunos de estos trabajadores a desgastarse profesionalmente. En el ámbito de la donación y el trasplante de órganos existen algunos estudios que muestran que éste es un riesgo psicosocial prevalente^{42, 43}.

El desgaste profesional o síndrome de *burnout*³⁷ es una experiencia subjetiva compuesta por tres dimensiones en donde el trabajador se siente agotado emocionalmente (*dimensión de agotamiento*), se percibe incapaz de conseguir nada en su trabajo (*dimensión de baja realización personal*), y desarrolla una actitud distante y cínica hacia los usuarios a los que va dirigido su servicio (*dimensión de despersonalización*). Además, los trabajadores que llegan a desgastarse profesionalmente pueden hacerlo acompañados de un importante sentimiento de culpa³⁸. Su aparición y desarrollo está asociado a problemas importantes para la salud de los trabajadores, como trastornos musculoesqueléticos, alteraciones del sueño, depresión, problemas cardiovasculares y otros problemas graves de salud⁴⁰. Al mismo tiempo, para la organización puede ser un predictor significativo de absentismo, intenciones de abandono y bajas por enfermedad⁴¹.

El desgaste profesional afecta particularmente a las profesiones donde se ofrece un servicio humano y directo a otras personas (ej. medicina, enfermería, educación, psicología, etc.). En concreto ha sido un problema ampliamente analizado dentro del ámbito de las profesiones sanitarias, como es la profesión de enfermería³⁹. Las características laborales que hemos ido desarrollando asociadas a esta profesión, y en particular a estas unidades y equipos de trabajo, seguramente estén detrás de la aparición de este fenómeno, pero no son las únicas. En el desarrollo del síndrome, ciertas variables personales pueden interactúan con las variables laborales³⁷.

En el ámbito de la donación y el trasplante de órganos, factores que se han reconocido especialmente desgastantes son el conflicto de rol, la elevada responsabilidad laboral y sobre todo la fuerte implicación emocional que se establece entre el profesional, el paciente y la familia, junto con la variedad de emociones que se experimentan durante todo el proceso^{42,44}. Algo que favorece especialmente el desarrollo del agotamiento emocional⁸. La despersonalización es un fenómeno muy frecuente también en este ámbito^{17, 42}. Muchos profesionales reconocen que una forma de afrontar la dureza del proceso es alejándose emocionalmente de los pacientes y de las familias^{8, 47}. Los trabajadores, como forma de protegerse ante ese agotamiento emocional, desarrollan un mecanismo de defensa, distanciándose de la fuente que les genera la tensión y el estrés^{45, 46}.

Estrés traumático secundario

La exposición repetida a incidentes críticos y eventos traumáticos en el lugar de trabajo, como los que viven estos profesionales, se ha relacionado también con la aparición de otro riesgo psicosocial, el estrés traumático secundario^{6, 48}. El estrés traumático secundario se refiere al conjunto de síntomas psicológicos que adquiere un profesional por la exposición a personas que han vivido un trauma. Figley⁴⁹ lo define como aquellos comportamientos y emociones naturales que aparecen como consecuencia de conocer a personas significativas (en este caso pacientes y familiares) que han experimentado un evento traumático, y el estrés resultante de ayudar o el deseo de ayudar a la persona traumatizada. Los síntomas que sufre el profesional pueden ser los mismos que los de las víctimas del trauma, e incluyen: pensamientos intrusivos, recuerdos traumáticos, pesadillas, insomnio, irritabilidad, labilidad emocional, fatiga, dificultad de concentración, evitación de personas y lugares, hipervigilancia y tristeza⁵⁰. El estrés traumático secundario es una reacción del profesional derivada de su trabajo de exposición al trauma, y en función del manejo que hagan el trabajador, el grupo de compañeros, y la organización, se puede tener una mayor o menor vulnerabilidad a desarrollar un trastorno de estrés traumático secundario. Es decir, debemos entender el estrés traumático como una respuesta psicosocial, no patológica, que el profesional de ayuda tiene ante acontecimientos inusuales o anormales. El manejo ineficaz de esa respuesta es lo que puede derivar en un trastorno más grave.

Figley⁴⁹ explica que la principal razón para desarrollar este tipo de respuestas de estrés es la capacidad de empatía que tienen los profesionales de ayuda. A veces el compromiso empático con los pacientes es excesivo y profundo, y se vuelve en contra del profesional porque se produce una transferencia de la sintomatología emocional del paciente/familia hacia el profesional. Además, este autor señala también que la dificultad para distanciarse del trabajo y la experiencia personal de haber vivido un trauma podría explicar el desarrollo de este tipo de respuesta de estrés.

Los profesionales que trabajan en los equipos de donación y trasplante de órganos son testigos a diario del trauma de otras personas. Su capacidad para empatizar con las vidas de aquellos a los que ven marcharse y con las de aquellos a los que su trabajo les da una nueva oportunidad, puede ser también un factor de riesgo importante para el desarrollo de estrés traumático secundario⁶. De hecho, algunos estudios nos muestran como estos trabajadores a veces pueden llegar a experimentar pesadillas y flashback relacionadas con el proceso y las personas implicadas en él⁸.

Estrés moral

El estrés moral se experimenta cuando los trabajadores son incapaces de actuar acorde con lo que ellos creen que es ético, o cuando actúan de forma opuesta a sus valores personales y profesionales⁵¹. Lo que hace estresante esta situación es que el trabajador siente que pierde su autenticidad e integridad. Los profesionales de enfermería dentro de este ámbito son trabajadores expuestos a un alto nivel de estrés moral porque muchas veces no tienen la suficiente autonomía laboral para tomar ciertas decisiones⁵¹. Situaciones relacionadas con la limitación de medidas de soporte vital, la falta de comprensión de la muerte encefálica, los nuevos escenarios y procedimientos que engloban la donación de órganos, los desacuerdos entre profesionales de diferentes jerarquías, profesiones y especialidades y la falta de sincronía entre el rol profesional y las propias creencias acerca de la donación son situaciones que particularmente generan estrés moral entre estos trabajadores^{9, 46}.

Trabajo emocional

Los trabajadores sanitarios, a veces de forma más explícita, muchas veces de forma implícita se someten al requerimiento de mostrar determinadas emociones por el hecho de ejercer el rol laboral que desempeñan. Tanto las organizaciones sanitarias, como los usuarios, esperan de los profesionales sanitarios simpatía, amabilidad, buenas formas, compasión, empatía, etc. Sin embargo, estas emociones no siempre tienen porque coincidir con las emociones reales del profesional, que, debido a muchas otras circunstancias, profesionales y personales, puede estar vivenciando emociones de otra naturaleza e intensidad. Por lo tanto, tienen que hacer un verdadero trabajo emocional para ajustarse a las expectativas de sus organizaciones y de sus usuarios⁵⁴, lo que se ha relacionado con consecuencias negativas para la salud y bienestar de los profesionales⁵⁵.

En el ámbito de la donación y el trasplante de órganos, este riesgo psicosocial es especialmente importante. Por ejemplo, conseguir que las familias se sientan asistidas y satisfechas con el trato del personal sanitario, y que hayan visto de él que ha hecho todo el esfuerzo material y humano posible para salvar a su ser querido, va a ser un factor determinante a la hora de que la familia acceda a la petición de donación³⁵. En este sentido, el profesional muchas veces puede verse en la tesitura de estar sintiendo unas emociones (tristeza, ansiedad, pena) diferentes a las que el proceso requiere (calma, serenidad, seguridad)⁸. A veces algunos profesionales sienten que tienen que colocarse una máscara frente a sus compañeros, supervisores y familias para poder seguir realizando su trabajo con normalidad⁸.

Conflicto trabajo-familia

Las jornadas de trabajo prolongadas, los turnos rotatorios y nocturnos, y la elevada disponibilidad exigida a los miembros del equipo de donación y trasplante ante el aviso

inesperado de un donante, dificultan que estos profesionales puedan conciliar su vida personal y profesional con normalidad, y que pueda aparecer el conflicto entre estas dos esferas de su vida⁷⁹. El *conflicto trabajo-familia* ocurre cuando las actividades relacionadas con el trabajo dificultan el desempeño de las responsabilidades familiares (ej. mientras realizas una actividad familiar, recibes una llamada del trabajo), mientras que el *conflicto familia-trabajo* ocurre cuando son las responsabilidades familiares las que impiden que realices correctamente tu trabajo (ej. no poder asistir a una reunión importante porque se ha puesto tu hijo enfermo). En general suelen ser las condiciones laborales las que favorecen este tipo de conflictos, aunque se ha visto que una dificultad de la persona para distanciarse psicológicamente de su trabajo cuando termina su jornada laboral puede también provocarlo⁴⁶. Cuando no hay una buena conciliación y se produce el conflicto, los profesionales pueden manifestar mayores intenciones de abandonar la organización, ausentarse del puesto, mayor insatisfacción laboral y familiar, y una disminución importante de su bienestar físico y emocional^{52, 53}. Un aspecto que reconocen los profesionales que trabajan en este ámbito es que es necesario poner límites entre la vida personal y profesional para mantener el bienestar y satisfacción⁸.

PROPUESTA DE RECURSOS LABORALES Y PERSONALES PARA LA PREVENCIÓN Y PROMOCIÓN DE LA SALUD EN EL ÁMBITO DE LA DONACIÓN Y TRASPLANTE

El concepto de recurso es una unidad necesaria para entender la respuesta de estrés y sus consecuencias en el trabajo. Recordemos que el modelo de demandas y recursos laborales situaba al desequilibrio entre éstos como punto de origen del deterioro de la salud de los trabajadores, mientras que su equilibrio permitía alcanzar estados de bienestar y un alto compromiso con el trabajo¹⁷. En los últimos quince años se han desarrollado un número importante de investigaciones centradas en el estudio de cómo diferentes recursos laborales (ej. apoyo de compañeros, supervisión o *feedback*) y recursos personales (ej. optimismo, autoeficacia o resiliencia) pueden amortiguar el efecto negativo de las distintas exigencias laborales. La mayoría de estas investigaciones han encuadrado sus hipótesis en otro de los modelos más influyentes sobre la teoría del estrés del siglo XX: El Modelo de Conservación de Recursos de Hobfoll^{29, 56}.

Según Hobfoll⁵⁶, las personas tienen una tendencia a retener, proteger y construir recursos para hacer frente a las demandas de su medio ambiente. Los recursos son conceptualizados como aquellos objetos, características personales, condiciones o energías que son valorados por el individuo porque sirven para alcanzar y retener esos u otros tipo de recursos también valiosos. Cuando se produce una pérdida de recursos, cuando se percibe que se van a perder, o cuando no se produce una ganancia después de una pérdida, aparecería la respuesta de estrés. Por ello, los individuos deben invertir en acumular recursos para prevenir que se produzcan pérdidas importantes en el futuro. Aquellos individuos que tengan una mayor reserva de recursos, no sólo serán los que menos pérdidas tengan ante un evento estresante, sino los que más recursos sigan obteniendo porque son capaces de explorar el ambiente en busca de más recursos (*espirales positivas de ganancias*). Por el contrario, aquellas personas con pocos recursos son susceptibles de seguir perdiendo recursos ante las mismas circunstancias (*espirales negativas de pérdida*).

En el trabajo, las demandas laborales (ej. sobrecarga, estrés de rol) pueden amenazar los recursos personales de los trabajadores (ej. sus niveles de energía) provocando el agotamiento emocional de éstos y la insatisfacción laboral. Ante un exceso de demandas, aquellos trabajadores que tengan buenas reservas de recursos, notarán menos los efectos de estas demandas. Por el contrario, aquellos trabajadores con escasez de recursos seguirán perdiendo recursos y verán amenazada su salud de manera considerable.

Los profesionales que trabajan en los equipos de donación y trasplante se ven expuestos a intensas demandas físicas, cognitivas y emocionales. Una aproximación al estudio del estrés y del bienestar en estos profesionales nos obliga a poner la mirada

también sobre ciertos recursos personales y laborales que pudieran ser útiles para hacer frente a sus demandas laborales. A continuación, hacemos una propuesta de recursos que pueden favorecer la regulación de sus emociones, su tolerancia al estrés, sus habilidades atencionales y su recuperación después de la jornada de trabajo.

Recursos personales

Personalidad Resistente: Las personas responden diferencialmente al estrés, y lo pueden hacer de una manera activa y dinámica. El estrés no es una fuente de amenaza para todas las personas. Por el contrario, algunos trabajadores van a vivir las situaciones de estrés y cambio como algo inherente a la vida, que les puede ayudar en su plan de desarrollo y crecimiento. Las personas resistentes tienden a implicarse en todas las actividades de su día a día, e identificarse con los significados de su propio trabajo. Valoran sus metas y acciones, y poseen un importante sentido de comunidad, es decir, creen que tienen las fortalezas suficientes para ayudar a los demás y les satisface saber que ante situaciones de estrés pueden recurrir a ellos (*dimensión de compromiso*). La personalidad resistente también ayuda a pensar y actuar con la convicción de que se puede intervenir en el curso de los acontecimientos (*dimensión de control*), es decir, a pensar que a través de sus acciones pueden modificar su ambiente para alcanzar sus metas. Por último, las personas resistentes perciben los cambios que se producen en su vida como oportunidades para crecer y desarrollar habilidades (*dimensión de reto*), no como amenazas, lo que permite aumentar la flexibilidad cognitiva a los individuos y su tolerancia a la ambigüedad. Este tipo de personalidad puede entrenarse y su validez en el campo de la enfermería ha sido analizada⁵⁷. Creemos que el desarrollo de este tipo de características personales podría ser muy beneficioso para los miembros de los equipos de donación y trasplante de órganos⁵⁸.

Competencias emocionales: El estudio de las emociones cada vez cobra más importancia en el ámbito de las organizaciones. Dentro de la profesión de enfermería su estudio y consideración cada vez es más habitual⁵⁹. Las enfermeras se exponen diariamente a emociones intensas de sus pacientes y las familias que los acompañan, las de sus compañeros y las suyas propias. Además, tienen que hacer un trabajo emocional importante para regularlas, ya sea para conseguir determinados fines organizacionales, como para alcanzar y mantener su bienestar. En los equipos de donación y trasplante, el manejo y trabajo emocional es especialmente importante. En situaciones de elevado estrés y en las que se requiere de una alta capacidad cognitiva y atencional, identificar las emociones propias, comprenderlas, normalizarlas, aceptarlas o disminuir su intensidad, puede ser importante para trabajar eficazmente. Por el contrario, si los trabajadores no comprenden de dónde surgen sus emociones, las rechazan, o necesitan eliminarlas a toda costa para continuar con la tarea, pueden ver entorpecido su trabajo¹⁸. A la hora de comunicar malas noticias a las familias, acompañarlas en el duelo y hacer la solicitud de donación, las competencias emocionales también pueden ser cruciales. De hecho, es uno de los temas donde se ha identificado mayor necesidad de formación en este colectivo³⁵. En este sentido, saber estar atento a las emociones de las familias, comprenderlas y normalizarlas, darles un sentido, hacerles un hueco psicológico, o saber cómo regularlas puede contribuir mucho a aliviar el dolor de las familias y a aumentar la tasa positiva de donaciones. Cuando las familias se han sentido bien acogidas emocionalmente hablando, aumenta la probabilidad de acceder a la donación³⁵.

Si tenemos en cuenta que los profesionales de enfermería tienen que trabajar con emociones, la posesión y aprendizaje de competencias emocionales les va a permitir controlar mejor este tipo de demandas, rendir mejor en este contexto emocional, tener menos estrés y estar expuesto en menor medida a algunos de los riesgos psicosociales mencionados. Por ejemplo, la inteligencia emocional de las enfermeras se ha relacionado con menores niveles de burnout⁶⁰. Garrosa et al.⁶¹ también señalaron que competencias emocionales como la empatía, la expresión verbal de las emociones y la discriminación emocional de estos trabajadores se encontraban relacionadas con sus niveles de dedicación y esfuerzo en su trabajo. Por todo ello, creemos que el entrenamiento en competencias

emocionales entre los profesionales que trabajan en unidades de cuidados intensivos y en equipos de donación y trasplante podría ser muy beneficioso para mantener sus niveles de salud.

Flexibilidad psicológica: La flexibilidad psicológica es la habilidad para entrar en contacto con el momento presente y con los eventos internos negativos (i.e. emociones, pensamientos, sensaciones o memorias negativas) que aparecen en la experiencia diaria, sin necesidad de escapar de ellos o evitarlos, y dirigiendo la conducta hacia las metas y valores que uno quiere conseguir en su vida personal y profesional⁶². Este constructo ha recibido en la última década una importante atención por parte de la psicología de las organizaciones y la salud. La flexibilidad psicológica de los trabajadores se ha relacionado con mayores niveles de satisfacción, energía, dedicación y absorción en el trabajo⁶³.

El polo opuesto a la flexibilidad lo constituye el concepto de *evitación experiencial*. La *evitación experiencial* ocurre cuando las personas invierten su tiempo y energías en estrategias para acabar, alterar o controlar esos eventos internos negativos⁶². Es decir, no tienen una disposición a experimentar pensamientos, emociones o sensaciones negativas, por lo que muestran una mayor intolerancia al estrés y al malestar.

La evitación experiencial es un factor de riesgo para sufrir *burnout* entre profesionales de la enfermería intensivista⁶⁴. Intentar controlar y evitar emociones y situaciones negativas que están presentes todos los días en este trabajo puede agotar los recursos emocionales y energéticos de los trabajadores. Además, las conductas de evitación que se ponen en marcha para no experimentar este tipo de eventos pueden alejar a los individuos de sus metas, y ello conducirles a una situación de aislamiento y pérdida de contacto con fuentes de refuerzo importantes.

Los trabajadores de los equipos de donación y trasplante pueden experimentar sensaciones o emociones negativas cuando tienen que trabajar con un paciente determinado o acompañar a su familia⁸. Este contacto también les puede generar pensamientos o recuerdos negativos que le lleven a implicarse en acciones para intentar escapar de ellos (ej. evitando el contacto con los familiares)^{8, 46, 53}. Este tipo de conductas les puede alejar de muchos de sus valores personales y profesionales (ej. atender y dar soporte a las familias y los pacientes de una forma competente y profesional). La discrepancia entre los valores del trabajador y las conductas que pone en marcha puede ser fuente de malestar. Por eso es importante que los trabajadores en estos equipos de trabajo sepan el significado de su trabajo, lo conecten con el sentido de su vida personal y profesional, y acudan a sus valores personales y profesionales para afrontar determinados eventos internos negativos que pueden aparecer en este trabajo⁶⁵.

Atención plena (*mindfulness*): Se entiende como una estrategia de auto-regulación que consiste en centrar la atención en la realidad del momento presente (i.e. a los estímulos internos y externos), aceptándola sin juicios y sin dejarse llevar por los pensamientos ni por las reacciones emotivas del momento. Implica una actitud que requiere mantener la atención en lo que ocurre «aquí y ahora», frente a la tendencia a dejar vagar la mente por los recuerdos del pasado o las anticipaciones del futuro⁶⁶.

El desarrollo de la atención plena o *mindfulness* en los profesionales que trabajan en los equipos de donación y trasplante podría ser beneficioso porque favorece la regulación emocional (ej. reduce la intensidad de la experiencia emocional negativa), mejora la capacidad atencional (ej. la atención selectiva y alterna) y la capacidad mnésica (ej. la memoria de trabajo) de los individuos⁶⁷. La tolerancia al estrés que necesitan estos trabajadores, la atención mantenida que se les requiere, y la necesidad de seguir trabajando en contextos de elevada intensidad emocional podría verse facilitada por el entrenamiento en habilidades de *mindfulness*.

El programa de entrenamiento más conocido en *mindfulness* es el MBSR (Mindfulness-Based Stress Reduction) desarrollado por Kabat-Zinn en el Centro Médico de la Universidad de Massachusetts. El MBSR es una intervención psico-educativa que tiene como finalidad reducir el estrés y malestar psicológico, y aumentar los niveles de atención plena. La

intervención tiene una duración aproximada de 8 a 10 semanas a razón de una sesión semanal de 2 horas y media y con un máximo de 30 participantes en el grupo.

El desarrollo de este tipo de programas en el colectivo de enfermería ha dado buenos resultados a la hora de aumentar la satisfacción con la vida y relajación de estos profesionales, así como disminuir sus niveles de agotamiento emocional⁶⁸. Este tipo de intervenciones también podría tener efectos muy beneficiosos en estudiantes de enfermería y medicina quienes podrían ver reducidos sus niveles de estrés, ansiedad y depresión, e incrementar sus niveles de empatía y espiritualidad⁶⁹.

Recuperación del estrés: Los trabajadores pueden responder a su día de trabajo con conductas específicas durante su tiempo libre que les ayuden a aliviar y recuperarse del impacto negativo de las demandas laborales⁸⁰. Cuando esa recuperación no se produce, se acumula la carga y aparece la fatiga laboral crónica⁷⁰. La recuperación se refiere por tanto al proceso por el cual el funcionamiento psicológico y fisiológico de los trabajadores vuelve a los niveles pre-estrés, y a través del cual la tensión se reduce, colocando al organismo en un estado psicológico y fisiológico capaz de seguir funcionando⁷¹. La recuperación puede verse facilitada por multitud de actividades y experiencias. Por ejemplo, las denominadas estrategias de autocuidado (i.e. hacer deporte, dormir bien, realizar hobbies) podrían favorecer la aparición de *experiencias de recuperación* en los trabajadores. Cuando hablamos de *experiencias de recuperación* nos referimos a los procesos psicológicos que se producen cuando los trabajadores ponen en marcha ciertas actividades de recuperación y son según Sonnentag y Fritz⁷²: el distanciamiento psicológico del trabajo, la relajación, la búsqueda de retos y el control del tiempo libre. El *distanciamiento psicológico del trabajo* alude a la desconexión temporal del trabajo, no sólo a nivel físico, también a nivel mental. Ello implica olvidarse de las tareas laborales durante el tiempo libre en lugar de seguir pensando en aspectos relacionados con el trabajo. Por ejemplo, los profesionales de enfermería procedentes de unidades de cuidados intensivos que participaron en el estudio llevado a cabo por Martins y Robazzi⁷³ reconocían como situación muy estresante su incapacidad para desconectar y llevarse los problemas a casa. La *relajación* se refiere a un estado de baja activación tanto a nivel fisiológico como mental. La *búsqueda de retos* consiste en la realización de actividades que suponen un desafío para la persona (ej. aprender un idioma o un nuevo deporte) y que le permiten la adquisición de nuevas competencias. Por último, *el control durante el tiempo libre* conlleva que el trabajador pueda decidir en qué actividades implicarse después de la jornada laboral⁷⁴. Todas estas experiencias de recuperación ayudan a reducir el agotamiento emocional de los trabajadores y sus quejas somáticas, favoreciendo también experiencias de bienestar. La recuperación de los/las profesionales que trabajan en las UCI's a través de la puesta en marcha de actividades de autocuidado que favorezcan las experiencias de recuperación descritas es fundamental para seguir funcionando eficazmente en su trabajo y disminuir algunos de los riesgos psicosociales descritos anteriormente.

Recursos laborales

La disminución de los niveles de estrés y la promoción de su bienestar no sólo es responsabilidad de los trabajadores, ni atiende sólo a razones individuales. Más aún dentro de los equipos de donación y trasplante, el equipo de trabajo cobra una especial relevancia, por la necesidad de coordinación que se necesita entre sus miembros^{6, 35, 46}. También porque los profesionales necesitan momentos para intercambiar experiencias y darse *feedback* positivo de su trabajo. Así mismo, el apoyo y reconocimiento que brinda la organización es fundamental. El equipo de coordinación también ha de construir y mantener una buena relación con el personal médico y de enfermería y fomentar el trabajo en equipo y un buen clima laboral³⁵. En este sentido, los recursos laborales que brinda la organización sanitaria a sus trabajadores también son importantes tenerlos en consideración porque van a permitirles reducir las demandas laborales y activar sus propios recursos personales^{28, 30}.

Apoyo de los compañeros: En la revisión de trabajos llevada a cabo por Navarro¹¹ con profesionales que trabajan en unidades de cuidados intensivos, el trabajo en equipo

basado en la comunicación, apoyo y respeto mutuo era una de las mayores fuentes de satisfacción laboral entre estos trabajadores. El apoyo entre compañeros en estas unidades es crucial porque como señalan Martins y Robazzi⁷³ exige de la colectividad, cooperación, compromiso y responsabilidad para trabajar en equipo. Si en estas unidades no hay un equipo unido, que se respete y que se comunique fluidamente, el estrés vivido e insatisfacción será mayor y probablemente el rendimiento del grupo también. La relevancia de este recurso laboral reside en que el apoyo entre compañeros permite alcanzar metas laborales comunes, y protege a los trabajadores de las consecuencias negativas de las experiencias de estrés, al ser una fuente que provee de apoyo instrumental y emocional. Algunos estudios llevados a cabo con profesionales dedicados al ámbito de la donación y el trasplante reconocen que el apoyo de los compañeros es un recurso fundamental para el afrontamiento de las demandas específicas que se encuentran en este ámbito^{8, 17}.

Apoyo del supervisor: La persona que se encarga de coordinar a los equipos de donación y trasplante de órganos tiene un papel importantísimo en este trabajo, no sólo por su necesaria y compleja labor de coordinación, sino también por saber brindar apoyo emocional e instrumental a los miembros de su equipo³⁵. Este apoyo puede conllevar acciones como reconocer la dimensión emocional de este trabajo, organizar actividades de ventilación emocional después de un evento estresante, dar sentido a los momentos difíciles, ofrecer *feedback* positivo a los miembros del equipo, o saber reconocer su labor. En este sentido, ayuda mucho en este contexto que la persona responsable de coordinar al equipo sea una persona motivada, entregada al equipo, con capacidad de trabajo, positiva, que tenga buena respuesta a la presión, resolutiva, empática y con habilidades sociales³⁵.

Apoyo de la organización: La organización sanitaria también puede brindar apoyo de muchas formas a estos profesionales. Por ejemplo, en el ámbito de la donación y el trasplante, es necesario que los hospitales reconozcan la importante labor de estos equipos y que establezcan facilidades en los procedimientos y en la comunicación entre las distintas unidades hospitalarias³⁵. Entre estas facilidades pueden encontrarse la provisión de recursos materiales y humanos suficientes, reducir la burocracia y flexibilizar los procedimientos, proporcionar un ambiente seguro y confortable de trabajo o permitir la participación activa de todos los profesionales en las decisiones que atañen a su trabajo. El apoyo de la organización también puede ir orientado y contribuir a reducir la exposición a los riesgos psicosociales que hemos descrito aquí. Reconocer y legitimar la tarea estresante de estos trabajadores y la posibilidad de desarrollar riesgos como el estrés laboral, desgaste profesional, trauma secundario o conflicto trabajo-familia es un avance importante. Sólo de esta manera pueden darse pasos encaminados a poner en marcha acciones y políticas para prevenirlos y para fomentar el bienestar y la salud dentro de la organización. También establecer una cultura organizacional de aceptación de este tipo de riesgos y el compromiso organizacional con su prevención ayuda a aliviar el estigma a los profesionales por experimentar determinadas reacciones de estrés. Todo este tipo de acciones aumentarán sin duda la satisfacción y seguridad laboral entre estos trabajadores⁷⁵.

CONSIDERACIONES FINALES

Las organizaciones sanitarias de hoy en día tienen importantes retos que atender. Entre ellos están el de reducir los niveles de estrés y malestar de sus trabajadores, que son especialmente elevados, y el de intentar retener a los profesionales dentro de sus plantillas, en especial de aquellos altamente cualificados y comprometidos con su profesión. Una estrategia crucial para promover la retención de los profesionales de enfermería en los servicios sanitarios será el fomento del bienestar psicosocial de estos profesionales, y la creación de entornos de trabajo saludables. En este trabajo hemos analizado cómo la organización puede contribuir a estos objetivos reduciendo las demandas y exigencias de trabajo, favoreciendo la conciliación, reduciendo la exposición a determinados riesgos psicosociales, y a través del aumento de recursos laborales.

Además, uno de los retos presentes en nuestro país es la humanización de la sanidad, donde no debe olvidarse cuidar al agente principal al que le estamos exigiendo humanizar su trato con el paciente y las familias: el propio profesional sanitario. Así, humanizar la sanidad es también atender las cuestiones relacionadas con la salud y bienestar de los profesionales sanitarios⁷⁶.

Los profesionales tienen también un importante reto al que atender, implicarse más en la gestión de su bienestar profesional y personal. Éstos necesitan comprometerse verdaderamente con sus estrategias de autocuidado, con su recuperación, y con la movilización de recursos laborales. Deben exigir a la organización que se involucre en su salud, modificando las condiciones de trabajo en las que desarrollan su actividad, e invirtiendo en planes de formación que les doten de las herramientas personales necesarias para tener control y ser eficaces en su medio de trabajo. Aquí hemos analizado cómo la formación en recursos emocionales y de gestión del estrés puede ser relevante entre los miembros de los equipos de donación y trasplante debido a las altas demandas cognitivas, físicas y emocionales que deben afrontar. No obstante, los recursos analizados aquí no son los únicos que podrían ser útiles en la promoción de su bienestar. Fortalezas como el optimismo, la auto-eficacia o la resiliencia han sido ampliamente estudiados desde los postulados teóricos que se exponen en este trabajo, y sería interesante también analizar cuál podría ser su impacto dentro de este colectivo.

Por último, los investigadores en esta área tenemos también una tarea pendiente. Actualmente existe un cuerpo muy reducido de investigaciones que estudien empíricamente las causas, consecuencias y variables intervinientes del estrés laboral en los equipos de donación y trasplante de órganos específicamente. Muchas investigaciones analizan el estrés dentro de las unidades de cuidados intensivos, sin embargo, no se hace una referencia explícita a los estresores y sus consecuencias en estos equipos altamente especializados. Más reducido aún es el número de estudios que analicen las fortalezas personales de estos trabajadores y su relación con variables de bienestar profesional y laboral. Esperamos que esta propuesta teórica sirva de base para comenzar a estudiar empíricamente las variables aquí descritas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Sesma AM, Ollo MZ. Cuidados de enfermería en el mantenimiento del donante potencial de órganos en muerte encefálica. *Enferm Intensiva* 2001; 12(1): 10-20.
2. Matesanz R. El modelo español de coordinación de trasplantes. 2ªed. Madrid: Grupo Aula Médica; 2008.
3. Arroyo MC, Estrada Masllorens JM. La donación de órganos en España: competencias del profesional de enfermería. *Nursing* 2009; 27(9):56-61.
4. de Juan JRB. Cuidados de enfermería en UCI en el mantenimiento del potencial donante de órganos y tejidos. *Enferm Glob* 2005; 4(1): 1-11.
5. Bocci MG, D'Alò C, Barelli R, Inguscio S, Prestifilippo A, Di Paolo S, et al. Taking Care of Relationships in the Intensive Care Unit: Positive Impact on Family Consent for Organ Donation. *Transpl P* 2016; 48(10): 3245-3250.
6. Kim S. Compassion fatigue in liver and kidney transplant nurse coordinators: a descriptive research study. *Prog Transplant* 2013; 23(4):329-335.
7. San Gregorio MA, Martín Rodríguez A, Gallego Corpa A, Correa Chamorro E, Pérez Bernal J. Repercusiones psicológicas del estrés laboral en los profesionales sanitarios que trabajan en los Equipos de Trasplantes. *Cuad Med Psicosom Psiquiatr de Enlace* 2003; 66:19-31.
8. Smith Z, Leslie G, Wynaden D. Australian perioperative nurses' experiences of assisting in multi-organ procurement surgery: A grounded theory study. *Int J Nurs Stud* 2015; 52(3):705-715.
9. Gao W, Plummer V, Williams A. Perioperative nurses' attitudes towards organ procurement: a systematic review. *J Clin Nurs* 2017; 26(3-4): 302-319.
10. Epp K. Burnout in critical care nurses: a literature review. *Dynamics* 2012;23(4):25-31.
11. Navarro Arnedo JM. Revisión de los estudios sobre los profesionales de enfermería de las Unidades de Cuidados Intensivos de España. *Enferm Glob* 2012; 11:267-289.

12. Guido LA, Linch GFC, Andolhe R, Conegatto C, Tonini CC. Stressors in the nursing care delivered to potential organ donors. *Rev Lat Am Enferm* 2009;17(6):1023-1029.
13. Hernández E. Atención psicológica en el trasplante de órganos. La Habana: Editorial Ciencias Médicas; 2008.
14. Maiden J, Georges JM, Connelly CD. Moral distress, compassion fatigue, and perceptions about medication errors in certified critical care nurses. *Dimens Crit Care Nurs* 2011; 30(6):339-345.
15. Rodríguez VMCP, Ferreira ASS. Factores generadores de estrés en enfermeros en unidades de terapia intensiva. *Rev Lat Am Enferm* 2011;19(4):1025-1032.
16. Gálvez M, Moreno-Jiménez B, Mingote J. El desgaste profesional del médico: revisión y guía de buenas prácticas. *El vuelo de Ícaro*. Madrid: Ediciones Díaz de Santos; 2009.
17. Pelletier-Hibbert M. Coping strategies used by nurses to deal with the care of organ donors and their families. *Heart Lung* 1998; 27(4): 230-237.
18. Blanco-Donoso LM, Demerouti E, Hernández EG, Moreno-Jiménez B, Carmona-Cobo I Positive benefits of caring on nurses' motivation and well-being: A diary study about the role of emotional regulation abilities at work. *Int J Nurs Stud* 2015; 52(4): 804-816.
19. Moraes EL, Massarollo MCKB. Family refusal to donate organs and tissue for transplantation. *Rev Lat Am Enferm* 2008; 16(3): 458-464.
20. Lima AAF, Silva MJP, Pereira LL. Sufrimiento y contradicción: el significado de la muerte y del morir para los enfermeros que trabajan en el proceso de donación de órganos para trasplante. *Enferm Glob* 2009; 8(1): 1-17.
21. Castells AM. Enfermeras de quirófanos en el proceso de obtención de órganos torácicos en trasplantes. *Index enfermería* 2007; 16(57): 47-49.
22. Domínguez-Gil B, Duranteau J, Mateos A, Núñez JR, Cheisson G, Corral E. et al., Uncontrolled donation after circulatory death: European practices and recommendations for the development and optimization of an effective programme. *Transplant Int* 2016; 29 (8): 842-859.
23. Escudero D, Otero J. Medicina intensiva y donación de órganos ¿Explorando las últimas fronteras? *Med Intensiva* 2015; 39(6): 366-374.
24. Sociedad Española de Medicina Intensiva, Crítica y Unidades Coronarias (SeMicyuc). Cuidados intensivos orientados a la donación de órganos. Recomendaciones. Grupo de trabajo SeMicyuc 2017; disponible en http://www.ont.es/mailings/CIOD_Recomendaciones%20SEMICYUC-ONT_Septiembre2017.pdf
25. Bastami S, Matthes O, Krones T, Biller-Andorno N. Systematic review of attitudes toward donation after cardiac death among healthcare providers and the general public. *Crit Care Med* 2013; 41(3), 897-905.
26. Camut S, Baumann A, Dubois V, Ducrocq X, Audibert G. Non-therapeutic intensive care for organ donation: a healthcare professionals' opinion survey. *Nurs Ethics* 2016; 23(2): 191-202.
27. Carter-Gentry D, McCurren C. Organ procurement from the perspective of perioperative nurses. *Assoc Oper Room Nurs* 2004; 80(3): 417-431.
28. Bakker AB, Demerouti E. Job demands-resources theory: Taking stock and looking forward. *Journal of Occupational Health Psychology* 2017; 22(3): 273-285.
29. Hobfoll SE, Johnson RJ, Ennis N, Jackson AP. Resource loss, resource gain, and emotional outcomes among inner city women. *J Pers Soc Psychol* 2003; 84(3): 632-643.
30. Demerouti E, Bakker A, Nachreiner F, Schaufeli WB. A model of burnout and life satisfaction among nurses. *J Adv Nurs* 2000; 32(2): 454-464.
31. Moraes EL, Santos MJD, Merighi MAB, Massarollo MCK. Experience of nurses in the process of donation of organs and tissues for transplant. *Rev Lat Am Enferm* 2014; 22(2): 226-233.
32. Zaforteza C, Gastaldo D, Sánchez-Cuenca P, De Pedro JE, Lastra P. Relación entre enfermeras de Unidades de Cuidados Intensivos y familiares: Indicios para el cambio. *Nure Investig* 2004; 3: 1-7.
33. Crawford ER, LePine JA, Rich BL. Linking job demands and resources to employee engagement and burnout: a theoretical extension and meta-analytic test. *J Appl Psychol* 2010; 95(5), 834-848.
34. Peiró JM, Lira E. Estrés laboral: nuevas y viejas fórmulas. En: Moreno-Jiménez B, y Garrosa E, eds. *Salud laboral: riesgos laborales psicosociales y bienestar laboral*. Madrid: Pirámide, 2013; 103-122.
35. Matesanz R. Guía de Buenas Prácticas en el proceso de la Donación de Órganos. Organización Nacional de Trasplantes 2011;1:1-65.
36. Bakker AB, Le Blanc PM, Schaufeli WB. Burnout contagion among intensive care nurses. *J Adv Nurs* 2005; 51(3): 276-287.
37. Maslach C, Schaufeli WB, Leiter MP. Job Burnout. *Annu Rev Psychol* 2001; 52(1): 397-422.

38. Gil-Monte PR, Neveu JP. El síndrome de quemarse por el trabajo (burnout). En: Moreno-Jiménez B, y Garrosa E, eds. Salud laboral: riesgos laborales psicosociales y bienestar laboral. Madrid: Pirámide, 2013; 103-122.
39. Frade Mera MJ. et al. Síndrome de burnout en distintas Unidades de Cuidados Intensivos. Enferm Intensiva 2009;20(4):131-140.
40. Gil-Monte PR. Manual de Psicología Aplicada al trabajo y la Prevención de Riesgos Laborales. Madrid: Pirámide; 2014.
41. Suñer-Soler R, Grau-Martín A, Flichtentrei D, Prats M, Braga F, Font-Mayolas S, Gras ME. The consequences of burnout syndrome among healthcare professionals in Spain and Spanish speaking Latin American countries. Burnout Res 2014 Sep;1(2):82-89.
42. Molassiotis A, Mel H. Evaluation of burnout and job satisfaction in marrow transplant nurses. Cancer Nurs 1996; 19(5): 360-367.
43. Jesse MT, Abouljoud, MS, Hogan K, Eshelman A. Burnout in transplant nurses. Prog Transplant 2015; 25(3): 196-202.
44. Akkuş Y, Karacan Y, Göker H, Aksu S. Determination of burnout levels of nurses working in stem cell transplantation units in Turkey. Nurs Health Sci 2010; 12(4): 444-449.
45. Bühler KE, Tatjana L. Burnout and personality in intensive care: an empirical study. Hosp topics 2003; 81(4): 5-12.
46. Regehr C, Kjerulf M, Popova SR, Baker AJ. Trauma and tribulation: the experiences and attitudes of operating room nurses working with organ donors. J Clin Nurs, 2004; 13(4): 430-437.
47. Sadala MLA, Mendes HWB. Caring for organ donors: The intensive care unit nurses' view. Qual Health Res 2000; 10(6): 788-805.
48. Prati G, Pietrantonio L, Cicognani E. Coping strategies and collective efficacy as mediators between stress appraisal and quality of life among rescue workers. Int J Stress Manag 2011;18(2):181-195.
49. Figley CR. Treating compassion fatigue. New York: Brunner-Routledge; 2002.
50. Moreno-Jiménez B, Carmona-Cobo I, Blanco-Donoso LM, Meda Lara RM. Trauma y Trabajo: El Estrés Traumático Secundario. En: Moreno-Jiménez B, y Garrosa E, eds. Salud laboral: riesgos laborales psicosociales y bienestar laboral. Madrid: Pirámide, 2013; 197-220.
51. McClendon H, Buckner E.B. Distressing situations in the intensive care unit: a descriptive study of nurses' responses. Dimensions of critical care nursing 2007; 26(5): 199-206.
52. Sanz-Vergel AI, Demerouti E, Gálvez MH. La conciliación de la vida laboral y la familiar. En: Moreno-Jiménez B, y Garrosa E, eds. Salud laboral: riesgos laborales psicosociales y bienestar laboral. Madrid: Pirámide, 2013; 419-436.
53. Kelly D, Ross S, Gray B, Smith P. Death, dying and emotional labour: problematic dimensions of the bone marrow transplant nursing role?. J Adv Nurs 2000; 32(4): 952-960.
54. Hochschild, A. R. The managed heart: Commercialization of human feeling. USA: Univ of California Press, 2012.
55. Brotheridge CM, Grandey AA. Emotional labor and burnout: Comparing two perspectives of "people work. J Vocat Behav 2002; 60(1): 17-39.
56. Hobfoll SE. Conservation of resources: A new attempt at conceptualizing stress. Am Psychol 1989; 44(3): 513-524.
57. Moreno-Jiménez B, Garrosa E, González JL. El Desgaste profesional de enfermería. Desarrollo y validación factorial del CDPE. Arch Prev Riesgos Labor 2000;3(1):18-28.
58. Ríos Rísquez MI, Sánchez Meca J, Godoy Fernández C. Personalidad resistente, auto-eficacia y estado general de salud en profesionales de Enfermería de cuidados intensivos y urgencias. Psicothema 2010; 22(4): 600-605.
59. Bulmer Smith K, Profetto-McGrath J, Cummings GG. International Journal of Nursing Studies 2009 Dec;46(12):1624-1636.
60. Görgens-Ekermans G, Brand T. Emotional intelligence as a moderator in the stress-burnout relationship: a questionnaire study on nurses. J Clin Nurs 2012 Aug; 21(15-16):2275-2285.
61. Garrosa E, Moreno-Jiménez B, Rodríguez-Muñoz A, Rodríguez-Carvajal R. Role stress and personal resources in nursing: A cross-sectional study of burnout and engagement. Int J Nurs Stud 2011;48(4):479-489.
62. Hayes SC, Wilson KG, Gifford EV, Follette VM, Strosahl K. Experiential avoidance and behavioral disorders: A functional dimensional approach to diagnosis and treatment. J Consult Clin Psych 1996;64(6): 1152-1168.

63. Ruiz FJ, Odriozola González P. Versión española del Cuestionario de Aceptación y Acción Relacionado con el Trabajo (WAAQ)= The Spanish version of the Work-related Acceptance and Action Questionnaire (WAAQ). *Psicothema* 2014;1(26):63-68.
64. Iglesias MEL, de Bengoa Vallejo RB, Fuentes PS. The relationship between experiential avoidance and burnout syndrome in critical care nurses: A cross-sectional questionnaire survey. *Int J of Nurs Stud* 2010; 47(1): 30-37.
65. Gutierrez BAO, Ciampone MHT. O processo de morrer ea morte no enfoque dos profissionais de enfermagem de UTIs. *Rev Esc Enferm* 2007; 41(4): 660-667.
66. Kabat-Zinn J. Mindfulness meditation: What it is, what it isn't, and its role in health care and medicine. Comparative and psychological study on meditation. Netherlands: Eburon; 1996.
67. Glomb TM, Duffy MK, Bono JE, Yang T. Mindfulness at work. *Res Pers Hum Resour Manag* 2011;30:115-157.
68. Poulin PA. et al. Mindfulness training as an evidenced-based approach to reducing stress and promoting well-being among human services professionals. *Int J Health Promot Educ* 2008;46(2):72-80.
69. Mackenzie CS, Poulin PA, Seidman-Carlson R. A brief mindfulness-based stress reduction intervention for nurses and nurse aides. *Appl Nurs Res* 2006;19(2):105-109.
70. Geurts S, Sonnentag S. Recovery as an explanatory mechanism in the relation between acute stress reactions and chronic health impairment. *Scand J Work Env Hea* 2006;32(6):482-492.
71. Demerouti E, Bakker A, Geurts SA, Taris TW. Daily recovery from work-related effort during non-work time. *Res Occup Stress Wellbeing* 2009; 7:85-123.
72. Sonnentag S, Fritz C. The Recovery Experience Questionnaire: development and validation of a measure for assessing recuperation and unwinding from work. *J Occup Health Psychol* 2007; 12(3): 204-221.
73. Martins JT, Robazzi MLCC. Nurses' work in intensive care units: feelings of suffering. *Rev Lat Am Enferm* 2009; 17(1): 52-58.
74. Sanz-Vergel AI, Sonnentag S. Recuperación del estrés. En: Moreno-Jiménez B, y Garrosa E, eds. *Salud laboral: riesgos laborales psicosociales y bienestar laboral*. Madrid: Pirámide, 2013;403-418.
75. Burke RJ, Greenglass ER. Hospital restructuring, work-family conflict and psychological burnout among nursing staff. *Psychol Health* 2001;16(5):583-594.
76. Gálvez Herrero M, Gómez García JM, Delgado M, Cruz M, Ferrero Rodríguez M. Humanización de la Sanidad y Salud Laboral: Implicaciones, estado de la cuestión y propuesta del Proyecto HU-CI. *Med Segur Trab* 2017; 63(247): 103-119.
77. Hibbert, M. Stressors experienced by nurses while caring for organ donors and their families. *Heart Lung* 1995; 24(5): 399-407.
78. Flodén, A., & Forsberg, A. A phenomenographic study of ICU-nurses' perceptions of and attitudes to organ donation and care of potential donors. *Int Crit Care Nur* 2009; 25(6): 306-313.
79. Grzywacz, J. G., Frone, M. R., Brewer, C. S., & Kovner, C. T. (2006). Quantifying work-family conflict among registered nurses. *Res Nurs Health*; 2006; 29(5): 414-426.
80. Garrosa, E., Carmona-Cobo, I., Moreno-Jiménez, B., & Sanz-Vergel, A. (2015). El impacto emocional del incivismo laboral y el abuso verbal en el trabajo: el papel protector de la recuperación diaria. *An Psicol*; 2015; 31(1): 190-198.

MEDICINA y SEGURIDAD *del trabajo*

Original

Dermatopatías Laborales: Registro de Mutual de Seguridad CChC durante 2012

Occupational Skin Diseases: Register of Mutual Security CChC during 2012

Juan Pablo Mönckeberg Solar¹, Karen Valenzuela Landaeta², Viera Kaplan Zapata²

1. Servicio de Especialidades de Medicina del Trabajo, Hospital Clínico Mutal de Seguridad CChC. Santiago. Chile.

2. Departamento de Dermatología, Facultad de Medicina. Universidad de Chile. Santiago. Chile.

Recibido: 05-04-2018

Aceptado: 02-09-2018

Correspondencia:

Karen Valenzuela Landaeta

Santos Dumont 999, Independencia, Santiago, Chile

Correo electrónico: drakarenvalenzuela@gmail.com

Resumen

Introducción: En Chile existen escasos estudios epidemiológicos sobre las dermatosis ocupacionales; sin embargo, éstas corresponden a uno de los grupos de enfermedades profesionales más frecuentes, por lo cual se hace necesario generar más información local.

Material y Métodos: Se realizó un análisis retrospectivo y descriptivo de las consultas médicas dermatológicas en Mutual de Seguridad CChC (Cámara Chilena de la Construcción) durante el año 2012. Se utilizaron buscadores automáticos en la ficha electrónica para seleccionar los casos por diagnósticos. Se seleccionaron aquellas calificadas como Enfermedades Profesionales que fueron derivadas para evaluación por Dermatología. Los datos fueron analizados según sexo, edad, ocupación y días de reposo.

Resultados: 398 casos fueron identificados como dermatosis profesionales en estudio; y de ellos 58 ingresados fueron tratados en consultas de dermatología. De las enfermedades profesionales, los diagnósticos más frecuentes fueron dermatitis de contacto irritativa (DCI) con un 61% y alérgica con un 13% de los afectados (DCA). Del total de pacientes, 59% fueron hombres y 41% mujeres. Los rubros más afectados fueron, en primer lugar la salud (27,5%), seguida de la manipulación de alimentos (21%) y el aseo (16%). El total de días de reposo (días de trabajo perdidos) de todos los pacientes por dermatosis laboral fueron 1.077 días.

Discusión: Las descripciones más frecuentes coinciden con el desempeño bajo condiciones húmedas y uso de sanitizantes, jabones, detergentes y productos de aseo en general, lo cual favorece una mayor incidencia de dermatitis de contacto. Las dermatitis de contacto fueron el diagnóstico más frecuente. La proporción entre hombres y mujeres afectados es similar a lo descrito en la literatura.

Med Segur Trab (Internet). 2018;64(252):263-70

Palabras clave: Dermatitis profesionales, dermatitis de contacto, enfermedades profesionales.



<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Abstract

Introduction: There are few epidemiological studies on occupational dermatosis in Chile. However, these belong to one of the biggest occupational disease groups. It is for this reason necessary to generate more local information.

Materials and Methods: A retrospective and descriptive analysis of dermatological medical consultations was carried out in Hospital Clinic Mutual de Seguridad CChC (Chilean Chamber of Construction) during 2012. Automatic search engines were used in the electronic file to select diagnostic cases. Those qualified as Professional Diseases were referred to the department of Dermatology for evaluation. The data were analyzed according to sex, age, occupation and rest days.

Results: 398 cases were identified as professional dermatosis under study; and 58 of them entered treatment for Dermatology. Of the occupational diseases, the most frequent diagnoses were irritant contact dermatitis –ICD– (61%) and allergic contact dermatitis –ACD– (13%). Of the patients overall, 59% were men and 41% women. The most affected areas were healthcare (27,5%), followed by food handling (21%) and cleanliness (16%). The total number of rest days (days off work) of all patients due to occupational dermatosis was 1,077 days.

Discussion: The most affected items coincide with the performance under humid conditions and the use of sanitizers, soaps, detergents and cleaning products in general, which favors a higher incidence of contact dermatitis. Contact dermatitis was the most frequent diagnosis. The proportion between affected men and women is similar to that described in the literature.

Med Segur Trab (Internet). 2018;64(252):263-70

Keywords: Occupational skin diseases, contact dermatitis, occupational diseases.

INTRODUCCIÓN

El trabajo habitual de una persona en Chile es de cuarenta y cinco horas semanales. Esto repercute en que, en promedio, los trabajadores se vean expuestos al ambiente laboral y sus riesgos durante 9 horas diarias¹.

El ambiente en el trabajo puede constituir un factor de riesgo para la adquisición de enfermedades, a través de los implementos, herramientas o productos que se manipulen; pudiendo, las enfermedades de la piel, afectar el bienestar de los trabajadores y la productividad de las empresas.

Durante 2016 se diagnosticaron 7.232 enfermedades profesionales, lo que representa un aumento de 17% respecto de las enfermedades profesionales calificadas en 2015².

Mutual de Seguridad de la Cámara Chilena de la Construcción (CChC) es uno de los organismos administradores de la ley 16.744³, por la que está regida la prevención de riesgos, la atención y prestaciones por Enfermedades Profesionales, Accidentes del Trabajo y Accidente del Trayecto al trabajo, y tiene como foco fundamental la prevención de Enfermedades o Accidentes.

Las Enfermedades y en particular las lesiones de la piel, pueden ser consideradas como una Enfermedad Profesional, según la ley vigente en nuestro país cuando se encuentra en el puesto de trabajo, un factor de riesgo suficiente para explicar su origen.

La literatura actual sugiere que hasta un 90% de las dermatosis ocupacionales corresponderían a dermatitis de contacto, ya sea irritativa o alérgica aunque debe tenerse en cuenta la posibilidad de una subnotificación de patologías que en ocasiones pudieran presentar manifestaciones menores y por lo tanto no ocasionaran necesidad de consulta^{5, 6}.

Existen determinados elementos que pueden producir lesiones con características particulares como es el caso de la patología secundaria a la exposición a algunos tipos de detergentes, solventes o desinfectantes; sin embargo, es fundamental contar con una adecuada historia y examen físico, para orientar adecuadamente el diagnóstico y descartar patologías simuladoras, siendo el test de parche, en ocasiones, determinante para una adecuada valoración del carácter alérgico o irritativo⁷.

En nuestro país existen escasos estudios epidemiológicos sobre las dermatosis ocupacionales, sin embargo, éstas se encuentran entre los motivos de consulta más frecuentes dentro de las Enfermedades Profesionales⁸, por lo cual se hace necesario generar más información local.

OBJETIVO

El objetivo del presente estudio es caracterizar a los pacientes con patología cutánea calificada como Enfermedad Profesional durante el año 2012 en Mutual de seguridad CChC.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó un análisis retrospectivo y descriptivo; para ello se extrajo la información de la historia clínica informatizada de los pacientes, seleccionando los episodios de patología de la piel, procediéndose posteriormente a unificar los diagnósticos para hacer una adecuada comparación. De esta manera, por ejemplo para los diagnósticos de «dermatitis por detergente» y «dermatitis por solventes», se los

unificó en el concepto «dermatitis irritativa», y las patologías únicas como «eritema perneo», «vitiligo», «nevo» o «rosácea» se les agrupó en «otros». Lo mismo se realizó posteriormente, por ejemplo para simplificar la demostración de los principales diagnósticos, como se hizo al agrupar «erisipela», «celulitis» y otras dentro de «infecciones bacterianas».

Muchas de estas patologías requirieron tratamiento solo en el servicio de urgencias, o bien fueron derivadas a control y tratamiento por su previsión de salud común por tratarse de patología no laboral. Entre éstas últimas se encuentran aquellas con diagnóstico de infecciones bacterianas, micosis, onicocriptosis, prurigo, urticaria, algunas dermatitis alérgicas y las clasificadas como «otros» entre las que se encuentran patologías como vitiligo y otras.

Por lo anterior, se aislaron para una caracterización más acabada las dermatosis tipificadas como Enfermedad Profesional y con origen laboral probable que fueron derivadas para evaluación por dermatología. De éstas se revisaron, la historia clínica y el examen físico.

Se analizaron los resultados por sexo, grupos de edad, tipo de trabajo y presencia de comorbilidad.

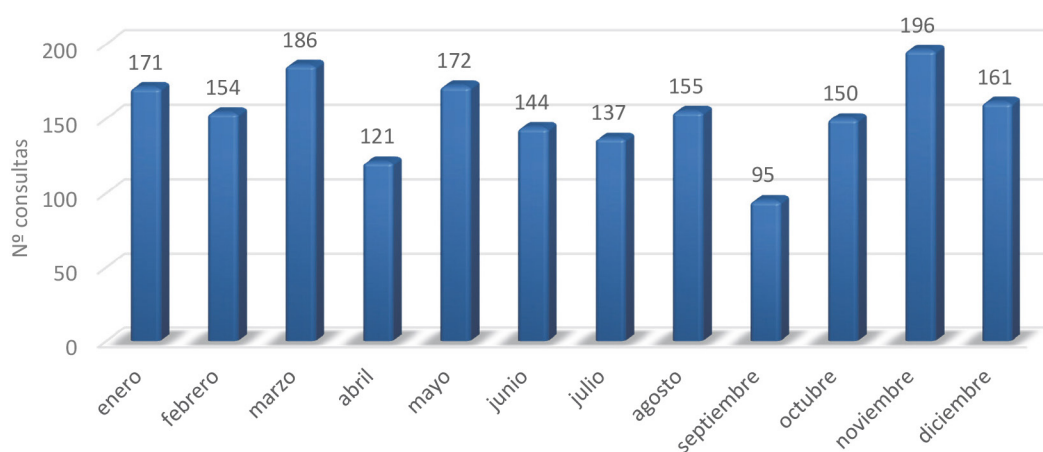
RESULTADOS

En el Hospital Clínico Mutual de Seguridad CChC, se recibieron 49.352 ingresos durante 2012 por distintas patologías. En la Región Metropolitana 1.840 casos correspondieron a patologías de la piel, de las cuales un 40% correspondían a enfermedades profesionales con compromiso cutáneo.

1. Distribución mensual de consultas

La distribución de consultas por causa dermatológica se describe en el [Gráfico 1](#) según los meses de enero a diciembre de 2012. El mes de mayor cantidad de consultas fue noviembre, con 196 consultas y el menor, septiembre, con 95 consultas por causa dermatológica.

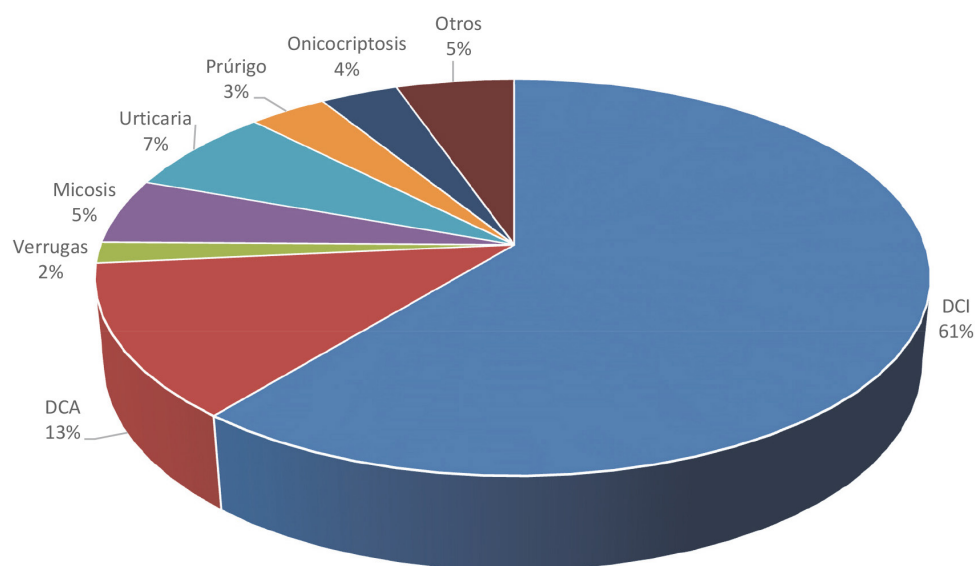
Gráfico 1. Número de consultas mensuales dermatológicas en el año 2012.



2. Enfermedades por diagnóstico

Los 398 casos en que el diagnóstico de ingreso se calificó como enfermedad profesional en estudio, fueron distribuidos en 37 diagnósticos, los cuales fueron reagrupados resultando en lo que demuestra el [Gráfico 2](#).

Gráfico 2. Enfermedades por diagnóstico.



3. Pacientes controlados por equipo de dermatología

Los pacientes que ingresaron a tratamiento por la especialidad de Dermatología fueron 58; de éstos, la distribución por sexo fue de 24 hombres y 34 mujeres.

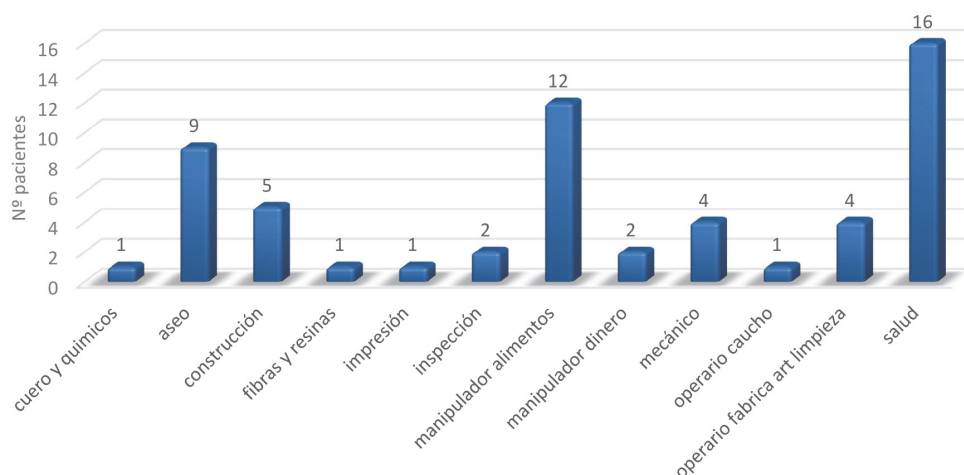
4. Reposo según sexo

El total de días de reposo de la totalidad los pacientes fue 1.077 días, de ellos, 446 fueron otorgados a pacientes hombres y 631 días a pacientes mujeres es decir, un 59% de los días de reposo se le otorgaron a las pacientes mujeres y un 41% a los pacientes hombres.

5. Rubros de los pacientes

Al agrupar a los pacientes según rubros se establecieron 12 categorías de rubros de actividad, de los que destacó como el principal causante de patología dermatológica el de funcionarios del área de la salud con 16 casos, el segundo grupo de actividad fue el de manipuladores de alimentos con 12 casos, luego en tareas de aseo con 9 casos registrados. Le sigue el rubro de la construcción con 5 casos y los demás pacientes se incorporaron en los demás rubros como muestra el Gráfico 3.

Gráfico 3. Distribución de pacientes por rubros ocupacionales.



6. Rubros de los pacientes por sexo

Analizado el rubro de los pacientes según sexo (Gráfico 4 y Gráfico 5), en los trabajadores del área de la salud, se encontró un caso de sexo masculino y 15 de sexo femenino. Se registraron 12 manipuladores de alimentos, un 50% hombres y 50% mujeres. En las tareas de aseo se contabilizaron 9 casos, de los que 8 correspondieron a mujeres y un paciente masculino. Respecto al rubro de la construcción se registraron 5 casos todos correspondientes a pacientes hombres.

Gráfico 4. Distribución por rubro de ocupación en pacientes de sexo femenino.

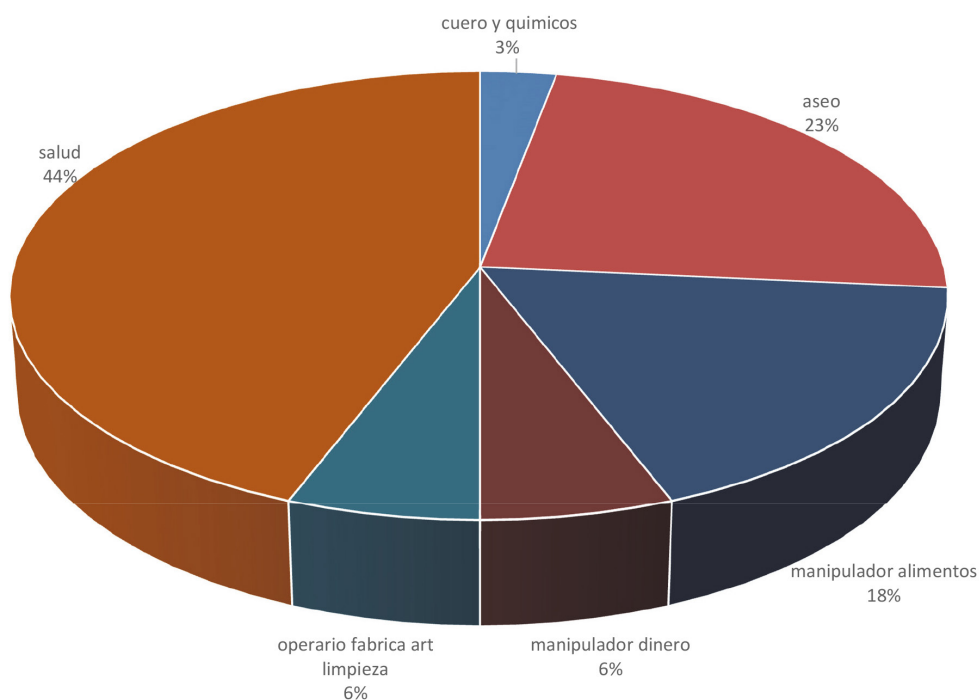
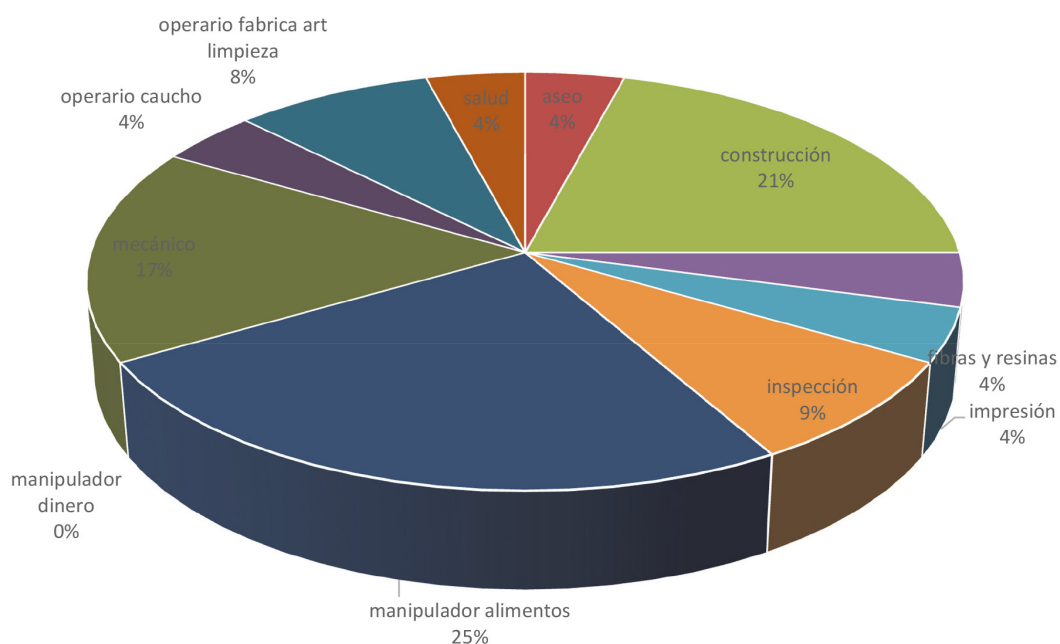


Gráfico 5. Distribución por rubro de ocupación en pacientes de sexo masculino.



7. Distribución por edad

La distribución por edad demuestra que, las consultas derivadas al servicio de dermatología se encuentran agrupadas en los períodos más juveniles, concentrándose para los hombres en el grupo etario entre los 20 y 30 años de edad y para las mujeres en el grupo entre los 31 y 40 años.

8. Presencia de comorbilidad

En los 58 pacientes se revisaron sus comorbilidades, destacando el hecho que solo 7 pacientes señalaron padecer algún estado de salud concomitante, siendo los diagnósticos identificados: Depresión, Hipertensión arterial en dos casos, Hipertiroidismo, Diabetes mellitus y rinitis crónica alérgica.

DISCUSIÓN

Si bien se esperaría una disminución de las consultas durante los meses estivales para patología secundaria a la exposición laboral de riesgo de la piel; la menor cantidad de consulta se dio en el mes de septiembre y en el mes de enero, por lo que en definitiva la tendencia esperada no fue la observada.

Según la distribución por sexo de los pacientes, existe una proporción ligeramente mayor en hombres y mujeres (59% v/s 41%) lo cual coincide con lo observado en otro estudio nacional⁸ donde esta proporción fue 55% v/s 45%. Esto coincide también con lo reportado en la literatura internacional 10.

La Enfermedad Profesional más frecuente corresponde a las dermatitis de contacto, lo cual coincide con los reportes de la literatura¹¹. La proporción observada clásicamente entre la dermatitis de contacto irritativa y dermatitis de contacto alérgica es de 70/30¹¹ lo cual se asemeja con los resultados de este estudio.

La distribución del total de los días de reposo entre hombres y mujeres fue de 41% y 59% respectivamente, lo que coincide exactamente con las proporciones de pacientes tratados; en consecuencia se puede afirmar que no hubo diferencia de días de reposo (días laborales perdidos), entre mujeres y hombres.

La mayor cantidad de los pacientes del total que fueron derivados al servicio de dermatología correspondió a trabajadores del área de la salud, esto a costa fundamentalmente de las pacientes mujeres, lo que puede explicarse dado que dicho rubro se observa mayormente ocupado por trabajadoras de sexo femenino; a su vez, el segundo grupo de trabajadores consultantes correspondió a trabajadores del área de la construcción, siendo conocida la mayor cantidad de varones en esta área.

Independiente del sexo de los pacientes, las 3 ocupaciones más afectadas fueron aquellas que se desempeñan bajo condiciones húmedas. Esto último produce maceración de la piel y daño en la barrera cutánea, lo cual predispone a sensibilización a elementos, mayor penetración de los irritantes y de los patógenos en la piel¹³.

La tendencia de consultas según la edad tanto para hombres como para mujeres fue similar, destacando que para ambos grupos, fueron mayores las consultas de pacientes jóvenes de entre 20 y 40 años. Esto puede ser explicado por una mayor susceptibilidad de los irritantes en personas jóvenes, siendo inversamente proporcional a la edad¹⁴.

Una revisión de los antecedentes de todos los pacientes que consultaron por causa dermatológica en Mutua, no solo de los que fueron derivados al equipo de dermatología del Hospital Clínico puede dar una mejor impresión por un aumento del número total casos.

CONCLUSIONES

Tanto la DCI como la DCA fueron las dermatopatías laborales más frecuentes en este estudio, siendo las mujeres el sexo más afectado. El área de la salud y la manipulación de alimentos fueron los rubros de trabajo con el mayor número de Casos de DC; estos puestos tienen en común el contacto con sanitizantes, jabones, detergentes y productos de aseo en general, además de realizarse en ambientes húmedos, por lo que constituyen los principales riesgos para estas patologías.

Los trabajadores más jóvenes fueron los que se vieron más afectados (rango 20-40 años).

En nuestro país se tiene poca información sobre las dermatosis laborales. Conocer sus características es una valiosa herramienta que nos permite desarrollar estrategias de prevención y proponer un mejor abordaje en su manejo a largo plazo.

AGRADECIMIENTOS

Nuestros agradecimientos al Dr. Patricio Amaro B. por su interés y motivación en la publicación de este estudio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Centro de consultas laborales. Dirección del trabajo. Gobierno de Chile. Disponible en: <http://www.dt.gob.cl/consultas/1613/w3-propertyvalue-22094.html>.
2. Informe Anual de Estadísticas de Seguridad Social 2016. Superintendencia de seguridad social. Disponible en: https://www.suseso.cl/607/articles-40371_archivo_01.pdf
3. Ley 16.744 Disponible en: <https://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=28650&idVersion=2011-10-17>
4. Biblioteca Nacional. Normas sobre accidentes del trabajo y enfermedades profesionales. Ley 16744.
5. Kucenic M BD. Occupational allergic contact dermatitis is more prevalent than irritant contact dermatitis: A five year study. *J Am Acad Dermatol*. 2002;(48):695-699.
6. L. Conde-Salazar, Torres Lozada V, Camacho F, Mihm M, Sober A SC. Dermatitis profesionales. 1ª edición. Cali, Colombia; *Dermatología Práctica Iberoamericana*. 2005:406-422.
7. Meza B. Dermatitis profesionales. *Dermatología Peru*. 2006;16(1):64-69.
8. García AM, Gadea R. Estimaciones de incidencia y prevalencia de enfermedades de origen laboral en España. *Atención Primaria*. 2008;40(9):439-445.
9. Hernandez E, Giesen L AI. Análisis de las dermatitis de contacto ocupacionales en Chile. *Piel*. 2011;26(9):436-445.
10. Lushniak BD. The importance of occupational skin diseases in the United States. *Int Arch Occup Env Heal*. 2003;(76):325-330.
11. Cahill, J. L., Williams, J. D., Matheson, M. C., Palmer, A. M., Burgess, J. A., Dharmage, S. C. and Nixon RL. Occupational skin disease in Victoria, Australia. *Australas J Dermatol*. 2016;(58):108-114.
12. Sasseville D, Dermatitis IC. Occupational Contact Dermatitis. 2008;4(2):59-65.
13. Diepgen TL. Occupational skin diseases. *J Dtsch Dermatol Ges*. 2012;10(5):297-315.
14. Belsito D V. Occupational contact dermatitis: Etiology, prevalence, and resultant impairment/disability. *J Am Acad Dermatol*. 2005;53(2):303-313.

MEDICINA y SEGURIDAD *del trabajo*

Revisiones

Revisión de la literatura sobre efectos nocivos de la exposición laboral a hidrocarburos en trabajadores en ambiente externo

Literature Review on the Harmful Effects of Occupational Exposure to Hydrocarbons on Workers in External Environments

Aroa Zubizarreta Solá¹, Javier Martínez Menéndez², Pablo Rivas Pérez³, Sandra Gómez Iglesias¹, Ana Sanz Borrás²

1. Unidad Docente de Medicina del Trabajo de Cantabria. España.

2. Unidad Docente de Medicina del Trabajo de Asturias. España.

3. Unidad Docente de Medicina del Trabajo de La Rioja. España.

Recibido: 27-06-2018

Aceptado: 05-09-2018

Correspondencia:

Aroa Zubizarreta Solá

Correo electrónico: aroaz90@hotmail.com

Este trabajo se ha desarrollado dentro del Programa Científico de la Escuela Nacional de Medicina del Trabajo del Instituto de Salud Carlos III en Convenio con la Unidad Docente de Medicina del Trabajo de Cantabria, Unidad Docente de Medicina del Trabajo de Asturias y Unidad Docente de Medicina del Trabajo de la Rioja. España.

Resumen

Antecedentes: Policías de tráfico, conductores y otros profesionales, están expuestos de forma aguda y crónica a hidrocarburos ambientales del tráfico que pueden conllevar un riesgo para la salud. Dichos tóxicos, están presentes en la contaminación ambiental. En la literatura revisada no hemos encontrado protocolos ni EPIs para estas profesiones laborales, poniendo de relieve que aún queda mucho por desarrollar en este campo. En este artículo, revisamos la evidencia existente en cuanto a efectos nocivos en la salud por la exposición laboral a hidrocarburos en ambiente exterior.

Objetivos: Determinar la evidencia científica existente en la literatura acerca de los efectos biológicos de la exposición crónica laboral a hidrocarburos ambientales en los trabajadores expuestos a tráfico (y/o rodeados de HAPs).

Material y Métodos: Búsqueda bibliográfica en Pubmed, Toxnet, Scopus, Embase, y webs institucionales de donde recopilamos 25 artículos.

Resultados: Se han evidenciado cambios y efectos biológicos nocivos por exposición a los hidrocarburos ambientales (en su mayoría debidos al tráfico), así como la presencia de metabolitos en análisis biológicos de trabajadores expuestos. Dichos efectos han afectado al sistema reproductor, al sistema cardiovascular e incluso a la reparación de DNA.



<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Conclusiones: Parecen existir efectos nocivos para el organismo debidos a la exposición laboral ambiental. Se encontró asociación estadística significativa en la disminución de la reparación del DNA y en el aumento de metabolitos relacionados con hidrocarburos en sangre y orina.

Med Segur Trab (Internet). 2018;64(252):271-94

Palabras clave: Hidrocarburos, HAP, biomarcadores, metabolitos, policías, taxistas, conductores, tráfico, exposición profesional.

Abstract

Background: Traffic officers, drivers and other professionals previously exposed to other environmental traffic hydrocarbons, are acutely and chronically exposed to multiple hazardous substances that can affect health. These toxics are present in environmental pollution. In the literature reviewed, neither protocols nor PPEs have been found for these professions, which highlight the need to be taken into consideration. In this article, the existing evidence regarding the adverse health effects due to the exposure to hydrocarbons in external working environments is reviewed.

Objectives: To determine the existing scientific evidence in literature about the biological effects of the work-related chronic exposure to environmental hydrocarbons in jobs exposed to traffic (and/or surrounded by PAHs).

Materials and Methods: 25 articles have been compiled from Bibliographic research in Pubmed, Toxnet, Scopus, Embase, and institutional websites.

Results: Changes and harmful biological effects due to exposure to environmental hydrocarbons (most of them caused by traffic) and the presence of metabolites in the biological analyses of exposed workers have been evidenced. Such effects have affected both the reproductive and cardiovascular systems and even DNA repair.

Conclusions: Adverse effects on the organism due to environmental exposure in the workplace seem to take place. Significant statistical association was found in the decrease of DNA repair and in the increase of metabolites related with hydrocarbons in blood and urine.

Med Segur Trab (Internet). 2018;64(252):271-94

Keywords: Hydrocarbons, PAHs, biomarkers, metabolites, traffic officers, taxi drivers, drivers, traffic, occupational exposure.

INTRODUCCIÓN

Las enfermedades profesionales se remontan hasta 1775, año en el que un médico inglés, Sir Percival Pott, describió por primera vez un cáncer de origen profesional. Asoció el cáncer de escroto de los deshollinadores a su prolongada exposición a alquitrán y hollín. Cien años más tarde se describió el cáncer de piel en los trabajadores expuestos a alquitrán o aceites bituminosos. A finales del decenio de 1910 se describió el desarrollo experimental de cáncer de pulmón en animales de laboratorio tras la aplicación repetida de alquitrán de hulla. En el decenio de 1930 se describió el cáncer de pulmón en los trabajadores de la industria del acero. En 1933 se demostró que un hidrocarburo aromático cíclico aislado del alquitrán de hulla era cancerígeno. El compuesto aislado resultó ser benzo(a)pireno¹.

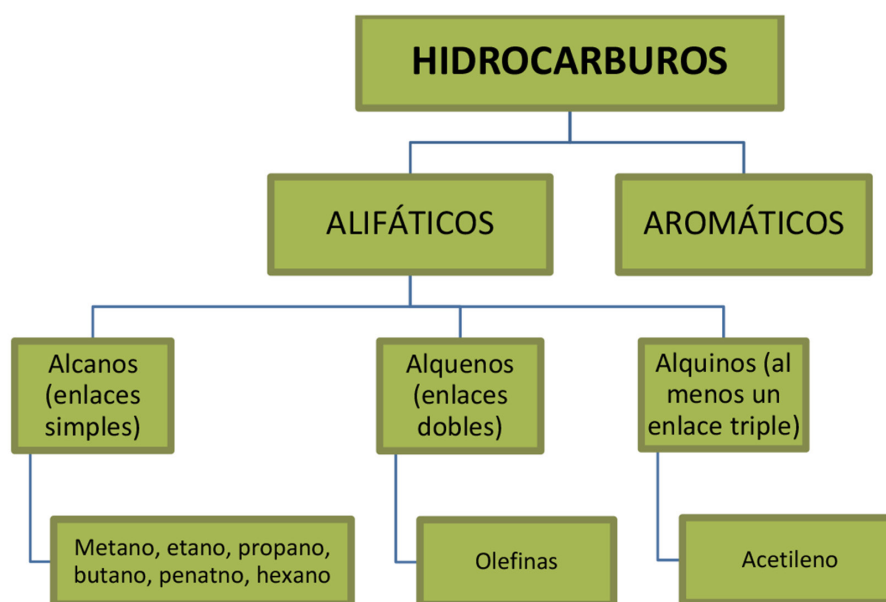
Los hidrocarburos son compuestos orgánicos formados únicamente por carbono e hidrógeno. Existen dos tipos de estos compuestos: alifáticos y aromáticos.

En cuanto a los hidrocarburos aromáticos, originalmente el término estaba restringido a un producto del alquitrán mineral, el benceno, y a sus derivados, pero en la actualidad incluye casi la mitad de todos los compuestos orgánicos.

Todos los derivados del benceno, siempre que se mantenga intacto el anillo, se consideran aromáticos. La aromaticidad puede incluso extenderse a sistemas policíclicos, como el naftaleno, antraceno, fenantreno y otros más complejos, incluso ciertos cationes y aniones, como el pentadienilo.

Los hidrocarburos que no contienen anillos bencénicos se clasifican como compuestos alifáticos². (Figura 1.)

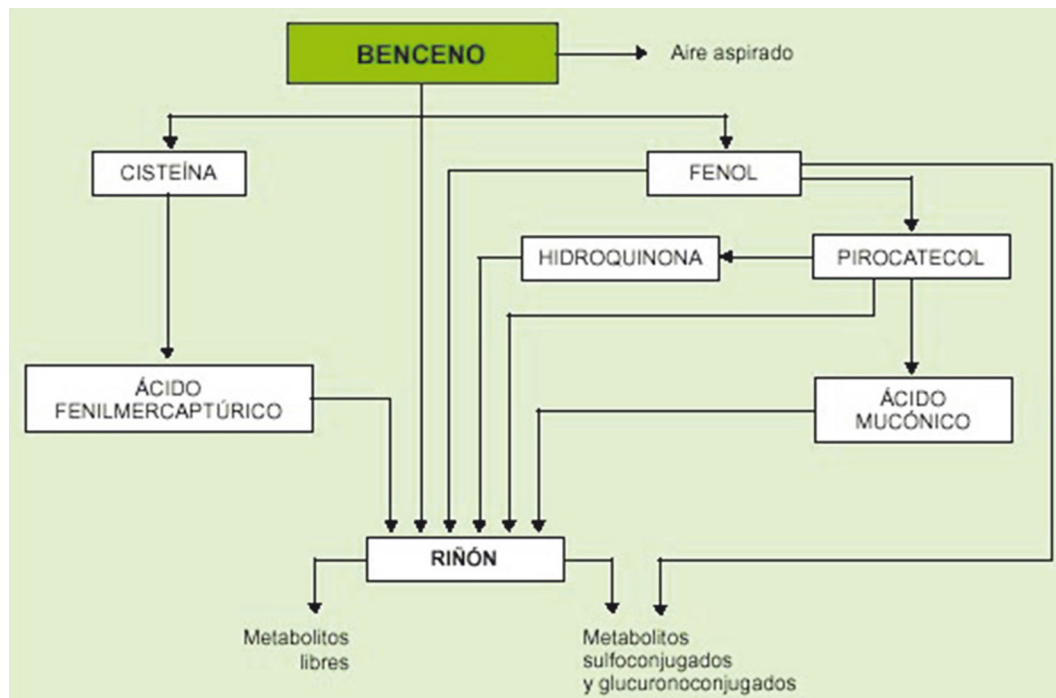
Figura 1. Clasificación de los hidrocarburos.



El benceno penetra en el organismo principalmente por inhalación, aunque la absorción cutánea es también posible. Después de su absorción, el benceno es eliminado inalterado en la orina (menos del 1%) y en el aire expirado (10 a 50% según la actividad física y la importancia del tejido adiposo); el resto es biotransformado. La mayor parte del benceno absorbido es metabolizado, básicamente en el hígado y la médula ósea, por oxidación a fenol, quinol y catecol, que se excretan en la orina en forma de sulfatos y glucuronatos. La metabolización y eliminación del benceno es rápida. La excreción de los metabolitos se completa generalmente dentro de las 24-48 horas después de una exposición única, lo que representa una vida

media biológica inferior a las 12 horas. Sin embargo, los tejidos adiposos pueden retener una pequeña cantidad de benceno durante varios días después del final de la exposición. Una vez que cesa la exposición, los niveles en los tejidos corporales disminuyen rápidamente³. (Figura 2.)

Figura 2. Metabolismo del Benceno.



Los hidrocarburos aromáticos pueden causar efectos agudos y crónicos en el organismo.

La intoxicación aguda por estos compuestos produce cefalea, náuseas, mareo, desorientación, confusión e inquietud. La exposición a dosis altas puede incluso provocar pérdida de consciencia y depresión respiratoria. Uno de los efectos agudos más conocidos es la irritación respiratoria (tos y dolor de garganta). También se han observado síntomas cardiovasculares, como palpitaciones y mareos.

Los síntomas de la exposición crónica pueden ser: cambios de conducta, depresión, alteraciones del estado de ánimo y cambios de la personalidad y de la función intelectual. También se sabe que la exposición crónica produce o contribuye al desarrollo de una neuropatía distal en algunos pacientes. Otros efectos crónicos son sequedad, irritación y agrietamiento de la piel y dermatitis. La exposición, sobre todo a los compuestos clorados de este grupo, puede causar hepatotoxicidad. El benceno es un carcinógeno humano demostrado que favorece el desarrollo de todo tipo de leucemias y, en particular, de la leucemia no linfocítica aguda. También puede causar anemia aplásica y pancitopenia reversible⁴.

Desde el punto de vista biológico, parece ser que las alteraciones hemáticas y de la médula ósea encontradas en los casos de intoxicación crónica con benceno pueden atribuirse a la conversión del benceno en epóxido de benceno. Se ha sugerido que el benceno podría oxidarse directamente a epóxido en las células de la médula ósea, como los eritroblastos. En lo que se refiere al mecanismo de toxicidad, los metabolitos del benceno parecen interferir con los ácidos nucleicos. Tanto en las personas como en los animales expuestos al benceno, se ha detectado un aumento de la frecuencia de aberraciones cromosómicas, lo que implica a largo plazo un mayor desarrollo de cánceres de tipo hemático sobre todo (leucemias y linfomas). Se clasifican como C1A y M1B^{3, 4} (Tabla 1).

Tabla 1.

Nº CE	CAS	Agente químico	VLA-ED VLA-EC	VLB
BENCENO 200-753-7	71-43-2	BENCENO	1 ppm ó 3,25 mg/m ³	0,045 mg/g creatinina en orina de ácido S-Fenilmercaptúrico; 2 mg/L en orina de ácido t,t-Mucónico; 5 µg/L en sangre de benceno total

CIA; **MTB**, vía dérmica, **VLB**®, v, r [5].

CIA (Sustancia carcinogénica de categoría 1A). **MTB** (Sustancia mutagénica de categoría 1B).

En cuanto a sus características químicas, a temperatura ambiente suelen ser líquidos incoloros. Son disolventes típicos empleados en la industria química orgánica. Se utilizan para la fabricación de plásticos, resinas, nailon, fibras sintéticas, lubricantes, pinturas, barnices, pegamentos, detergentes, medicamentos y plaguicidas. También son componentes naturales del petróleo crudo, de la gasolina, del humo del cigarrillo y otros materiales orgánicos que han sufrido un proceso de combustión incompleta o se han evaporado. Los volcanes, los yacimientos de combustibles fósiles y los incendios forestales constituyen sus fuentes naturales. A pesar de su aroma dulce, que invita a olerlos e inhalarlos, deben manejarse con sumo cuidado debido a sus potenciales efectos en la salud².

A continuación y para completar el estudio de los hidrocarburos es importante conocer la legislación vigente⁶:

- Ley 34/1998, de 7 de octubre, del sector de hidrocarburos.
- Real Decreto 1299/2006, de 10 de noviembre, por el que se aprueba el cuadro de enfermedades profesionales en el sistema de la Seguridad Social y se establecen criterios para su notificación y registro.
- Ley 8/2015, de 21 de mayo, por la que se modifica la Ley 34/1998, de 7 de octubre, del Sector de Hidrocarburos, y por la que se regulan determinadas medidas tributarias y no tributarias en relación con la exploración, investigación y explotación de hidrocarburos.

Respecto a la Lista de Enfermedades Profesionales producidas por los hidrocarburos se clasifican de la siguiente forma: en primer lugar los PAHs (benceno) se clasifican como agente químico y por lo tanto son el grupo 1; al ser aromático se clasifica como agente K y subagente 01⁷.

Las fuentes de PAHs en el trabajo, además del alquitran de hulla y el asfalto, son el negro de humo, la creosota, los aceites minerales, los humos y hollines procedentes de diversas combustiones y los gases de escape de los vehículos³:

- Exposición muy alta a benzo(a)pireno (más de 10 mg/m³) → trabajos en fábricas de gas y coque; plantas de aluminio; fábricas de electrodos de grafito; manipulación de alquitranes y breas calentados.
- Exposición moderada (0,1 a 10 mg/m³) → trabajos en fábricas de gas y coque; acerías; fábricas de electrodos de grafito; plantas de aluminio; fundiciones.
- Exposición baja (menos de 0,1 mg/m³) → fundiciones; producción de asfaltos; plantas de producción de aluminio con electrodos precocidos; talleres de reparación de automóviles y garajes; minas de hierro y construcción de túneles.

Como acabamos de comentar, los trabajadores que tienen que ver con el tráfico de automóviles durante su jornada laboral, ya sea regulándolo o estando inmersos en él, están expuestos a múltiples sustancias perjudiciales, de forma que puede suponer un riesgo potencial para su salud. Existe un gran número de tóxicos en el ambiente, que posteriormente pasarán a ser parte del ozono troposférico. Es un grupo de más de 1000 sustancias, entre las que se encuentra el benceno, el tolueno, el etilbenceno y el xileno (conocidos en su conjunto como BTEX) y el metano. Los BTEX se liberan a la atmósfera por la quema de combustibles fósiles, por evaporización en las gasolineras, durante el llenado del tanque de almacenamiento, vertidos accidentales, y por el uso de disolventes. La fuente más común de BTEX en el aire ambiente de las ciudades es el tráfico, por la combustión de la gasolina y el gasóleo².

Dado que la mayoría de los compuestos procedentes del tráfico son hidrocarburos, vamos a centrarnos en estos compuestos a la hora de estudiar sus efectos.

Ya que hemos comentado que una de las exposiciones más importantes al grupo BTEX ocurre de forma inhalatoria y con el tráfico, parece lógico pensar que la exposición crónica debido al puesto de trabajo puede acarrear problemas importantes para la salud². Algunos puestos de trabajo que pueden estar afectados por estas emisiones son los policías de tráfico, técnicos de emergencias médicas, los bomberos (no incluyendo la exposición a incendios ya que no nos estaríamos refiriendo al mismo grupo de hidrocarburos al ser una exposición puntual) y conductores profesionales. Así mismo, debemos tener en cuenta que todas estas exposiciones se producen en un entorno en el que los trabajadores están expuestos sin llevar ningún equipo de protección individual (EPI) para evitar su contaminación.

Respecto al EPI, el primer elemento a valorar son las máscaras respiratorias. La protección de la piel, segunda vía principal de exposición, puede lograrse mediante el uso de prendas protectoras como guantes, protectores y máscaras faciales y mandiles. Además, deberán utilizarse gafas protectoras en caso de que exista riesgo de recibir salpicaduras en los ojos de estas sustancias. Los trabajadores no deben utilizar lentes de contacto cuando trabajen en áreas con riesgo de exposición, especialmente de la cara y los ojos, ya que las lentes de contacto, si no se quitan inmediatamente, pueden potenciar el efecto nocivo de estas sustancias y hacer que los lavados oculares sean menos eficaces.

Como consecuencia de los datos expuestos, decidimos revisar la literatura existente para conocer si hay o no evidencia de los efectos nocivos para la salud en los trabajos descritos anteriormente; si hay algún sistema útil para medir objetivamente el incremento de los niveles de dichos hidrocarburos en los trabajadores expuestos; la posible implantación de algún sistema de protección que pudiera ayudar a disminuir los efectos y si fuese posible la creación de una nueva línea de investigación sobre la protocolización de las revisiones médicas que han de pasar estos trabajadores y la vigilancia de su salud. En la literatura científica, hemos encontrado numerosos estudios que tratan de evidenciar los efectos que produce la exposición a hidrocarburos en trabajadores que realizan su jornada laboral en ambiente externo. Constituyen algunos ejemplos relevantes el trabajo de Wiwanitkit et al (2003)⁸ sobre los marcadores en orina de la exposición al benceno, el estudio de Leopardi et al (2003)⁹ sobre la relación entre micronúcleos en linfocitos de los policías expuestos al aire polucionado en Roma, o publicaciones como la de Jo y Song (2001)¹⁰ sobre los efectos de la exposición a compuestos orgánicos volátiles. Hemos decidido centrar nuestro trabajo en los 10 últimos años (2007 incluido en adelante) para evaluar los estudios más recientes sobre el tema.

OBJETIVOS

Principal

Determinar la evidencia científica existente en la literatura acerca de los efectos biológicos de la exposición crónica laboral a hidrocarburos ambientales en los trabajadores expuestos a tráfico (y/o rodeados de PAHs).

Secundarios

1. Conocer los daños para la salud más prevalentes en trabajadores expuestos a los hidrocarburos ambientales.
2. Determinar si existe diferencia entre trabajadores expuestos y no expuestos.
3. Determinar cómo se mide el efecto sobre la salud en dichos trabajadores.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se realizó una búsqueda en las bases de datos bibliográficas científicas Medline (Pubmed), Toxnet, Scopus y OSH Update utilizando descriptores MesH para establecer las estrategias de búsqueda siguientes:

Bases de datos y ecuación de búsqueda empleados (Tabla 2):

Tabla 2.

Bases de datos	Descriptores y ecuación de búsqueda	Número artículos
MEDLINE	((((((((((("policewoman" OR "policewomen")))) OR (((("emergency medical technicians") OR firefighters) OR police) OR "taxi driver*")))) AND hydrocarbons)) NOT medline [sb])) OR (((((((("policewoman" OR "policewomen")))) OR (((("emergency medical technicians"[MeSH Terms]) OR firefighters[MeSH Terms]) OR "taxi driver*")) OR police[MeSH Terms])) AND hydrocarbons))	164
	(((((Emergency Medical Technicians OR polices OR policeman OR firefighter)) AND hydrocarbons)) NOT medline[sb])) OR (((("Emergency Medical Technicians"[Mesh]) OR (polices OR policeman)) OR Firefighters) OR "Emergency Medical Technicians"[Mesh]) AND "Hydrocarbons"[Mesh])	747
	((((((disease) OR infection) OR cancer) OR atherosclerosis) OR neoplasia) AND hydrocarbons) AND (((emergency medical technicians) OR polices) OR policeman) OR firefighters) OR taxi drivers)	190
TOXNET	Hydrocarbons and policeman	80
	Hydrocarbons and firefighters	75
	Hydrocarbons and emergency medical technicians	1
	Hydrocarbons and taxi drivers	16
SCOPUS	TITLE-ABS KEY ("policeman" OR "policewomen" OR "emergency medical technicians" OR "firefighters" OR "police" OR "taxi driver" AND "hydrocarbons") AND (LIMIT-TO (DOCTYPE, "ar")) AND (LIMIT TO (LANGUAGE, "English"))	169
EMBASE	('policeman'/exp OR 'policeman' OR 'policewomen'/exp OR 'policewomen' OR 'emergency medical technicians' OR 'firefighters'/exp OR 'firefighter' OR 'police'/exp OR 'police' OR 'taxi driver') AND ('hydrocarbons'/exp OR 'hydrocarbons') NOT ('medline'/exp OR 'medline') AND ('clinical article'/de OR 'clinical trial'/de OR 'comparative study'/de OR 'human experiment'/de OR 'mayor clinical study'/de OR 'randomized controlled trial'/de)	148

También se emplearon buscadores como Google y páginas web institucionales como OIT y el INSSBT.

Se aplicaron criterios de inclusión:

- Técnicos médicos de emergencia, policías, bomberos (solamente los que no hayan sido expuestos a incendios ya que hablaríamos de otro tipo de exposición) y conductores de taxi expuestos a los hidrocarburos del tráfico.
- Biomarcadores de hidrocarburos en trabajadores expuestos a tráfico.
- EPIs en expuestos a tráfico.
- Textos en español e inglés.
- Artículos originales.

Criterios de exclusión:

- Artículos que incluyan trabajadores de gasolineras.
- Artículos que incluyan bomberos expuestos a incendios.
- Hidrocarburos en catástrofes (exposición puntual).
- Artículos anteriores a 2007.
- Artículos sin disponibilidad de texto completo.

Para catalogar el nivel de evidencia de nuestros artículos empleamos la escala del Scottish Intercollegiate Guidelines Network (SIGN).

Para la lectura sistemática se diseñó una tabla de captura de la información que incluye los aspectos:

- Autor y año.
- Tipo de estudio.
- Población y exposición.
- Tóxicos.
- Muestras y medición.
- Resultados.
- Resultados estadísticos.
- Sesgos.
- Nivel de evidencia.

En la lectura sistemática, los artículos se evaluaron de forma independiente por cada investigador, dirimiéndose las controversias mediante revisión conjunta y consenso sobre la pertinencia de su inclusión en la lectura sistemática, siguiendo los criterios descritos anteriormente.

Artículos recuperados y seleccionados (Tabla 3):

Tabla 3.

Bases de datos	Artículos recuperados	Artículos seleccionados
MEDLINE	164	62
TOXNET	172	22
SCOPUS	169	30
EMBASE	148	0
Total de artículos	653	25

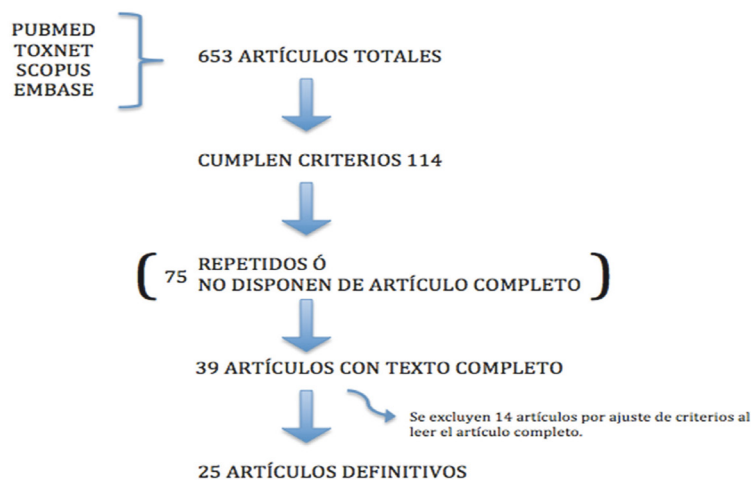
En esta tabla se muestra el total de artículos recuperados, que engloba los que arroja la búsqueda en cada base de datos utilizada, para posteriormente seleccionar de cada una de ellas los estudios que cumplen criterios en la columna «artículos seleccionados».

Se comprueba que dicha columna no es sumatoria, porque se han descartado los repetidos y los que después de su lectura completa hemos decidido excluir por no ajustarse al tema de nuestro estudio.

RESULTADOS

De acuerdo con esta estrategia de búsqueda se obtuvieron un total de 653 artículos. Tras aplicar los criterios de inclusión, exclusión y descartar los artículos repetidos en diferentes bases de datos, se recuperaron 25 artículos para su posterior lectura sistemática. (Figura 3.)

Figura 3. Estrategia de búsqueda.



Revisamos 25 artículos, los cuales hemos sintetizado en la siguiente tabla y resúmenes (Tabla 4):

Tabla 4.

Autor Año	Tipo de estudio	Población y exposición	Tóxicos	Muestras y medición	Resultados	Resultado estadístico	Sesgos	N. evidencia
TOPINKA et al 2007 ⁽¹¹⁾	Cuasi experimental	N=109 Policías ♂ expuestos no fumadores, con jornada 8h, y +/- 35 años.	PAHs	Cuestionario (educación, dieta, alcohol, factores socioeconómicos). Medición estacionaria previa y muestreo biológico. Muestreo personal 48h. Muestra sangre.	Aductos de DNA en linfocitos buen biomarcador. Heterocigotos CYP1A1 salvaje (junto con alelo GSTM1) mejor eliminan PAHs.	p< 0.0001 invierno p< 0.017 verano p= 0.013	NC	2-
CHUN-YU CHUANG et al 2007 ⁽¹²⁾	Cuasi experimental.	N= 95 expuestos taxistas ♂ N= 75 controles ♂ > 3 años trabajados. Excluidos exfumadores.	PAHs	Orina (1-OHP) Cuestionario (edad, IMC, consumo de alcohol).	Taxistas > 1-OHP vs oficina. Fumadores tienen elevado 1-OHP vs no fumadores. Heterocigotos CYP1A1sin GSTM1 tienen elevado 1-OHP vs heterocigotos salvajes con el alelo.	OR= 5,1 (IC 95% = 1.1-13.6) OR= 5,5 (IC 95% = 1.6-18.4) OR= 9,7 (IC 95% = 2.7 -35) A. regresión multivariante	NC	2
CEBULSKA-WASILEWSKA et al 2007 ⁽¹³⁾	Cuasi experimental	N= 144 expuestos ♂ (policías de tráfico y conductores de bus de Praga, Kosice y Sofía). N= 115 controles ♂ (oficinas).	PAHs	Sangre (T-DNA por electroforesis y TM). Basal, inmediato post Rayos X y post 60'.	Diferencia en DNA de la reparación. Diferencias entre fumadores y no fumadores (cotinina). Reparación DNA inferior en acetiladores lentos y homocigotos val/val.	p< 0,001. p<0,001 p=0,05	NC	2
BARBIERI et al 2008 ⁽¹⁴⁾	Cuasi experimental	N= 114 policías ♂ de tráfico de Bolonia, clasificados en no fumadores, fumadores leve-moderados y fumadores severos.	Benceno Tolueno	Orina (SPME urinario por cromatografía) Cuestionario sobre hábitos, dieta y alcohol. Única muestra obtenida después de jornada laboral.	Concentración urinaria benceno varía entre 3 grupos. (fumar disminuye excreción) IMC ↑ disminuye la excreción de benceno.	p<0,0001 (sheffe test) p<0,05	NC	2
MINGYUE et al 2015 ⁽¹⁵⁾	Cuasi experimental	N=32 (16 expuesto y 16 no expuestos) Policías ♂ de tráfico de Shenyang y oficina. No fumadores.	PAHs	Muestra de sangre (comet assay). Cuestionario sobre hábitos, características sociodemográficas, estilo de vida e historial médico.	Diferencia entre PM2.5 entre policía tráfico y oficina. Daño en DNA grado 3 (menos grado no ES).	p<0,001 T Student p<0,04	NC	2-
LI et al 2014 ⁽¹⁶⁾	Cuasi experimental	N=211(110 expuestos y 101 no expuestos) Policías ♂ de trafico de Shanghai(de 25 a 55 años) No fumadores.	PAHs (BaP)	Cuestionario Muestreo individual (24h partículas PM2.5) Muestra de sangre: aductos DNA. Muestra de orina: 1-OHP(ajustado por Cr). Cuestionario de retiro.	Exposición individual a PM2.5 mayor en expuestos. Asociación PM2.5 y biomarcadores en expuestos: a>PM2.5 > 1-OHP Asociación PM2.5 y daño DNA en expuestos: a>PM2.5 >Aductos	p<0,005 (T Student) p<0,004 p<0,013 (Regresion Lineal)	NC	2+

Tabla 4. (Continuación.)

Autor Año	Tipo de estudio	Población y exposición	Tóxicos	Muestras y medición	Resultados	Resultado estadístico	Sesgos	N. evidencia
N.BRUCKER et al 2013 ⁽¹⁷⁾	Cuasi experimental	N=60(39 expuestos y 21 no expuestos) Taxistas ♂ en Brasil (>60 años; jornada de 8 a 12h). Invierno	PAHs (BaP)	Cuestionario Monitoreo continuo en el centro de la ciudad(PM2.5) Ago y Sep Monitoreo personal entre 7am y 9am antes de la jornada laboral: Orina 1-OHP(ajustado por Cr) Sangre venosa (12h ayuno):He,COHb,MAD y PCO	Mediadores proinflamatorios> expuestos Mediadores antiinflamatorios(IL-10)< expuestos Biomarcadores daño lipídico> expuestos Aumento de 1-OHPo> expuestos Correlacion + antioxidantes/ marcadores inflamatorios/riesgoCV; Y - antioxidantes endógenos	p=0,001 p=0,001 p<0,05 p<0,005 p<0,05	NC	2-
WERTHEIM et al 2012 ⁽¹⁸⁾	Estudio Cruzado (aleatorizado)	N=44(22 conductores y 22 vendedores ambulantes) ♂ Hanoi(Vietnam) Mayo a Junio Jornada>4h	PAHs	Encuesta diaria Respirador R95 (2 semanas) Muestra de orina(martes y viernes por la tarde)	Máscara no efecto arrastre Usar R95 solo afecta a los niveles del 1-OHN	p=0,007	NC	2+
SRAM et al 2011 ⁽¹⁹⁾	Estudio de Cohorte	N=950(policías y conductores autobús) >8h de jornada laboral y ♂	PAHs	Muestreadores VAPS e individuales (durante su turno): Análisis químico cuantitativo de c-PAH Aductos de DNA en linfocitos.	Concentración de PAH> expuestos Aductos de DNA>expuestos Translocaciones cromosómicas> en expuestos	p<0,01 p=0,003 p<0,05	NC	2+
ROSSNEROVA et al 2009 ⁽²⁰⁾	Cuasi experimental	Policías ♂ de Praga (más de 8 horas trabajando en el centro de la ciudad) N= 56 20 fumadores 36 no fumadores	C-PAHs VOC (benceno tolueno etilbenceno xylene)	En dos turnos (febrero y mayo): Monitorización ambiental y personal Sangre y orina Cuestionario de hábitos de salud Análisis de cotinina	Disminución de niveles ambiental y personal en mayo respecto a febrero. Disminución de hallazgos de linfocitos mononucleados. Relación entre frecuencia de MN y exposición a PAHs y xylene.	p < 0'001 p < 0'001 p < 0'05	NC	3
SANCINI et al 2010 ⁽²¹⁾	Cuasi experimental	Policías ♂ de ciudad italiana. N = 220 110 casos 110 controles	Benceno PM10 NO2	Cuestionario de salud que incluye alteraciones de fertilidad y alteraciones psicológicas Sangre venosa periférica	Descenso en el valor medio de los niveles de testosterona en casos respecto a controles. Descenso en valor medio testosterona en casos respecto a controles (edad)	p< 0,001	NC	2-

Tabla 4. (Continuación.)

Autor Año	Tipo de estudio	Población y exposición	Tóxicos	Muestras y medición	Resultados	Resultado estadístico	Sesgos	N. evidencia
RUBES et al 2009 ⁽²²⁾	Cuasi experimental	Policías ♂ de Praga (más de 8 horas trabajando en exterior) N = 47 15 fumadores 32 no fumadores	PAHs SO2 NO CO VOC (benceno tolueno etilbenceno xileno)	En dos turnos Monitorización personal a PAHs Medición de parámetros de esperma (movilidad, vitalidad, concentración y morfología) y daños en el DNA con SCSA (técnica de citometría de flujo) Cuestionario de hábitos de salud Cotínina en orina	Vitalidad de esperma incrementada en mayo. En no fumadores, % de esperma DetDFI, hDFI y HDS incrementados en febrero. Asociación significativa de hDFI HDS con exp. a benzopireno y benceno.	p = 0,0185 p = 0,0011 (hDFI) p = 0,0042 (detDFI) p < 0,0001 (HDS) p < 0,04	NC	2+
CASALEA et al 2015 ⁽²³⁾	Transversal	N = 215 Policías en Roma 59 fumadores 156 no fumadores Policías de tráfico n=112 (77 ♂) Conductores n=69 (33 ♂) Motociclistas n=9 ♂ Policías n=25 (18 ♂)	Benceno	Cuestionario de hábitos de salud Sangre Monitorización personal durante 8 h (tras 5 días de trabajo previo en exteriores)	Correlación inversa entre nivel de benceno en sangre y células blancas (salvo policías conductores).	p < 0,03	NC	3
KEMAL et al 2014 ⁽²⁴⁾	Cuasi experimental	Trabajadores aire libre Pakistán ♂ N = 90 45 casos (15 policías , 5 fumadores, 15 bicitaxistas , 4 fumadores y 15 tenderos, 6 fumadores) 45 controles	PAHs	Sangre y orina (1-OHP como biomarcador en orina de bioexposición a PAHs) Cuestionario: hábitos de salud	Aumento de niveles de 1-OHP en policías respecto a controles Aumento de niveles de 1-OHP en bicitaxistas respecto a controles. Asociación síntomas respiratorios adversos en policías y bicitaxistas.	p = 0,046 p < 0,05 p < 0,01	NC	2-
TAIOLI et al. 2007 ⁽²⁵⁾	Cuasi Experimental	Población de Praga, Sofia y Kosice. N=356 ♂ (204 expuestos policías y conductores autobús y 152 no expuestos)	C-PAH	Orina Sangre Cuestionarios sobre hábitos Monitorización	Concordancia entre expuestos laborales y expuestos por monitor	67% Kappa=56%	NC	2-
SRAM et al. 2007 ⁽²⁶⁾	Cuasi experimental	N=53 policías ♂ de Praga (expuestos) N=52 voluntarios ♂ (no expuestos)	C-PAH	Doble monitorización Cuestionarios. Orina. Sangre.	Análisis FISH, diferencias. (más daño en expuestos) % células aberrantes (Ab. C.), Fg/100, AB/1000 y marcadores.	p<0,05	NC	2-
ROSSNER JR. Et al. 2007 ⁽²⁷⁾	Cuasi experimental	N=204 expuestos policías y conductores de autobús ♂ (100 fumadores y 104 no fumadores) N=152 no expuestos (54 fumadores y 98 no fumadores)	C-PAH	Cuestionarios. Orina. Sangre	> afectación de P53 en expuestos (Niveles plasmáticos P53 aumenta en expuestos (167 vs. 25))	p<0,001	NC	2-

Tabla 4. (Continuación.)

Autor Año	Tipo de estudio	Población y exposición	Tóxicos	Muestras y medición	Resultados	Resultado estadístico	Sesgos	N. evidencia
ZIDZIK et al. 2007 ⁽²⁸⁾	Cuasi experimental	N=203 exp. Policías ♂ N=150 controles Kosice: 51 policías y 55 controles Praga: 52 policías y 50 controles Sofía: 50 policías, 50 conductores de autobús (100 expuestos) y 45 controles	C-PAH	Cuestionarios Sangre al final de la jornada laboral Monitorización durante las 8h de la jornada laboral.	+ riesgo genotóxico en expuestos que en no expuestos en Sofía (coches viejos diésel) % de células aberrantes en policías expuestos en Sofía aumenta en expuestos.	p<0,05 p<0,05.	NC	2-
BESKID et al. 2007 ⁽²⁹⁾	Cuasi experimental	Expuestos ♂: Policías de Praga, Kosice y Sofía. Conductores de autobús de Sofía No expuestos ♂: Trabajadores de oficina de Praga, Kosice y Sofía.	C-PAH	Monitores en cada ciudad. PM10 3 meses de exposición, y 2 meses anteriores, con medición cada 24 horas (invierno cada 12). Orina. Sangre.	↑ células aberrantes en expuestos en Praga. ↑ daño en expuestos en Kosice. ↑ daño en policías de Sofía: t/1000(técnica Fish).	p<0,05 p<0,05 p<0,05	NC	2-
BINKOVA et al. 2007 ⁽³⁰⁾	Cuasi experimental	Expuestos: 53 policías ♂. No expuestos: 52 controles oficinistas ♂	8 PAH carcinogénicos	Monitorización. PM2'5 durante toda la jornada laboral Sangre y orina al final de la jornada laboral.	Asociación positiva entre alteración en DNA y niveles de Cotinina. Asociación negativa y entre DNA aducto y vitamina C Expuestos a PAH vs no: 9'7 ng/m ³ vs 5'8 ng/m ³	r=0,368 y p<0,001 r=-0,29 con p=0,004 p<0,01	NC	2-
CEBULSKA WASILEWSKA et al. 2007 ⁽³¹⁾	Cuasi experimental	N=103 expuestos ♂: 52 policías de Kosice, 26 policías y 25 conductores de autobús de Sofía. 78 no exp. ♂: 54 en Kosice y 24 en Sofía.	C-PAH	Monitorización. PM2'5 durante la jornada laboral. Sangre.	Menos capacidad de los expuestos de reparar el DNA. Menos capacidad de reparación en fumadores. A mayor educación, mayor rapidez en la reparación.	p<0,004 p<0,001 p<0,004 (ANOVA)	NC	2-
ARAYASIRI et al. 2010 ⁽³²⁾	Cuasi experimental	N = 48 ♂ 24 policías de tráfico Bangkok (8h/día al aire libre) 24 policías de oficina En Bangkok. No fumadores.	Benceno 1,3-butadieno	Entre noviembre y diciembre. M. ambiental y personal. Cuestionarios. Orina (creatinina y cotinina) (pre y post-turno) Sangre (post-turno). BM. exposición: Benceno (sangre), t,t-MA, S-PMA y MHBMA. BM. efectos biológicos: 8-OHdG, roturas cadenas DNA y su capacidad de reparación.	Benceno (S) y t,t-MA: p. tráfico > p. oficina. Correlación entre la exp. benceno con: Benceno(s) post-turno t,t-MA post-turno Aumento del %AB.C p.tráfico > oficina: 8-OHdG, dicéntricos y delecciones. Exp. personal al 1,3-butadieno se asoció con > 8-OHdG.	p < 0,001 p < 0,001 p < 0,01 p < 0,05 p < 0,0001	NC	2-

Tabla 4. (Continuación.)

Autor Año	Tipo de estudio	Población y exposición	Tóxicos	Muestras y medición	Resultados	Resultado estadístico	Sesgos	N. evidencia
ROSSNER et al 2011 ⁽³³⁾	Cuasi experimental	N = 59 Policías de Praga ♂ > 8h/día al aire libre 20 fumadores 39 no fumadores	PAHs PM2.5	2 turnos (febrero y mayo). M. ambiental y personal. Cuestionario. M. estrés oxidativo: 8-oxodG (orina), 15-F2t-IsoP (orina) y proteína carbonilo (plasma). P. citogenéticos: FG/100, % AB.C y ace. Cotina (orina). CT, LDL, HDL y TG (plasma).	> % AB.C por exp. ambiental a BP. > 8-oxodG por exp. ambiental a BP. > 15-F2t-IsoP por exp. personal a BP y PAH. > fragm. acéntricos por exp. ambiental a BP y PM2.5.	p < 0,01 IC 95% (0.18, 1.28) p = 0,02 IC 95% (0.06, 0,83) p = 0,01 p = 0,03	+/- C	2+
ANGELINI et al 2011 ⁽³⁴⁾	Cuasi experimental	N = 110 ♂ 70 policías tráfico (6h/día) 40 empleados de interiores Bolonía (no fumadores)	Benceno	Mayo 2001-Abril 2002. M. ambiental y personal. Cuestionario. BM. Exposición: S-PMA (orina). BM. Frec. MN y susceptibilidad a polimorfismos genéticos (sangre).	> s-PMA p.tráfico > t.interiores. > frec. MN p.tráfico > t.interiores.	p < 0,0001 p = 0,001	NC	2-
CIARROCCA et al 2012 ⁽³⁵⁾	Cuasi experimental	N = 91 ♀ Policías no fumadoras (7h/día) 48 (urbanas, tráfico) 21 (urbanas, patrulla) 22 (rurales)	BTX: Benceno Tolueno Xilenos	Entre septiembre y abril. M. ambiental y personal. Cuestionario. BM. exposición: Benceno (sangre). t-t-MA, S-PMA y creatinina (orina).	Benceno en sangre: t. urbanas > rurales. Correlación benceno en aire con benceno en sangre.	p < 0,05 p < 0,001	NC	2-

N: tamaño muestral; **NC:** no controla; **Cr:** creatinina; **CV:** cardio vascular; **PAH:** hidrocarburo aromático policíclico; **C-PAH:** hidrocarburo aromático policíclicocarcinogeno; **FISH:** hibridación fluorescente insitum; **1-OHP:** 1-hidroxipireno; **PM 2,5/10:** material particulado de diámetro aerodinámico <2,5/<10; **IMC:** índice de masa corporal; **BaP:** benceno[a]pireno; **TM:** tail moment; **SMPE:** solid phase micro extraction; **ES:** estadísticamente significativo; **%ABC:** % de células aberrantes; **MN:** micronúcleos; **FG/100:** frecuencia genómica de translocaciones /100 células; **15-F2t-IsoP:** 15-F2t-isoprostanos; **8-oxodG:** 8-oxo-7,8-dihidro-2'-desoxiguanosina; **8-OHdG:** 8-hidroxi-2'-desoxiguanosina; **S-PMA:** ácido s-fenilmercapturico; **mEH:** epóxido hidroxilasa microsomal; **t-t-MA:** ácido trans,trans-muconico; **BM:** biomarcador; **VOC:** compuestos orgánicos volátiles; **HDS:** high DNA stainability; **GSH:** glutatión; **GSH Px:** glutatión peroxidasa; **SCSA:** sperm chromatin structure assay; **DetDFI:** índice de fragmentación DNA detectable; **hDFI:** alto índice de fragmentación de DNA; **MHBMA:** ácido monohidroxi-butil-mercaptopúrico.

TOPINKA et al (2007)¹¹, sugieren que los aductos de DNA en los linfocitos de sujetos expuestos a niveles elevados de c-PAH son un biomarcador apropiado de una dosis biológicamente efectiva, lo que indica directamente si el grado de exposición a estos compuestos está relacionado con un mayor riesgo mutagénico y carcinogénico. Parece existir un efecto protector de vitamina A en muy expuestos a PAHs. Heterocigotos para el polimorfismo CYP1A1 (junto con el alelo GSTM1) son los que mejor eliminan PAHs metabólicamente ($p=0,013$).

CHUN-YU CHUANG et al (2007)¹² comparten que el 1-OHP urinario puede ser un buen biomarcador para los expuestos a PAHs. Estipulan que al tener el taxi la cabina más pequeña que el bus, tienen más riesgo de exposición a PAHs. Incrementan la concentración de 1-OHP urinario tanto fumar como la pertenencia al polimorfismo heterocigoto CYP1A1 cuando hay deficiencia del alelo GSTM1, al contrario que en heterocigotos salvajes que lo posean ($p<0,05$). Las horas de exposición no guardan correlación con el nivel 1-OHP. El incienso quemado a baja temperatura emite hidrocarburos que quedan patentes en orina. No se ha encontrado correlación entre el genotipo GSTM1 aislado y el 1-OHP urinario.

CEBULSKA WASILEWSKA et al (2007)¹³ miden las diferencias de reparación de DNA en diferentes momentos (basal, inmediatamente posterior a RX y después de un tiempo). No hay diferencias en DNA basal ni inmediato a los rayos X, pero sí en la reparación posterior con $p<0,001$. Hay diferencias estadísticamente significativas entre fumadores y no fumadores. Asociación correlativa de aumento con DNA dañado con aumento PAHs y cotinina, y disminución de vitaminas A y C. La reparación de DNA implica factores como la homo/heterocigosis del CYP1A1 (peor reparación en homocigotos val/val y acetiladores lentos) con $p=0,05$.

BARBIERI et al (2008)¹⁴, sugieren la hipótesis de que el sobrepeso, al disminuir la excreción del benceno puede aumentar su almacenamiento en estos sujetos ($p<0,05$). Los hábitos tabáquicos influyen en la excreción del benceno, de manera que fumar disminuye su excreción ($P<0,0001$). También la co-exposición al tolueno disminuye su excreción. No han encontrado datos significativos respecto al alcohol.

MINGYUE MA et al (2015)¹⁵, evalúan el daño al DNA en 3 grados según intensidad (del 1 al 3). En el daño de DNA se identifica una diferencia entre alta o baja exposición a PAHs sólo cuando el daño es de grado 3 con $P<0,04$ (los grados 1 y 2 no tienen diferencias). El $PM_{2,5}$ en casos es mucho mayor que en controles. Refieren que aunque la composición del $PM_{2,5}$ es compleja, los hidrocarburos son junto con los metales pesados los que más contribuyen al daño del DNA.

LI et al (2014)¹⁶, exploraron la asociación entre $PM_{2,5}$ individual y daños en el DNA en los policías de tráfico de Shanghai (China). Se vio que la concentración personal de $PM_{2,5}$ para policías de tráfico fue significativamente mayor que en el grupo de control ($P<0,005$). La exposición a $PM_{2,5}$ está asociada con un aumento de 1-OHP en orina y un aumento de aductos de DNA-BPDE en los linfocitos. Los aductos de DNA y el 1-OHP pueden ser biomarcadores relacionados con el daño en el DNA después de la exposición laboral a $PM_{2,5}$, ya que los resultados obtenidos en este estudio proporcionan un vínculo entre dicha exposición a corto y largo plazo con la progresión a cáncer.

BRUCKER et al (2013)¹⁷, desarrollaron su estudio en taxistas de Brasil, para evaluar si la exposición a PAH está asociada con biomarcadores de inflamación y estrés oxidativo, y si estos efectos modulan el riesgo de desarrollar enfermedades cardiovasculares en trabajadores expuestos a la contaminación del aire. Los niveles urinarios de 1-OHP en los taxistas aumentaron ($P<0,05$), fueron correlacionados con biomarcadores proinflamatorios elevados (IL-1 β , IL-6 y TNF- α) ($P=0,001$) y disminuyeron las actividades antioxidantes endógenas (CAT y GST) ($P=0,001$). Por el contrario no se vieron diferencias estadísticamente significativas entre los niveles de COHb ni tampoco en los diferentes estilos de vida recogidos con el cuestionario. La detección temprana de biomarcadores, como mediadores inflamatorios, mediadores de daño oxidativo o un biomarcador independiente de enfermedades cardiovasculares, podrían ser predictivos de la progresión

de la enfermedad. Apoyando esto, el estudio identificó altos niveles de predictores de eventos cardiovasculares en taxistas.

WERTHEIM et al (2011)¹⁸, realizaron un estudio cruzado en conductores de Hanoi (Vietnam), para valorar los efectos de la exposición a PAH, en el que los participantes fueron asignados aleatoriamente a usar un respirador específico durante un periodo de 2 semanas. 44 participantes se inscribieron, siendo en su mayoría taxistas. Se encontraron altos niveles de OH-PAH en orina. No se observó ningún efecto en los niveles urinarios de OH-PAH usando respiradores de partículas R95 en un área urbana de alta contaminación, excepto por 1-OHN ($P = 0,007$), donde se evidenció un descenso. La falta de efecto pudo deberse a que los PAH en fase gaseosa no fueron filtrados eficientemente por el respirador. Los altos niveles de los OH-PAH urinarios encontrados, instan a seguir en esta línea para conseguir medidas efectivas.

SRAM et al (2011)¹⁹, evaluaron el efecto de la exposición a PAH absorbidos en partículas de aire respirable (PM_{2.5}) en policías y conductores de autobuses de Praga (República Checa). Los aductos de DNA fueron analizados en linfocitos y las aberraciones cromosómicas fueron estudiadas por métodos convencionales de análisis citogenético e hibridación fluorescente in situ (FISH). Los resultados sugieren que la exposición (de no fumadores) a concentraciones superiores a 1 ng de B[a]P / m³ representa un riesgo de daño en el DNA, indicado por un aumento en los aductos de DNA ($P = 0,003$) y la frecuencia de translocaciones cromosómicas ($P < 0,05$).

ROSSNEROVA et al (2009)²⁰ evalúan la exposición a hidrocarburos aromáticos policíclicos carcinógenos y compuestos orgánicos volátiles en la frecuencia de micronúcleos de linfocitos en 56 policías de Praga. Se observa una disminución estadísticamente significativa en los niveles de polución en mayo, excepto en el caso del tolueno. La aparición de micronúcleos ya es inducida a los 3 días de exposición a PAHs ambientales, sin variación durante los siguientes 60 días. Existen más altos niveles de micronúcleos en febrero respecto a mayo, sin que haya diferencias estadísticamente significativas entre fumadores y no fumadores al respecto.

SANCINI et al (2010)²¹ evalúan la exposición a NO₂ y benceno de 110 policías de una ciudad italiana de más de 2'7 millones de habitantes que trabajan al menos 7 h diarias, 5 días a la semana, en ambiente exterior, observando el nivel de testosterona en sangre venosa periférica. Se evidencian unos niveles inferiores de esta hormona estadísticamente significativos en los policías respecto a los trabajadores no expuestos a polución ($p < 0'001$). Lo mismo ocurre estratificando por edad (en grupos de 30-40 años; 41-50 años). No se observan diferencias respecto a desórdenes de fertilidad ni psicológicos en ambos grupos tras el análisis de cuestionarios realizados a tal efecto.

RUBES et al (2009)²² evalúan la exposición de 47 policías de Praga a PAHs, SO₂, NO, CO, VOC (benceno, etilbenceno, tolueno, y xileno) observando en dos ocasiones, febrero y mayo, el volumen, concentración, morfología, movilidad del esperma y el DNA dañado en el mismo, esto último gracias a la técnica de citometría de flujo SCSA. Se observó la exposición individual a PAHs tanto en febrero como en mayo, se les hizo un cuestionario previo de salud, hábitos de consumo... y se midió concentración en orina de cotinina para considerarlos o no fumadores activos. Se evidenció un mayor nivel de SO₂, NO, CO, PAHs, etc. en la exposición individual de febrero que en la de mayo. No se encontraron diferencias significativas en los parámetros (concentración, movilidad, porcentaje de esperma de morfología normal, volumen) salvo en la vitalidad del esperma ($p = 0'0185$).

En no fumadores, se evidencia incremento estadísticamente significativo en mayo respecto a febrero en el porcentaje de esperma con HDFI (alto índice de fragmentación de DNA), det DFI (detectable índice de fragmentación de DNA) y HDS (espermatozoides con cromatina inmadura). Asimismo, se encuentra una asociación significativa del nivel de hDFI y HDS con exposición personal a benzopirenos y benceno ($p < 0'04$). Asociación con hDFI (alto DFI), detHFI y con polimorfismos en genes de reparación relacionados con la integridad de la cromatina (concretamente XRCC1, XPD6 y XPD23). Se concluye

que polimorfismos genéticos son modificadores posibles del impacto en la salud del aire polucionado y que una concentración de 1 ng B [a]P induce fragmentación del DNA de espermatozoides maduros. La fragmentación del DNA del esperma parece ser un marcador sensible en relación al efecto de la polución del aire.

CASALEA et al (2015)²³ examinaron los efectos del benceno presente en el ambiente en las células sanguíneas de 215 policías de Roma subdivididos por sexo y hábito tabáquico, así como por su labor específica: policías de tráfico, policías conductores, policías en motocicleta, y policías realizadores de otras actividades en el exterior. Se observó una asociación significativa ($p < 0.03$), mostrando una correlación inversa entre niveles de benceno en sangre y células blancas en sangre (neutrófilos y linfocitos) salvo en el caso de los policías conductores. No se encontró asociación significativa en el resto de parámetros medidos en sangre ni por causas de género, edad, duración del turno, etc.

KAMAL et al (2014)²⁴ evaluaron los posibles efectos de los hidrocarburos aromáticos policíclicos en trabajadores expuestos (policías, tenderos al aire libre y bicitaxistas) en la ciudad de Lahore, en Pakistán al compararlos con trabajadores no expuestos. Se monitorizó el 1-OHP (1-hidroxipireno) como biomarcador de exposición a PAHs y su probable relación con la actividad de antioxidantes como catalasa, GSH y GSHPx como biomarcadores de estrés oxidativo. Las concentraciones medias de 1-OHP fueron significativamente más altas en policías de tráfico, y también en el caso de bicitaxistas ambos frente al grupo control. Al distinguir entre fumadores y no fumadores no se hallan diferencias significativas en las concentraciones de 1-OHP. Además, la actividad de los antioxidantes también era mayor en expuestos que en el grupo control, experimentando mayor estrés oxidativo.

TAIOLI et al (2007)²⁵ estudiaron la relación entre la exposición a hidrocarburos aromáticos policíclicos y las actividades genotóxicas derivadas de esa exposición. Se estudiaron poblaciones de tres ciudades (Kosice, Praga y Sofía) con una $n=356$. Los expuestos eran 204 individuos (policías o conductores de autobús). Los controles eran 152 trabajadores de oficina (no expuestos). Se les realizó un cuestionario para comprobar sus hábitos. Se hicieron mediciones en aire y en exposición personal. La dosis de PAH encontrada variaba entre expuestos y no expuestos. También había variabilidad entre las ciudades.

SRAM et al (2007)²⁶ estudiaron el efecto de la exposición a PAHs sobre aberraciones cromosómicas en un grupo de 53 policías que trabajaban en exterior más de 8 horas al día y se eligieron 52 controles. Se detectó un aumento del daño cromosómico en los sujetos expuestos, en comparación a los que no lo estaban, con una $p < 0.05$. Tres genotipos concretos se asociaron a un incremento de las células aberrantes. Usando FISH, se concluye que los expuestos en Praga representan un grupo de riesgo genotóxico aumentado con $p < 0.05$.

ROSSNER et al (2007)²⁷ analizaron el efecto de la exposición a PAHs en aire ambiente sobre los niveles de las proteínas p53y p21 (reguladoras del ciclo celular, marcadores del estrés genotóxico y daño del DNA) en policías, conductores de autobús y controles. Los niveles de p53 y p21 fueron evaluados por el método ELISA. Se observaron diferencias significativas en niveles de p53 en plasma en todos los sujetos independientemente del nivel de exposición entre las ciudades con una $p < 0.001$. Se realizó un análisis de regresión múltiple para confirmar que la exposición a PAHs es una variable que afecta a esas proteínas. Se concluye que dichas proteínas son marcadores aprovechables como biomarcadores sobre la exposición ambiental a PAHs con $p < 0.05$.

ZIDZIK et al (2007)²⁸ se propusieron determinar si los PAHs en aire ambiente producían daño en el DNA (aberraciones cromosómicas) en expuestos ocupacionales, medidas como porcentaje de células aberrantes. 203 expuestos (policías y conductores de autobús) y 150 controles en Praga, Kosice y Sofía. Según la monitorización personal, en Sofía se sufría la mayor exposición a PAH de las tres ciudades. Se usaron análisis de

regresión múltiple para demostrar que la edad jugaba un papel importante en la formación de células aberrantes ($p < 0.002$) en relación con la exposición a PAHs ($p = 0.000$). Fumar constituía un factor de confusión para la formación de células aberrantes en Kosice ($p < 0.02$) después de una regresión lineal. En Sofía, se concluye que los sujetos expuestos a altos niveles de PAHs tienen un riesgo genotóxico muy superior en comparación a los controles que trabajan en interior con $p < 0.05$.

BESKID et al (2007)²⁹ usaron la técnica FISH en los cromosomas 1 y 4 para estudiar el impacto de la polución del aire con altas cantidades de PAHs en tres ciudades europeas (Kosice, Praga y Sofía). Se siguió a un grupo de expuestos (policías, y conductores de autobús en Sofía) que trabajaban en las calles durante al menos 8 horas; y a un grupo control. En Praga se observó crecimiento en el porcentaje de células aberrantes en policías comparando con controles ($p < 0.05$). Todos los puntos finales en estudios FISH fueron significativamente más altos en policías en comparación con no expuestos ($p < 0.05$). Es el primer estudio en que se utiliza la técnica FISH para analizar el impacto de la polución en el medioambiente. En el estudio se espera que los PAHs sean los responsables de la actividad biológica de la polución en el medioambiente.

BINKOVA et al (2007)³⁰ estudiaron la relación entre la exposición a PAHs, los polimorfismos de los genes reparadores del DNA y los aductos de DNA en un grupo de 53 policías, trabajadores de exterior, expuestos a dichos PAHs; y un conjunto de 52 controles, no expuestos. La exposición fue evaluada mediante muestras personales durante los periodos de trabajo. Los polimorfismos y la reparación del DNA fueron determinados por ensayos RFLP basados en PCR. Los niveles de aductos B[a]P-“like” aumentan en el grupo de expuestos ($p = 0.003$). También se observaron diferencias entre los aductos totales ($p < 0.05$) y los B[a]P-“like” ($p < 0.01$) entre fumadores y no fumadores. El estudio sugiere que los polimorfismos del DNA reparador pueden modificar aductos de DNA y pueden ser biomarcadores útiles para identificar sujetos susceptibles a dañar su DNA por exposición a PAHs.

CEBULSKA-WASILEWSKA et al (2007)³¹ estudiaron la posible influencia de los PAHs en la susceptibilidad celular de daño en DNA en expuestos ocupacionales. Se monitorizó y se tomó muestras de sangre a 103 expuestos (policías y conductores de autobús) y 78 no expuestos de las ciudades de Kosice y Sofía. El conocido como «ensayo cometa», que es un conjunto de dosis de Rayos X y electroforesis, fue usado para evaluar niveles inducidos de daño en DNA y la cinética de reparación en linfocitos aislados. No se detectaron diferencias en el daño al DNA en linfocitos entre expuestos y no expuestos, aunque si una deficiencia en la reparación del DNA. Se observó una influencia negativa del tabaco en la reparación del DNA. Los tiempos de reparación se reducían a medida que se incrementaba el nivel de educación. Los resultados confirmaron que la exposición a PAHs pueden alterar la habilidad de los linfocitos de alterar la reparación del daño al DNA, con lo que tiene potenciales efectos perjudiciales para la salud.

ARAYASIRI et al (2010)³², determinaron la exposición ambiental y personal al benceno y 1,3-butadieno, a través de biomarcadores de exposición y evaluaron con estos el riesgo potencial de efectos biológicos tempranos en 48 policías de Bangkok (Tailandia). Los 24 policías de tráfico tuvieron una exposición significativamente mayor a ambos compuestos que los 24 policías de la oficina ($p < 0.001$). Los biomarcadores de la exposición al benceno (benceno sanguíneo y el t,t-MA urinario) fueron significativamente más altos en los policías de tráfico que en los de las oficinas ($p < 0.001$). No se encontraron diferencias significativas entre ambos grupos en el metabolito urinario del benceno (S-PMA) o del 1,3-butadieno (MHBMA). Se encontraron correlaciones significativas entre la exposición al benceno con la concentración de benceno en sangre ($p < 0.001$) y el t,t-MA ($p < 0.01$) después del turno.

Las aberraciones cromosómicas fueron en los policías de tráfico significativamente mayores que en los controles ($p < 0.001$ para 8-OHdG; $p < 0.05$ para dicéntricos y $p < 0.01$ para deleciones), indicando una capacidad de reparación del DNA significativamente menor en este primer grupo.

Los niveles de exposición personal al 1,3-butadieno se asociaron significativamente con 8-OHdG ($p < 0,0001$) indicando una mayor influencia de 1,3-butadieno en el daño del DNA.

ROSSNER et al (2011)³³, investigaron el efecto de la variabilidad estacional (en febrero y en mayo) de los contaminantes ambientales del aire en el estrés oxidativo y los biomarcadores citogenéticos en 59 policías de Praga (República Checa). Los contaminantes ambientales que midieron fueron PAH carcinogénicos (incluyendo B[a]P) y PM_{2.5}.

La exposición a B[a]P también aumentó la frecuencia de fragmentos acéntricos ($p = 0,03$) (IC 95% 0,06-0,99), así como los niveles de 8-oxodG ($p = 0,02$). El B[a]P parece ser un factor importante que afecta a los niveles de 15-F2t-IsoP (biomarcador de la peroxidación lipídica) ($p < 0,01$) y también contribuye al aumento de aberraciones cromosómicas ($p < 0,01$). Sin embargo, no se observó ninguna diferencia significativa entre las 2 estaciones para ningún biomarcador de estrés oxidativo o cualquier parámetro citogenético.

Sí se evidenció un efecto significativo de la edad en la frecuencia genómica de translocaciones/100 células (FG/100) ($p < 0,01$) y % AB.C. ($p = 0,01$) (IC 95% 0,02-0,15). También se observó una asociación de 15-F2t-IsoP con PAH carcinogénicos ($p = 0,01$ IC 95% 0,0-0,02) y B[a]P ($p < 0,01$) medidos por monitores personales.

ANGELINI et al (2011)³⁴, determinaron la exposición ambiental y personal al benceno, y también a través de los biomarcadores de exposición (S-PMA), efectos biológicos tempranos (frecuencia de MN) y susceptibilidad (polimorfismos genéticos) en un grupo de 70 policías de tráfico y 40 trabajadores de interiores de la ciudad de Bolonia (Italia). La exposición personal al benceno es significativamente mayor para los policías de tráfico que para los controles ($P < 0,0001$), lo que se confirmó por una excreción de S-PMA ($p < 0,0001$) y una frecuencia de MN ($p = 0,001$) significativamente mayor en el primer grupo.

CIARROCCA et al (2012)³⁵, compararon la exposición a BTX mediante monitores personales y estacionarios en 91 mujeres no fumadoras, unas trabajando en un ambiente urbano de una gran ciudad italiana (frente a otras que lo hacían en un ambiente rural). Se midieron los siguientes biomarcadores de exposición al final de cada turno de trabajo: benceno en sangre, t, t-MA urinario y S-PMA urinario. Los niveles de benceno en sangre, t, t-MA y S-PMA fueron similares entre TP y PD ($p > 0,05$), aunque el nivel de benceno en sangre fue en las trabajadoras urbanas significativamente más alto que en las trabajadoras rurales ($p < 0,05$). En cambio, no se encontraron diferencias significativas en los valores de t,t-MA o S-PMA para las trabajadoras urbanas frente a las trabajadoras rurales ($p > 0,05$).

En las trabajadoras urbanas (TP y PD), los niveles de benceno en el aire solo se correlacionaron significativamente con el benceno en sangre de los biomarcadores de exposición ($p < 0,001$).

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

De todos es sabido que la polución es perjudicial para la salud, y después de los resultados obtenidos en nuestra revisión ha quedado constancia de que aquellos colectivos que por su trabajo están expuestos de forma crónica a la contaminación ambiental están más predispuestos a desarrollar ciertas enfermedades. Desde hace años, muchos estudios se han ocupado de los efectos en la salud que produce la exposición constante al aire contaminado³³. Entre los contaminantes ambientales más importantes cabe destacar a los hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAH). La IARC (Centro Internacional de Investigación sobre el Cáncer) en 2015, clasificó 1 único PAH, el B[a]P, como carcinógeno para el ser humano (grupo 1), 3 como probables (grupo 2A) y 10 como posibles (grupo 2B)³⁶.

Los PAH pueden inducir estrés oxidativo. Es por esto que los artículos revisados analizaron diferentes biomarcadores en esta línea. El estrés oxidativo afecta a

macromoléculas celulares como las proteínas, los lípidos y el DNA³³. La medición de estas moléculas ha demostrado ser un enfoque útil para identificar los riesgos para la salud en el medio ambiente.

De entre las proteínas, cabe destacar la afectación de p53 principalmente. En uno de los estudios revisados²⁷ se observó cómo p53 (proteína supresora de tumores) tuvo una inactivación significativa en trabajadores expuestos a los PAH del tráfico en comparación con los controles.

En relación a los lípidos, se analizó un biomarcador de la peroxidación lipídica (15-F2t-IsoP). En un estudio³³ se observó un aumento de este en el análisis de la monitorización personal por exposición a PAH, incluyendo el B[a]P.

En cuanto al DNA, observamos un aumento significativo de las alteraciones en los parámetros citogenéticos (aductos de DNA, % células aberrantes, influencia de los polimorfismos genéticos en la capacidad de reparación del DNA, etc.).

Los c-PAH se metabolizan en intermedios reactivos que pueden unirse al DNA y formar aductos de DNA en los linfocitos, causando mutaciones y aumentando el riesgo de cáncer^{11, 19}. Estos también pueden formarse después de la exposición a $PM_{2.5}$ ¹⁶. Tal y como se vio en uno de los estudios revisados¹⁹, la exposición (en no fumadores) a concentraciones $> 1 \text{ ng B[a]P/m}^3$ representa un riesgo de daño en el DNA, indicado por un aumento significativo de aductos de DNA y un aumento de las translocaciones cromosómicas.

Se observó que la edad juega un papel importante en la formación de células aberrantes^{28, 33}, así como en la frecuencia genómica de translocaciones³³, en relación con la exposición a PAH. Esto es importante ya que las aberraciones cromosómicas pueden conducir a cambios en la expresión de diversos genes, incluidos los oncogenes³³.

El CYP1A1 es un polimorfismo de desintoxicación química que actúa a nivel del citocromo P450 y es un marcador de susceptibilidad frente a PAHs (ayuda a eliminarlos cuando el sujeto está expuesto). Existen diferentes variantes de este polimorfismo, y algunos artículos revisados^{11, 12, 13} han descrito una peor eliminación de PAHs si se posee el homocigoto val/val de este polimorfismo o si se es acetilador lento, y mejor si se combina este polimorfismo heterocigoto con el alelo GSTM1. Esto es muy difícil de tener en cuenta a la hora de evaluar las medidas preventivas, ya que realizar un análisis genético a cada trabajador sería inviable, por lo que todos los puestos de trabajo deberían evaluarse con independencia de si los trabajadores tienen dicho polimorfismo o no.

El 8-oxo-dG u 8-OH-dG es uno de los principales productos de la oxidación del DNA. Las concentraciones de este biomarcador dentro de una célula son una medida del estrés oxidativo³⁷. En un estudio³² se observó un aumento significativo de las aberraciones cromosómicas en policías debido a las concentraciones ambientales de benceno, representado por aumento de deleciones³², de cromosomas dicéntricos³²/acéntricos³³ y de los niveles del 8-oxo-dG^{32, 33}. También la exposición personal al 1,3 butadieno se asoció con un aumento del 8-oxo-dG³².

La frecuencia de micronúcleos (MN) se emplea como un biomarcador que evalúa la respuesta a agentes genotóxicos, y en la literatura revisada se vio un aumento significativo en los policías de tráfico respecto a los controles³⁴.

En los estudios revisados también se analizaron diferentes biomarcadores de exposición, tanto en sangre (benceno) como en orina (t,t-MA, S-PMA, MHBMA y 1-OHP). El metabolito urinario más frecuentemente analizado en los estudios revisados fue el 1-OHP.

La excreción de S-PMA fue significativamente mayor en policías de tráfico que en los controles³⁴. Sin embargo, en otro estudio³² no hubo diferencias significativas en el S-PMA (metabolito urinario del benceno), ni tampoco en el MHBMA (metabolito urinario del 1,3-butadieno) entre los policías de tráfico y los de la oficina.

En cuanto a la localización de los estudios realizados, todas fueron en ciudades importantes de diferentes continentes. Solo uno³⁵, comparó la exposición de trabajadoras a contaminantes (BTX) en el aire urbano con el de las carreteras rurales. En los resultados observados se vio una correlación significativa del benceno en aire con respecto al benceno en sangre, siendo este último mayor en trabajadoras urbanas, como era de esperar.

También el benceno en sangre fue mayor en los policías de tráfico en comparación con los que trabajaban en las oficinas, así como el t,t-MA³².

En cuanto al 1-OHP, ha sido utilizado en múltiples estudios, ya que parece ser un buen biomarcador para valorar la exposición a PAH^{12, 24} y a PM_{2.5}¹⁶. Este metabolito urinario fue significativamente más alto en policías de tráfico y en bicitaxistas que en los controles, observándose también un aumento de la actividad de los antioxidantes (CAT, GSH y GSHPx) en sujetos expuestos a PAH²⁴. En cambio en otro estudio¹⁷ el 1-OHP urinario en taxistas aumentó significativamente correlacionándose con un aumento de los biomarcadores proinflamatorios (IL-1, IL-6 y TNFα) y una disminución de las actividades antioxidantes endógenas (CAT y GST).

Sin embargo, existen controversias respecto al 1-OHP y su exposición al tabaco. En un estudio¹², refiere que fumar incrementa su concentración, en cambio en otro²⁴ no se encontraron diferencias significativas entre fumadores y no fumadores.

Lo antes mencionado corrobora que la exposición a PAH de la contaminación ambiental produce ciertos efectos nocivos sobre la salud. Por ello, creemos que sería necesario valorar la implantación de un EPI para estos profesionales. Dado que la vía principal de exposición a los PAH es la inhalatoria, sería razonable centrarse en un EPI a dicho nivel. De los artículos revisados, solo uno¹⁸ mencionó el uso de una máscara (R95), observándose solamente una disminución del metabolito urinario 1-OHN. Revisando la literatura previa^{38, 39} se encontraron artículos donde se estudió el uso de EPIs respiratorios obteniendo resultados similares estadísticamente significativos.

Respecto a nuestro artículo¹⁸, donde la máscara (R95) solo fue implantada durante dos semanas, creemos que habría que valorar su efectividad durante más tiempo, además de hacerlo en diferentes estaciones del año con condiciones climáticas diversas, ya que estas podrían causar variación en los niveles de contaminación. Se concluyó que la máscara mencionada, posiblemente, no fue lo suficientemente efectiva ya que los PAH en fase gaseosa no fueron filtrados con eficiencia, por lo que habría que valorar un diseño del EPI en esta línea.

Por último, pero no menos importante, se debe valorar tanto mejorar la confortabilidad del EPI como formar a los trabajadores en su uso, ya que estos fueron los principales motivos de su baja efectividad, por un uso escaso o un mal uso. Después de mejorar dicho aspecto, habría que incidir en un adecuado mantenimiento del mismo.

Que los PAH ambientales produzcan un efecto perjudicial a nivel del aparato respiratorio e incluso a nivel cutáneo, no es algo que sorprenda. No obstante, en la literatura revisada¹⁸ hemos encontrado cambios moleculares que pueden tener consecuencias a nivel cardiovascular, debidos a la generación de especies reactivas y a la activación de las vías de oxidación tras inhalar dichas partículas. Eso promueve la liberación de mediadores inflamatorios en la circulación pudiendo ser una de las causas del comienzo de la esclerosis vascular, incluso en personas sanas. Por todo ello, y debido a la alta prevalencia y mortalidad de las enfermedades cardiovasculares, se hace imprescindible continuar con esta línea de investigación con la idea de incluir los biomarcadores más eficientes para su detección, en los reconocimientos médicos de dichos trabajadores.

En la literatura existen estudios²² que muestran afectaciones específicas de los varones por su exposición laboral a aire polucionado. Este tema adquiere especial importancia dado que, en la mayoría de estudios que hemos encontrado, el porcentaje de varones que trabaja en ambiente externo es superior al de mujeres.

El trabajo de Rubes et al.²² evalúa los efectos de la exposición a polución ambiental en distintos parámetros del esperma de policías que trabajan al aire libre. De todos los parámetros medidos en el esperma, se encontró asociación estadística entre la exposición ambiental a hidrocarburos y la vitalidad del mismo. Además, en el grupo de no fumadores, se observaron incrementos estadísticamente significativos en los porcentajes de esperma con alto índice de fragmentación de DNA, de esperma con índice de fragmentación de DNA detectable y de espermatozoides con cromatina inmadura. Rubes concluye que el límite que aporta la UE para la concentración recomendada de benzopireno (1ng/m³/año) puede representar un riesgo de afectación de la fertilidad de los sujetos expuestos.

Estudios previos habían establecido una asociación significativa entre una delección homocigótica del gen GSTM1 y un incremento del riesgo a sufrir daños en el DNA del esperma por exposición a aire polucionado. En su trabajo, Rubes et al.²² encontraron asociación significativa entre la presencia de polimorfismos en los genes de reparación del DNA XRCC1, XPD6 y XPD23 (relacionados con la integridad de la cromatina) y mayor presencia de daño en la cromatina del esperma.

Por otro lado, Sancini et al.²¹ apuntaron una disminución estadísticamente significativa en los valores de testosterona en sangre venosa periférica de policías expuestos laboralmente a aire polucionado. Estas afectaciones específicas para los varones suponen un riesgo a tener en cuenta, al hallarse relacionadas con el ámbito de la fertilidad, pues el porcentaje de policías en edad fértil que trabajan en ambientes exteriores no resulta desdeñable.

Por último, después de evaluar los 25 artículos que superaron el proceso de cribado, debemos comentar los sesgos cometidos por los autores de los mismos. Es cierto que en la mayoría de los artículos puede verse que sí se ha controlado el sesgo entre fumadores y no fumadores. Sin embargo, en la mayoría de dichos artículos se producen, desde nuestro punto de vista, una gran cantidad de sesgos que muchas veces no hacen posible evaluar los resultados. Comenzamos comentando que todos los estudios se han realizado en trabajadores voluntarios, y por lo tanto, estamos ante un sesgo de selección. Si existiera algún trabajador de baja por alguna enfermedad que pudiera estar relacionada o agravada por la polución ambiental, esto no se ha tenido en cuenta. Como tampoco se ha dejado constancia del motivo de abandono del estudio de algunos de los participantes. Sería interesante que esto se hubiese considerado, por si pudiese influir de alguna manera en los resultados.

Por otra parte, muchos de los estudios tienen una muestra, que aunque significativa, es pequeña.

En cuanto a la población de estudio (policías, conductores de taxi, etc.), observamos que la mayoría de los trabajadores son varones, por lo que no podemos establecer si hay diferencias significativas con las mujeres en relación con los efectos que se producen en la salud por la exposición a PAH.

La edad ha sido tomada en cuenta en ocasiones, pero sin comparar con otras franjas de edad, por lo que tampoco podemos dejar constancia de si en algunas edades se produce más o menos eliminación de los metabolitos tóxicos de los hidrocarburos. Solo se tuvo en cuenta en dos artículos^{28,33}, habiendo un aumento de aberraciones cromosómicas a mayor edad en relación a la exposición a PAH.

Algunos estudios sí han controlado la variabilidad estacional (primavera e invierno) en la que se toman las muestras, debido a las diferencias entre estas, ya que suele haber una mayor exposición a hidrocarburos en invierno, por lo que algunos de los parámetros estudiados suelen verse más alterados. En otros se han limitado a obtener muestras en un determinado momento sin valorarlo, por lo que tampoco podemos saber si la época del año en la que lo han obtenido es la más adecuada para obtener resultados más óptimos.

La variabilidad entre los países estudiados (Italia, República Checa, Eslovaquia, Bulgaria, Pakistán, Vietnam, Tailandia, China y Brasil) hace que no podamos comparar el nivel de exposición a los contaminantes ambientales, ya que las ciudades estudiadas no

tienen la misma cantidad de tráfico, ni las normas respecto a los vehículos ni la contaminación son iguales entre estos lugares. Cabe destacar que en la literatura revisada desde el 2007 hasta la actualidad y con nuestros términos de búsqueda, no hemos encontrado ningún artículo publicado en España, y dada la relevancia del tema, sería interesante que se publicara al respecto.

Por todo ello, deberíamos comentar que el nivel de evidencia SIGN no ha sido muy alto, ya que no hemos observado un control de sesgos adecuado, a parte del control de comparación entre fumadores y no fumadores.

En resumen, se ha encontrado evidencia científica existente en la literatura acerca de los efectos biológicos de la exposición crónica laboral a hidrocarburos ambientales en los trabajadores expuestos a tráfico (y/o rodeados de PAHs); se han descrito los daños para la salud más prevalentes en trabajadores expuestos a los hidrocarburos ambientales, determinándose que existen diferencias estadísticamente significativas entre trabajadores expuestos y no expuestos; y aunque se ha documentado que la medición de biomarcadores ha demostrado tener un enfoque útil para identificar los riesgos para la salud, no hay evidencia de que esta medición tenga un factor pronóstico para medir dichos efectos en la salud de los trabajadores expuestos.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar queremos agradecerle a La Escuela de Medicina del Trabajo por darnos la oportunidad de realizar esta revisión bibliográfica. Además, a todos los profesionales que a lo largo del curso nos han aportado los conocimientos necesarios para llevar a cabo este trabajo con eficacia y calidad científica.

En segundo lugar al Servicio de Obtención de Documentos de la Biblioteca Nacional de Ciencias de la Salud (Instituto Carlos III) por acercarnos las herramientas necesarias.

Y por último, a familiares y amigos que de alguna forma han participado en este proyecto.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Biografías Médicas[Internet].Valencia: Instituto de Historia de la Ciencia y Documentación; 2005 [citado 10 Enero 2018]. Disponible en: <http://www.historiadelamedicina.org/pott.htm>
2. Elena Boldo. La contaminación del aire. Madrid: Los Libros de la Catarata; 2016.
3. Jeanne MS, Debra O, Pia M. Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo[Internet].VolumenIV.4a ed. Madrid: Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales. Subdirección General de Publicaciones;1998[citado 20 Diciembre 2017].Disponible en: <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/EnciclopediaOIT/tomo4/sumario.pdf4>
4. INSHT: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo[Internet].Madrid: INSHT;[citado 25 Nov 2017].Fichas Internacionales de Seguridad Química; Ficha Benceno. Disponible en: <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/FISQ/Ficheros/0a100/nspn0015.pdf6>
5. INSHT: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo[Internet].Madrid: INSHT; Febrero 2017[citado 20 Nov 2017].Límites de exposición profesional para agentes químicos en España; pag 41.Disponible en: http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/LEP%20_VALORES%20LIMITE/Valores%20limite/LEP%202017.pdf
6. Ley 8/2015, de 21 de mayo, por la que se modifica la Ley 34/1998, de 7 de octubre, del Sector de Hidrocarburos, y por la que se regulan determinadas medidas tributarias y no tributarias en relación con la exploración, investigación y explotación de hidrocarburos. Jefatura del Estado «BOE» núm. 122, de 22 de mayo de 2015. Referencia: BOE-A-2015-5633
7. INSHT: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo[Internet].España:INSHT;2006[ultima actualización; citado 28 nov 2017]. Enfermedades profesionales causadas por agentes químicos; pag 16. Disponible en: http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Normativa/TextosLegales/RD/2006/1299_2006/Anexos/Grupo%201%20Enfermedades%20profesionales%20causadas%20por%20agentes%20qu%C3%ADmicos.pdf10

8. Wiwanitkit, Viroj, Jamsai Suwansaksri, y Suphan Soogarun. «A Note on Urine Trans, Trans Muconic Acid Level among a Sample of Thai Police: Implication for an Occupational Health Issue». *The Yale Journal of Biology and Medicine* 76, n.º 3 (2003): 103-8.
9. Leopardi, P., A. Zijno, F. Marcon, L. Conti, A. Carere, A. Verdina, R. Galati, F. Tomei, T. P. Baccolo, y R. Crebelli. «Analysis of Micronuclei in Peripheral Blood Lymphocytes of Traffic Wardens: Effects of Exposure, Metabolic Genotypes, and Inhibition of Excision Repair in Vitro by ARA-C». *Environmental and Molecular Mutagenesis* 41, n.º 2 (2003): 126-30. <https://doi.org/10.1002/em.10138>.
10. Jo, W.-K., y K.-B. Song. «Exposure to volatile organic compounds for individuals with occupations associated with potential exposure to motor vehicle exhaust and/or gasoline vapor emissions». *Science of the Total Environment* 269, n.º 1-3 (2001): 25-37. [https://doi.org/10.1016/S0048-9697\(00\)00774-9](https://doi.org/10.1016/S0048-9697(00)00774-9).
11. Topinka J, Sevastyanova O, Binkova B, Chvatalova I, Milcova A, Lnenickova Z, et al. Biomarkers of air pollution exposure--a study of policemen in Prague. *Mutat Res.* 1 de noviembre de 2007;624(1-2):9-17.
12. Chuang CY, Chang CC. Urinary 1-Hydroxypyrene level relative to vehicle exhaust exposure mediated by metabolic enzyme polymorphisms. *J Occup Health* 2007; 49: 140-151.
13. Cebulska-Wasilewska A, Binkova B, Sram RJ, Kalina I, Popov T, Farmer PB. Repair competence assay in studies of the influence of environmental exposure to c-PAHs on individual susceptibility to induction of DNA damage. *Mutat Res.* 1 de julio de 2007;620(1-2):155-64.
14. Barbieri A, Violante FS, Sabatini L, Graziosi F, Mattioli S. Urinary biomarkers and low-level environmental benzene concentration: assessing occupational and general exposure. *Chemosphere.* diciembre de 2008;74(1):64-9.
15. Ma M, Li S, Jin H, Zhang Y, Xu J, Chen D, Chen K, Zhou Y, Xiao C. Characteristics and oxidative stress on rats and traffic policemen of ambient fine particulate matter from Shenyang. *Science of the Total Environment* 526 (2015) 110-125.
16. Li P, Zhao J, Gong C, Bo L, Xie Y, Kan H, et al. Association between individual PM2.5 exposure and DNA damage in traffic policemen. *J Occup Environ Med.* octubre de 2014;56(10):e98-101.
17. Brucker N, Charão MF, Moro AM, Ferrari P, Bubols G, Sauer E, et al. Atherosclerotic process in taxi drivers occupationally exposed to air pollution and co-morbidities. *Environmental Research.* 2014;131:31-8.
18. Wertheim HF, Ngoc DM, Wolbers M, Binh TT, Hi NTT, Loan NQ, et al. Studying the effectiveness of activated carbon R95 respirators in reducing the inhalation of combustion by-products in Hanoi, Vietnam: A demonstration study. *Environmental Health: A Global Access Science Source.* 2012;11(1).
19. Sram RJ, Binkova B, Beskid O, Milcova A, Rossner P, Rossner J, et al. Biomarkers of exposure and effect-interpretation in human risk assessment. *Air Quality, Atmosphere and Health.* 2011;4(3):161-7.
20. Rossnerova A, Spatova M, Rossner P, Solansky I, Sram RJ. The impact of air pollution on the levels of micronuclei measured by automated image analysis. *Mutat Res.* 2 de octubre de 2009;669(1-2):42-7.
21. Sancini A, Tomei F, Tomei G, Ciarrocca M, Palermo P, Gioffrè PA, et al. Exposure to urban stressors and free testosterone plasma values. *Int Arch Occup Environ Health.* agosto de 2011;84(6):609-16.
22. Rubes J, Rybar R, Prinosilova P, Veznik Z, Chvatalova I, Solansky I, et al. Genetic polymorphisms influence the susceptibility of men to sperm DNA damage associated with exposure to air pollution. *Mutat Res.* 5 de enero de 2010;683(1-2):9-15.
23. Casale T, Sacco C, Ricci S, Loreti B, Pacchiarotti A, Cupelli V, et al. Workers exposed to low levels of benzene present in urban air: Assessment of peripheral blood count variations. *Chemosphere.* junio de 2016;152:392-8.
24. Kamal A, Qamar K, Gulraz M, Anwar MA, Malik RN. PAH exposure and oxidative stress indicators of human cohorts exposed to traffic pollution in Lahore city (Pakistan). *Chemosphere.* 2015;120:59-67.
25. Taioli E, Sram RJ, Garte S, Kalina I, Popov TA, Farmer PB. Effects of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in environmental pollution on exogenous and oxidative DNA damage (EXPAH project): description of the population under study. *Mutat Res.* 1 de julio de 2007;620(1-2):1-6.
26. Sram RJ, Beskid O, Binkova B, Chvatalova I, Lnenickova Z, Milcova A, et al. Chromosomal aberrations in environmentally exposed population in relation to metabolic and DNA repair genes polymorphisms. *Mutat Res.* 1 de julio de 2007;620(1-2):22-33.
27. Rossner P, Binkova B, Milcova A, Solansky I, Zidzik J, Lyubomirova KD, et al. Air pollution by carcinogenic PAHs and plasma levels of p53 and p21(WAF1) proteins. *Mutat Res.* 1 de julio de 2007;620(1-2):34-4.
28. Zidzik J, Kalina I, Salagovic J, Sram RJ, Rössner P, Popov T, et al. Influence of PAHs in ambient air on chromosomal aberrations in exposed subjects: international study - EXPAH. *Mutat Res.* 1 de julio de 2007;620(1-2):41-8.
29. Beskid O, Binkova B, Dusek Z, Rössner P, Solansky I, Kalina I, et al. Chromosomal aberrations by fluorescence in situ hybridization (FISH)--Biomarker of exposure to carcinogenic PAHs. *Mutat Res.* 1 de julio de 2007;620(1-2):62-70.

30. Binkova B, Chvatalova I, Lnenickova Z, Milcova A, Tulupova E, Farmer PB, et al. PAH-DNA adducts in environmentally exposed population in relation to metabolic and DNA repair gene polymorphisms. *Mutat Res.* 1 de julio de 2007;620(1-2):49-61.
31. Cebulska-Wasilewska A, Pawlyk I, Panek A, Wiecheć A, Kalina I, Popov T, et al. Exposure to environmental polycyclic aromatic hydrocarbons: influences on cellular susceptibility to DNA damage (sampling Kosice and Sofia). *Mutat Res.* 1 de julio de 2007;620(1-2):145-54.
32. Arayasiri M, Mahidol C, Navasumrit P, Autrup H, Ruchirawat M. Biomonitoring of benzene and 1,3-butadiene exposure and early biological effects in traffic policemen. *Sci Total Environ.* 15 de septiembre de 2010;408(20):4855-62.
33. Rossner P, Rossnerova A, Sram RJ. Oxidative stress and chromosomal aberrations in an environmentally exposed population. *Mutat Res.* 10 de febrero de 2011;707(1-2):34-41.
34. Angelini S, Kumar R, Bermejo JL, Maffei F, Barbieri A, Graziosi F, et al. Exposure to low environmental levels of benzene: evaluation of micronucleus frequencies and S-phenylmercapturic acid excretion in relation to polymorphisms in genes encoding metabolic enzymes. *Mutat Res.* 3 de febrero de 2011;719(1-2):7-13.
35. Ciarrocca M, Tomei G, Fiaschetti M, Caciari T, Cetica C, Andreozzi G, et al. Assessment of occupational exposure to benzene, toluene and xylenes in urban and rural female workers. *Chemosphere.* mayo de 2012;87(7):813-9.
36. López GP-M, Gómez PM, Duaso AIH. Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs) (I): Toxicidad, exposición de la población y alimentos implicados. *Revista Complutense de Ciencias Veterinarias.* 15 de febrero de 2016;10(1):1-15. Consultado el 24/01/18.
37. Valavanidis A, Vlachogianni T, Fiotakis C. 8-hydroxy-2'-deoxyguanosine (8-OHdG): A critical biomarker of oxidative stress and carcinogenesis. *J Environ Sci Health C Environ Carcinog Ecotoxicol Rev.* abril de 2009;27(2):120-39. Consultado el 26/01/18.
38. Bentsen RK, Notø H, Halgard K, Ovrebø S. The effect of dust-protective respirator mask and the relevance of work category on urinary 1-hydroxypyrene concentration in PAH exposed electrode paste plant workers. *Ann Occup Hyg.* febrero de 1998;42(2):135-44.
39. Ruchirawa M, Mahidol C, Tangjarukij C, Pui-ock S, Jensen O, Kampeerawipakorn O, et al. Exposure to genotoxins present in ambient air in Bangkok, Thailand--particle associated polycyclic aromatic hydrocarbons and biomarkers. *Sci Total Environ.* 15 de marzo de 2002;287(1-2):121-32.

MEDICINA y SEGURIDAD *del trabajo*

Revisiones

Revisión Sistemática sobre los efectos tóxicos de las nanopartículas metálicas en la salud de los trabajadores

Systematic Review of Toxic Effects of Metal Nanoparticles on Workers' Health

Sara Santana Báez¹, Mariazel Mendoza Martín¹, María Carolina Quevedo Villegas² y Edgar Josue Gutiérrez Disla²

1. Unidad Docente Médica de Salud Laboral de Canarias.

2. Unidad Docente Médica de Castilla y León.

Recibido: 19-07-2018

Aceptado: 05-09-2018

Correspondencia:

Sara Santana Báez.

Complejo Hospitalario Universitario de Canarias.

Servicio de Prevención de riesgos laborales.

Ofra, s/n. San Cristóbal de La Laguna.

38320. Santa Cruz de Tenerife. Canarias. España.

Tlf: 922678167

Fax: 922678166

Correo electrónico: sara.sbaez@gmail.com

Este trabajo se ha desarrollado dentro del Programa Científico de la Escuela Nacional de Medicina del Trabajo del Instituto de Salud Carlos III en Convenio con la Unidad Docente de Medicina del Trabajo de Canarias y la Unidad Docente de Medicina del Trabajo de Castilla y León. España.

Resumen

Introducción: La exposición a nanopartículas metálicas se ha incrementado en los últimos años de forma significativa debido a su mayor utilización en diversos sectores industriales. A pesar del número creciente de industrias y trabajadores expuestos, existen pocos estudios que evalúen los riesgos para la seguridad y salud de estos trabajadores.

Objetivo: Revisar la evidencia científica para determinar los posibles efectos tóxicos de las nanopartículas metálicas en la salud de los trabajadores expuestos.

Metodología: Revisión sistemática de la literatura científica mediante búsqueda en las bases de datos MEDLINE (PUBMED), WOS, SCIELO, IBECs y LILACS hasta el 10 de diciembre de 2017.

Resultados: Se incluyeron 6 artículos científicos que cumplían los criterios de selección. Las principales nanopartículas identificadas fueron hierro, cromo, manganeso, níquel, aluminio, zinc, cobre y plata. Los estudios objetivaron daños a la salud como aumento de sustancias proinflamatorias, aumento de la agregación de macrófagos, proliferación de fibroblastos, producción de especies reactivas de oxígeno, daños en la mitocondria y el ADN, y datos de daño cardiovascular, pulmonar y renal.



<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Conclusiones: Existen pocas investigaciones científicas relativas al daño a la salud por exposición laboral a nanopartículas metálicas. Es necesario fomentar la realización de más trabajos sobre el tema, ya que los estudios existentes demuestran una asociación entre la exposición a nanopartículas metálicas y la presencia de toxicidad cardiovascular, renal y pulmonar.

Med Segur Trab (Internet). 2018;64(252):295-311

Palabras clave: revisión sistemática, nanopartículas metálicas, exposición profesional.

Abstract

Introduction: The exposure to metal nanoparticles has significantly increased in recent years due to its greater use in various industrial sectors. Despite the growing number of industries and workers exposed, there are few studies that evaluate the significant impact on the *health* and *safety* of workers.

Objective: To review the scientific evidence to determine the possible toxic effects of metallic nanoparticles on the health of exposed workers.

Methodology: Systematic review of the scientific literature through search in MEDLINE (PUBMED), WOS, SCIELO, IBECs and LILACS databases until 10 December, 2017.

Results: The 6 scientific articles included met the selection criteria. The main nanoparticles identified were iron, chromium, manganese, nickel, aluminium, zinc, copper and silver. The studies observed health damages like an increase in proinflammatory substances, increase in macrophage aggregation, proliferation of fibroblasts, production of reactive oxygen species, damage to mitochondria and DNA, and cardiovascular, pulmonary and renal damage data.

Conclusions: There are not many scientific studies related to the health effects associated with occupational exposure to metallic nanoparticles. Since current works evidence an association between exposure to metal nanoparticles and the presence of cardiovascular, renal and pulmonary toxicity, further investigation on the subject is necessary to be enhanced.

Med Segur Trab (Internet). 2018;64(252):295-311

Keywords: Systematic review, metallic nanoparticles and professional exposure.

I. INTRODUCCIÓN

La nanotecnología es el campo de la ciencia que se dedica al diseño, caracterización, producción y aplicación de estructuras a escala nanométrica ($1\text{nm}=10^{-9}\text{m}$)⁽¹⁾. El nanomaterial es aquel que presentan, como mínimo, el 50 % de sus partículas con una o más dimensiones externas entre 1 y 100 nm. Las nanopartículas se caracterizan porque tienen sus tres dimensiones externas en la nanoescala.⁽²⁾

Las nanopartículas presentan propiedades físicas y químicas únicas que difieren significativamente de las del mismo material a mayor escala. Por esto no es posible predecir su perfil de toxicidad por extrapolación a partir de sus equivalentes de mayor tamaño. Este fenómeno se debe a que en las nanopartículas la relación entre el número de átomos superficiales y el tamaño de la partícula es de carácter exponencial. Por este motivo cambian las propiedades relacionadas con la superficie, como las eléctricas, mecánicas o químicas⁽³⁾.

Las nanopartículas pueden clasificarse según su origen en nanopartículas de origen natural y nanopartículas generadas por la actividad humana. Estas últimas pueden dividirse en 2 grupos: generadas de forma involuntaria y de forma deliberada, producidas mediante las llamadas nanotecnologías⁽⁴⁾.

Aunque en la legislación europea no hay un marco específico para los nanomateriales, se aplicará, tal y como ha expresado la Comisión Europea⁽⁵⁾, la normativa existente que corresponda según la situación en que sean usados y sus características de peligrosidad. Desde el punto de vista de seguridad y salud en el trabajo también son de aplicación la normativa general de seguridad y salud en el trabajo, Ley de Prevención de Riesgos Laborales (LPRL) y Reglamento de los Servicios de Prevención (RSP).

En el reglamento sobre registro, evaluación, autorización y restricción de las sustancias y preparados químicos (REACH) y en el reglamento sobre clasificación, etiquetado y envasado de sustancias y mezclas (CLP) no se contemplan requisitos específicos para los nanomateriales, siendo definidos en ambos reglamentos como sustancia y, por tanto, aplicándoseles las disposiciones correspondientes⁽⁶⁾.

En España, en 2009 había aproximadamente 150.000 empresas en el sector del metal (un 5% del total de empresas) que dan empleo a cerca de 1.350.000 trabajadores y trabajadoras, lo que supone el 37% de los empleos del sector de la industria⁽⁷⁾. Según los datos de la VI Encuesta Nacional de Condiciones de Trabajo, el 42,5% de los trabajadores del sector del metal refieren inhalar polvo, humos, aerosoles, gases o vapores nocivos o tóxicos en su puesto de trabajo. Otros sectores como el de la automoción y el de la construcción también son focos de exposición a nanopartículas metálicas. En el sector de la automoción, por ejemplo, se emplean nanopartículas de dióxido de titanio (TiO_2) en las lunas y faros ya que proporcionan resistencia a la abrasión y protegen contra la radiación UV.⁽⁸⁾ En el sector de la construcción se añaden nanopartículas de cobre en el acero para hacerlo más resistente a la corrosión, nanopartículas de óxido de zinc en las pinturas para aportarles mayor resistencia⁽⁹⁾.

No se debe olvidar que algunos metales son tóxicos para las personas y que metales como el cadmio, cromo (VI) y níquel ya han sido incluidos por la Agencia Internacional de investigación sobre el cáncer (IARC) en el grupo I o de agentes cancerígenos en humanos⁽⁷⁾.

El objetivo principal es revisar la evidencia científica para determinar los posibles efectos tóxicos de las nanopartículas metálicas en la salud de los trabajadores expuestos.

II. MATERIAL Y MÉTODO

1. Búsqueda de información

Se ha realizado una revisión sistemática de la literatura científica sobre los riesgos para la salud de la exposición laboral a nanopartículas metálicas. Se utilizaron las

siguientes bases de datos: MEDLINE (a través de Pubmed), WOS (Web of Science), SCIELO (Scientific Electronic Library Online), IBECs (Índice Bibliográfico Español de Ciencias de la Salud) y LILACS (Literatura Latinoamericana y del Caribe en CC de la Salud).

Los descriptores MeSH utilizados fueron: Nanoparticles/toxicity, Nanostructures/adverse effects, Nanostructures/toxicity, nanomaterials, nanoparticles, nanostructures, toxicity, Occupational Exposure, Occupational Diseases, Workplace, environmental exposure. Estos términos fueron adaptados al tesoro propio de cada base de datos. (Anexo I.)

La búsqueda se finalizó el 10 de diciembre de 2017 y no se establecieron restricciones por fecha de publicación. En el presente estudio se siguieron las directrices de la Declaración PRISMA⁽¹⁰⁾ durante su elaboración.

2. Selección de estudios

2.1. Criterios de inclusión y exclusión

— Criterios de inclusión:

- Tipos de estudios: Ensayos clínicos, meta-análisis, estudios observacionales, estudios de cohortes y estudios casos-contróles.
- Estudios nacionales e internacionales.
- Población estudiada: trabajadores expuestos a nanopartículas metálicas.
- Medidas de resultados: Serán considerados como efectos tóxicos las alteraciones en los niveles de sustancias proinflamatorias, las alteraciones celulares, alteraciones en el ADN, alteraciones de los biomarcadores de daño orgánico específico y los datos clínicos, analíticos y anatomopatológicos de enfermedad.

— Criterios de exclusión:

- Tipos de estudios: Estudios in vitro, opiniones de expertos, estudios duplicados o desfasados por estudios posteriores de la misma institución, revisiones narrativas, cartas al director, comentarios, editoriales, estudios a propósito de un caso.
- Población: Estudios en animales.

2.2. Selección de artículos

La selección y análisis de los estudios se llevó a cabo por los cuatro miembros del equipo de forma independiente. Se realizó una primera selección mediante la lectura de título y resumen, y aquellos que cumplían los criterios de inclusión fueron revisados posteriormente con lectura del texto completo. Los desacuerdos o dudas se resolvieron por consenso.

3. Extracción de datos

Los estudios finalmente seleccionados fueron repartidos entre los cuatro miembros del equipo y cada uno extrajo los datos de forma independiente, elaborando así las tablas de resultados elaboradas específicamente para esta revisión (Tabla 1 y Tabla 2).

4. Calidad

La calidad de la evidencia científica fue evaluada de forma independiente por uno de los revisores de acuerdo con la Escala del Centro de Medicina basada en la Evidencia de Oxford (OCEBM)⁽¹¹⁾. La calidad de la publicación de los artículos finalmente seleccionados se evaluó mediante la aplicación de la Declaración STROBE⁽¹²⁾.

Tabla I. Clasificación de las diferentes publicaciones encontradas.

Autor/año	País	Población	Tipo de estudio	Variable de exposición y diámetro	Variables de resultado	Nivel de Evidencia
Lai C-Y. et al. ⁽¹³⁾ 2016	China	Soldadores	Cohortes	PM 2,5 de: Mn, Fe, Cu y Zn.	8-OHdG, IL-6 y NO producidos por HCAEC. 8-OHdG y 8-iso-PGF2 α en orina.	2b
Pelclova D. et al. ⁽¹⁴⁾ 2016	República Checa	Trabajadores productores de pigmentos	Transversal	Nanopartículas de óxido de hierro	Marcadores de estrés oxidativo en aire exhalado condensado y orina.	4
Chuang K-J. et al. ⁽¹⁵⁾ 2015	China	Soldadores	Cohortes	PM 2,5 (desde 56 nm hasta 2,49 micras) de: Al, Cr, Fe y Ni.	KIM-1 y NGAL en orina.	2b
Cena LG et al. ⁽¹⁶⁾ 2015	EEUU	Soldadores	Transversal	Nanopartículas de Cr, Mn y Ni.	Cromo, manganeso y níquel medidos con NRD	4
Aktepe N. et al. ⁽¹⁷⁾ 2015	Turquía	Joyereros de la plata	Cohortes	Nanopartículas de plata en los artesanos de este metal	ADN de leucocitos mononucleares, el TAS, TOS, Tioles y ceruloplasmina.	2b
Andujar P. et al. ⁽¹⁸⁾ 2014	Francia	Soldadores	Cohortes	Nanopartículas de óxidos de Fe, Mn y Cr.	Sustancias proinflamatorias (CXCL-8, IL-1 β , TNF- α , CCL-2, -3, -4), agregación de macrófagos y proliferación de fibroblasto.	2b

Mn: manganeso. Fe: hierro. Cu: cobre. Zn: zinc. Al: aluminio. Cr: cromo. Co: cobalto. Ni: níquel. IL-6: interleucina 6. NO: Óxido Nítrico. HCAEC: células endoteliales de arteria coronaria humanas. 8-OHdG: 8-hidroxi-2-desoxiguanosina. 8-OHG: 8-hidroxiguanosina. 8-iso-PGF2 α : 8-iso-prostaglandina F2 α . KIM-1: Molécula de lesión renal-1. NGAL: Lipocalina asociada a gelatinasa de neutrófilos. Nm: nanómetros. NRD: muestreadores de deposición respiratoria de nanopartículas. ADN: Ácido Desoxirribonucleico. TAS: Estado Antioxidante total. TOS: Estado Oxidativo total. CXCL-8: IL-8: Interleucina 8. IL-1 β : interleucina 1 beta. TNF- α : Factor de necrosis tumoral alfa. Quimiocinas: CCL-2: MCP-1: Proteína quimiotáctica de monocito-1. CCL3: MIP-1 α : Proteína Inflamatoria de Macrófagos-1 alfa. CCL4: MIP-1 β : Proteína Inflamatoria de Macrófagos-1 beta.

Tabla II. Valoración de los resultados obtenidos sobre posibles efectos tóxicos de las nanopartículas metálicas en humanos

Autor y año	Tamaño muestral (n)	Sexo	Rango de edad (años)	Principales vías de absorción	Efectos tóxicos
Lai C-Y. et al.⁽¹³⁾ 2016	N=163 Soldador=118 Oficina=45	V=161 M=2	Sold.= 40,6-61 años Ofic.= 36-60 años	Respiratoria	Los trabajadores de soldadura y de oficina tras 5 días de exposición, presentaron elevación de 8-OHdG y 8-iso-PGF2α en orina, siendo estas superiores en soldadores. 8-OHdG y 8-iso-PGF2α son biomarcadores de estrés oxidativo, daño del ADN y lesión cardiovascular. Aumento de los niveles de 8-OHdG, IL-6 y NO producidos por HCAEC.
Pelcova D. et al.⁽¹⁴⁾ 2016	N= 28 Soldador=14 Control=14	V=28	36-50 años	Respiratoria	Aunque los trabajadores no se quejaron de ningún síntoma, la presencia de marcadores de estrés oxidativo en el EBC de los trabajadores en comparación con los controles muestra un efecto biológico de la exposición a nanopartículas.
Chuang K-J. et al.⁽¹⁵⁾ 2015	N=78 Soldador=66 Oficina=12	V=67 M=11	Sold.= 41-60,7 años Ofic.= 32-63,5 años	Respiratoria	Los trabajadores de soldadura y de oficina tras 5 días de exposición, presentaron elevación de KIM-1 y NGAL en la orina, siendo estas superiores en el grupo de soldadores. KIM-1 y NGAL son biomarcadores de daño renal, que indican principalmente lesión tubular renal.
Cena L.G. et al.⁽¹⁶⁾ 2015	N= 44	V= 44	N.D.	Respiratoria	Estiman concentraciones depositadas en el aparato respiratorio.
Aktepe N. et al.⁽¹⁷⁾ 2015	N=76 Joyereros =35 Control=41	V=76	Joyereros: 17-48 años Control: 17-45 años	Respiratoria y dérmica.	El depósito de las nanopartículas de plata a nivel celular y su interacción con la mitocondria alteran la respiración celular, generando especies reactivas de oxígeno (ROS), aumenta el daño al ADN de los leucocitos mononucleares y los niveles de sustancias oxidantes orgánicas (TOS) y de ceruloplasmina, y disminuye los de antioxidantes (TAS) y tioles.
Andujar P. et al.⁽¹⁸⁾ 2014	N=42 Soldador=21 Control=21	Casos V=20 M=1 Control V=15 M=6	Soldador: 47-69 años Control: 47-69 años	Respiratoria	La gran mayoría estaba libre de síntomas al principio, pero el efecto acumulativo de las sustancias proinflamatorias responsables de la gran migración de macrófagos y de la producción de fibroblastos hacen que a largo plazo aparezcan manifestaciones respiratorias por irritación y derivadas de la fibrosis.

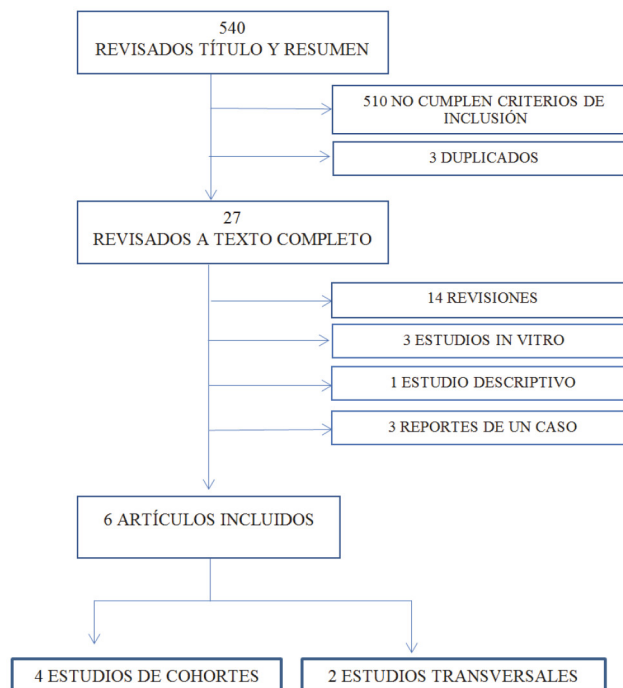
N: n: tamaño muestral. V: Varones. M: Mujeres. Sold.: soldados. Ofic.: Trabajadores de oficina. N.D.: No disponible. 8-OHdG: 8-hidroxi-2-desoxiguanosina. 8-iso-PGF2α: 8-iso-prostaglandina F2α. IL-6: interleucina 6. NO: Óxido Nítrico. HCAEC: células endoteliales de arteria coronaria humanas. EBC: Aire Exhalado condensado. KIM-1: Molécula de lesión renal-1 (Kidney Injury Molecule-1). NGAL: Lipocalina asociada a gelatinasa de neutrófilos (Neutrophil Gelatinase-Associated Lipocalin). ADN: Ácido Desoxirribonucleico. TAS: Total Antioxidative Status o Estado Antioxidante total. TOS: Total Oxidative status o Estado Oxidativo total.

III. RESULTADOS

1. Selección de estudios

Las referencias bibliográficas obtenidas tras la combinación de las diferentes palabras claves fueron de 1681. Tras aplicar el filtro “estudios en humanos” se redujeron a 540. Con la lectura de título y resumen se descartaron 510 por no cumplir los criterios de inclusión y 3 duplicados. Se revisaron a texto completo los 27 artículos restantes. El diagrama de flujo de estudios incluidos y excluidos aparece en la [Figura 1](#).

Figura 1. Diagrama de flujo de publicaciones incluidas en el análisis.



Tras aplicar los criterios de exclusión, se obtienen un total de 6 estudios(13–18). Los artículos excluidos junto con el motivo de exclusión de cada uno se registraron en el [Anexo II](#).

Los 6 estudios obtenidos fueron 4 estudios de cohortes y 2 estudios transversales.

2. Resultados clínicos

Lai C-Y. et al⁽¹³⁾ seleccionaron a 163 trabajadores de los cuales, 118 se dedicaban a la soldadura de metales y 45 a tareas de oficina para medir los efectos de la exposición personal a material particulado menor a 2,5 micras (PM 2.5). Hallaron que la mayoría del material particulado 2,5 (PM 2.5) estaba constituido por nanopartículas de manganeso, hierro, cobre y zinc. También objetivaron un aumento significativo de los niveles urinarios de hierro, cobre, zinc y cadmio en los soldadores, niveles más altos de 8-OHdG (8-hidroxi-2'-desoxiguanosina) y 8-iso-PGF2 α (8-iso-prostaglandina F2 α) en soldadores que los trabajadores de oficina ($p < 0.05$), y que los niveles de 8-iso-PGF2 α en orina se asociaban significativamente con los niveles urinarios de manganeso, níquel, cobre y plomo. Y observaron que un aumento de 10 $\mu\text{g} / \text{m}^3$ en la concentración media de PM2.5 se asoció con un aumento del 2,15% en 8-OHdG y un aumento del 8,43% en 8-iso-PGF2 α en trabajadores de soldadura.

Por otro lado, en las células endoteliales de arteria coronaria humanas (HCAEC) expuestas a las muestras del área de soldadura observaron una disminución de la viabilidad celular, y un aumento significativo de la producción de 8-OHdG, interleucina

-6 (IL-6) y óxido nítrico (NO) ($p < 0.05$), es decir, datos de estrés oxidativo e inflamación a nivel del endotelio vascular.

Durante esta investigación la exposición personal a PM_{2.5} en trabajadores de soldadura fue significativamente menor ($48.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$) que los límites de exposición permitidos (PEL) de la OSHA para partículas de fracción respirable ($5 \text{ mg} / \text{m}^3$).

Pelclova D. et al⁽¹⁴⁾ examinaron muestras de aire exhalado condensado (EBC) y de orina de 14 trabajadores expuestos al aerosol de óxido de hierro durante la producción de pigmentos. Casi todos los marcadores de oxidación de los lípidos, ácidos nucleicos y proteínas estaban elevados en el EBC de los trabajadores con respecto a los sujetos control, con una $p < 0.001$. Solamente no se elevó el aldehído C12. No hubo diferencias en la conductividad ni el pH en el EBC (5.4 ± 0.17 ; 5.30 ± 0.08) entre los trabajadores y controles. Tampoco hubo diferencia entre el pH de los fumadores con respecto a los controles.

En los trabajadores, se encontró una correlación no positiva entre los marcadores en EBC y la edad, los factores de estilo de vida (fumar, ingesta de alcohol) y la presencia de enfermedad, incluida la rinitis y la bronquitis crónica.

Por otro lado, los marcadores de estrés oxidativo en orina no fueron significativamente diferentes en trabajadores y en controles. Sin embargo, sí se observó correlación entre varios marcadores de estrés oxidativo en EBC y orina. Entre ellos, la concentración de MDA (malondialdehído), y aldehídos C6 y C9 en orina se correlacionaron con los niveles de los mismos marcadores en EBC. Además, el C6 en EBC se correlacionó con HNE, C7-C10 y 8-OHdG en orina.

Las concentraciones totales no excedieron el PEL para partículas de óxido de hierro, siendo el límite de la OSHA de $10 \text{ mg}/\text{m}^3$ para la concentración promedio ponderada por tiempo y el límite de exposición recomendado de $5 \text{ mg}/\text{m}^3$ según el NIOSH, si bien estos límites no han sido diseñados para nanopartículas.

Chuang K-J. et al⁽¹⁵⁾ investigaron los efectos en el cuerpo humano de la exposición pulmonar a PM 2.5 presente en el humo que se produce durante la soldadura de metal galvanizado y su toxicidad para los riñones. Los niveles urinarios de aluminio (Al), cobalto (Co), cromo (Cr), hierro (Fe), manganeso (Mn) y níquel (Ni) se elevaron tanto en el grupo de soldadores como en el de trabajadores de oficina, siendo este aumento significativamente superior en el grupo de los soldadores (especialmente los niveles de Al, Fe y Ni. También observaron un aumento significativo de los niveles urinarios de la molécula de lesión renal-1 (KIM-1 o Kidney Injury Molecule-1) y la lipocalina asociada a gelatinasa de neutrófilos (NGAL o Neutrophil Gelatinase-Associated Lipocalin) ($p < 0.05$) mientras que en los trabajadores de oficina solo se elevaron los niveles de NGAL. Al correlacionar los niveles urinarios de los biomarcadores de daño renal KIM-1 y NGAL con los de los metales descubrieron que los niveles de NGAL se asociaron más significativamente con los niveles urinarios de Al ($r = 0.737$, $p < 0.001$), Cr ($r = 0.705$, $p < 0.001$), Fe ($r = 0.709$, $p < 0.001$) y Ni ($r = 0.657$, $p < 0.001$) que los niveles de KIM-1.

Cena L.G. et al⁽¹⁶⁾ tras estudiar las muestras obtenidas por un muestreador de deposición respiratoria de nanopartículas (NRD) metálicas gaseosas durante la soldadura de acero templado y acero inoxidable, se observó que la mayoría de las concentraciones de cromo y níquel en la soldadura de acero blando estaban dentro de los límites de exposición recomendados de NIOSH (Instituto Nacional para la Seguridad y Salud Ocupacional, de los Estados Unidos). En las muestras de los soldadores de acero inoxidable, las concentraciones estimadas de níquel y cromo hexavalente de tamaño nanométrico excedieron los límites de exposición recomendada (REL).

Las concentraciones de manganeso para ambos procesos de soldadura oscilaron entre $2,8$ y $199 \mu\text{g} / \text{m}^3$, las de níquel variaron entre 10 - $51 \mu\text{g} / \text{m}^3$; y las de cromo variaron 40 - $105 \mu\text{g} / \text{m}^3$. Las concentraciones de cromo hexavalente (Cr VI) variaron entre 0.5 - $1.3 \mu\text{g} / \text{m}^3$. Estos valores indican que 1-5% del nano-Cromo depositado estaba en el estado de valencia Cr (VI).

El porcentaje estimado de la nano-fracción de manganeso depositada en el sistema respiratorio de un soldador de acero blando varió entre 10 y 56% del total de manganeso presente en el humo de soldadura. Para la soldadura de acero inoxidable, los detectores NRD recolectaron el 59% del manganeso, el 90% del cromo y el 64% del níquel.

Aktepe N. et al.⁽¹⁷⁾ investigan el efecto genotóxico y oxidativo de la exposición a nanopartículas de plata, por vía inhalatoria y dérmica. Observaron que la exposición a nanopartículas de plata aumenta el daño al ADN de los leucocitos mononucleares y los niveles de sustancias oxidantes orgánicas (TOS o Total Oxidative Status) y de ceruloplasmina. Esta exposición además disminuye los antioxidantes (TAS, Total Antioxidative status) y los tioles, ya que la plata se depositó en la mitocondria alterando la función de la cadena respiratoria celular. Esto provoca la generación de especies reactivas de oxígeno (ROS) que desencadenan procesos patológicos entre los que se encuentran: el estrés oxidativo, alteración del ciclo celular, respuesta inflamatoria, daño al ADN (genotoxicidad), aberración cromosómica y apoptosis.

Andujar P. et al.⁽¹⁸⁾ estimaron que alrededor del 25% de las nanopartículas de manganeso, cromo y níquel presentes en el humo de soldadura se depositaron en todo el sistema respiratorio (vías respiratorias superiores 7-10% y región alveolar 11-14%). Observaron que la exposición a dichas nanopartículas metálicas estimulaba la producción de sustancias proinflamatorias (CXCL-8, IL-1 β , TNF- α , CCL-2, -3, -4), producía un aumento de la agregación de macrófagos (excepto Fe₃O₄), y un aumento en la proliferación de fibroblastos. Según los investigadores, este conjunto de alteraciones eran las responsables de los cambios, signos y síntomas que se observaron en estos trabajadores entre los que podemos señalar el daño mitocondrial, el daño en el ADN, la inflamación y fibrosis pulmonar.

IV. DISCUSIÓN

A día de hoy existe limitada información sobre el daño a la salud que pueden causar las nanopartículas metálicas. Los pocos estudios realizados en seres humanos y la novedad del tema hacen que estos compuestos sean objeto de estudio a fin de relacionar los posibles daños a la salud colectiva y/o laboral que pueden producir. Existe cierto nivel de conocimiento a partir de estudios *in vitro*, en animales y en flora acuática con datos parcialmente extrapolables a algunos ambientes laborales pero la realidad es que necesitamos profundizar en estudios que proporcionen un vínculo más sólido.

En 5 de los 6 estudios evaluados, la exposición a nanopartículas consiste en el contacto con el humo que se produce durante la soldadura de diferentes metales^(13,15-18). Dicho humo estaba compuesto por distintas nanopartículas metálicas que variaban de un estudio a otro. La vía de absorción que se evalúa principalmente es la vía respiratoria, siendo solamente el artículo de Aktepe N. y colaboradores el que estudia también la vía dérmica como vía de absorción de las nanopartículas metálicas⁽¹⁷⁾.

Las principales nanopartículas identificadas fueron de hierro, cromo, manganeso, níquel, aluminio, zinc, cobre y plata. Siendo las más frecuentemente observadas las de hierro^(13-15,18), cromo^(15,16,18) y manganeso^(13,16,18) seguidas por las de nanopartículas de níquel^(15,16).

Para llegar a estos resultados se utilizaron técnicas de medición directas (sobre el propio paciente/trabajador) e indirectas (sobre el ambiente). Entre las técnicas de medición directa podemos señalar: cromatografía líquida-electrospray, espectrometría de masas-ionización / espectrometría de masas, microfluorescencia de rayos X basada en sincrotrones, secciones de tejido pulmonar, medición de ROS, ceruloplasmina, análisis de los marcadores de estrés oxidativo en el EBC, NRD individuales durante la

soldadura con arco de acero templado y acero inoxidable y soldadura por arco con núcleo fundente de acero templado, filtros “closed-face filter cassettes” para tomar muestras de partículas totales.

Los efectos tóxicos producidos por la exposición a nanopartículas metálicas que se objetivaron en el presente estudio fueron: aumento de sustancias proinflamatorias, aumento de la agregación de macrófagos, proliferación de fibroblastos, producción de ROS, daños en la mitocondria y en el ADN, y toxicidad cardiovascular^(13,14), toxicidad pulmonar^(14,18) y nefrotoxicidad⁽¹⁵⁾. No encontrándose ningún resultado donde se visualizasen efectos cancerígenos ni teratogénicos, lo cual no descarta estos posibles efectos, que deberían ser evaluados en futuras investigaciones.

Otro punto a destacar es que uno de los efectos tóxicos, secundarios a la exposición a nanopartículas metálicas, en la mayoría de los casos consistía en un aumento de los marcadores de estrés oxidativo^(13,14,17) y que solo en dos de los estudios se correlaciona un metal específico con el efecto tóxico^(14,17) mientras que en el resto se hace mención a una combinación de nanopartículas como responsables de los efectos observados^(13,15,16,18). Por ejemplo, en el estudio de Chuang K-J. et al donde se objetiva que la exposición a la combinación de nanopartículas de Al, Cr, Fe y Ni produce lesión renal⁽¹⁵⁾ o en la investigación de Lai C-Y. et al donde la exposición a la combinación de nanopartículas de Mn, Fe, Cu y Zn provocó daño cardiovascular⁽¹³⁾.

Los hallazgos principales de los estudios analizados revelan que las nanopartículas metálicas afectan diferentes órganos y sistemas.

El aparato respiratorio es la principal vía de entrada de las nanopartículas constituyendo por ello una amenaza particular. En el proceso de la soldadura los trabajadores se exponen a un complejo aerosol de gases (monóxido de carbono, ozono) y humos metálicos peligrosos compuestos por partículas de varios tamaños. Hasta el 80% del total de partículas emitidas en el humo de soldadura son nanopartículas, que al ser inhaladas por los soldadores se depositan a lo largo de las vías respiratorias.⁽¹⁴⁾ La composición química exacta de los humos de soldadura depende del material que se está soldando y del electrodo usado. Por ello, las nanopartículas desprendidas durante la soldadura en los diferentes estudios no son las mismas. Por ejemplo, en los vapores de soldadura manual del estudio de Andujar y colaboradores⁽¹⁸⁾ la composición elemental era predominantemente hierro presente como nanopartículas de óxido metálico de la forma Fe_3O_4 , manganeso y cromo esencialmente.

En el estudio de Cena L.G y sus colaboradores⁽¹⁶⁾ se estima que alrededor del 25% de las partículas de Mn, Cr y Ni se depositan en todo el sistema respiratorio (vías respiratorias superiores 7-10% y la región alveolar 11-14%) estimulando la producción de sustancias proinflamatorias, aumentando la agregación de macrófagos y la proliferación de fibroblastos.

Con frecuencia el trabajo en parejas provocaba que los trabajadores estuvieran expuestos tanto a sus propios humos de soldadura como a los generados por su compañero, lo que aumenta el nivel de interacción entre estas nanopartículas y el trabajador. El uso de ventiladores controlados por el trabajador parecía ser ineficaz cuando los soldadores trabajaban en parejas y muy variable cuando los soldadores enfrentaban directamente a los ventiladores y durante el clima frío cuando los ventiladores estaban apagados. En el estudio de Cena L.G y sus colaboradores⁽¹⁶⁾ no se encontró correlación entre el movimiento del aire y la exposición, además no pudimos constatar como controlaron las pérdidas, el tiempo de seguimiento, el proceso de selección de la muestra ni el daño generado mediante datos clínicos (signos y síntomas de los trabajadores).

En conclusión, los soldadores están expuestos a grandes cantidades de nanopartículas metálicas y como consecuencia de ello, estos estudios han demostrado que pueden desarrollar efectos adversos como inflamación y fibrosis pulmonar por el aumento considerable de los fibroblastos, daño mitocondrial, daño en el ADN y estrés oxidativo, que podrían acabar generando cáncer de pulmón, asma ocupacional y fiebre de los humos metálicos.

Según la información recopilada, las nanopartículas contenidas en los humos de la soldadura pueden producir daño en el sistema cardiovascular. El daño cardiovascular se manifiesta por el incremento de varios biomarcadores de lesión cardiovascular como la 8-OHdG y 8-iso-PGF2 alfa que refleja un aumento de las catecolaminas, vasoconstricción, hipertensión arterial y efectos directos, como la hipercolesterolemia. Además, mediante el cultivo de células endoteliales demostraron el efecto tóxico en este sistema al objetivar datos de estrés oxidativo, inflamación de estas células y disminución de su viabilidad.⁽¹³⁾

El sistema renal es otro de los afectados en los trabajadores expuestos a los humos de soldadura. Hemos evidenciado un aumento de los biomarcadores de lesión renal KIM-1 y NGAL, y del Al, Cr y Mn urinario. Cabe destacar que el biomarcador NGAL parece ser un biomarcador útil para el diagnóstico precoz de la lesión renal ocupacional por humo de metales en soldadores y que sus niveles se correlacionan de forma significativa con los niveles urinarios de aluminio, cromo, hierro y níquel. Después de ajustar la creatinina urinaria por cada trabajador y medir los niveles urinarios de Al, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, Cd y Pb en soldadores y oficinistas antes y después de la exposición, se observó que el Fe, Cu, Zn y Cd fueron significativamente más altos en trabajadores de soldadura después de la exposición⁽¹⁵⁾. En resumen, aunque los estudios epidemiológicos han intentado vincular la exposición ocupacional a la nefrotoxicidad, se requiere un enfoque integral para establecer la correlación y así proporcionar evidencia más sólida.

En los trabajadores de la plata las vías de penetración más importantes de estas nanopartículas la constituyen la dérmica y la inhalatoria. Cuando hay sobreexposición a la plata, ésta puede acumularse en la piel, hígado, riñones, córnea, encías, membranas mucosas, uñas y bazo. En el estudio de Aktepe N. et al se hace mención particular a la vía respiratoria. En esta vía, la plata entra en contacto con la mucosa, penetrando en la célula por endocitosis y depositándose en la mitocondria. Ahí causa un daño directo que altera la función de la cadena respiratoria celular, resultando este proceso en la generación de ROS y estrés oxidativo⁽¹⁷⁾. No hemos encontrado en esta publicación que estudien la vía dérmica como vía de penetración de la plata aunque hacen mención a ella.

V. CONCLUSIONES

La integración general de los datos proporcionados nos adentran en el concepto del posible daño a la salud que pueden causar las nanopartículas metálicas en el ámbito laboral. A pesar del nivel de evidencia de los artículos seleccionados, las nanopartículas metálicas sí parecen afectar a la salud de los trabajadores expuestos.

Estos estudios pueden servir como base para futuras investigaciones con diseños más potentes que aporten una mayor evidencia científica.

Se debería hacer una vigilancia de las condiciones de trabajo y de la salud más estrecha y un uso adecuado de los medios de protección colectivos e individuales. Por ejemplo, en soldadores fomentar el uso de pantallas de protección individual que integren un mecanismo de protección respiratoria frente a partículas.

Se deberían incorporar medidores y dosificadores de nanopartículas de última generación en los sectores industriales con mayor exposición a nanopartículas metálicas. Ya que los dosificadores proporcionan una idea de la cantidad de nanopartículas que se depositan a lo largo de las vías respiratorias.

Se recomienda a los empresarios la adopción de sistemas de ventilación adecuados y de maquinarias innovadoras, como las que en la salida de la antorcha tienen un sistema de extracción de humo de potencia variable, que disminuirían la inhalación de humo de soldadura y con ello de las nanopartículas.

Siempre que sea posible se recomienda evitar la soldadura en parejas para disminuir la cantidad de humo entre los soldadores.

Se debería llevar a cabo un consenso sobre las condiciones de trabajo y niveles de exposición aceptables para que la legislación sea más específica y garantice que la aplicación de las medidas que se establezcan sea generalizada.

VI. BIBLIOGRAFÍA

1. Veiga-Álvarez Á, Daniel Sánchez-de-Alcáza, María Martínez-Negro, Ana Barbu, Juan B. González-, Díaz, et al. Riesgos para la salud y recomendaciones en el manejo de nanopartículas en entornos laborales. *Med Segur Trab*. 2015;61(239):143-161.
2. Comisión Europea. COMUNICACIÓN DE LA COMISIÓN AL PARLAMENTO EUROPEO, AL CONSEJO Y AL COMITÉ ECONÓMICO Y SOCIAL EUROPEO Segunda revisión de la normativa sobre los nanomateriales [Internet]. 2012. Disponible en: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:52012DC0572&from=ES>
3. Frejo M, Díaz MJ, Lobo M, García J, Capó M. Nanotoxicología ambiental: retos actuales. *Med Balear*. 2011;26(2):36-46.
4. Maria Gràcia Rosell Farràs, Lluís Pujol Senovilla. Nota Técnica de prevención 797: Riesgos asociados a la nanotecnología [Internet]. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT) C/ Torrelaguna, 73 - 28027 Madrid; 2008. Disponible en: <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/786a820/797%20web.pdf>
5. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo. SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO CON NANOMATERIALES [Internet]. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT) C/ Torrelaguna, 73 - 28027 Madrid; 2015. Disponible en: <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FICHAS%20DE%20PUBLICACIONES/EN%20CATALOGO/Higiene/2015%20Seguridad%20y%20salud%20en%20el%20trabajo%20con%20nanomateriales/SST%20con%20nanomateriales.pdf>
6. Nanomateriales - ECHA [Internet]. [citado 31 de enero de 2018]. Disponible en: <https://echa.europa.eu/es/regulations/nanomaterials>
7. Las Enfermedades Profesionales en el sector metal [Internet]. Disponible en: http://portal.ugt.org/saludlaboral/publicaciones/manual_estudio/2009-05.pdf
8. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT), Josefa Aguilar Franco, Mercedes Colorado Soriano, Virginia Gálvez Pérez, M^a Teresa Sanchez Cabo, M^a Encarnación Sousa Rodríguez. Riesgos derivados de la exposición a nanomateriales en el sector de la automoción [Internet]. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT) C/ Torrelaguna, 73 - 28027 Madrid; 2016. Disponible en: <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FICHAS%20DE%20PUBLICACIONES/EN%20CATALOGO/Higiene/Riesgos%20nanomateriales%20automocion.pdf>
9. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT), Josefa Aguilar Franco, Mercedes Colorado Soriano, Virginia Gálvez Pérez, M^a Teresa Sanchez Cabo, Fernando Sanz Albert, et al. 83.1: 15 RIESGOS DERIVADOS DE LA EXPOSICIÓN A NANOMATERIALES EN DISTINTOS SECTORES: CONSTRUCCIÓN [Internet]. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT) C/ Torrelaguna, 73 - 28027 Madrid; 2015. Disponible en: <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/Riesgos%20derivados%20nanomateriales%20construccion.pdf>
10. Welch V, Petticrew M, Tugwell P, Moher D, O'Neill J, Waters E, et al. PRISMA-Equity 2012 Extension: Reporting Guidelines for Systematic Reviews with a Focus on Health Equity. *PLoS Med*. 30 de octubre de 2012;9(10):e1001333.
11. Manterola D C, Zavando M D. Cómo interpretar los «Niveles de Evidencia» en los diferentes escenarios clínicos. *Rev Chil Cir*. diciembre de 2009;61(6):582-95.
12. Vandenbroucke JP, Von Elm E, Altman DG, Gøtzsche PC, Mulrow CD, Pocock SJ, et al. Strengthening the Reporting of Observational Studies in Epidemiology (STROBE): explanation and elaboration. *PLoS Med*. 2007;4(10):e297.
13. Lai C-Y, Lai C-H, Chuang H-C, Pan C-H, Yen C-C, Lin W-Y, et al. Physicochemistry and cardiovascular toxicity of metal fume PM2.5: a study of human coronary artery endothelial cells and welding workers. *Sci Rep* [Internet]. diciembre de 2016 [citado 4 de enero de 2018];6(1). Disponible en: <http://www.nature.com/articles/srep33515>
14. Pelclova D, Zdimal V, Kacer P, Fenclova Z, Vlckova S, Syslova K, et al. Oxidative stress markers are elevated in exhaled breath condensate of workers exposed to nanoparticles during iron oxide pigment production. *J Breath Res*. 1 de febrero de 2016;10(1):016004.

15. Chuang K-J, Pan C-H, Su C-L, Lai C-H, Lin W-Y, Ma C-M, et al. Urinary neutrophil gelatinase-associated lipocalin is associated with heavy metal exposure in welding workers. *Sci Rep* [Internet]. 17 de diciembre de 2015 [citado 1 de enero de 2018];5. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4682179/>
16. Cena LG, Chisholm WP, Keane MJ, Chen BT. A Field Study on the Respiratory Deposition of the Nano-Sized Fraction of Mild and Stainless Steel Welding Fume Metals. *J Occup Environ Hyg*. 2015;12(10):721-8.
17. Aktepe N, Kocyigit A, Yukselten Y, Taskin A, Keskin C, Celik H. Increased DNA damage and oxidative stress among silver jewelry workers. *Biol Trace Elem Res*. abril de 2015;164(2):185-91.
18. Andujar P, Simon-Deckers A, Galateau-Sallé F, Fayard B, Beaune G, Clin B, et al. Role of metal oxide nanoparticles in histopathological changes observed in the lung of welders. *Part Fibre Toxicol*. 13 de mayo de 2014;11:23.

=====

VII. ANEXOS

Anexo I. Estrategias de búsquedas en bases de datos y número de artículos obtenidos

Base de datos	Estrategia de búsqueda	N.º de artículos
MEDLINE	((("Nanoparticles/toxicity"[Majr]) OR ("Nanostructures/adverse effects"[Majr] OR "Nanostructures/toxicity"[Majr]))) OR (((((nanomaterials[Title]) OR nanoparticles[Title]) OR nanostructures[Title])) AND toxicity[Title])) AND (((("Occupational Exposure"[Mesh]) OR "Occupational Diseases"[Mesh]) OR "Workplace"[Mesh])) OR "environmental exposure"[MeSH Terms])	772
SCIELO	Nanomateriales OR nanopartículas OR nanoestructuras AND toxicidad	10
IBECs	Nanomateriales OR nanopartículas AND enfermedad	12
	Nanopartículas OR nanomateriales AND exposición	5
	Nanopartículas OR nanomateriales AND toxicidad	9
	Exposición AND metal\$ AND enferm\$	12
	Laboral AND metal\$	23
	Ocupacional AND metal\$	45
LILACS	Nanopartículas exposición laboral	32
	Nanopartícula\$ metal\$ humanos	3
	Nanopartícula\$ enfermedad	13
	Nanopartícula\$ toxi\$	17
	Enfermedad profesional metal\$	65
WOS	TS=(nanoparticles OR nanostructures OR nanomaterials) OR TI=(nanoparticles OR nanostructures OR nanomaterials)	19
	TS=("occupational exposure" OR "occupational diseases" OR workplace OR "environmental exposure") OR TI=("occupational exposure" OR "occupational diseases" OR workplace OR "environmental exposure")	787.140
	TS=(toxicity OR "adverse effects") OR TI=(toxicity OR "adverse effects")	278.798
	#1 AND #2 AND #3	2.712.093
		651

Anexo II. Artículos excluidos y causa de exclusión

Autor	Referencia	Causa de exclusión
Phillips J et al.	American journal of industrial medicine 53:763–767 (2010)	Reporte de un caso
Voitzuk A et al.	Medicina (Buenos Aires) 2014; 74: 397-399	Reporte de un caso
Świdwińska AM. et al.	Medycyna pracy 2015;66(3):429–442	Revisión
Świdwińska AM et al.	Medycyna pracy 2017;68(4):545–556	Revisión
Gutiérrez González L et al	Med segur trab (internet) 2013; 59 (231) 276-296	Revisión
Cheng T-H. et al.	Ann Thorac Surg. 1 de febrero de 2012;93(2):666-9.	Reporte de un caso
Takamiya A.S.	Aleph. 10 de junio de 2013;108 f. : il. + 1 CD-ROM	Estudio in vitro
Armstead A.L. et al.	Int J Nanomedicine. 2016;11:6421-33.	Revisión
Gutiérrez Antezana A.F. et al.	Med Segur Trab. 2016;62(242):79–95.	Revisión
Gonzalez L. et al.	Mutat Res Rev Mutat Res. junio de 2016;768:14-26	Revisión
Som C. et al.	Environ Int. agosto de 2011;37(6):1131-42.	Revisión
Larese Filon F. et al.	Int J Hyg Environ Health. 2016;219(6):536-44.	Revisión
Brouwer DH et al.	Int J Hyg Environ Health. 1 de agosto de 2016;219(6):503-12.	Revisión
Latvala S. et al	PLoS ONE [Internet]. 19 de julio de 2016;11(7).	Estudio in vitro
Mestieri LB et al.	J Appl Oral Sci. diciembre de 2014;22(6):554-9.	Estudio in vitro
Veiga-Álvarez Á. et al.	Med Segur Trab. 2015;61(239):143–161.	Revisión
Mehrdad Rafati Rahimzadeh et al.	Caspian J intern med 2017;8(3):135-145	Revisión
Mosquera X et al.	Ciencia&trabajo.cl/año 18/num55/Enero-abril 2016	Estudio descriptivo
Weldon B et al.	Nanotoxicology, 2016, 10:7, 945-956	Revisión
Willhite C et al.	Crit Rev Toxicol. 2014 october; 44 (suppl 4): 1-801	Revisión
Aguzzi A et al.	Archivos Venezolanos de Farmacología y terapéutica. Vol 29, número 3, 2010	Revisión

Anexo III. Listado de abreviaturas

ADN	Ácido Desoxirribonucleico
Al	Aluminio
CCL-2	MCP-1: Proteína quimiotáctica de monocito-1
CCL-3	MIP-1 α : Proteína Inflamatoria de Macrófagos-1 alfa
CCL-4	MIP-1 β : Proteína Inflamatoria de Macrófagos-1 beta
CLP	Classification, Labelling and Packaging of substances and mixtures
CNT	Nanotubos de Carbono
Cr	Cromo
Cr VI	Cromo hexavalente
Co	Cobalto
Cu	Cobre
CXCL-8	IL-8: Interleucina 8
EBC	Aire Exhalado condensado
EU-OSHA	Agencia de información de la Unión Europea para la seguridad y la salud en el trabajo
Fe	Hierro
Fe ₃ O ₄	Óxido ferroso férrico
HCAEC	Células endoteliales de arteria coronaria humanas
IARC	Agencia Internacional de Investigación sobre el Cáncer
IL-1 β	Interleucina 1 beta
IL-6	Interleucina 6
IBECs	Índice Bibliográfico Español de Ciencias de la Salud
INSSBT	Instituto Nacional de seguridad, salud y bienestar en el trabajo de España
KIM-1	Molécula de lesión renal-1 (Kidney Injury Molecule-1)
LILACS	Literatura Latinoamericana y del Caribe en CC de la Salud
LPRL	Ley de Prevención de Riesgos Laborales
MDA	Malondialdehído
MeSH	Medical Subject Headings
Mn	Manganeso
NGAL	Lipocalina asociada a gelatinasa de neutrófilos (Neutrophil Gelatinase-Associated Lipocalin).
Ni	Níquel
Nm	Nanómetros
NO	Óxido Nítrico
NRD	Muestreadores de deposición respiratoria de nanopartículas

NIOSH	Instituto nacional de seguridad y salud en el trabajo de Estados Unidos
OCEBM	Escala del Centro de Medicina basada en la Evidencia de Oxford
8-OHdG	8-hidroxi-2-desoxiguanosina
8-OHG	8-hidroxiguanosina
8-iso-PGF2 α	8-iso-prostaglandina F2 α
OSHA	Occupational Safety and Health Administration
Pb	Plomo
PEL	Límite de Exposición Permitido
PM 2.5	Material particulado menor a 2,5 micras
PRISMA	Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses
REACH	Registration, Evaluation, Authorization and Restriction of Chemicals
REL	Límite de Exposición Recomendada
ROS	Especies Reactivas de Oxígeno
RSP	Reglamento de los Servicios de Prevención
SCIELO	Scientific Electronic Library Online
STROBE	Strengthening the Reporting of Observational Studies in Epidemiology
TAS	Total Antioxidative Status o Estado Antioxidante total
TiO ₂	Dióxido de Titanio
TNF- α	Factor de necrosis tumoral alfa
TOS	Total Oxidative status o Estado Oxidativo total
WOS	Web of Science
Zn	Zinc

MEDICINA y SEGURIDAD *del trabajo*

Revisiones

Neoplasias en trabajadores expuestos al aluminio y/o sus compuestos: Revisión sistemática

Neoplasms in Workers Exposed to Aluminum and/or its Compounds: Systematic Review

Patricia Troncoso-Piñeiro¹, Anais Elvira González-de Giaratana², Isidro Rivadulla-Lema¹, María Gabriela Torres-Romero², Javier Sanz-Valero³

1. Unidad Docente de Medicina del Trabajo de Galicia, Vigo, España.
2. Unidad Docente de Medicina del Trabajo de Navarra, Pamplona; España.
3. Universidad Miguel Hernández, Departamento de Salud Pública e Historia de la Ciencia, Alicante, España.

Recibido: 21-02-2018

Aceptado: 03-05-2018

Correspondencia:

Anais Elvira González-de Giaratana.
Unidad Docente de Medicina del Trabajo de Navarra.
Calle Amado Alonso 1, 3-A. Pamplona/Iruña. CP 31008. Navarra. España.
Correo electrónico: anais.gp@gmail.com

Este trabajo se ha desarrollado dentro del Programa Científico de la Escuela Nacional de Medicina del Trabajo del Instituto de Salud Carlos III en convenio con la Unidad Docente de Medicina del Trabajo de Galicia y la Unidad Docente de Medicina del Trabajo de Navarra. España.

Resumen

Introducción: Los estudios sobre la salud de los trabajadores en la industria de producción de aluminio han identificado varios efectos adversos. Desde los años setenta, se han realizado varias revisiones de los riesgos de neoplasias en la industria del aluminio.

Objetivos: Revisar la literatura científica sobre neoplasias y exposición laboral al aluminio y a sus compuestos.

Métodos: Revisión sistemática de la literatura científica recogida en las bases de datos bibliográficas MEDLINE (vía PubMed), EMBASE, The Cochrane Library, Scopus, Web of Science, Literatura Latinoamericana y del Caribe en Ciencias de la Salud (LILACS) y en la colecciones de revistas Índice Bibliográfico Español en Ciencias de la Salud (IBECs) y *Scientific Electronic Library Online* (SciELO), hasta noviembre 2017. Los términos utilizados, como descriptores y texto libre, fueron: «Aluminum», «Aluminum Compounds», «Occupational Exposure» y «Neoplasms». Se completó la búsqueda con una revisión de la bibliografía de los artículos seleccionados. Se utilizaron los siguientes filtros (límites): «humanos» y «adultos» (19+ años).

Resultados: Se recuperaron 375 referencias, de las que se pudieron obtener a texto completo 12 artículos tras aplicar los criterios de inclusión y exclusión. En ellos se describen neoplasias del aparato respiratorio, digestivas, genitourinarias, sistema nervioso central, linfopoyéticas, dermatológicas, endocrinas y de mama.



<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Conclusiones: A pesar de obtener unos resultados que evalúan la enfermedad tras una exposición al aluminio o a sus compuestos, no existe suficiente evidencia que demuestre un efecto carcinogénico de la exposición laboral al aluminio y/o sus compuestos, por lo que serían necesarios más estudios que aporten evidencia en relación a este tema.

Med Segur Trab (Internet). 2018;64(252):312-326

Palabras clave: Aluminio; compuestos del aluminio; exposición laboral; neoplasias.

Abstract

Introduction: Studies in health workers in the aluminum production industry have identified several adverse effects. Since the seventies, several reviews of the risks of neoplasms in the aluminum industry have been carried out.

Objectives: To review the scientific literature about the neoplasms and occupational exposure to aluminum and / or its compounds.

Methods: Systematic review of scientific literature retrieved from the MEDLINE database (PubMed via), EMBASE, The Cochrane Library, Scopus, Web of Science, the Spanish-speaking health science databases Literatura Latinoamericana y del Caribe en Ciencias de la Salud (LILACS) and in the journal collections Índice Bibliográfico Español en Ciencias de la Salud (IBECS) and *Scientific Electronic Library Online* (SciELO), until November 2017. The terms used as descriptors and free text were: «Aluminum», «Aluminum compounds», «Occupational exposure» and «Neoplasms». The search was completed with a bibliographic review of the selected articles. The following filters (limits) were considered: «humans» and «adults» (19+ years).

Results: 375 References were retrieved. From all of them, 12 articles were obtained in full text after applying the inclusion and exclusion criteria. They described neoplasms of the respiratory, digestive, genitourinary, central nervous system, lymphohematopoietic, dermatological and endocrine systems and breast.

Conclusions: Despite the results reporting illness after exposure to aluminum or its compounds, there is not enough evidence to demonstrate a carcinogenic effect of occupational exposure to aluminum and/or its compounds. More studies providing evidence in relation to this topic would be necessary.

Med Segur Trab (Internet). 2018;64(252):312-326

Keywords: Aluminum; aluminum compounds; occupational exposure; neoplasms.

INTRODUCCIÓN

El aluminio y sus compuestos comprenden aproximadamente el 8% de la superficie de la tierra; se producen naturalmente en silicatos, criolita y roca de bauxita¹; tiene multitud de usos, desde el sector aeroespacial a la construcción, pasando por aplicaciones farmacéuticas². Los polvos de aluminio se utilizan en pigmentos y pinturas, aditivos para combustibles, explosivos y propulsores. Los óxidos de aluminio se utilizan como aditivos alimentarios y por ejemplo en la fabricación de: abrasivos, refractarios, cerámicas, aislantes eléctricos, catalizadores, papel, bujías, bombillas, gemas artificiales, aleaciones, vidrio y fibras resistentes al calor. El hidróxido de aluminio se usa ampliamente en productos farmacéuticos y de cuidado personal¹.

Los niveles de exposición interna de lugares de trabajo donde se realiza soldadura de aluminio, electrólisis en la producción de aluminio o en las industrias de procesamiento (por ejemplo, fundiciones, producción de polvo) pueden ser significativamente mayores en comparación con los individuos no expuestos laboralmente al aluminio³.

Los valores límite de referencia para la exposición laboral al aluminio⁴, oscilan, en función de sus compuestos, entre 2 y 10 mg/m³.

La legislación vigente, respecto al uso del aluminio en la actividad profesional, en España viene regulada por el Real Decreto 374/2001⁵ modificado por Real Decreto 598/2015⁶ y el Real Decreto 665/1997⁷, modificado por los Reales Decretos 1124/2000⁸, y 349/2003⁹.

Ciertos estudios sobre salud de los trabajadores en la industria de producción de aluminio han identificado varios efectos adversos¹⁰. Desde comienzos de los años setenta, del pasado siglo XX, se han realizado varias revisiones de los riesgos de cáncer como parte de publicaciones sobre la industria de producción primaria de aluminio¹¹. En 2012 la *International Agency for Research on Cancer* (IARC) publicó un monográfico titulado «*Occupational Exposures During Aluminium Production*» en el que afirmó que había suficiente evidencia de un efecto carcinogénico de la exposición ocupacional durante la producción de aluminio, pero el agente en el que se focalizó fueron específicamente los Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP)².

Por ello se consideró de interés realizar una revisión bibliográfica con el objetivo de examinar la literatura científica sobre la exposición laboral al aluminio y/o sus compuestos en relación con la aparición de neoplasias. En consecuencia, el objetivo principal fue revisar la literatura científica existente sobre la aparición de neoplasias asociada a la exposición laboral al aluminio y/o sus compuestos. Y, secundariamente, identificar los posibles tipos de neoplasias desarrolladas por esta exposición laboral.

MATERIAL Y MÉTODO

Diseño

Estudio descriptivo transversal y análisis crítico de los trabajos recuperados mediante revisión sistemática.

Fuente de obtención de los datos

Los datos se obtuvieron mediante consulta directa, vía Internet, a la literatura científica contenida en las bases de datos MEDLINE (vía PubMed), EMBASE, The Cochrane Library, Scopus, Web of Science, Literatura Latinoamericana y del Caribe en Ciencias de la Salud (LILACS) y en la colecciones de revistas Índice Bibliográfico Español en Ciencias de la Salud (IBECS) y *Scientific Electronic Library Online* (SciELO),

Tratamiento de la información

Para definir los términos de la búsqueda se consultó el *Thesaurus* desarrollado por la *U.S. National Library of Medicine* (MeSH), considerándose adecuados «Aluminum»,

«Aluminum Compounds», «Occupational Exposure» y «Neoplasms», como descriptores y texto libre en título y resumen. La ecuación de búsqueda principal se desarrolló, con la utilización de conectores booleanos, para su empleo en la base de datos MEDLINE, vía PubMed. Se utilizaron los siguientes filtros (límites): «humanos» y «adultos 19+ años». Esta misma estrategia se adaptó a las características del resto de bases de datos consultadas; ver [tabla I](#).

Tabla I. Estrategia de búsqueda adaptada a cada una de las bases de datos bibliográficas y colecciones de revistas consultadas.

Base de datos	Ecuaciones de búsqueda
MEDLINE (Pubmed)	("neoplasms"[MeSH] OR "neoplasms"[Title/Abstract]) AND ("occupational exposure"[MeSH] OR "occupational exposure"[Title/Abstract]) AND (("aluminum"[MeSH] OR "aluminum"[Title/Abstract]) OR ("aluminum compounds"[MeSH] OR "aluminum compounds"[Title/Abstract])) Filters: Adult: 19+ years; Humans.
EMBASE	"neoplasms"/exp AND "occupational exposure"/exp AND ("aluminum"/exp OR "aluminum compounds"/exp)
The Cochrane Library	(MeSH descriptor: [neoplasms] OR "neoplasms":ti,ab,kw) AND (MeSH descriptor: [occupational exposure] OR "occupational exposure":ti,ab,kw) AND (MeSH descriptor: [aluminum] OR "aluminum":ti,ab,kw OR MeSH descriptor: [aluminum compounds] OR "aluminum compounds":ti,ab,kw)
Scopus	TITLE-ABS-KEY ("neoplasms") AND TITLE-ABS-KEY ("occupational exposure") AND (TITLE-ABS-KEY ("aluminum") OR TITLE-ABS-KEY ("aluminum compounds"))
Web of Science	TOPIC: ("neoplasms") AND TOPIC: ("occupational exposure") AND (TOPIC: ("aluminum") OR (TOPIC: ("aluminum compounds")))
LILACS	"neoplasms" [Subject descriptor] AND "occupational exposure" [Subject descriptor] AND ("aluminum" OR "aluminum compounds") [Subject descriptor]
IBECs	neoplas\$ aluminio
SCIELO	neoplasms aluminum neoplasias aluminio

La búsqueda se realizó desde la primera fecha disponible, de acuerdo con las características de cada base de datos, hasta noviembre de 2017 y se completó con el examen del listado bibliográfico de los artículos que fueron seleccionados.

Selección de estudios

Se eligieron para su revisión los artículos que cumplieron los siguientes criterios de inclusión: humanos, adultos, exposición laboral, exposición al aluminio y/o sus compuestos, efecto estudiado neoplasia, artículos originales publicados en revistas revisadas por pares y estudios observacionales. Al aplicar los criterios de exclusión fueron eliminados aquellos artículos con idiomas diferentes a los establecidos (inglés, portugués, castellano, italiano y alemán) y no encontrados a texto completo; ver [figura 1](#).

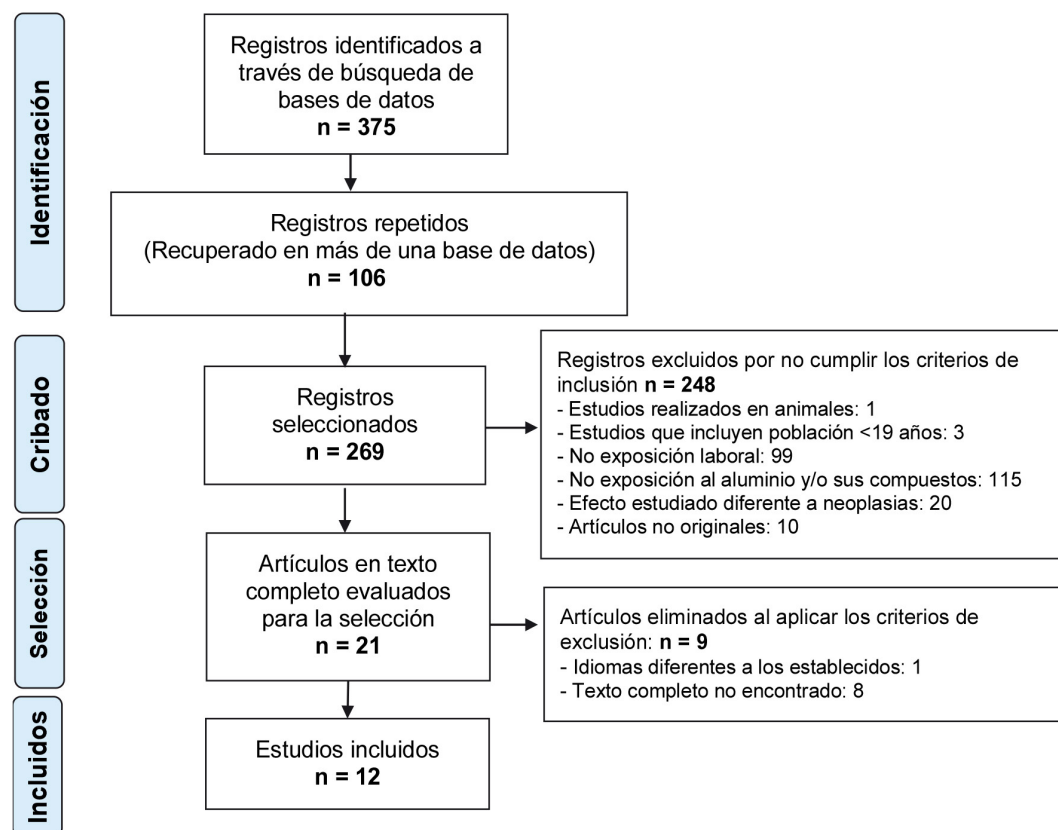
La selección de los artículos pertinentes se realizó por los autores de la presente revisión. Para dar por válida la inclusión de los artículos se estableció que la valoración de la concordancia entre éstos 4 autores (índice Kappa) se realizaría en grupo de 2 personas (AEGG/MGTR Y IRL/PTP) y debía ser superior a 0,70 (buena o muy buena fuerza de concordancia)¹². Siempre que se cumpliera esta condición, las posibles discordancias se solucionarían mediante la consulta del quinto autor (JVS) y posterior consenso entre los autores.

Evaluación de la calidad metodológica

La calidad de los artículos seleccionados se valoró utilizando como apoyo las pautas para informar los estudios observacionales STROBE (*STrengthening the Reporting of Observational studies in Epidemiology*)¹³, que contiene una lista de 22 puntos de control esenciales que deben describirse durante la publicación de estos documentos. Para cada

artículo seleccionado se asignó un punto por cada ítem presente (en caso de no ser aplicable no puntuaba). Cuando un ítem estaba compuesto por varios puntos, estos se evaluaron de forma independiente, dándole el mismo valor a cada uno de ellos y posteriormente se realizó un promedio (siendo éste el resultado final de ese ítem), de tal forma que en ningún caso se pudiera superar la puntuación de un punto por ítem.

Figura 1. Identificación y selección de estudios.



Extracción de los datos

El control de la información extraída de los estudios revisados se realizó mediante dobles tablas que permitían la detección de los errores y la corrección mediante nueva consulta de los originales.

Para determinar la actualidad de los artículos se calculó el semiperíodo de Burton-Kleber (mediana de la edad) y el índice de Price (porcentaje de artículos con edad inferior a los 5 años).

Los estudios se agruparon según las variables a estudio, con el fin de sistematizar y facilitar la comprensión de los resultados, considerando los siguientes datos: primer autor de la referencia bibliográfica y año de publicación, tipo del estudio, período y país donde se realizó el estudio, agente(s) de exposición, población de estudio (trabajadores), tiempo de exposición, efecto estudiado y resultados principales.

RESULTADOS

Después de aplicar los criterios de búsqueda descritos se recuperaron un total de 375 referencias. De éstas, tras eliminar aquellas que estaban duplicadas y aplicar los criterios de inclusión y exclusión (ver figura 1), se lograron recuperar 12 artículos a texto completo¹⁴⁻²⁵ (ver tabla II), procedentes de MEDLINE^{14,16-19,22} (n=6; 50%), EMBASE^{23,24} (n=2; 16,7%), Scopus^{20,21,25} (n=3; 25%) y Web of Science¹⁵ (n=1; 8,3%).

Tabla II. Características y resultados principales de los estudios seleccionados en la revisión sobre el desarrollo de neoplasias en relación con la exposición laboral al aluminio y/o sus compuestos.

Autor	Tipo de estudio	Periodo y país	Agente(s) (exposición)	Población (trabajadores)	Tiempo exposición	Efecto estudiado (neoplasia)	Resultados principales
Maltseva et al, 2016 ⁽¹⁴⁾	Cohortes retrospectivo n=98	1960-2011 España	Inhalación del polvo de metal (chatarra de aluminio), HAP, sílice, potasio, magnesio, manganeso, cobre, hierro y titanio.	Fundición secundaria de aluminio.	≥ 6 meses	Vejiga, pulmón y próstata.	Mortalidad por cáncer de vejiga fue casi seis veces mayor SMR = 5,90 (IC 95%: 1,58-15,11), cáncer de pulmón no se incrementó. La Incidencia para el cáncer de vejiga fue 3 veces más alta SIR = 2,85 (IC 95%: 1,23-5,62). Hubo mayor incidencia de cáncer de próstata y para el cáncer de pulmón fue menor de lo esperado.
Aminiam et al, 2012 ⁽¹⁵⁾	Casos y controles n=300 Casos=150 Controles=150	No consta período. Irán	Los propios del puesto de trabajo (no especificado)	Del aluminio y otros metales, o de otros trabajos.	≥ 1 año	Linfoma No-Hodgkin (LNH) o Enfermedad de Hodgkin.	En los trabajadores de metales hay más casos de LNH que en el grupo control OR = 4,6 (1,47-14,35) p = 0,005
Friesen et al, 2009 ⁽¹⁶⁾	Cohortes n=5770	1983-2002 Australia	Bauxita y alúmina.	4 Minas de bauxita y 3 refinerías de alúmina.	Media 14,1 años DS 8,7 años	Estómago, cerebral, pulmón, labio y cavidad oral, urinario.	Riesgos excesivos no significativos de cáncer de estómago y exposición a bauxita RR = 1,7 (IC 95%: 0,3-9,3) y exposición a alúmina RR = 5,2 (IC 95%: 0,9-29) y para cáncer cerebral y exposición a bauxita RR = 2,1 (IC 95%: 0,4-11).
Björ et al, 2008 ⁽¹⁷⁾	Cohortes retrospectivo n=2264	1942-2000 Suecia	Compuestos aluminio, fluoruro de hidrógeno, compuestos gaseosos, HAP, sílice cristalina, asbesto, metales de aleación, agentes purificadores, humos de soldadura y gases diésel.	Fundición primaria de aluminio salvo los de oficina.	> 6 meses empleo. Efecto latencia: 5,10,20,30 años desde 1er empleo. El tiempo acumulado empleo: 0.5 a ≤2 años, 2 a ≤10 años y > 10 años	Próstata, pulmón, vejiga, colon, sistema nervioso central, cabeza y cuello, recto, riñón, estómago, LNH, páncreas, esófago.	Tasas más altas en cohorte para cáncer pulmón que norte de Suecia SIR = 1,62 (IC95%: 1,5-2,20), Suecia SIR = 1,27 (IC95%: 0,9-1,72) y 7 municipios SIR = 1,48 (IC95%: 1,06-2,02). Cáncer SNC con norte Suecia SIR = 1,90 (IC 95%: 1,15-2,98), Suecia SIR = 1,90 (IC95%: 1,15-2,98) y 7 municipios SIR = 1,85 (IC95%: 1,11-2,89) y Cáncer de esófago comparado con norte de Suecia SIR = 2,58 (IC 95%: 1,12-5,09), Suecia SIR = 1,94 (IC95%: 0,84-3,83) y 7 municipios SIR = 2,57 (IC95%: 1,11-1,07). Exceso de riesgo significativo en cáncer de pulmón para trabajadores ≥10 años de empleo con norte de Suecia SIR = 1,99 (IC 95%: 1,21-3,07)

Tabla II. Características y resultados principales de los estudios seleccionados en la revisión sobre el desarrollo de neoplasias en relación con la exposición laboral al aluminio y/o sus compuestos. (Continuación).

Autor	Tipo de estudio	Periodo y país	Agente(s) (exposición)	Población (trabajadores)	Tiempo exposición	Efecto estudiado (neoplasia)	Resultados principales
Fritschi et al, 2008 ⁽¹⁸⁾	Cohortes n=6485	1983-2002 Australia	Polvo de alúmina, bauxita, sílice y soda cáustica.	3 minas de bauxita, 3 refinerías de alúmina y 2 fundiciones de aluminio. Cada trabajo fue clasificado: mantenimiento producción y oficina.	≥ 90 días clasificaron los trabajos: mantenimiento y producción en 3 categorías: 3 meses a <10 años, 10-20 años y > 20 años	Tiroides y glándulas endocrinas, pulmón, mesotelioma pleural, estómago, colorrectal, renal, próstata, vejiga, melanoma, linfomas y leucemias.	Mortalidad por mesotelioma pleural SMR = 2,84 (IC 95%: 1,18-6,83) patrones similares en los 3 tipos diferentes de trabajo, con aumento significativo en producción y mantenimiento entre 10-20 años SMR = 4,39 (IC 95%: 1,42-13,60). Incidencia de melanoma SIR = 1.30 (IC 95%: 1-1.69) y mesotelioma SIR = 3,49 (IC 95%: 1,82-6,71) significativa en las 3 categorías de tipo de trabajo. Cáncer de tiroides/ glándula endocrina fue significativamente trabajadores de oficina, SIR = 5,35 (IC 95%: 2,02-19,18).
Band et al, 2005 ⁽¹⁹⁾	Casos y controles n= 9621 Casos=1129 Controles= 8492	1983-1990 Canadá	Aluminio y otros metales.	Hombres de 20 o > años residentes en Columbia Británica con diferentes trabajos.	Media 41,0 años DS 10,0 años	Vejiga.	Hay una asociación significativa entre el riesgo de neoplasia de vejiga y trabajos que implican exposición a metales y aluminio.
Parent et al, 2000 ⁽²⁰⁾	Casos y controles n=1165 Casos= 99 Controles= 1066	1979-1985 Canadá	Polvo de alúmina y otros, compuestos de aluminio y otros metales, HAP, líquidos y vapores, gases y humos.	Hombres de 35-70 años residentes en Montreal de 19 ocupaciones (metal, mecánicos de vehículos motor, etc).	No especificado	Esófago.	En la exposición a alúmina hay un exceso de riesgo de neoplasias de esófago. Incremento 2-3 veces del riesgo de carcinoma de células escamosas. Exposición Alúmina / Neoplasia de Esófago: OR = 1,6 (IC 95%: 0,4-6,2). Exposición Compuestos Aluminio / Neoplasia Esófago: OR = 1,1 (IC 95%: 0,4-3,2). Exposición Alumina / Carcinoma células escamosas: OR =3,5 (IC95%: 0,9-13,9). Exposición Compuestos Aluminio / Carcinoma de células escamosas: OR= 2,2 (IC95%: 0,7-6,8).
Romundstad et al, 2000 ⁽²¹⁾	Cohortes n=11103	1953-1996 Noruega	Fluoruros e hidrocarburos aromáticos policíclicos.	Fundiciones de aluminio.	≥ 3 años	Pulmón, pleura, páncreas, riñón, vejiga y melanoma maligno, entre otros.	Hay un exceso de cáncer de vejiga SIR = 1,3 (IC 95%: 1,1-1,5). Se encontró una débil asociación entre la exposición acumulada a fluoruro y el cáncer de vejiga, posiblemente debido a una correlación entre la exposición a fluoruro y a HAP (coeficiente de correlación 0,60-0,66). Hay poca evidencia de asociación entre exposición acumulada a fluoruros y neoplasias de riñón, páncreas o pulmón. Hay un déficit de casos de melanoma maligno SIR = 0,5 (IC 95%: 0,3-0,7).

Tabla II. Características y resultados principales de los estudios seleccionados en la revisión sobre el desarrollo de neoplasias en relación con la exposición laboral al aluminio y/o sus compuestos. (Continuación).

Autor	Tipo de estudio	Periodo y país	Agente(s) (exposición)	Población (trabajadores)	Tiempo exposición	Efecto estudiado (neoplasia)	Resultados principales
Seldén et al, 1997 ⁽²²⁾	Cohortes n=6454	1958-1992 Suecia	Aluminio, Hexacloroetano y otros compuestos organoclorados.	7 fundiciones primarias de aluminio y 3 secundarias.	≥ 1 mes	Pulmón y pleura, colorrectal, hígado, vejiga, nasal y senos paranasales.	Riesgo general de neoplasia similar al esperado. Aumento significativo del Riesgo de neoplasia en Pulmón y pleura SIR = 1,49 (IC 95%: 1,11-1,96), ano-rectal SIR = 2,13 (IC 95%: 1,47-2,99), Nasal y senos paranasales SIR = 4,70 (IC 95%: 1,28-12,01). No aumento significativo de neoplasia de vejiga ni hepática. Mayor riesgo en trabajadores de corta duración (inferior a 5 años de empleo). Mayor riesgo en la fundición en arena del aluminio (>10 años): pulmón SIR = 2,10 (IC 95%: 1,01-3,87), ano-rectal SIR = 2,22 (IC 95%: 0,72-5,19).
Cullen et al, 1996 ⁽²³⁾	Casos y controles n=150 Casos= 25 Controles= 125	1989-1994 Estados Unidos	Aluminio, HAP, fluoruros, dióxido de azufre, sílice.	Fundición, reducción y refinación de aluminio y productos químicos.	Media 22,9 años DS 13,7 años	Adenoma hipofisario.	Poca evidencia de asociación relacionada con el trabajo a través del conjunto de datos. En la categoría de fundición OR fueron bajas. En la fabricación miscelánea OR = 6,4 (IC 95%: 1,0-39,0) y para personas empleadas como trabajadores de mantenimiento OR = 2,5 (IC 95%: 1,0- 6,5).
Ronneberg et al, 1995 ⁽²⁴⁾	Cohortes n=1137	1953-1991 Noruega	Compuestos del aluminio, HAP, amianto, compuestos gaseosos, campos magnéticos, estrés por calor.	Fundición de aluminio.	≥ 6 meses. Análisis empleo acumulado: < 3años y ≥ 3años. Exposición acumulativa 0-15,5-20, 10-25,15-30,20-35, 25-40,30-45, 35-50 y >40 años antes observación	Pulmón, piel excepto células basales, melanoma, estómago, próstata, labio, colon y recto, riñón y vejiga, SNC, linfoma, mieloma.	Exceso de casos de cáncer en los trabajadores con menos de tres años de empleo SIR = 1,5 (IC 95%: 1,23-1,88) p <0,01 debido a más casos de cáncer de pulmón SIR = 2,65 (IC 95%: 1,62-4,09) p <0,01; piel SIR = 3,09 (IC 95%: 1,00-7,20) p <0,05; estómago SIR = 1,55 (IC 95%: 0,71-2,94) y próstata SIR = 1,55 (IC 95%: 0,88-2,51). Entre los hombres empleados durante al menos tres años sólo el cáncer de vejiga mostró un exceso notable SIR = 1,58 (IC 95%: 0,86-2,65).
Kusiak et al, 1993 ⁽²⁵⁾	Cohortes retrospectivo n= 54127	1955-1987 Canadá	Polvo de aluminio y oro o bien uranio.	De minas de oro, uranio, níquel y cobre.	Minas de oro media de 9,3 años para nacidos en EE.UU y de 12,4 años nacidos en otros países.	Estómago.	Se detecta un excedente de neoplasias de estómago en minas de oro, pero no en otras minas SMR = 152 (IC 95%: 125-185). La exposición a aluminio no explica el aumento, pues también está presente en minas de uranio.

HAP: Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos, SMR: Standardized Mortality Ratio, IC: Intervalo de Confianza, SIR: Standardized Incidence Ratio, RR: Riesgo Relativo, OR: Odds Ratio, DS: Desviación Standard Standard.

La concordancia entre los evaluadores sobre la pertinencia de los estudios seleccionados fue del 77%. Los artículos elegidos presentaron una obsolescencia, según el índice de Burton Kleber, igual a 14,50 años, con un índice de Price del 8.33%.

Después de la evaluación de la calidad de los artículos seleccionados por el cuestionario STROBE, las puntuaciones oscilaron entre 13,72 y 16,91 (ver [tabla III](#)).

Tabla III. Evaluación de la calidad metodológica de los estudios a través de los 22 ítems de valoración de la guía STROBE.

Referencia	Puntuación de los 22 ítems																							Total	%
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22			
Maltseva et al ^[14]	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1	0,40	0,33	0,33	1	0,66	0	1	1	1	0	NA	13,72	62,36	
Aminiam et al ^[15]	0,50	1	0	1	0	1	1	0	0	0	1	0,60	0	0,50	1	1	1	1	1	1	1	1	14,60	66,36	
Friesen et al ^[16]	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1	0,20	0	0,66	1	0,66	1	1	1	1	1	1	16,52	75,09	
Björ et al ^[17]	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	0,20	0	0	1	0,33	1	1	1	1	1	0	15,58	70,81	
Fritschi et al ^[18]	1	1	1	1	1	1	0	1	0	NA	1	0,75	1	0,66	1	0,50	1	1	1	1	1	NA	16,91	76,86	
Band et al ^[19]	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0,40	0,33	0,50	0	1	1	1	1	1	1	0	16,23	73,77	
Parent et al ^[20]	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	NA	0,60	0	0	0	0,33	0	1	1	1	1	1	15,93	72,40	
Romundstad et al ^[21]	0,50	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0,60	0	0	1	1	1	1	0	1	0	1	16,10	73,18	
Seldén et al ^[22]	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0,20	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	16,20	73,63	
Cullen et al ^[23]	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0,75	0,66	0,33	1	1	0	1	1	1	0	1	16,74	76,09	
Ronneberg et al ^[24]	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	0,20	0	0,33	1	0,33	1	1	1	1	1	1	16,86	76,63	
Kusiak et al ^[25]	0,50	1	0	1	1	0,50	1	1	0	1	1	0,50	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	15,50	70,45	

0 = no cumple el ítem ni ninguna de sus partes; 1 = cumple el ítem en su totalidad; 0 a 1 = Cumple parcialmente el ítem;
NA = no aplica

Los trabajos revisados incluyeron ocho estudios de cohortes (66,6%)^{14,16-18,21,22,24,25}, tres de los cuales eran retrospectivos^{14,17,25}, lo cual dificultó establecer la relación causal entre exposición y efecto; cuatro fueron casos y controles (33,3%)^{15,19,20,23}.

El estudio de Maltseva et al¹⁴, es el que presentó menor tamaño muestral (n=98), mientras que el de mayor tamaño muestral fue el publicado por Kusiak et al²⁵ (n=54127). La población estudiada en nueve de los doce trabajos (75%) estuvo formada por hombres exclusivamente^{14-17,19-21,24,25} y en tres de los estudios (25%) fueron incluidos individuos de ambos sexos^{18,22,23}.

La relación entre la exposición al aluminio y la actividad industrial, puede ser la explicación de que la mayor parte de los estudios se realizaran únicamente en varones, ya que los trabajos relacionados con el aluminio son realizados mayoritariamente por éstos.

En cuanto a la procedencia de los estudios seleccionados, tres fueron llevados a cabo en Canadá^{19,20,25}, dos en Suecia^{17,22}, Noruega^{21,24} y Australia^{16,18}, y uno en Estados Unidos²³, España¹⁴ e Irán¹⁵. Kusiak et al²⁵, publicaron el más temprano de los artículos en 1993, mientras que el más reciente de ellos fue publicado por Maltseva et al¹⁴, en 2016. El trabajo con mayor período de seguimiento (58 años) fue el publicado por Björ et al¹⁷.

Neoplasias del aparato respiratorio

Se analizan en siete (58,3%)^{14,16-18,21,22,24} de los estudios seleccionados, incluyendo las neoplasias de pulmón^{14,16-18,21,22,24}, pleura^{18,21,22}, y nasal y de senos paranasales²². De los siete^{14,16-18,21,22,24} estudios que incluyen las neoplasias de pulmón entre sus resultados, tres estudian trabajadores de la industria primaria¹⁶⁻¹⁸, uno de la industria secundaria¹⁴, uno de ambas²² y en dos^{21,24} no se especificaba. Se encontró un aumento de riesgo significativo, a la exposición, en cuatro de los estudios^{17,18,22,24}.

El artículo de Seldén et al²², el único que incluyó específicamente industrias primarias y secundarias y que además analizó varias de las actividades industriales, mostró un aumento de riesgo significativo de neoplasia de pulmón en los trabajadores de las fundiciones primarias, y el mayor de todos para la actividad industrial de fundición en arena. Atendiendo a la duración de la exposición, globalmente resultó mayor riesgo para los trabajadores de corta duración (menor de 5 años de exposición), pero en el caso de la fundición en arena fueron los trabajadores de 10 o más años de exposición los que mayor riesgo obtuvieron.

De los estudios en los que sólo se incluyeron trabajadores de la industria primaria, Björ et al¹⁷ y Fritsch et al¹⁸, obtuvieron un aumento de riesgo significativo, aunque discordantes en el riesgo según tiempo de exposición, ya que en el primero¹⁷ el mayor riesgo fue para los trabajadores de 10 o más años de exposición (más de dos veces mayor), mientras que el segundo¹⁸ obtuvo el mayor riesgo para aquellos trabajadores de 1 a 10 años de duración y no mostró mayor incidencia en el grupo de trabajadores de mayor tiempo de exposición. Por el contrario, el estudio de Friesen et al¹⁶, no mostró un aumento de riesgo en los trabajadores de las minas de bauxita y refinerías de alúmina (industria primaria) que incluía, aunque llaman la atención sobre el escaso número de casos observados.

Un estudio que sólo incluyó trabajadores de la industria secundaria, Maltseva et al¹⁴, obtuvo una incidencia de neoplasias de pulmón menor de la esperada y no mostró aumento de la mortalidad por esta causa.

Sobre los resultados de los estudios en los que no se especificó el tipo de industria, el de Romundstad et al²¹, que estudió la asociación con HAP y fluoruros, encontró poca evidencia de asociación entre la exposición acumulada a fluoruros y el desarrollo de neoplasia pulmonar, siendo la incidencia similar a la esperada. Por el contrario, Ronneberg et al²⁴, sí mostró un aumento de incidencia significativo para los trabajadores de menos de 3 años de exposición, y asimismo en los de más de 3 años de exposición, pero teniendo que resaltar que en éstos últimos hubo una fuerte asociación con el alquitrán.

Se trató el mesotelioma pleural en tres^{18,21,22} de los estudios incluidos. En el de Romundstad et al²¹, la incidencia resultó menor de la esperada y además resaltaron el hecho de que la exposición a asbesto en estos lugares de trabajo fue en general escasa, por lo que parece poco probable que la exposición a asbesto haya sido un factor de confusión negativo. Por el contrario, Fritsch et al¹⁸, sí obtuvieron una diferencia significativa, con aumento del riesgo de muerte por mesotelioma para los puestos de trabajo analizados, esto es, oficina, producción y mantenimiento, resultando significativo únicamente para aquellos empleados en producción o mantenimiento durante un período de 10 a 20 años, pero no para otra duración de la exposición. En este caso, llamaron la atención acerca de que la exposición a asbesto es relativamente común en Australia Occidental, y el panel de expertos *Western Australian Mesothelioma Registry*, determinó que las circunstancias ambientales u ocupacionales no asociadas con el empleo en la industria del aluminio eran las fuentes más probables de exposición al asbesto y del posterior desarrollo de mesotelioma en todos menos uno de los casos de este estudio. En el estudio de Seldén et al²², no se obtuvo ningún caso de mesotelioma pleural.

Las neoplasias nasales y de senos paranasales, principalmente adenocarcinoma, sólo se expusieron en el estudio de Seldén et al²², el cual obtuvo un aumento de riesgo significativo en los trabajadores varones, siendo éste más de 4 veces superior, pero resaltando que este resultado se basó en únicamente cuatro casos observados, y que de éstos, tres son los que habrían tenido exposición a polvo y humos de metal, mientras que el cuarto habría presentado exposición a polvo de madera.

Neoplasias del aparato digestivo

Siete estudios (58,3%)^{16,17,20-22,24,25} investigaron la asociación de neoplasias digestivas. En ellos mencionaron procesos relacionados con la industria del aluminio (exposición a bauxita¹⁶, alúmina^{16,20}, fluoruros^{17,21,24}, aluminio^{17,22} y polvo del aluminio²⁵) y otros agentes.

Dos estudios describieron riesgo elevado de neoplasias esofágicas^{17,20}, ambos sin resultados significativos. Parent et al²⁰, demostraron un exceso de riesgo de neoplasia de esófago en relación con la exposición a alúmina, siendo éste mayor para el carcinoma de células escamosas (aumento de 2 a 3 veces el riesgo) que para todos los tipos de neoplasias de esófago combinadas, pero no mostraron asociación significativa con la exposición.

Con relación a las neoplasias gástricas, Ronneberg et al²⁴, expresaron en sus resultados un exceso de casos entre los trabajadores de una fundición de aluminio con menos de tres años de empleo. Kusiak et al²⁵, estudiaron a trabajadores expuestos a polvo de aluminio, detectando un exceso de neoplasias de estómago, pero descartaron la relacionado con la exposición al aluminio. Por su parte, Friesen et al¹⁶, observaron riesgos no significativos en los trabajadores de minas de bauxita y de refinería de alúmina.

La exposición a fluoruros y el efecto de neoplasias pancreáticas fue observado por Romundstad et al²¹ y Ronneberg et al²⁴, demostrando poca evidencia de asociación.

Seldén et al²², demostraron un aumento de riesgo significativos en varones para neoplasias ano-rectales en todos los grupos de estudio, excepto en los de menos de un año de empleo. Contrastando estos resultados, la incidencia de neoplasia de colon fue menor de la esperada, incluso combinando ambos segmentos de intestino grueso, todavía resultó en un exceso de riesgo, pero éste no fue estadísticamente significativo. Tampoco se evidenció un aumento significativo de neoplasias de hígado.

Neoplasias genitourinarias

Seis de los artículos (50%)^{14,17,19,21,22,24} recogieron información entre neoplasias de vejiga y los trabajadores de fundiciones de aluminio, por lo tanto, se distinguieron en tres grupos: un primer grupo formado por aquellos trabajadores de la fundición primaria de aluminio^{17,19,22}, donde Band et al¹⁹, describieron una asociación significativa del riesgo de neoplasias de vejiga en contraposición a dos autores^{17,22}. En el segundo grupo se incluyeron los trabajadores de fundición secundaria de aluminio^{14,22}, donde Seldén et al²², observaron menor incidencia y mortalidad de neoplasias de vejiga a diferencia de Maltseva et al¹⁴. Y un tercer grupo de dos artículos de Noruega^{21,24}, donde no se especifican si la industria de fundición de aluminio es primaria o secundaria, demostrando excesos de neoplasias de vejiga, y dicha incidencia no la asociaron al fluoruro sino a la exposición de HAP. Además, estos autores^{21,24}, indicaron poca asociación entre exposición acumulada a fluoruro y neoplasias de riñón en sus estudios. En uno de nuestros estudios seleccionados¹⁴ se constató mayor incidencia de cáncer de próstata, pero Ronneberg et al²⁴ lo asociaron a HAP. Por último, Friesen et al¹⁶, no relacionaron riesgo de neoplasias urinarias en los trabajadores de minas de bauxita y de refinería de alúmina en Australia.

Neoplasias del sistema nervioso central

De los doce artículos revisados, tres de ellos¹⁶⁻¹⁸ (25%) comentaron la posible relación entre las neoplasias del sistema nervioso central y la exposición laboral a posibles carcinógenos. Friesen et al¹⁶, refirieron que hubo excesos no significativos de neoplasias cerebrales con la exposición a bauxita en los trabajadores de minas de bauxita en Australia. Björ et al¹⁷, mencionaron que en la cohorte conformada por trabajadores de la fundición primaria de aluminio (a excepción de los trabajadores en oficina) en Suecia se observó un riesgo elevado de cáncer del sistema nervioso central con respecto a las poblaciones de referencia. Fritschi et al¹⁸, encontraron en trabajadores de minería de bauxita y de refinería de alúmina una tendencia significativamente creciente para la incidencia de cáncer cerebral en proporción al tiempo de exposición (3 meses a menos de 10 años, 10 a 20 años y más de 20 años). Sin embargo, los números fueron bajos, con sólo siete neoplasias cerebrales en total, y no hubo excesos significativos en ninguno de los tipos de trabajo individuales (mantenimiento, producción y oficina) o tiempo de exposición.

Neoplasias linfohematopoyéticas

Aminiam et al¹⁵, observaron que en los trabajadores del metal, incluyendo los de aluminio o fundiciones, había más casos de linfoma no Hodgkin que en su grupo control, a diferencia de Seldén et al²², que encontraron un aumento no estadísticamente significativo de linfoma no Hodgkin en trabajadores de fundiciones primaria y secundaria. Fritschi et al¹⁸, mostraron que la incidencia de neoplasias linfohematopoyéticas fue significativamente menor a lo esperado en trabajadores de minas de bauxita y refinería de alúmina.

Neoplasias dermatológicas

Tres de los artículos revisados^{18,21,24} (25%) explicaron sus resultados, en cuanto a la aparición de neoplasias dermatológicas en los trabajadores, resultando contradictorios. Fritschi et al¹⁸, refirieron que la cohorte de trabajadores en minas de bauxita y refinerías de alúmina mostró un exceso estadísticamente significativo de melanoma. Este exceso, parecía predominar en los trabajadores empleados más recientemente. Romundstad et al²¹, en su estudio en trabajadores de seis plantas de fundición de aluminio en Noruega, encontraron un déficit de casos de melanoma maligno. Los autores reseñaron que este déficit observado pudo estar relacionado con una menor exposición solar en asociación con el estatus socioeconómico (hábitos recreativos) y el lugar geográfico de residencia.

Ronneberg et al²⁴, en su estudio en trabajadores de una fundición de aluminio de Noruega, encontraron que aquellos con un tiempo de empleo menor de 3 años tuvieron un exceso de cáncer de piel, excluyendo el carcinoma de células basales y el melanoma.

Neoplasias endocrinas

Sólo Fritschi et al¹⁸, analizaron la relación entre los puestos de trabajo en empresas de minería de bauxita y refinerías de alúmina y la aparición de neoplasias de tiroides/glándulas endocrinas, obteniendo como resultado que la incidencia del mismo fue significativamente elevada en aquellos empleados que alguna vez habían trabajado en oficina. Las seis neoplasias endocrinas encontradas fueron de tiroides. Éste fue un resultado sorprendente que no se había informado anteriormente en estudios en la industria del aluminio, ni en refinerías de alúmina, ni en minas. Los autores refieren que el hallazgo puede ser un artefacto de la gran cantidad de análisis realizados en este estudio.

Cullen et al²³, realizaron un estudio para determinar la incidencia de adenoma hipofisario en una planta de fundición primaria de aluminio, obteniendo como resultado que en general hubo poca evidencia de asociación con el trabajo en el conjunto de datos. Sorprendentemente, los resultados de la Odds Ratio fueron bajos en los puestos de trabajo asociados con las tecnologías de reducción (fundición), aunque ninguno fue estadísticamente diferente del conjunto. La incidencia general de los adenomas hipofisarios fue muy baja. Sólo nueve de veinticinco casos habían tenido alguna exposición al trabajo de reducción de aluminio (fundición) y sólo dos eran trabajadores de fundición a tiempo completo.

Neoplasias de la mama

Un sólo estudio, el de Seldén et al²², describió los casos de neoplasias de la mama en mujeres, resultando un aumento en la tasa de incidencia no estadísticamente significativo, principalmente en el grupo de 1 a 4 años de exposición.

DISCUSIÓN

De acuerdo con el objetivo principal de esta revisión sistemática se realizó un análisis de la literatura científica sobre las neoplasias asociadas a la exposición laboral al aluminio y/o sus compuestos. Además, se planteó identificar los posibles tipos de neoplasias desarrolladas.

Los datos obtenidos en relación con el índice de Burton-Kleber e índice de Price indican una obsolescencia mayor a la esperada en el campo de las ciencias de la salud^{26,27}, lo que muestra la necesidad de actualizar los estudios relacionados con la exposición laboral al aluminio y sus compuestos.

Durante la revisión se encontraron estudios observacionales en trabajadores de la industria del aluminio. A pesar de ello resultó difícil estimar, a partir de dichos estudios, si las neoplasias podían atribuirse exclusivamente a exposiciones al aluminio y/o sus compuestos.

De todos los artículos revisados, sólo dos^{16,20} encontraron relación entre algún tipo de neoplasia y la exposición aluminio y/o sus compuestos, y en ambos casos no se encontró asociación significativa. Friesen et al¹⁶, refirieron que hubo relación, no significativa, de neoplasias cerebrales y de estómago con la exposición a la bauxita. Parent et al²⁰, demostraron un exceso de riesgo de neoplasia de esófago en relación con la exposición a alúmina, pero sin una adecuada significación.

Estudios previos sobre neoplasias de pulmón en la industria del aluminio sugirieron una asociación positiva, aunque no concluyente²⁸. De acuerdo a estos datos, en esta revisión, cuatro^{17,18,22,24} de los siete estudios que observaron este efecto, mostraron un aumento significativo del riesgo. Sin embargo, no se puede afirmar que estos resultados se deban a la exposición específica al aluminio y/o sus compuestos, dada la posible exposición a otras sustancias en estas fundiciones. En relación a esto, Armstrong et al²⁹, en un meta-análisis, observaron que las neoplasias de pulmón estaban asociadas tanto a los trabajos de producción de aluminio como a los HAP.

Otro aspecto contradictorio, aparece en relación con el tiempo de exposición. Algunos estudios encuentran un mayor riesgo de neoplasias de pulmón en los trabajadores con menor tiempo, pero esto se podría explicar por factores sociodemográficos, incluidas las conductas de riesgo como el hábito tabáquico. Sin embargo, Seldén et al²², sí encontraron una relación con una exposición laboral prolongada (≥ 10 años) en los trabajadores de fundición en arena.

Otra de las neoplasias ampliamente estudiada es la de vejiga. Respecto a esto, Tremblay et al³⁰ y Clavel et al³¹, encontraron una mayor incidencia de casos entre los trabajadores de la industria del aluminio, coincidiendo con cuatro de los artículos revisados^{14,19,21,24}. De éstos últimos, dos^{21,24} lo atribuyen a los HAP, coincidiendo con Theriault et al³² y Spinelli et al³³.

Al igual que el estudio de Björ et al¹⁷, el estudio de Friesen et al¹⁶, demostró un aumento en el número de neoplasias cerebrales entre los trabajadores de la industria del aluminio, pero ambos no fueron significativos. Para Friesen et al¹⁶, estas asociaciones se basaron en muy pocos casos y pueden ser hallazgos fortuitos debido a la gran cantidad de comparaciones realizadas. Por otra parte, Fritsch et al¹⁸ aportan resultados confusos, con tendencia creciente en la incidencia de neoplasias cerebrales pero sin excesos significativos por categorías.

Los resultados de la presente revisión están limitados por las carencias propias de cada trabajo revisado. Según la *US Agency for Health Research and Quality*³⁴, los diseños epidemiológicos de los estudios seleccionados en esta revisión (cohortes y casos-controles) aportan un nivel de evidencia y grado de recomendación IIb y III, no pudiendo asegurar por completo la validez y fiabilidad de las observaciones. También la mayoría de los estudios no describieron mediciones cuantitativas de exposición al aluminio y/o sus compuestos y algunos de ellos no realizaron control de los factores de confusión que pudieran afectar a sus resultados. Además, resulta difícil valorar el riesgo de neoplasias en mujeres debido a que representaron un número escaso en los estudios y probablemente ocuparon puestos de trabajo con menor exposición a las sustancias estudiadas. Otro punto a señalar es que la heterogeneidad de los estudios y sus resultados complica su comparativa y no permite extraer conclusiones firmes.

Otra importante limitación de la presente revisión fue no haber podido recuperar a texto completo ocho de los artículos que cumplían nuestros criterios de inclusión, perdiendo información que podría haber sido de utilidad.

Por todo lo anteriormente expuesto, y a pesar de encontrar resultados reportando enfermedad tras exposición al aluminio o sus compuestos, no se puede concluir que exista una relación directa entre la aparición de neoplasias y la exposición laboral al aluminio y/o sus compuestos, por lo que serían necesarios más estudios que aporten evidencia acerca de los posibles efectos carcinogénicos del aluminio y/o sus compuestos.

BIBLIOGRAFÍA

1. Krewski D, Yokel RA, Nieboer E, Borchelt D, Cohen J, Harry J, et al. Human health risk assessment for aluminium, aluminium oxide, and aluminium hydroxide. *J Toxicol Environ Health B Crit Rev*. 2007;10 Suppl 1:1-269. DOI: 10.1080/10937400701597766
2. Wesdock JC, Arnold IMF. Occupational and environmental health in the aluminum industry: key points for health practitioners. *J Occup Environ Med*. 2014;56(5 Suppl):S5-11. DOI: 10.1097/JOM.0000000000000071
3. Klotz K, Weistenhöfer W, Neff F, Hartwig A, van Thriel C, Drexler H. The Health Effects of Aluminum Exposure. *Dtsch Arzteblatt Int*. 2017;114(39):653-9. DOI: 10.3238/arztebl.2017.0653
4. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. Límites de exposición profesional para agentes químicos en España. Madrid, España: Ministerio de Empleo y Seguridad Social; 2017.
5. Real Decreto 374/2001, de 6 de abril, sobre la protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo. *Boletín Oficial del Estado*, n° 104, (01-05-2001).
6. Real Decreto 598/2015 del 3 de julio, por el que se modifica el Real Decreto 374/2001, de 6 de abril, sobre la protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo. *Boletín Oficial del Estado*, n° 159, (04-07-2015).
7. Real Decreto 665/1997, de 12 de mayo, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo. *Boletín Oficial del Estado*, n° 124, (24-05-1997).
8. Real Decreto 1124/2000, de 16 de junio, por el que se modifica el Real Decreto 665/1997, de 12 de mayo, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo. *Boletín Oficial del Estado*, no 145, (17-06-2000).
9. Real Decreto 349/2003 de 21 de marzo, por el que se modifica el Real Decreto 665/1997, de 12 de mayo, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo, y por el que se amplía su ámbito de aplicación a los agentes mutágenos. *Boletín Oficial del Estado*, n° 82, (05-04-2003).
10. Pierre F, Baruthio F, Diebold F, Biette P. Effect of different exposure compounds on urinary kinetics of aluminium and fluoride in industrially exposed workers. *Occup Environ Med*. 1995;52(6):396-403.
11. Gibbs GW, Labrèche F. Cancer risks in aluminum reduction plant workers: a review. *J Occup Environ Med*. 2014;56(5 Suppl):S40-59. DOI: 10.1097/JOM.0000000000000003
12. Wanden-Berghe C, Sanz-Valero J. Systematic reviews in nutrition: standardized methodology. *Br J Nutr*. 2012;107 Suppl 2:S3-7. DOI: 10.1017/S0007114512001432
13. Von Elm E, Altman DG, Egger M, Pocock SJ, Gøtzsche PC, Vandenbroucke JP. Strengthening the Reporting of Observational Studies in Epidemiology (STROBE) statement: guidelines for reporting observational studies. *BMJ*. 2007;335(7624):806-8. DOI: 10.1136/bmj.39335.541782.AD
14. Maltseva A, Serra C, Kogevinas M. Cancer risk among workers of a secondary aluminium smelter. *Occup Med Oxf Engl*. 2016;66(5):412-4. DOI: 10.1093/occmed/kqw054
15. Aminian O, Abedi A, Chavoshi F, Ghasemi M, Rahmati-Najarkolaei F. Evaluation of Occupational Risk Factors in Non-Hodgkin Lymphoma and Hodgkin's Disease in Iranian Men. *Iran J Cancer Prev*. 2012;5(4):189-93.
16. Friesen MC, Fritschi L, Del Monaco A, Benke G, Dennekamp M, de Klerk N, et al. Relationships between alumina and bauxite dust exposure and cancer, respiratory and circulatory disease. *Occup Environ Med*. 2009;66(9):615-8. DOI: 10.1136/oem.2008.043992
17. Björ O, Damber L, Edström C, Nilsson T. Long-term follow-up study of mortality and the incidence of cancer in a cohort of workers at a primary aluminum smelter in Sweden. *Scand J Work Environ Health*. 2008;34(6):463-70.

18. Fritschi L, Hoving JL, Sim MR, Del Monaco A, MacFarlane E, McKenzie D, et al. All cause mortality and incidence of cancer in workers in bauxite mines and alumina refineries. *Int J Cancer*. 2008;123(4):882-7. DOI: 10.1002/ijc.23554
19. Band PR, Le ND, MacArthur AC, Fang R, Gallagher RP. Identification of occupational cancer risks in British Columbia: a population-based case-control study of 1129 cases of bladder cancer. *J Occup Environ Med*. 2005;47(8):854-8.
20. Parent M, Siemiatycki J, Fritschi L. Workplace exposures and oesophageal cancer. *Occup Environ Med*. 2000;57(5):325-34.
21. Romundstad P, Andersen A, Haldorsen T. Cancer incidence among workers in six Norwegian aluminum plants. *Scand J Work Environ Health*. 2000;26(6):461-9.
22. Seldén AI, Westberg HB, Axelson O. Cancer morbidity in workers at aluminum foundries and secondary aluminum smelters. *Am J Ind Med*. 1997;32(5):467-77.
23. Cullen MR, Checkoway H, Alexander BH. Investigation of a cluster of pituitary adenomas in workers in the aluminum industry. *Occup Environ Med*. 1996;53(11):782-6.
24. Rønneberg A, Andersen A. Mortality and cancer morbidity in workers from an aluminium smelter with prebaked carbon anodes--Part II: Cancer morbidity. *Occup Environ Med*. 1995;52(4):250-4.
25. Kusiak RA, Ritchie AC, Springer J, Muller J. Mortality from stomach cancer in Ontario miners. *Br J Ind Med*. 1993;50(2):117-26.
26. Sanz-Valero J, Wanden-Berghe C. Análisis bibliométrico de la producción científica, indizada en MEDLINE, sobre los servicios de salud proporcionados por las unidades de hospitalización a domicilio. *Hosp Domic*. 2017; 1(1):21-34. DOI: 10.22585/hospdomic.v1i1.3
27. Aracil-Lavado E, Wanden-Berghe C, Sanz-Valero J. Evaluación de la calidad de vida según el estado nutricional del paciente paliativo adulto: revisión sistemática. *Hosp Domic*. 2017;1(4):199-210. DOI: 10.22585/hospdomic.v1i4.27
28. Spinelli JJ, Demers PA, Le ND, Friesen MD, Lorenzi MF, Fang R, et al. Cancer risk in aluminum reduction plant workers (Canada). *Cancer Causes Control*. 2006;17:939-48. DOI: 10.1007/s10552-006-0031-9
29. Armstrong B, Hutchinson E, Unwin J, Fletcher T. Lung cancer risk after exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons: a review and meta-analysis. *Environ Health Perspect*. 2004;112(9):970-8.
30. Tremblay C, Armstrong B, Thériault G, Brodeur J. Estimation of risk of developing bladder cancer among workers exposed to coal tar pitch volatiles in the primary aluminum industry. *Am J Ind Med*. 1995;27:335-48.
31. Clavel J, Mandereau L, Limasset J-C, Hémon D, Cordier S. Occupational exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons and the risk of bladder cancer: a French case-control study. *Int J Epidemiol*. 1994;23(6):1145-53.
32. Theriault G, Tremblay CG, Cordier S, Gingras S. Bladder cancer in the aluminium industry. *Lancet*. 1984;1(8383):947-50. DOI: 10.1016/S0140-6736(84)92399-7
33. Spinelli JJ, Band PR, Svirchev L, Gallagher RP. Mortality and cancer incidence in aluminum reduction plant workers. *J Occup Med*. 1991;33:1150-5.
34. Shekelle PG, Wachter RM, Pronovost PJ, Schoelles K, McDonald KM, Dy SM, et al. Making health care safer II: an updated critical analysis of the evidence for patient safety practices. *Evid Report Technology Assess*. 2013;(211):1-945.

=====