

ISSN: 1989-7790  
NIPO-PDF: 834200091  
NIPO-EPUB: 834200086

# Medicina y Seguridad del Trabajo

(Internet)



Enero-marzo | 1º Trimestre

# 2022;68(266)

Revista fundada en 1952

Edita:  
Ministerio de Ciencia e Innovación  
Instituto de Salud Carlos III  
Escuela Nacional de Medicina del Trabajo



 Ministerio de Ciencia e Innovación  
**Instituto de Salud Carlos III**  
Escuela Nacional de Medicina del Trabajo



Tomo 68 · Enero-marzo 2022 · 1º Trimestre  
Med Seg Trab (Internet). 2022;68(266):1-75

Fundada en 1952

**Edita:**

Ministerio de Ciencia e Innovación  
Instituto de Salud Carlos III  
Escuela Nacional de Medicina del Trabajo  
Pabellón, 13 – Campus de Chamartín – Avda. Monforte de Lemos, 3 - 5  
o C/ Melchor Fernández Almagro, 3  
28029 Madrid. España.

© BY-NC-SA 4.0

**Periodicidad:**

Trimestral, 4 números al año.

**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

**Diseño y maquetación:**

motu estudio

**Disponible en:**

<http://publicaciones.isciii.es>  
<http://www.scielo.org>  
<http://scielo.isciii.es>  
<http://www.freemedicaljournals.com/>  
<http://dialnet.unirioja.es/>  
<http://publicacionesoficiales.boe.es>



International Labour Organization

**International Occupational Safety and Health Information Centre (CIS)**

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



<https://revistas.isciii.es/revistas.jsp?id=MST>

Visite la web de la revista si desea enviar un artículo,  
conocer las políticas editoriales o suscribirse a la edición digital.



# **ESCUELA NACIONAL DE MEDICINA DEL TRABAJO INSTITUTO DE SALUD CARLOS III**

**Directora: María Jesús Terradillos García**

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

## **COMITÉ EDITORIAL**

**Editor jefe: Javier Sanz Valero**

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

**Editor adjunto: Jerónimo Maqueda Blasco**

Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo. Madrid (España)

**Coordinadora de redacción: Isabel Mangas Gallardo**

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

## **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**

IBERMUTUA. Madrid (España)

**Rosa Horna Arroyo**

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

**Juan Antonio Martínez Herrera**

Subdirección General de Coordinación de Unidades Médicas. Instituto Nacional de la Seguridad Social (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. Vigo (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

Directora Provincial MUFACE. Servicio Provincial de Madrid. Madrid (España)

### Fernando Carreras Vaquer

Sanidad Exterior. Ministerio de Sanidad. 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 Gamó 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)

### 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 y Salud 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 Sanidad. 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 y Salud en el 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 y Salud en el Trabajo. Madrid (España)



Vol. 68(266) / Enero-marzo de 2022

## SUMARIO / CONTENTS

### EDITORIAL

---

#### Infodemiología & salud laboral

##### Infodemiology & occupational health

María Sanz-Lorente ..... 6-10

### ORIGINALES

---

#### Silicosis en trabajadores expuestos a conglomerados de cuarzo

##### Silicosis in workers exposed to quartz conglomerates

Cesar Enrique Rattia-Rivas, Sergio Martinez-Aguirre, Marianna Affinito, Sherry Sue,  
Lonighi, Jerónimo Maqueda..... 11-24

#### Seguimiento de resultados de Test de Antígenos en trabajadores del ámbito sanitario con infección activa por SARS-CoV-2

##### Monitoring of Antigen Test results in healthcare workers with active SARS-CoV-2 infection

Juan José Rubio-del Río, María José Martínez de Aramayona-López,  
Juan José Granizo-Martínez ..... 25-35

### REVISIONES SISTEMÁTICAS

---

#### Pérdida auditiva y exposición laboral a ruido en minería: una revisión sistemática

##### Occupational hearing loss and noise exposure in mining: a systematic review

Beatriz Casal-Pardo, Norma Elisa Jasso-Gascón, Rebeca Preciados-Sola,  
Karina Reinoso-García ..... 36-55

#### Neoplasias en trabajadores expuestos a radiación cósmica: Una Revisión Sistemática

##### Neoplasms in workers exposed to cosmic radiation: A Systematic Review

Lucía del Mar Alberto Martín, Marjorie Cortes Pérez, Jennifer Karen Álvarez Galván,  
Daniel Luis Ayllón Jiménez ..... 56-75

### RESEÑAS

---

#### Reseña de Salud laboral: conceptos y técnicas para la prevención de riesgos laborales

##### A review of Salud laboral: conceptos y técnicas para la prevención de riesgos laborales

Francisco Marqués..... 76-77



doi: 10.4321/s0465-546x2022000100001

Editorial

# Infodemiología & salud laboral

## Infodemiology & occupational health

María Sanz-Lorente<sup>1,2</sup>  000-0002-6983-739X

<sup>1</sup>Centro de Salud Pública de Manises, Consellería de Sanidad Universal y Salud Pública de la Generalitat Valenciana, España.

---

### Correspondencia

María Sanz-Lorente  
[msanzlor@gmail.com](mailto:msanzlor@gmail.com)

---

**Recibido:** 05.02.2022  
**Aceptado:** 17.02.2022  
**Publicado:** 30.03.2022

---

### Cómo citar este trabajo

Sanz-Lorente M. Infodemiología & salud laboral. Med Segur Trab (Internet). 2022;68(266):6-10. doi: 10.4321/s0465-546x2022000100001

---

 BY-NC-SA 4.0

## Introducción

Con el advenimiento del paradigma web 2.0, Internet se está utilizando como un medio para la distribución de información de salud personal en lugar de simplemente como una fuente de información. Este contenido generado por el usuario, o contenido creado por el consumidor, incluye experiencias personales, información y conocimientos sobre salud.

El desarrollo de la sociedad de la información es innegable. Se puede decir que estamos ante el resultado de una serie de procesos de cambios tecnológicos, organizativos, económicos, sociales e institucionales que están alterando –han alterado– las relaciones de producción y consumo, los hábitos de trabajo, los estilos de vida y las relaciones entre los diferentes actores públicos y privados de nuestra sociedad<sup>(1)</sup>.

Las herramientas 2.0 (blogs, wikis y redes sociales) se han convertido en un nuevo medio que permite a más personas llegar a una “buena” información generada por un sistema cooperativo. Habilita a los usuarios para ser participantes activos coproduciendo contenidos, aumentando la conectividad y la colaboración en la producción de nuevo conocimiento. La información, y más aún la información sobre salud, posee un poder intrínseco para generar progreso y crecimiento, proveer soluciones a problemas urgentes, recuperar identidades que se desvanecen, afirmar valores y permitir el desarrollo de disciplinas profesionales y académicas<sup>(2)</sup>.

Analizar cómo las personas buscan y navegan en Internet para obtener información relacionada con la salud, así como también cómo se comunican y comparten esta información, puede proporcionar información valiosa sobre el comportamiento relacionado con la salud de las poblaciones<sup>(3)</sup>.

La web 2.0 ofrece oportunidades sin precedentes para los pacientes y el público en general a la hora de buscar información sobre salud. De hecho, hace ya tiempo que buscan allí esta información, incluso antes que consultar con los profesionales<sup>(4)</sup>.

Dentro del ámbito sanitario, la evolución de la web 2.0 también se ha hecho patente y, con el paso de los años, se observa un cambio hacia una sociedad cada vez más informada sobre salud en Internet, hasta el punto de adoptar nuevos términos como el de eSalud. La llegada de las redes sociales digitales, consideradas el principal estandarte de este nuevo entorno digital, supuso una nueva vuelta de tuerca en la evolución de la comunicación hipermedia y en los modelos de comunicación tradicionales<sup>(5)</sup>.

## Infodemiología

La vigilancia de la salud pública se basa en la recopilación, el análisis y la interpretación continua y sistemática de los datos. Esto incluye, por ejemplo, el desarrollo de sistemas de alerta temprana para monitorear enfermedades y documentar el impacto de las medidas de intervención. La introducción de fuentes de datos digitales, y específicamente fuentes disponibles en Internet, ha impactado en el campo de la vigilancia de la salud pública. Las nuevas oportunidades habilitadas por la disponibilidad subyacente y la escala de las fuentes basadas en Internet han allanado el camino para enfoques novedosos para la vigilancia de enfermedades, la exploración de comunidades de salud y el estudio de la dinámica epidémica. Con esta información, se puede entender cómo la población comunica sobre enfermedades en línea y, en el proceso, beneficiar la salud pública<sup>(6)</sup>.

La idea de que las poblaciones proporcionen datos sobre sus gustos, la búsqueda de servicios e incluso sobre su enfermedad, a través del comportamiento de búsqueda de información en la web, ya ha sido explorada en los últimos años con notable éxito y ha servido para conocer inquietudes y necesidades de información<sup>(7)</sup>.

Los estudios de Yang et al.<sup>(8)</sup> y de Aslam et al.<sup>(9)</sup>, sugirieron que la información obtenida de las plataformas web 2.0, como Twitter, Facebook etc., puede considerarse como un complemento para los estudios epidemiológicos y la vigilancia tradicional. La información que generan se puede utilizar para

el análisis de contenido, seguimiento en tiempo real, traducción del conocimiento, así como para la concienciación de los formuladores de políticas sanitarias.

El acceso a los datos de Internet y su difusión ha creado un nuevo campo de investigación denominado infodemiología o ciencia de la distribución y determinación de la información de salud en un medio electrónico. La palabra “infodemiología” fue utilizada por primera vez por Eysenbach en 2002<sup>(10)</sup>.

El término infodemiología es el acrónimo de información y epidemiología. En consecuencia, la infodemiología (es decir, la epidemiología de la información) es un campo de la informática de la salud definida como «la ciencia de la distribución y los determinantes de la información en un medio electrónico, específicamente Internet, o en una población, con el objetivo final de informar sobre la salud y las políticas públicas»<sup>(3,11)</sup>.

El uso de datos de infodemiología con fines de vigilancia se ha denominado “infovigilancia”<sup>(3)</sup>. Conocer los aumentos repentinos en la demanda de información puede ser un predictor temprano. Por ejemplo, saber sobre el cambio de comportamiento es, en sí misma, una intervención importante en el caso de un brote o el seguimiento de la eficacia con la que se difunde la información durante una pandemia es otra aplicación potencial.

Así pues, la infodemiología es una rama nueva y emergente de la ciencia que se ocupa de la aparición, distribución y análisis de información sanitaria, por vía electrónica, para concienciar a las personas sobre los patrones de búsqueda de información sanitaria. Una de sus principales características es la posibilidad de la recogida y análisis de datos en tiempo real.

Aun así, y reconociendo que la web 2.0 engloba herramientas potencialmente poderosas para involucrar y permitir que los usuarios busquen información de salud relevante, la confiabilidad del contenido generado en ellas puede ser cuestionable<sup>(12)</sup>. Por ello, aunque existe un amplio acuerdo entre investigadores y profesionales de la salud sobre la necesidad de controlar y combatir la desinformación en salud, aún se desconoce la magnitud de este problema. En consecuencia, es fundamental conocer tanto los temas de salud más prevalentes como las redes sociales desde las que inicialmente se enmarcan y posteriormente se difunden estos temas. Esta preocupación ha llevado a acuñar un nuevo término, la Infodemia, definida como la «sobreabundancia de información, en línea o en otros formatos, e incluye los intentos deliberados por difundir información errónea para socavar la respuesta de salud pública y promover otros intereses de determinados grupos o personas»<sup>(2)</sup>, que merecería, seguramente, un editorial exclusivo.

## Infodemiología y salud laboral

La comunicación en salud se definió como el arte y las técnicas para informar, influir y motivar al público sobre temas de salud relevantes desde la perspectiva individual, comunitaria e institucional y englobaría la prevención de enfermedades, las políticas de salud y la mejora de la calidad de vida de las personas y las comunidades. Así, la comunicación efectiva sobre los riesgos para la salud es una herramienta importante que puede prevenir o modificar las acciones inapropiadas que a menudo motivan los problemas de la salud laboral<sup>(13)</sup>.

Hasta la fecha, la vigilancia sanitaria se ha basado en los informes de los trabajadores de la salud que constituían, y siguen constituyendo, un sistema de vigilancia activa. Sin embargo, esta arquitectura es costosa de mantener e implica retrasos significativos entre el momento de la captura de datos y el momento de disponer de los resultados, lo que dificulta cualquier detección o intervención rápida. Otra solución, en lugar de recopilar los datos de vigilancia, es emplear un sistema de vigilancia pasiva en el que diversas instituciones de salud faciliten sus respectivos informes. Este sistema proporciona una forma económica de monitorear la salud de la comunidad; sin embargo, la calidad de los datos es un problema debido a la falta de normalización y la demora en disponer de los datos. Para complementar estos sistemas se creó la vigilancia sindrómica mediante el uso de fuentes clínicas (por ejemplo, admisiones en el departamento de emergencia) y no clínicas (por ejemplo, dispensación de venta de medicamentos sin receta), que están disponibles antes de que se confirme un diagnóstico<sup>(6)</sup>.

En línea con la vigilancia sindrómica y con el crecimiento de Internet, han surgido nuevas oportunidades para la detección de información relacionada con la salud, con el potencial de capturar la entrada del paciente directamente desde la fuente. Esto lleva al ambicioso esfuerzo de poder disponer de los intereses sobre la salud de una parte importante de la población en cualquier momento y en cualquier ubicación geográfica, con el objetivo final de monitorear la salud pública.

Las fuentes basadas en la web se emplean cada vez más en el análisis, detección y pronóstico de enfermedades y en la predicción del comportamiento humano hacia los de salud <sup>(14)</sup>. Por tanto, el enfoque infodemiológico puede brindar oportunidades inigualables para la gestión de datos e información de salud generados por los usuarios. El uso de este potencial ya ofrece posibilidades para la evaluación de las necesidades de información de salud laboral en tiempo real y, por lo tanto, proporciona información de salud basada en las necesidades de las personas.

Como apuntó Orduña-Malea <sup>(15)</sup>, esta metodología se puede utilizar en tareas para conocer el presente, es decir, de predicción de valores que están ocurriendo en el mismo momento en que se generan los datos, y también se puede utilizar en tareas de previsión (estudio de tendencias para predecir valores futuros).

La infodemiología ya se ha demostrado útil en el campo de la salud pública y la investigación realizada hasta la fecha ha mostrado que es válida para la identificación de desafíos de salud. Así, ya se ha utilizado en una amplia gama de temas hasta el momento, con estudios en el campo de la diabetes <sup>(16)</sup>, la obesidad <sup>(17)</sup>, la dieta <sup>(18)</sup> y la salud laboral <sup>(19,20)</sup>, entre otros.

El campo de la infodemiología se está volviendo cada vez más popular, empleando métodos y enfoques innovadores para la evaluación de la salud. El uso de fuentes basadas en la web procura información prácticamente a tiempo real que no sería accesible de otro modo y que por los métodos tradicionales consumirían mucho tiempo <sup>(14)</sup>.

Las redes sociales han cambiado sustancialmente la forma en que se pueden enfrentar los problemas de salud, incluyendo la salud laboral. Sin embargo, sigue faltando una comprensión integral de cómo estas redes han alterado los enfoques y métodos en la investigación de salud pública <sup>(21)</sup>. Futuras investigaciones, en salud laboral, deben demostrar si esta metodología puede ser válida para este campo del conocimiento.

## Bibliografía

1. Castiel L, Sanz-Valero J, Red Mel-CYTED. El acceso a la información como determinante social de la salud. *Nutr Hosp*. 2010;25(Supl. 3):26–30.
2. Wanden-Berghe C, Sanz-Valero J. Infodemiología o infodemia: nuevo reto de la salud global. *Hosp Domic*. 2021;5(4):179–83. doi: 10.22585/hospdomic.v5i4.149
3. Eysenbach G. Infodemiology and infoveillance: framework for an emerging set of public health informatics methods to analyze search, communication and publication behavior on the Internet. *J Med Internet Res*. 2009;11(1):e11. doi: 10.2196/jmir.1157
4. Sanz-Lorente M, Sanz-Valero J, Castejón-Bolea R, Wanden-Berghe C. Asociación entre los datos de enfermedad y la búsqueda de información en España: el caso de la sífilis y la gonorrea. *Rev Esp Comun Salud*. 2020;11(1):34–43. doi: 10.20318/recs.2020.4987
5. Sanz-Lorente M, Castejón Bolea R. Redes sociales: Recursos interactivos y la información sobre salud. *Hosp Domic*. 2019;3(4):269–77. doi: 10.22585/hospdomic.v3i4.84
6. Barros JM, Duggan J, Rebholz-Schuhmann D. The Application of Internet-Based Sources for Public Health Surveillance (Infoveillance): Systematic Review. *J Med Internet Res*. 2020;22(3):e13680. doi: 10.2196/13680

- 7.** Sanz-Lorente M. Tendencias temporales de los patrones de búsqueda de información sobre servicio de asistencia sanitaria domiciliaria en España. *Hosp Domic.* 2020;4(1):15–23. doi: 10.22585/hospdomic.v4i1.95
- 8.** Yang YT, Horneffer M, DiLisio N. Mining social media and web searches for disease detection. *J Public Health Res.* 2013;2(1):17–21. doi: 10.4081/jphr.2013.e4
- 9.** Aslam AA, Tsou M-H, Spitzberg BH, An L, Gawron JM, Gupta DK, et al. The reliability of tweets as a supplementary method of seasonal influenza surveillance. *J Med Internet Res.* 2014;16(11):e250. doi: 10.2196/jmir.3532
- 10.** Eysenbach G. Infodemiology: The epidemiology of (mis)information. *Am J Med.* 2002;113(9):763–5. doi: 10.1016/s0002-9343(02)01473-0
- 11.** Eysenbach G. Medicine 2.0: social networking, collaboration, participation, apomediation, and openness. *J Med Internet Res.* 2008;10(3):e22. doi: 10.2196/jmir.1030
- 12.** Zhao Y, Zhang J. Consumer health information seeking in social media: a literature review. *Health Inf Libr J.* 2017;34(4):268–83. doi: 10.1111/hir.12192
- 13.** Sanz-Valero J. Comunicación para la salud laboral. *Med Segur Trab.* 2019;62(256):173–6.
- 14.** Mavragani A. Infodemiology and Infoveillance: Scoping Review. *J Med Internet Res.* 2020;22(4):e16206. doi: 10.2196/16206
- 15.** Orduña-Malea E. Google Trends: analítica de búsquedas al servicio del investigador, del profesional y del curioso. *Anu ThinkEPI.* 2019;13:e13inf01. doi: 10.3145/thinkepi.2019.e13inf01
- 16.** Tkachenko N, Chotvijit S, Gupta N, Bradley E, Gilks C, Guo W, et al. Google Trends can improve surveillance of Type 2 diabetes. *Sci Rep.* 2017;7(1):4993. doi: 10.1038/s41598-017-05091-9
- 17.** Basteris A, Mansourvar M, Kock Wiil U. Google Trends and Seasonal Effects in Infodemiology: A Use Case About Obesity. *Stud Health Technol Inform.* 2020;272:245–8. doi: 10.3233/SHTI200540
- 18.** Kamiński M, Kregielska-Narozna M, Bogdański P. Determination of the Popularity of Dietary Supplements Using Google Search Rankings. *Nutrients.* 2020;12(4):E908. doi: 10.3390/nu12040908
- 19.** Bragazzi NL, Dini G, Toletone A, Brigo F, Durando P. Leveraging Big Data for Exploring Occupational Diseases-Related Interest at the Level of Scientific Community, Media Coverage and Novel Data Streams: The Example of Silicosis as a Pilot Study. *PLoS One.* 2016;11(11):e0166051. doi: 10.1371/journal.pone.0166051
- 20.** Palomo-Llinares R, Sánchez-Tormo J, Wanden-Berghe C, Sanz-Valero J. Trends and Seasonality of Information Searches Carried Out through Google on Nutrition and Healthy Diet in Relation to Occupational Health: Infodemiological Study. *Nutrients.* 2021;13(12):4300. doi: 10.3390/nu13124300
- 21.** Zhang Y, Cao B, Wang Y, Peng T-Q, Wang X. When Public Health Research Meets Social Media: Knowledge Mapping From 2000 to 2018. *J Med Internet Res.* 2020;22(8):e17582. doi: 10.2196/17582



doi: 10.4321/s0465-546x2022000100002

Artículo original

# Silicosis en trabajadores expuestos a conglomerados de cuarzo

## Silicosis in workers exposed to quartz conglomerates

Cesar Enrique Rattia-Rivas<sup>1,6</sup> 0000-0002-9337-2027

Sergio Martinez-Aguirre<sup>2,6</sup> 0000-0002-6480-9269

Marianna Affinito<sup>3,6</sup> 0000-0002-9067-3561

Sherry Sue, Lonighi<sup>4,6</sup> 0000-0002-6480-9269

Jerónimo Maqueda<sup>5,7</sup> 0000-0002-9891-0170

<sup>1</sup>Hospital Universitario Basurto, Unidad Básica de Prevención, Bilbao, España.

<sup>2</sup>Hospital Universitario Central de Asturias, Servicio de Prevención de Riesgos Laborales, Oviedo, España.

<sup>3</sup>Hospital San Pedro, Servicio de Prevención de Riesgos Laborales del Servicio Riojano de Salud, Logroño, España.

<sup>4</sup>Hospital Clínico San Carlos, Servicio de prevención de riesgos laborales, Madrid, España.

<sup>6</sup>Instituto de Salud Carlos III, Escuela Nacional de Medicina del Trabajo, Madrid, España.

<sup>7</sup>Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo, Madrid, España.

---

### Correspondencia

César Enrique Rattia Rivas  
rattiacesar@gmail.com

---

**Recibido:** 27.01.2022

**Aceptado:** 28.01.2022

**Publicado:** 30.03.2022

---

### Contribución de autoría

Los autores CERR, SMA, MA y SSL han contribuido por igual en el desarrollo de la idea, diseño, recolección de datos y escritura del borrador de la investigación. JSV ha realizado contribuciones importantes análisis e interpretación de los datos y resultados, como en las revisiones de los mismos. JM ha participado en el desarrollo de la idea y el anteproyecto inicial de la investigación, así como en la revisión y aprobación final de la versión a ser publicada.

---

### Cómo citar este trabajo

Rattia-Rivas CE, Martinez-Aguirre S, Affinito M, Lonighi SS, Maqueda J. Silicosis en trabajadores expuestos a conglomerados de cuarzo. *Med Segur Trab (Internet)*. 2022;68(266):11-24. doi: 10.4321/s0465-546x2022000100002

---

BY-NC-SA 4.0

---

## Agradecimientos

Agradecemos al equipo médico del Instituto Nacional de Silicosis, quienes han contribuido considerablemente al desarrollo de la idea inicial del proyecto y han aportado la base de datos de la cual ha sido extraída la muestra de trabajadores incluidos en el estudio.

Igualmente extendemos nuestro agradecimiento a Javier Sanz Valero, quien ha aportado una muy valiosa ayuda y oportunos consejos en el proceso de análisis de datos de la investigación.

---

## Financiación

Este trabajo ha sido financiado por los investigadores del proyecto.

---

## Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses entre las entidades afiliadas a la investigación.

## Resumen

**Introducción:** la silicosis, enfermedad crónica, causada por la inhalación de polvo de sílice cristalina, sigue siendo un problema de salud laboral vigente. El objetivo de la investigación consistió en estimar el riesgo de silicosis complicada y/o acelerada en trabajadores expuestos a polvo de sílice de conglomerados de cuarzo frente al riesgo de los trabajadores expuestos a roca ornamental.

**Método:** se desarrolló un estudio analítico de casos y controles prevalentes en trabajadores cuya vigilancia de la salud se realizó en el Instituto Nacional de Silicosis (España), entre el 1 de enero de 2008 y el 31 de diciembre de 2018 (N = 90). El valor de la significación de todos los contrastes de hipótesis realizados fue  $\alpha = 0,05$ .

**Resultados:** se determinó mayor riesgo de silicosis complicada en los trabajadores expuestos a polvo de sílice proveniente del uso de conglomerados de cuarzo mediante el cálculo de Chi cuadrado, con un total de 7 casos (46,67%) de silicosis complicada ( $p = 0,046$ ).

**Conclusiones:** existe mayor riesgo de silicosis complicada en los trabajadores expuestos a polvo de sílice proveniente del uso de conglomerados de cuarzo frente a los expuestos a polvo de sílice de roca ornamental. No se observó relación entre el riesgo de desarrollar silicosis acelerada y la exposición a conglomerados de cuarzo en la muestra analizada.

---

**Palabras clave:** silicosis; cuarzo; conglomerados de cuarzo; piedra artificial; roca ornamental; silicosis complicada; silicosis acelerada.

## Abstract

**Introduction:** silicosis, a chronic disease caused by the inhalation of crystalline silica dust, continues to be a current occupational health problem. The objective of the research was to estimate the risk of complicated and/or accelerated silicosis in workers exposed to silica dust from quartz conglomerates compared to the risk of workers exposed to ornamental rock.

**Method:** an analytical study of cases and controls prevalent in workers whose health surveillance was carried out at the National Institute of Silicosis (Spain), between January 1, 2008 and December 31, 2018 was developed (N = 90). The significance value of all the hypotheses tests performed was  $\alpha = 0.05$ .

**Results:** a higher risk of complicated silicosis was determined in workers exposed to silica dust from the use of quartz conglomerates by calculating Chi square, with a total of 7 cases (46.67%) of complicated silicosis ( $p = 0.046$ ).

**Conclusions:** there is a higher risk of complicated silicosis in workers exposed to silica dust from the use of quartz conglomerates compared to those exposed to silica dust from ornamental rock. No relationship was observed between the risk of developing accelerated silicosis and exposure to quartz conglomerates in the analyzed sample.

---

**Keywords:** silicosis; quartz; quartz conglomerates; artificial stone; ornamental rock; complicated silicosis; accelerated silicosis.

## Introducción

La silicosis es una enfermedad pulmonar intersticial que se produce a consecuencia de la inhalación de sílice cristalina. Es considerada la enfermedad ocupacional más letal y duradera del siglo XX. Se caracteriza por generar un daño progresivo que provoca fibrosis pulmonar, con el consiguiente riesgo de desencadenar discapacidad e incluso la muerte del individuo.

Tanto la detección precoz como el control de las condiciones laborales son fundamentales para prevenirla y modificar su curso clínico. La exposición laboral al polvo de sílice cristalina se da en numerosas industrias y en múltiples actividades laborales, una de las más recientes y novedosas se encuentra en relación con las actividades laborales con relación a los conglomerados de cuarzo<sup>(1,2)</sup>.

El riesgo de desarrollar la enfermedad se encuentra en estrecha relación con la magnitud de la exposición acumulada a polvo de sílice a lo largo de la vida laboral. La exposición se puede deducir del producto existente entre la fracción de polvo respirable por el porcentaje de sílice libre medido en mg/m<sup>3</sup> y por el número de años de exposición.

Diferentes estudios muestran que la relación entre la exposición a sílice y el desarrollo de producir silicosis con una exposición de 0,05 mg/m<sup>3</sup> durante una vida laboral de 30 años es de un 20-30%. Sin embargo, esto no es una condición *sine qua non*, no cumpliéndose en todos los pacientes expuestos. No existe umbral seguro y sin riesgo. Disminuir la exposición supone reducir el riesgo. El polvo de sílice que más riesgo muestra es aquel que presenta concentración elevada de sílice seca y recién fracturada. Respecto a las partículas inhaladas, las más peligrosas son aquellas cuyo tamaño se encuentra entre 0,5-6 micrómetros, debido a su capacidad para alcanzar el alveolo. Los factores de riesgo que implican una progresión de la enfermedad son: los altos niveles de exposición, la historia previa de tuberculosis (TBC) y la profusión de opacidades radiológicas en los estudios de imagen<sup>(2)</sup>.

Existen diversas formas clínicas de la silicosis de las cuales, la silicosis crónica simple y complicada forman parte de las presentaciones clínicas más frecuentes que aparecen tras 10-15 años de exposición a sílice cristalina. Su expresión clínica puede cursar desde asintomática como es el caso de la silicosis crónica simple, hasta la presencia de disnea y tos en las formas clínicas complicadas, pudiendo aparecer en esta última, alteración de las pruebas de función respiratorias y pudiendo progresar hacia la insuficiencia respiratoria y cor pulmonale crónico. La manifestación radiológica clásica de la silicosis simple es la presencia de un patrón nodular difuso y bilateral con tendencia a mayor afectación en los lóbulos superiores y en las zonas posteriores del pulmón. Desde la forma crónica simple puede progresar a una silicosis complicada. Dentro de este grupo se encuentra la fibrosis pulmonar intersticial siendo el síntoma más frecuente la tos. Los estudios de imágenes se comportan de forma similar a la fibrosis pulmonar idiopática (FPI), aunque se trata de una forma clínica poco estudiada, su evolución parece transcurrir diferente a la FPI<sup>(3)</sup>.

La silicosis acelerada, es aquella que aparece tras 5-10 años de exposición a sílice cristalina y progresa hacia formas complicadas con mayor frecuencia y velocidad. Suele cursar con disnea secundaria al deterioro acelerado de la función pulmonar.

Por último, tenemos la silicosis aguda siendo aquella que aparece luego de una exposición masiva de altas dosis de sílice. Tanto la radiología como la sintomatología es muy similar a la proteinosis alveolar, de ahí su denominación de "silicoproteinosis", los síntomas están dados por disnea, tos, pérdida de peso y progresión hacia insuficiencia respiratoria. En la radiografía de tórax se observan consolidaciones perihiliares bilaterales, y en la tomografía computarizada de alta resolución (TCAR), un patrón difuso en vidrio deslustrado o consolidaciones del espacio aéreo con calcificaciones nodulares y adenopatías hiliares bilaterales a veces calcificadas. Ésta forma clínica no tiene un tratamiento específico. Se han intentado glucocorticoides, lavado pulmonar completo y trasplante pulmonar. El tratamiento principal es evitar la exposición a la sílice<sup>(3)</sup>.

En casos más graves, pueden encontrarse en la radiografía masas de fibrosis pulmonar (FMP), u otros tipos de patrones radiológicos, como el patrón retículo-nodular difuso, o el patrón acinar bilateral.

El diagnóstico de silicosis se basa en una historia laboral de exposición a sílice cristalina, como segundo criterio los estudios radiológicos con hallazgos característicos (radiografía de tórax simple con profusiones 1/1 según la clasificación ILO) y como tercer o último criterio la exclusión de otras patologías. En 1995, la Organización Mundial de la Salud inició una campaña para disminuir la incidencia de silicosis para el año 2030, sin embargo, la silicosis sigue siendo un importante problema de salud a nivel

internacional. En 2016, el Global Burden of Disease Study estimó 10.400 muertes por año y 210.000 años de vida perdidos debido a la silicosis<sup>(4,5)</sup>.

En España la incidencia de silicosis parece ir aumentando según las últimas estadísticas del Instituto Nacional de Silicosis (INS), pasando de 115 casos en el 2007 hasta un aumento anual de 256 casos en el 2011, al igual que otra fuente oficial como el Observatorio de Enfermedades Ocupacionales con un mayor reporte de casos de 95 a 295 en el mismo periodo<sup>(2)</sup>.

Desde principios de la década de 2000, la piedra artificial también conocida como se ha convertido rápidamente en un material popular para la fabricación de encimeras de cocina y baño. La piedra artificial, también conocida como conglomerado de cuarzo, es un material compuesto de cuarzo como relleno principal, con la adición de vidrio coloreado, metales o espejos unidos por una resina de polímero<sup>(6)</sup>. El contenido de sílice cristalina de estos materiales es superior al 90%, mucho más alto que el de la roca ornamental utilizada tradicionalmente, como el granito (30%) o el mármol (3%)<sup>(7)</sup>. Los trabajadores modifican las losas de piedra artificial según las especificaciones del cliente, lo que incluye la producción de cortes para la instalación de topes de cocina, baños y grifería. El corte y pulido del material sin supresión del polvo con agua, está asociado con la generación de niveles extremos de polvo de sílice respirable, 300 veces por encima del límite de exposición<sup>(7,8)</sup>.

Aunque hasta la fecha no se han publicado estudios longitudinales relevantes sobre el riesgo de silicosis relacionado a esta actividad, se han descrito series de casos de silicosis en trabajadores de este sector industrial. En estos estudios, destacan formas complicadas de la enfermedad con períodos relativamente cortos, lo que sugiere exposiciones intensas debidas a las concentraciones elevadas de sílice cristalina en los conglomerados de cuarzo. Uno de los estudios más relevantes publicado recientemente es el realizado por Guarnieri et al, en el cual se aprecia una alta incidencia de silicosis en trabajadores expuestos a polvo de sílice de conglomerados de cuarzo, evidenciándose una exposición acumulativa a la sílice en polvo, tanto entre los casos con silicosis y sin silicosis. Una de las evidencias aportadas en este estudio es la correlación existente entre el volumen de dilución y la espirometría, mostrando un descenso importante del mismo a lo largo del estudio, en los trabajadores que presentaron silicosis<sup>(9-11)</sup>.

Las tareas que pueden implicar riesgo de exposición son la fabricación de tableros de conglomerados, la elaboración de piezas de marmolería o la instalación de piezas elaboradas en edificios. Para controlar el riesgo derivado de la exposición a sílice, es necesario el empleo adecuado de medidas específicas de prevención y protección, sin las cuales aumentará el riesgo de inhalación de sílice<sup>(10)</sup>.

La silicosis es una enfermedad prevenible, esto se fundamenta en la necesidad urgente de identificar a los trabajadores y la exposición excesiva al polvo de sílice. La presente investigación se basa en estimar el riesgo de silicosis complicada y/o acelerada en trabajadores expuestos a polvo de sílice proveniente del uso de conglomerados de cuarzo en su lugar de trabajo frente a los trabajadores expuestos a polvo de sílice en la transformación de roca ornamental, mediante la estimación de indicadores de riesgo, así como el estudio de las características individuales que determinen mayor susceptibilidad de desarrollar la enfermedad.

Como hipótesis de esta investigación se plantea que los trabajadores expuestos a polvo de sílice cristalina de conglomerados de cuarzo presentan mayor riesgo a padecer silicosis complicada y/o acelerada que los trabajadores expuestos a polvo de sílice de roca ornamental.

Se propuso como objetivo principal, estimar la frecuencia de riesgo de silicosis complicada y/o acelerada en trabajadores expuestos a polvo de sílice proveniente del uso de conglomerados de cuarzo en su lugar de trabajo frente a los trabajadores expuestos a polvo de sílice en la transformación de roca ornamental.

Como objetivos específicos se plantea establecer las características individuales que determinan una mayor susceptibilidad de desarrollar silicosis complicada y/o acelerada en trabajadores expuestos, describir la frecuencia y porcentaje de puestos de trabajo con mayor riesgo de desarrollo de silicosis complicada y/o acelerada y determinar y analizar el tipo de silicosis que desarrollan los trabajadores a riesgo.

## Métodos

Se diseñó un estudio de casos y controles prevalentes, distribuidos en función de la exposición a conglomerados de cuarzo o a roca ornamental.

Al objeto de mejorar la potencia del estudio se estableció una ratio de dos controles por cada caso, con la finalidad de controlar posibles factores de confusión o interacciones entre factores.

### Población

La población de esta investigación estuvo compuesta por trabajadores de empresas de conglomerados de cuarzo o roca ornamental que acudieron al INS para realizar una vigilancia de la salud en el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2008 al y el 31 de diciembre de 2018. La base de datos de la cual fue seleccionada la muestra de esta investigación fue aportada por el Instituto Nacional de Silicosis.

Se definió como caso aquel trabajador con exposición a conglomerados de cuarzo o a roca ornamental, que cumplió con los criterios definidos por el instituto nacional de silicosis: historia laboral de exposición a sílice cristalina, con antigüedad de exposición mayor de 5 años; estudios radiológicos con hallazgos característicos: radiografía de tórax simple con profusiones  $\geq 1/1$  (según clasificación ILO) y exclusión de otras entidades posibles. Se definió como control aquel trabajador de empresas de conglomerados de cuarzo o roca ornamental sin diagnóstico de silicosis.

Tanto los casos como los controles se trataron de trabajadores expuestos a polvo de sílice, distribuyéndose la muestra en dos grupos de acuerdo al entorno industrial en el que se produjo la exposición a sílice cristalina: empresas de conglomerados de cuarzo y en empresas de roca ornamental.

Los controles fueron obtenidos aleatoriamente de la lista de trabajadores atendidos en el INS en el periodo mencionado. Se seleccionaron 2 controles por cada caso, clasificados por exposición a polvo de sílice cristalina de conglomerados de cuarzo y a roca ornamental, con más de 5 años de exposición.

La muestra estuvo constituida por 15 casos expuestos a polvo de sílice proveniente del uso de conglomerados de cuarzo, 15 casos expuestos a polvo de sílice proveniente del uso de roca ornamental y 30 controles para cada grupo de exposición (N = 90).

Los criterios de inclusión y exclusión para casos figuran en la Tabla 1.

**Tabla 1:** Criterios de inclusión y exclusión para los casos.

<b>Criterios de inclusión para casos</b>	
Diagnóstico de silicosis	Historia laboral de exposición a sílice cristalina Estudios radiológicos con hallazgos característicos: radiografía de tórax simple con profusiones $\geq 1/1$ (ver clasificación ILO). Exclusión de otras entidades posibles.
Exposición	Trabajadores con Silicosis que hayan estado expuestos a polvo de sílice de conglomerados de cuarzo/ roca ornamental en función del grupo de estudio.
Edad	Trabajadores con edad superior o igual a 18 años.
Lugar	Trabajadores de empresas con sede en España.
<b>Criterios de exclusión para casos</b>	
Antecedentes de Neumococinosis u otras enfermedades.	Trabajadores con diagnóstico de enfermedades respiratorias previas como: Asbestosis, TBC miliar, Fibrosis idiopática, neumonitis alérgica intersticial.
Exposición a fuente desconocida	Trabajadores expuestos a polvo de sílice de fuente desconocida.
Historia clínico- laboral	Historia clínico- laboral incompleta.

Los criterios de inclusión y exclusión para controles figuran en la Tabla 2.

**Tabla 2:** Criterios de inclusión y exclusión para los controles.

<b>Criterios de inclusión para controles</b>	
Ausencia de Silicosis	Trabajadores sin silicosis.
Tiempo de exposición	Exposición a polvo de sílice de conglomerados de cuarzo/roca ornamental durante un periodo superior o igual a 5 años.
Edad	Trabajadores con edad superior o igual a 18 años.
Lugar	Trabajadores de empresas con sede en España.
<b>Criterios de exclusión para controles</b>	
Antecedentes de Neumococinosis u otras enfermedades.	Trabajadores con diagnóstico de enfermedades respiratorias previas como: Asbestosis, TBC miliar, Fibrosis idiopática, neumonitis alérgica intersticial.
Exposición a fuente Desconocida	Trabajadores expuestos a polvo de sílice de fuente desconocida.
Historia clínico- laboral	Historia clínico- laboral incompleta.

Los criterios de selección de trabajadores se describen en la Tabla 3.

**Tabla 3:** Criterios de selección y exclusión para la exposición.

<b>Criterios de selección para la exposición</b>	
Exposición a polvo de sílice cristalina en empresa de aglomerados	Trabajadores que hayan estado expuestos a polvo de sílice de conglomerados de cuarzo durante un periodo igual o superior de 5 años
Exposición a polvo de sílice cristalina en empresa de piedra ornamental	Trabajadores que hayan estado expuestos a polvo de sílice de piedra ornamental durante un periodo igual o superior de 5 años
<b>Criterios de exclusión para la exposición</b>	
Exposición a fuente desconocida	Trabajadores expuestos a polvo de sílice de fuente desconocida.

### Recolección de datos y consentimientos

Tanto casos como controles se eligieron de forma aleatoria a partir del registro de historias clínicas de trabajadores de empresas de conglomerados de cuarzo y roca ornamental registradas en el INS.

De la base de datos global del INS, se seleccionaron de forma aleatoria trabajadores que acudieron a consulta en el periodo de tiempo comprendido entre el 1 enero 2008 hasta el 31 de diciembre de 2018.

Se revisaron las historias clínicas de los individuos que cumplieron con los criterios de inclusión, así como el diagnóstico y clasificación de la enfermedad.

La información recogida en el INS consta de una entrevista clínica que aborda todos los temas concernientes a la actividad laboral actual y previa del paciente, matizando puesto de trabajo que haya realizado, exposición a polvo de sílice cristalina y tiempo de estancia en dicho puesto. A su vez, se encuentran aspectos como alergias medicamentosas, comorbilidades, enfermedades previas, etc.

Todo paciente dispone de al menos un radiografía anteroposterior y lateral de tórax, así como una espirometría; pruebas objetivas con las que se valoró las características de los sujetos al momento de la recolección de datos.

En aquellos casos que suscitaban dudas se realizó otra serie de pruebas complementarias, dentro de las cuales destacó la tomografía de tórax con contraste de alta definición. Todo ello con la finalidad de objetivar la presencia o no de silicosis, siguiendo los lineamientos de las guías del INS para el diagnóstico de la enfermedad. Si en el TAC hubieran surgido dudas, este se habría debatido en una sesión multidisciplinar en la cual se habrá emitido un diagnóstico definitivo.

Para la realización del presente estudio se solicitó la aprobación del COMITÉ DE ÉTICA DE LA INVESTIGACIÓN DEL PRINCIPADO DE ASTURIAS previa realización del estudio, habiéndose obtenido informe FAVORABLE N°: 2021.244 para la realización del mismo (Anexo 1).

## Variables

**Edad de trabajador:** variable cuantitativa, que corresponde al valor numérico desde su fecha de nacimiento hasta la fecha de inclusión en el estudio.

**Edad al inicio de la exposición:** variable cuantitativa, que corresponde al valor numérico de la edad al inicio de la exposición a sílice cristalina.

**Tiempo de exposición:** variable cuantitativa, que corresponde a el tiempo transcurrido desde la edad de inicio de exposición hasta la edad de inclusión en el estudio.

**Tipo silicosis:** variable cualitativa nominal (crónica simple, crónica complicada, silicosis acelerada, silicosis aguda o silicoproteinosis).

**Masas FMP:** cualitativa dicotómica (si o no).

**Categoría de las masas FMP:** cualitativa ordinal (A, B, C y D).

**Sexo:** cualitativa dicotómica (hombre o mujer).

**Hábito tabáquico:** cualitativa dicotómica (fumador o no fumador).

**Índice paq/año:** variable cuantitativa, que corresponde a la cantidad estimada de paquetes por año consumidos por el trabajador.

**Uso de EPIS:** cualitativa dicotómica (si o no).

### Comorbilidades asociadas:

- Cardiopatía: cualitativa dicotómica (si o no).
- TBC: cualitativa dicotómica (si o no).
- Asma: cualitativa dicotómica (si o no).
- EPOC: cualitativa dicotómica (si o no).

**FEV1:** Cuantitativa (valor numérico medido en ml).

## Análisis de datos

Las observaciones de la investigación fueron recogidas en tablas de matrices de datos. Fueron definidas las variables anteriormente descritas para describir los grupos de estudio de acuerdo a las características epidemiológicas de los trabajadores (sexo, edad, hábito tabáquico, comorbilidades, etc.), así como el nivel de función pulmonar determinado por el flujo espiratorio forzado en el primer segundo (FEV1).

La matriz de datos está construida por las variables en las columnas y los trabajadores estudiados en filas. Se empleó el software estadístico SPSS Statistics Versión 28.0.1.0 para el análisis epidemiológico y estadístico de datos.

Para las variables cuantitativas se calculó la media aritmética con su correspondiente error, así mismo se calculó la mediana, el máximo y el mínimo de dichas variables. La diferencia de medias entre estas variables se realizó mediante la t de Student para muestras independientes. Cuando se asoció estas variables con otra con más de dos categorías se utilizó la prueba ANOVA con post hoc de Tukey. La asociación entre dos variables cuantitativas se realizó mediante la correlación de Pearson.

El valor de la significación de todos los contrastes de hipótesis realizados fue alfa = 0,05.

Los datos perdidos o ausentes en la recolección de información de las historias clínicas se corrigieron mediante el cálculo de la media de la serie estudiada.

Partiendo de las variables e hipótesis planteadas en el diseño del estudio se realizaron los análisis y cálculos correspondientes para responder a los objetivos de la investigación.

La verificación de la hipótesis según la cual los trabajadores expuestos a sílice cristalina de conglomerados de cuarzo tienen un mayor riesgo de desarrollar silicosis complicada y acelerada, que los trabajadores expuestos a sílice cristalina de roca ornamental se realizó mediante el cálculo de Chi cuadrado ( $X^2$ ) y su intervalo de confianza.

Para establecer las características individuales que determinan una mayor susceptibilidad a desarrollar complicada y/o acelerada en los trabajadores expuestos se efectuó el cálculo de la  $X^2$  en la comparación de las variables cualitativas como puesto de trabajo, hábito tabáquico, cardiopatía, asma y EPOC frente a los tipos de silicosis desarrollada. Para determinar el riesgo en relación a las variables como edad, edad al inicio de exposición, índice paquete/año y el tipo de silicosis desarrollada, se empleará el cálculo de ANOVA y su intervalo de confianza.

Para determinar y analizar el tipo de silicosis que desarrollan los trabajadores estudiados, se estudiaron las variables: masas de FMP, categoría de las masas y la función pulmonar determinada por el FEV1.

## Resultados

La muestra seleccionada estuvo compuesta por 90 individuos, constituida por 15 casos (16,67%) de trabajadores con silicosis expuestos a conglomerados de cuarzo, 15 casos (16,67%) de silicosis en trabajadores expuestos a roca ornamental y 60 controles (66,67%) separados según el tipo de exposición respectivamente.

Respecto al sexo de los sujetos estudiados cabe destacar que 89 de los trabajadores (98,89%) fueron hombres, con la excepción de una (1) mujer (1,11%) en el grupo de los controles expuestos a conglomerados de cuarzo.

La media de edad de la muestra estudiada fue de 55,63 años, con un error estándar de 1,67 y una desviación de 15,84 años. Respecto a la edad de los trabajadores al momento de la inclusión en el estudio se observó una media de 55,63 años, con una desviación de 15,838 años. La mínima edad observada fue 26 años mientras la máxima fue de 94 años. La mínima edad observada al inicio de exposición a polvo de sílice fue de 15 años, la edad máxima fue de 40 años, con una media de 24,06 años y una desviación de 5,03. El tiempo medio de exposición fue de 47 años con una desviación de 11,68. El tiempo mínimo de exposición de 4 años y el máximo de 47.

Los estadísticos descriptivos de las variables demográficas de la investigación se muestran en la Tabla 4.

**Tabla 4:** Variables demográficas.

	Variables demográficas						
	N Estadístico	Mínimo Estadístico	Máximo Estadístico	Media Estadístico	Error estándar	Desv. estándar Estadístico	Varianza Estadístico
Edad (años)	90	26	94	55,63	1,669	15,838	250,842
Edad al inicio de exposición (años)	90	15	40	24,06	,530	5,031	25,311
Tiempo de exposición (años)	90	4	47	28,41	1,231	11,683	136,492

Al analizar los grupos según el tipo de exposición, se observó que el grupo de expuestos a conglomerados de cuarzo presentó una media de edad al momento de inclusión en el estudio de 45,04 años con una desviación estándar de 9,24, mientras el grupo de expuestos a roca ornamental presentó una media edad de 63,22 años con una desviación de 13,88. Con una diferencia de medias según la t de Student calculada de 21,18 años ( $p < 0,001$ ).

No se observaron diferencias en relación a la media de edad de inicio de exposición a polvo de sílice entre los grupos ( $p = 0,80$ ).

El tiempo de exposición en el grupo de expuestos a polvo de sílice de conglomerados de cuarzo fue de  $20,84 \pm 9,23$  años frente a  $35,98 \pm 8,56$  años en el grupo de expuestos a roca ornamental, con un  $p$  valor  $< 0,001$ .

Las variables demográficas según el tipo de exposición se encuentran resumidas en la Tabla 5.

**Tabla 5:** Variables demográficas según el tipo de exposición

Categoría de las masa FMP según el tipo de silicosis					Categoría de las masa FMP	
Recuento		Categoría de las masas			Recuento	
Tipo de silicosis		A	B	Total	Tipo de silicosis	
	Crónica complicada	7	2	9	Crónica complicada	
	Silicosis acelerada	0	2	2	Silicosis acelerada	
<b>Total</b>		<b>7</b>	<b>4</b>	<b>11</b>	<b>Total</b>	

El puesto de trabajo con mayor frecuencia observada fue el de picador (32,2%), más habitual en la muestra de trabajadores expuestos a roca ornamental, mientras el puesto de pulidor (28,9%) fue el más frecuente, predominando en los expuestos a conglomerados de cuarzo. En tercero y cuarto lugar se identificaron los puestos de barrenista (8,9%) y labrador (4,4%) respectivamente.

En relación al hábito tabáquico, se observó una prevalencia de 66,7% de fumadores entre los sujetos estudiados. La media de paquetes/año evidenciado en los fumadores fue de 19,85 con una desviación estándar de 14,17.

Se determinó un porcentaje de 7,8% de trabajadores con enfermedades cardiovasculares entre las cuales destacaron la hipertensión arterial, la pericarditis, cardiopatía isquémica y la fibrilación auricular, entre otras. El 6,7% de los trabajadores tuvo antecedentes de TBC, el 4,4% antecedentes de asma y 17,8% historial de EPOC.

### Tipo de silicosis y conglomerados de cuarzo

Al analizar en conjunto la asociación entre la exposición a conglomerados de cuarzo frente al tipo de silicosis desarrollada en los casos, se observó una asociación estadísticamente significativa y un  $p$  valor de 0,03.

Al analizar de forma separada los tipos de silicosis frente a la exposición, se determinó un mayor riesgo de silicosis complicada en los trabajadores expuestos a polvo de sílice proveniente del uso de conglomerados de cuarzo con diferencias estadísticamente significativas, mediante el cálculo de  $X^2$ , con un total de 7 casos (46,67%) de silicosis complicada y una significación de 0,046.

No se observaron diferencias significativas respecto riesgo de desarrollar silicosis acelerada en los trabajadores expuestos a polvo de sílice proveniente del uso de conglomerados de cuarzo ( $p = 0,14$ ). Solo dos casos expuestos a conglomerados de cuarzo presentaron este tipo de silicosis en los expuestos.

### Características individuales y tipo de silicosis

Para establecer las características individuales que determinan una mayor susceptibilidad a desarrollar silicosis complicada y/o acelerada, se realizaron los cálculos que involucraron las variables: edad, edad al inicio de exposición, tiempo de exposición, hábito tabáquico, índice paquete/año, cardiopatía, TBC, asma y EPOC.

### Edad y tiempo de exposición

Respecto a la edad al momento de inclusión en el estudio, la edad al inicio de exposición y el tiempo de exposición a polvo de sílice de las diferentes fuentes, no se encontraron diferencias significativas que determinen un mayor riesgo de padecer silicosis complicada y/o acelerada ( $p = 0,47$  para silicosis complicada;  $p = 0,69$  para silicosis acelerada).

No se encontró asociación entre la edad al inicio de la exposición y el tipo de silicosis desarrollada ni con el tiempo de exposición a polvo de sílice frente al tipo de silicosis, con  $p$  valores de 0,13 y 0,34 respectivamente, calculados mediante ANOVA.

### Tabaquismo

No se observaron diferencias respecto al hábito tabáquico y el tipo de silicosis desarrollada ( $p = 0,46$ ). Tampoco se observó un mayor riesgo dependiente del índice paquete/año en los casos mediante el cálculo de ANOVA ( $p = 0,32$ ).

### Cardiopatía, TBC, Asma y EPOC

Los antecedentes de las diferentes comorbilidades estudiadas no influyeron en el tipo de silicosis padecida [enfermedad cardiovascular ( $p = 0,11$ ); TBC ( $p = 0,78$ ), EPOC ( $p = 0,74$ )]. No se detectaron antecedentes de asma en los casos.

### Puesto de trabajo y tipo de silicosis

No se observaron diferencias estadísticamente significativas que relacionen tareas específicas de los diferentes puestos de trabajo estudiados frente a los tipos de silicosis desarrollada ( $p = 0,36$ ). Al analizar individualmente los tipos de silicosis complicada y acelerada se comprobó de igual forma que no existió tal asociación, ( $p = 0,28$  y  $p = 0,57$  respectivamente).

### Características de los tipos de silicosis

Los tipos de silicosis observados en el estudio se presentan en la Tabla 6:

**Tabla 6:** Tipos de silicosis

		Categoría de las masas		Total	
		A	B		
Tipo de silicosis	Crónica complicada	7	2	9	Tipo de
	Silicosis acelerada	0	2	2	
Total		7	4	11	Total

Para describir las características de los tipos de silicosis observados se estudió la presencia de masas de fibrosis pulmonar y su categoría, así como la función pulmonar medida mediante el FEV1 obtenido en la espirometría practicada durante el reconocimiento médico.

Se observaron 7 casos (77,78%) de masas de categoría A y 2 (22,22%) de categoría B en trabajadores con silicosis crónica complicada, por otra parte, los 2 casos (100%) de trabajadores con silicosis acelerada presentaron masas de categoría B; la significación estadística de estas observaciones fue de 0,04.

Las observaciones respecto a las masas de FMP encontradas según el tipo de silicosis se reflejan en la Tabla 7.

**Tabla 7:** Categoría de las masas FMP

		Categoría de las masas		Total
		A	B	
Tipo de silicosis	Crónica complicada	7	2	9
	Silicosis acelerada	0	2	2
Total		7	4	11

No se encontró relación entre al tipo de silicosis desarrollada y la función pulmonar medida en la espirometría mediante el FEV1 ( $p = 0,53$  para silicosis crónica complicada y  $p = 0,31$  para silicosis acelerada), sin embargo, se observó correlación entre el tiempo de exposición a polvo de sílice y una disminución progresiva de la capacidad pulmonar, observándose un descenso del FEV1 de  $-0,618$  mL por cada año de exposición ( $p < 0,001$ ).

Se observaron diferencias significativas respecto función pulmonar de acuerdo al tipo de exposición, determinándose una menor capacidad pulmonar en los expuestos a roca ornamental ( $FEV1 = 2768,67$  mL  $\pm$  922,32) con una diferencia de medias de 1029,33 mL respecto al grupo expuesto a conglomerados de cuarzo.

Del mismo modo, se encontró una correlación entre la edad al momento de inclusión en el estudio y la función pulmonar con un descenso de FEV1 de  $-0,749$  mL por cada año de edad ( $p < 0,001$ ).

## Discusión

La muestra seleccionada del registro de trabajadores que realizan seguimiento en el Instituto Nacional de Silicosis tiene una serie de características que permitieron diferenciar al colectivo de trabajadores expuestos a polvo de sílice proveniente de conglomerados de cuarzo frente a los expuestos a roca ornamental en su lugar de trabajo. La muestra de trabajadores expuestos a conglomerados de cuarzo consistió en un grupo con una media de edad menor que la del grupo de expuestos a roca ornamental, esto influyó en que el tiempo de exposición al momento de la realización del estudio fuera mayor en el grupo de expuestos a roca ornamental, con una diferencia de medias de 15,13 años  $\pm$  1,88 ( $p < 0,001$ ). Estas diferencias encontradas tanto en la edad al momento de inclusión en el estudio como la del tiempo de exposición puede corresponderse a que el sector de los conglomerados de cuarzo es relativamente nuevo respecto a los métodos tradicionales de explotación de roca ornamental (granito y pizarra)<sup>(3,4,12)</sup>, por lo que los trabajadores de este sector pertenecen a empresas generalmente más nuevas. A pesar de esta observación, se observó una mayor frecuencia de silicosis complicada (46%) y silicosis acelerada (13,33%) en los casos expuestos a conglomerados de cuarzo frente a los expuestos a roca ornamental, en los que dicho porcentaje fue de 13,33% para silicosis complicada y 0% para silicosis acelerada. Se requiere un mayor esfuerzo de carácter mundial para controlar las fuentes conocidas y emergentes de exposición a la sílice. El aumento de casos de silicosis asociados a la utilización de conglomerados de cuarzo es un claro ejemplo de la necesidad de mantener un alto nivel de precaución cuando se utilizan materiales que contienen sílice. Siempre que sea posible, estos materiales deben eliminarse o sustituirse por alternativas más seguras<sup>(4)</sup>.

En la manipulación de los conglomerados son más típicas las tareas de acabado y tallado del material previamente aglomerado mediante otro procedimiento industrial, destacando puestos como el de pulidor y colocador, mientras las tareas de extracción de la roca ornamental son más similares a las labores tradicionales de minería en las que se extrae el material de canteras de granito y pizarra, destacando los puestos de picador, barrenista y serrador entre otros. Los puestos de trabajo más frecuentemente observados en los participantes de esta investigación fueron similares a los encontrados por otras investigaciones, en las que destacaron las tareas de acabado en la industria de los conglomerados de cuarzo, frente a las tareas de extracción del mineral en las de roca ornamental<sup>(13,14)</sup>.

Con los resultados obtenidos en este estudio se corrobora la principal hipótesis de la investigación, al observarse mayor riesgo de silicosis complicada en los trabajadores expuestos a polvo de sílice proveniente del uso de conglomerados de cuarzo frente a los expuestos a polvo de sílice de roca ornamental, con el asociado desarrollo de masas de FMP. Otros estudios reflejan datos similares de estas complicaciones en reportes de casos a nivel internacional<sup>(15,16)</sup>. Observaciones diferentes han sido las realizadas por Pérez-Alonzo et al (2014) y Pascual et al (2011) en el que el tipo de silicosis padecida por los trabajadores expuestos a estos conglomerados fue la forma crónica simple<sup>(2,13)</sup>.

En este estudio no se observó asociación entre la exposición a conglomerados de cuarzo y el riesgo de silicosis acelerada, a diferencia de los resultados encontrados por Martínez et al (2019) y Guarniere et al (2019) en cuyos estudios se observó una mayor prevalencia de este tipo de silicosis<sup>(1,9)</sup>, sin embargo, la diferencia fundamental en estas observaciones radica en el tiempo de exposición de las muestras evaluadas, ya que en la presente investigación los trabajadores valorados tenían un tiempo de exposición superior a 16 años al momento de su primer reconocimiento médico en el Instituto Nacional de Silicosis. Otras investigaciones describen presentaciones de silicosis más agresivas y con mayor afectación de la función pulmonar en periodos de exposición inferiores a 10 años por lo que sería conveniente diseñar estudios similares en poblaciones con menor tiempo de exposición.

Informes preliminares de trabajadores de conglomerados de cuarzo señalaron que una proporción significativa tenía una radiografía de tórax normal a pesar de las características de silicosis en la tomografía de alta resolución. Los protocolos de vigilancia de la salud se han desarrollado para identificar las características precoces de la silicosis crónica. Estas medidas, en particular el uso de radiografías de tórax, no han sido suficiente para evaluar a los trabajadores que han estado expuestos a altos niveles de polvo respirable de sílice proveniente del uso de conglomerados de cuarzo<sup>(15)</sup>. Por este motivo, es fundamental el diseño y ejecución temprana de estrategias de vigilancia de la salud en los trabajadores expuestos.

Es posible encontrar diferentes factores de confusión que intervienen en el desarrollo de silicosis como es el caso del hábito tabáquico<sup>(17)</sup>, sin embargo en este estudio el tabaquismo no se asoció significativamente con un mayor riesgo de desarrollar silicosis. Así mismo se descartó la asociación de otras comorbilidades detectadas frente al tipo de silicosis desarrollada como el antecedente de cardiopatía, TBC, asma y EPOC.

Respecto a las características individuales evaluadas y los datos de función pulmonar recogidos, los resultados observados son compatibles con los detectados en otras investigaciones, en las que también se distinguió un deterioro progresivo de la función pulmonar en los trabajadores expuestos a conglomerados de cuarzo<sup>(1,9)</sup>.

La exposición a altas concentraciones de polvo de sílice presentes en los conglomerados artificiales de cuarzo puede producir un deterioro rápidamente progresivo de la función pulmonar en los trabajadores expuestos, manifestándose en formas más agresivas y aceleradas de la enfermedad<sup>(10,15,18,19)</sup>. Los hallazgos de esta investigación reflejan una correlación entre el deterioro progresivo de la función pulmonar y la exposición al polvo de sílice proveniente de los conglomerados de cuarzo, así como en función del tiempo de exposición a estos conglomerados, lo que pone de manifiesto, una vez más, la necesidad de desarrollar estrategias de vigilancia de la salud que permitan identificar precozmente a los trabajadores en riesgo de desarrollar estas formas clínicas.

El desarrollo de masas de fibrosis masiva progresiva (FMP) es una característica de las formas clínicas complicadas de la enfermedad. Los datos obtenidos en este estudio reflejan un mayor riesgo a desarrollar masa de categoría A y B en los casos expuestos a conglomerados de cuarzo frente a los expuestos a roca ornamental. En otras series de casos se han encontrado asociaciones similares entre la aparición de masas de fibrosis masiva progresiva (FMP) con la exposición al polvo de sílice proveniente del uso de piedra artificial o conglomerados de cuarzo<sup>(16,20)</sup>.

La principal limitación del estudio fue la dificultad para el acceso a la información de historias clínicas no digitalizadas correspondientes a los registros previos al año 2011 de la base de datos de INS. De igual manera, la información recogida en los registros antiguos en ocasiones se encontró incompleta o con datos perdidos, por lo que se excluyeron potenciales casos y controles que no cumplieron los criterios de inclusión y exclusión previamente establecidos.

Además de estas limitaciones, el desarrollo de esta investigación fue difícil por la compleja situación ocasionada por la pandemia de COVID-19, que requirió una importante demanda de tiempo y labor asistencial por parte de los investigadores para dar apoyo a sus respectivas Unidades de Salud Laboral, comprometiendo el tiempo disponible para el trabajo en este proyecto de investigación.

Como conclusiones, se establece que existe un mayor riesgo de silicosis complicada en los trabajadores expuestos a polvo de sílice proveniente del uso de conglomerados de cuarzo frente a los expuestos a polvo de sílice de roca ornamental. No se observó relación entre el riesgo de desarrollar silicosis acelerada y la exposición a conglomerados de cuarzo en la muestra analizada.

Se observó correlación entre el tiempo de exposición a polvo de sílice y el deterioro progresivo de la función pulmonar calculada en el FEV1 de la espirometría realizada a los trabajadores durante la valoración médica efectuada.

Son necesarios estudios de cohortes prospectivas con poblaciones de características similares a las de esta investigación para conocer la evolución de las complicaciones desarrolladas y las características de los tipos de silicosis presentadas por los sujetos de estudio.

Es necesario el desarrollo de una estrategia efectiva de vigilancia de la salud colectiva para los trabajadores expuestos, con el fin de disminuir la exposición a los conglomerados de cuarzo, y en los casos que no sea posible, detectar precozmente los casos vulnerables de desarrollar formas complicadas y aceleradas de esta patología. La medición periódica de los niveles ambientales de polvo de sílice respirable es fundamental para garantizar la eficacia de las medidas de control y el cumplimiento de las normas.

## Bibliografía

1. Martínez González C, Prieto González A, García Alfonso L, et al. Silicosis en trabajadores con conglomerados artificiales de cuarzo. *Arch Bronconeumol* 2019; 55: 459–464.
2. Pérez-Alonso A, Córdoba-Doña JA, Millares-Lorenzo JL, et al. Outbreak of silicosis in Spanish quartz conglomerate workers. *Int J Occup Environ Health* 2014; 20: 26–32.
3. Fernández Álvarez R, Martínez González C, Quero Martínez A, et al. Normativa para el diagnóstico y seguimiento de la silicosis. *Arch Bronconeumol* 2015; 51: 86–93.
4. Hoy RF, Chambers DC. Silica-related diseases in the modern world. *Allergy* 2020; 75: 2805–2817.
5. GDB 2016 Cause of Death Collaborators. Global, regional, and national age-sex specific mortality for 264 causes of death, 1980–2016: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2016. *Lancet Lond Engl* 2017; 390: 1151–1210.
6. Ophir N, Shai AB, Alkalay Y, et al. Artificial stone dust-induced functional and inflammatory abnormalities in exposed workers monitored quantitatively by biometrics. *ERJ Open Res* 2016; 2: 00086–02015.
7. Hoy RF, Baird T, Hammerschlag G, et al. Artificial stone-associated silicosis: a rapidly emerging occupational lung disease. *Occup Environ Med* 2018; 75: 3–5.
8. Cooper JH, Johnson DL, Phillips ML. Respirable Silica Dust Suppression During Artificial Stone Countertop Cutting. *Ann Occup Hyg* 2015; 59: 122–126.
9. Guarnieri G, Bizzotto R, Gottardo O, et al. Multiorgan accelerated silicosis misdiagnosed as sarcoidosis in two workers exposed to quartz conglomerate dust. *Occup Environ Med* 2019; 76: 178–180.
10. Rose C, Heinzerling A, Patel K, et al. Severe Silicosis in Engineered Stone Fabrication Workers - California, Colorado, Texas, and Washington, 2017–2019. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep* 2019; 68: 813–818.
11. Guarnieri G, Salasnich M, Lucernoni P, et al. Silicosis in finishing workers in quartz conglomerates processing. *Med Lav* 2020; 111: 99–106.
12. Pérez-Alonso A, Córdoba-Doña JA, León-Jiménez A. Silicosis por aglomerados artificiales de cuarzo: claves para controlar una enfermedad emergente. *Arch Bronconeumol* 2019; 55: 394–395.

- 13.** Pascual S, Urrutia I, Ballaz A, et al. Prevalencia de silicosis en una marmolería tras la exposición a conglomerados de cuarzo. *Arch Bronconeumol* 2011; 47: 50–51.
- 14.** Leso V, Fontana L, Romano R, et al. Artificial Stone Associated Silicosis: A Systematic Review. *Int J Environ Res Public Health* 2019; 16: E568.
- 15.** Hoy RF, Baird T, Hammerschlag G, et al. Artificial stone-associated silicosis: a rapidly emerging occupational lung disease. *Occup Environ Med* 2018; 75: 3–5.
- 16.** León-Jiménez A, Hidalgo-Molina A, Conde-Sánchez MÁ, et al. Artificial Stone Silicosis: Rapid Progression Following Exposure Cessation. *CHEST* 2020; 158: 1060–1068.
- 17.** Gamble JF, Hessel PA, Nicolich M. Relationship between silicosis and lung function. *Scand J Work Environ Health* 2004; 30: 5–20.
- 18.** Paolucci V, Romeo R, Sisinni AG, et al. Silicosis en trabajadores expuestos a conglomerados artificiales de cuarzo: ¿es distinta a la silicosis crónica simple? *Arch Bronconeumol* 2015; 51: e57–e60.
- 19.** Martínez C, Prieto A, García L, et al. Silicosis, una enfermedad con presente activo. *Arch Bronconeumol* 2010; 46: 97–100.
- 20.** Jones CM, Pasricha SS, Heinze SB, et al. Silicosis in artificial stone workers: Spectrum of radiological high-resolution CT chest findings. *J Med Imaging Radiat Oncol* 2020; 64: 241–249.



doi: 10.4321/s0465-546x2022000100003

Artículo original

# Seguimiento de resultados de Test de Antígenos en trabajadores del ámbito sanitario con infección activa por SARS-CoV-2

## Monitoring of Antigen Test results in healthcare workers with active SARS-CoV-2 infection

Juan José Rubio-del Río<sup>1</sup>

María José Martínez de Aramayona-López<sup>2</sup>

Juan José Granizo-Martínez<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Enfermero de Salud Laboral. Hospital Universitario Infanta Cristina. Parla, Madrid, España.

<sup>2</sup>FEA Medicina del Trabajo. Servicio de Prevención Mancomunado. Hospital Universitario Infanta Leonor. Madrid, España.

<sup>3</sup>FEA Medicina Preventiva y Salud Pública. Hospital Universitario Infanta Cristina. Parla, Madrid, España.

---

### Correspondencia

Juan José Rubio del Río  
[jjrubio\\_delrio@hotmail.com](mailto:jjrubio_delrio@hotmail.com)

---

**Recibido:** 15.03.2022

**Aceptado:** 29.03.2022

**Publicado:** 30.03.2022

---

### Contribución de autoría

Todos los autores han contribuido significativamente en el diseño, adquisición de los datos, análisis, interpretación de los datos, así como en la redacción, revisión y aprobación del manuscrito.

---

### Financiación

El estudio no ha recibido ningún tipo de financiación económica ni parcial ni total, por parte de ninguna institución pública ni privada.

---

### Conflicto de intereses

Los autores declaran que no hay conflictos de intereses.

---

### Cómo citar este trabajo

Rubio-del-Río JJ, Martínez de Aramayona-López MJ, Granizo-Martínez JJ. Seguimiento de resultados de Test de Antígenos en trabajadores del ámbito sanitario con infección activa por SARS-CoV-2. Med Segur Trab (Internet). 2022;68(266):25-35. doi: 10.4321/s0465-546x2022000100003

## Resumen

**Introducción:** La introducción del Test de Antígenos como prueba válida para valorar el alta de un trabajador del ámbito sanitario afectado por SARS-CoV-2, supone un cambio importante para los Servicios de Prevención de centros sanitarios, por lo que se decide el estudio de los resultados obtenidos de dichas pruebas, en un hospital de la Comunidad de Madrid durante un tiempo determinado en un periodo de alta transmisibilidad, valorando el tiempo que tarda un trabajador con infección activa por SARS-CoV-2 en negativizar un Test de Antígenos.

**Método:** Estudio observacional, descriptivo, retrospectivo realizado en el Hospital Universitario Infanta Cristina en Parla (Madrid) desde el 11 de enero del 2.022 hasta el 21 de febrero 2.022, en el que se estudian variables como sexo, edad, vacunación, categoría profesional e infección previa por SARS-CoV-2 y su influencia en el tiempo de negativización de un Test de Antígenos.

**Resultados:** Un total de 164 trabajadores del ámbito sanitario se vieron afectados por Covid-19 durante el periodo estudiado, de los cuales 74 (45,1%) dieron positivo en Test de Antígenos a los 7 días del inicio de la infección, llegando hasta el 13º día 4 trabajadores (2,4 %).

**Conclusiones:** Se pone de manifiesto que el haber tenido una infección previa por Covid-19, influye en el tiempo que tarda en negativizar un Test de Antígenos; disminuyéndolo, en trabajadores con infección activa por SARS-CoV-2.

---

**Palabras clave:** Trabajador del ámbito sanitario; Test rápido de Antígenos; SARS-CoV-2.

## Abstract

**Introduction:** The introduction of the Antigen Test as a valid test to assess the discharge of a healthcare worker affected by SARS-CoV-2, represents an important change for the Prevention Services of health centers, for which it is decided to study the results obtained from these tests, in a hospital in the Community of Madrid for a certain time in a period of high transmissibility, assessing the time it takes for a worker with active SARS-CoV-2 infection to make an Antigen Test negative.

**Method:** Observational, descriptive, retrospective study carried out at the Infanta Cristina University Hospital in Parla (Madrid) from January 11, 2022 to February 21, 2022, in which variables such as sex, age, vaccination, category professional and previous SARS-CoV-2 infection and its influence on the negative time of an Antigen Test.

**Results:** A total of 164 healthcare workers were affected by Covid-19 during the period studied, of which 74 (45,1%) tested positive for Antigen Test 7 days after the start of the infection, reaching up to the 13th day 4 workers (2.4%).

**Conclusions:** It is shown that having had a previous Covid-19 infection influences the time it takes for an Antigen Test to become negative; decreasing it, in health workers with active SARS-CoV-2 infection.

---

**Keywords:** Healthcare worker; Rapid Antigen Test; SARS-CoV-2.

## Introducción

Desde la aparición del SARS-CoV-2 en España, los procedimientos que se han realizado para el seguimiento de los profesionales sanitarios con infección activa, han ido modificándose según el conocimiento de la enfermedad, la capacidad diagnóstica del sistema de salud y la incidencia de la enfermedad. El 29 de diciembre de 2021, durante la sexta ola en España, la Comisión de Salud Pública publica la “Adaptación de la estrategia de detección precoz, vigilancia y control de Covid-19 en periodo de alta transmisibilidad<sup>(1)</sup>” y a partir de ella, la Comunidad de Madrid publica “La estrategia de detección precoz, vigilancia y control de Covid-19 de la Comunidad de Madrid, de 30 de diciembre de 2021<sup>(2)</sup>”, que introducen cambios tanto en periodos de aislamiento (“Estas personas trabajadoras se podrán reincorporar a su puesto de trabajo tras 7 días del inicio de síntomas siempre que permanezcan sin síntomas respiratorios ni fiebre al menos 3 días”) como en las pruebas diagnósticas PDIA (Prueba Diagnóstica de Infección Activa) a utilizar, introduciendo por primera vez el Test de Antígenos como prueba válida para corroborar el fin de infectividad del profesional previamente positivo y la finalización de su aislamiento.

Esta estrategia continúa con el “Procedimiento de manejo de casos y contactos laborales por Covid-19 para los Servicios de Prevención de Riesgos Laborales en la Comunidad de Madrid de 13 de enero de 2022<sup>(3)</sup>”. Guías de actuación que van publicando las autoridades sanitarias y se van actualizando constantemente.

Desde el inicio de la pandemia en 2020 hasta la publicación de estos procedimientos, para el alta del personal de centros sanitarios que hubiesen sido positivos para SARS-CoV-2, se precisaba la realización de una prueba RT-PCR (Reacción en Cadena de la Polimerasa de Transcripción Inversa) a los 10 días del inicio de los síntomas o de la primera prueba positiva (lo que fuese más antiguo) excepto si el profesional continuaba con síntomas o había precisado ingreso hospitalario, casos en los que se prolongaba el tiempo previo a la RT-PCR.

La introducción del Test de Antígeno como prueba válida para el alta y el menor periodo de aislamiento hasta su realización (7 días) suponen dos cambios importantes en los procedimientos de los Servicios de Prevención de centros sanitarios, por lo que se decide estudiar los resultados obtenidos en un hospital de la Comunidad de Madrid durante seis semanas.

Por otro lado, como tras dos años de pandemia se observa que algunos trabajadores del ámbito sanitario pasan su segunda enfermedad durante la sexta ola, se estudia si este hecho puede influir en la duración de la enfermedad.

### Objetivos

El objetivo principal es:

- Evaluar la influencia de haber tenido una infección previa por Covid19, en el tiempo de negativización del Test de Antígenos.

Y como objetivos secundarios:

- Evaluar el número de trabajadores del ámbito sanitario con infección activa por SARS-Cov-2, durante el periodo del estudio.
- Evaluar el número de Test de Antígenos realizados.
- Analizar el número de Test de Antígenos positivos.
- Evaluar el tiempo que tarda en negativizarse un Test de Antígenos, en trabajadores del ámbito sanitario con infección activa por SARS-CoV-2.

### Métodos

Estudio observacional, descriptivo, retrospectivo realizado en el Hospital Universitario Infanta Cristina en Parla (Madrid) desde el 11 de enero del 2.022 hasta el 21 de febrero 2.022.

Este estudio fue aprobado por el Comité de Ética e Investigación del Hospital Universitario Puerta de Hierro.

No fue necesario el consentimiento informado de cada trabajador antes de comenzar el estudio, al tratarse de un estudio retrospectivo.

Los datos se recogieron en una hoja de Office Excel diseñada para tal función. Posteriormente, para su análisis estadístico, los datos fueron exportados al programa Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) V.21.0.

El archivo informático donde se realizó la recogida de datos, quedó bloqueado para impedir la modificación posterior de los datos, siendo archivada y almacenada en el Hospital Universitario Infanta Cristina. Respetando así las normas internacionales de protección de datos y la legislación vigente (Ley Orgánica 3/2018 de 5 de diciembre de Protección de Datos Personales y garantía de los derechos digitales, BOE 294 de 06/12/2018).

### **Población de Estudio**

Todos los trabajadores incluidos en el estudio tuvieron que cumplir los siguientes criterios:

- Ser personal sanitario del Hospital Universitario Infanta Cristina que está con infección activa por SARS-CoV-2, diagnosticados por PDIA (RT-PCR positiva o Test de Ag positivo).
- Ser trabajador del Hospital Universitario Infanta Cristina y que presenta síntomas compatibles con Covid-19.
- Seguimiento en el Servicio de Salud Laboral.

Los siguientes trabajadores han sido excluidos del estudio:

- Trabajador del ámbito sanitario que teniendo infección activa por SARS-CoV-2, haya requerido de hospitalización.
- Personal sanitario que presta sus servicios en las unidades de UCI, Onco-hematología y Diálisis, y trabajadores especialmente sensibles (TES), ya que a este personal se le realiza el seguimiento de su infección mediante la realización de RT-PCR.
- Personal que no está a cargo del Servicio de Salud Laboral del Hospital Universitario Infanta Cristina.

### **Tamaño Muestral**

Se estudian a todos los trabajadores que acudieron al Servicio de Salud Laboral desde el 11 de enero hasta el día 21 de febrero, periodo de alta transmisibilidad durante la sexta ola de la pandemia de Covid-19, que cumplieron con los criterios de inclusión descritos.

Se realizaron un total de 300 Test de Antígenos durante estas 6 semanas en 164 trabajadores del ámbito sanitario con infección activa por SARS-CoV-2.

### **Variables**

Se analizaron las siguientes variables:

- Número de trabajadores del ámbito sanitario con infección activa por SARS-CoV-2.
- Número de Test de Antígenos realizados.
- Número de Test de Antígenos positivos, diferenciando:
  - A los 7 días, a los 9 días, a los 11 días y a los 13 días desde el diagnóstico de infección activa y/o inicio de los síntomas.
- Número de Test de antígenos negativos, diferenciando:
  - A los 7 días, a los 9 días, a los 11 días y a los 13 días desde el diagnóstico de infección activa y/o inicio de los síntomas.

- Categoría Profesional, diferenciando:  
DUE, FEA, TCAE, Técnicos, Matronas, Fisioterapeuta, Terapia Ocupacional, Otros trabajadores no asistenciales.
- Infección Previa de SARS-CoV-2, diferenciando:  
Sí, No
- Vacunación frente a Covid-19, diferenciando:  
Sí, No
- Sexo, diferenciando:  
Masculino, Femenino
- Edad, diferenciando:  
≤ 29 años, 30 - 39 años, 40 - 49 años, 50 - 59 años, ≥ 60 años.

## Intervención

Siguiendo las estrategias y procedimientos antes mencionados, se incorporan los Test de Antígenos para el diagnóstico de aquellos trabajadores con síntomas compatibles con infección por Covid-19 (tos, mocos, fiebre, odinofagia, diarreas, mialgias y malestar general), así como para el seguimiento de aquellos trabajadores con infección activa por SARS-CoV-2.

- Sintomáticos: se valora individualmente la indicación de Test de Antígenos o de RT-PCR para el diagnóstico de infección, según la duración e intensidad de los síntomas, así como la existencia de un contacto estrecho previo.
- Seguimiento de Infección Activa: a todos los trabajadores con infección activa por SARS-CoV-2, previo a la reincorporación a su puesto de trabajo, se les realiza un Test de Antígenos al 7º día del inicio de los síntomas o de la prueba diagnóstica positiva (PDIA positiva: PCR o Test de Antígenos). Para ello, el trabajador con infección activa debe estar, al menos, en los 3 días anteriores a la prueba, sin fiebre ni clínica respiratoria intensa.
- En caso de que el Test de Antígenos realizado al 7º día, salga positivo, se le repite la prueba pasadas 48 horas y así sucesivamente hasta valorar el tiempo que tarda en negativizarse el Test de Antígenos.
- Una vez el que dicho test sea negativo, finaliza el periodo de aislamiento y su médico de atención primaria valora la reincorporación a su puesto de trabajo (fin de Incapacidad Temporal).

Ante las diferentes pruebas de detección de antígenos existentes en el mercado, sólo se ha utilizado las incluidas en el listado común de pruebas rápidas de detección de antígenos elaborado por el Comité de Seguridad Sanitaria de la Unión Europea que cumplen con los siguientes requisitos<sup>(4)</sup>:

- Poseer marcado CE.
- Sensibilidad mayor o igual al 90 %.
- Especificidad mayor o igual al 97 %.
- Haber sido validado al menos por un Estado Miembro como apropiada para su uso en el contexto de la Covid-19.

Dichas exigencias también vienen recogidas en la Estrategia de detección precoz, vigilancia y control de Covid-19 de la Comunidad de Madrid de 30 de diciembre 2021<sup>(2)</sup>.

Los Test de Antígenos utilizados en el Hospital Universitario Infanta Cristina durante el periodo de estudio han sido:

- Abbott®
- Clungene®
- Lyher®

Dichos Test de Antígenos han sido aportados por la Comunidad de Madrid al Hospital y cumplen con dichos requisitos<sup>(4,5)</sup>.

La técnica utilizada para la recogida de muestra del tracto respiratorio superior, ha sido extracción de exudado nasofaríngeo con lecturas a los 15 minutos. Dicha prueba ha sido realizada en una consulta preparada para la adecuada extracción de la muestra.

El estado de vacunación de los trabajadores del ámbito sanitario, viene determinado a partir del registro unificado de vacunación Covid-19 de la Comunidad de Madrid.

La infección previa quedó definida en base a los registros del Servicio de Salud Laboral del Hospital Universitario Infanta Cristina, con una PDIA previa positiva de más de 90 días antes del episodio actual de infección por Covid-19.

### Análisis Estadísticos

Se ha utilizado el programa SPSS 21.0, realizándose un análisis descriptivo de la muestra y de las variables indicadas, utilizando medias y desviación estándar (DE) para variables cuantitativas y usando frecuencias absolutas y relativas % para las cualitativas. Y un estudio estadístico mediante chi cuadrado (X<sup>2</sup>) y Odds Ratio (OR), comparando el tiempo que tarda en negativizar un Test de Antígenos, entre los trabajadores del ámbito sanitario que han tenido una infección previa por Covid-19, con aquellos trabajadores que no han tenido infección previamente.

## Resultados

Un total de 164 trabajadores fueron incluidos en el estudio.

Se realizaron 300 Test de Antígenos durante el periodo estudiado, 33 de ellos con carácter diagnóstico y 267 para valorar el alta del trabajador con infección activa por SARS-CoV-2. De los 300 test, 188 dieron negativos (63%) y 112 positivos (37 %) (ver Figura 1).

De los 33 Test de Antígenos realizados con carácter diagnóstico, 8 dieron positivos (24 %) y 25 dieron negativos (76 %) (Figura 1).

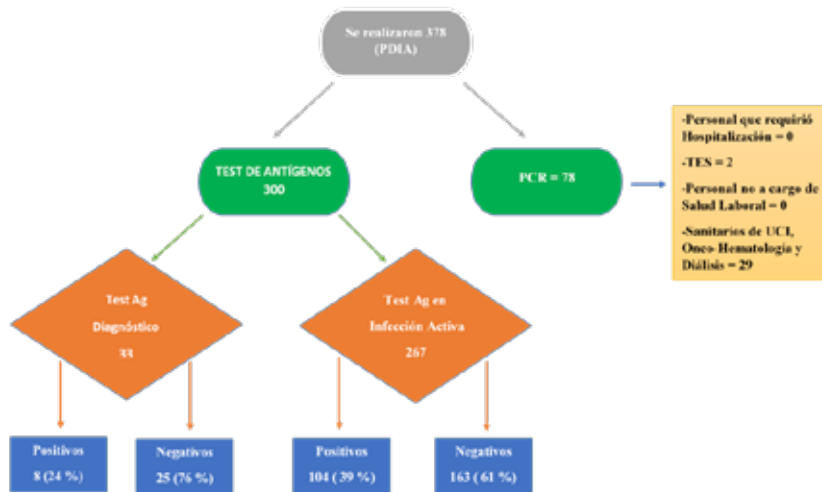


Figura 1: Diagrama de Flujo de las PDIA

A los 164 trabajadores del ámbito sanitario con infección activa, se les realizó un Test de Antígenos a los 7 días, en donde 74 (45,1 %) dieron positivos y 90 (54,9 %) dieron negativo (ver Figura 2).



**Figura 2:** Resultados de los Test de Antígenos a los 7 días

El seguimiento de resultados de los Test de Antígenos en trabajadores del ámbito sanitario con infección activa por SARS-CoV-2 fue la siguiente: (Ver Tabla 1).

**Tabla 1:** Seguimiento de los Resultados de los Test de Antígenos

Días de Infección	N	NEGATIVOS	POSITIVOS	% ACUMULADO DE POSITIVOS N = 164	% ACUMULADO DE NEGATIVOS N = 164
A los 7 Días	164	90 (54,9 %)	74 (45,1 %)	45,1 %	54,9 %
A los 9 Días	74	49 (66,2 %)	25 (33,8 %)	15,2 %	29,9 %
A los 11 Días	25	21 (84%)	4 (16 %)	2,4 %	12,8 %
A los 13 Días	4	3 (75 %)	1 (25 %) (RT-PCR Ct=35)	0,6 %	1,8 %

A los 7 días se realizaron 164 Test de Antígenos, de los cuales 90 (54,9 %) dieron negativos y 74 (45,1 %) dieron positivos.

Al 9º día, se realizaron 74 test; de ellos 49 fueron negativos y 25 seguían dando positivos. Un 15,2 % de los 164 con infección activa, seguían dando positivo al 9º día.

Al 11º día, se realizaron 25 Test de Antígenos, en donde 21 fueron negativos y tan sólo 4 dieron positivos. Un 2,4 % de los 164 trabajadores con infección activa continuaban dando positivos al 11º día.

Al 13º día desde el inicio de la infección por Covid-19, 3 dieron negativo y 1 (0,60 %) de los 164 trabajadores, siguió dando positivo en Test de Antígenos, realizándose una RT-PCR cuantificando los ciclos en 35, procediendo al levantamiento del aislamiento.

Las categorías profesionales afectadas fueron: (Ver Tabla 2)

**Tabla 2:** Infección Activa por SARS-CoV-2 por Categoría Profesional

Categoría Profesional	Con Infección Activa
DUE	70 (42,68%)
FEA	39 (23,78%)
TCAE	32 (19,51%)
Técnicos	8 (4,88%)
Fisioterapeuta	5 (3,05%)
Matronas	2 (1,22%)
Terapeuta Ocupacional	1 (0,61%)
Profesionales No Asistenciales	7 (4,27%)
TOTAL Profesionales	164 (100 %)

No se aprecia variabilidad de los resultados obtenidos en función de las categorías profesionales.

Por lo que respecta a la variable sexo, el 91,5 % de los trabajadores del ámbito sanitario con infección activa fueron mujeres y el 8,5 % fueron hombres. (Tabla 3). Hay que tener en cuenta que la población sanitaria en el Hospital Universitario Infanta Cristina es en su mayoría femenina (83,3 %).

**Tabla 3:** Variable Sexo.

SEXO	TOTAL N (164)
Femenino	150 (91,5 %)
Masculino	14 (8,5 %)

En cuanto al estudio de haber tenido una infección previa por Covid-19, hemos observado que el tiempo de negativización de un Test de Antígenos en trabajadores del ámbito sanitario con infección activa por SARS-CoV-2, sí se ve afectado por haber tenido infección previa por Covid-19. De los 164 trabajadores del estudio, 31 tuvieron infección previa por SARS-CoV-2 en el año 2.020 o en el año 2.021 y de ellos sólo 6 (19,4 %) dieron positivo en un Test de Antígenos a los 7 días de la infección activa, frente a los 68 positivos (51,1 %) a los 7 días de los 133 que no tuvieron infección previa. (Tabla 4).

**Tabla 4:** Resultado de los Test de Antígenos a los 7 días.

Antecedentes	Negativos N = 90	Positivos N = 74	Total N = 164	P
Infección Previa	25 (80,6 %)	6 (19,4 %)	31 (18,9 %)	<0,001
Sin Infección Previa	65 (48,9 %)	68 (51,1 %)	133 (81,1 %)	<0,001

a. Comparando Infección previa con - Sin infección previa

Esta diferencia es estadísticamente significativa ( $p < 0,001$ ),  $\chi^2_{2} = 10,24$ ,  $gI = 1$ . Por lo tanto, los que tuvieron infección previa han sido negativos a los 7 días en mayor proporción que los que no tuvieron infección previa ( $OR = 4,35$ ).

El estudio de la negativización de los Test de Antígenos en trabajadores con infección previa se describe en la Tabla 5.

**Tabla 5:** Resultado de Test de Antígenos en trabajadores con infección previa

Días de Infección	TRABAJADORES QUE HABÍAN TENIDO INFECCIÓN PREVIA	NEGATIVOS	POSITIVOS	% ACUMULADO DE POSITIVOS N = 31	% ACUMULADO DE NEGATIVOS N = 31
A los 7 Días	N = 31	25 (80,6 %)	6 (19,4 %)	19,4 %	80,6 %
A los 9 Días	N = 6	4 (66,7 %)	2 (33,3 %)	6,5 %	12,9 %
A los 11 Días	N = 2	1 (50 %)	1 (50 %)	3,2 %	3,2 %
A los 13 Días	N = 1	0 (0 %)	1 (100 %) (RT-PCR Ct=35)	3,2 %	0 %

El estudio de negativización de los Test de Antígenos en trabajadores del ámbito sanitario sin infección previa se describe en la Tabla 6.

**Tabla 6:** Resultado de Test de Antígenos en trabajadores sin infección previa

Días de Infección	TRABAJADORES QUE NO HABÍAN TENIDO INFECCIÓN PREVIA	NEGATIVOS	POSITIVOS	% ACUMULADO DE POSITIVOS N = 133	% ACUMULADO DE NEGATIVOS N = 133
A los 7 Días	N = 133	65 (48,9 %)	68 (51,1 %)	51,1 %	48,9 %
A los 9 Días	N = 68	45 (66,2 %)	23 (33,8 %)	17,3 %	33,8 %
A los 11 Días	N = 23	20 (87 %)	3 (13 %)	2,3 %	15 %
A los 13 Días	N = 3	3 (100 %)	0 (0 %)	0 %	2,3 %

El estudio de las variables por edad: Tabla 7

**Tabla 7:** Edad de los Trabajadores

EDAD	INFECCION PREVIA N = 31	SIN INFECCIÓN PREVIA N = 133	TOTAL N = 164
DE 20 - 29 AÑOS	2 (6,5 %)	20 (15 %)	22 (13,4 %)
DE 30 - 39 AÑOS	9 (29 %)	38 (28,6 %)	47 (28,7 %)
DE 40 - 49 AÑOS	15 (48,4 %)	55 (41,4 %)	70 (42,7 %)
DE 50 - 59 AÑOS	4 (12,9 %)	18 (13,5 %)	22 (13,4 %)
>= 60 AÑOS	1 (3,2 %)	2 (1,5 %)	3 (1,8 %)

No hay diferencias en la edad media entre ambos grupos. T Test=0,037, gl= 162, p = 0,970, no encontrándose asociación entre la edad de los trabajadores y el tiempo de negativización del test de antígenos (Tabla 8).

**Tabla 8:** Comparativa de los resultados en función de la edad.

Resultados Test de Antígenos	N	Media	Error típico media	Desviación Típica
Negativo a los 7 días	74	40.432	1.171	10.075
Positivos a los 7 días	90	40.378	0.910	6.634

En cuanto a si ha habido variabilidad en los Test de Antígenos en los trabajadores del ámbito sanitario con infección activa, según si estaban o no estaban vacunados: de los 164 trabajadores del estudio, 161 (98,2 %) estaban vacunados frente a Covid-19 con dos o tres dosis y tan sólo 3 de los trabajadores (1.8 %) no estaban vacunados. De los 3 que no estaban vacunados, 2 de ellos ya habían tenido Covid-19 previamente (que como hemos visto sí influye en la duración de la positividad de los test); los 3 dieron negativo a los 7 días de la infección activa. Al ser solamente 3 no hemos podido estudiar si estar vacunado o no, influye en el tiempo de negativización de los Test de Antígenos.

## Discusión

Hemos evaluado y analizado el número total de Test de Antígenos realizados, número de pruebas positivas, número de trabajadores del ámbito sanitario con infección activa por SARS-CoV-2 durante el periodo estudiado y el tiempo que tarda en negativizarse un Test de Antígenos.

Tras la realización de una búsqueda bibliográfica descubrimos que los autores Brian Lefferts, MPH y Ian Blake, MS; en su estudio “Positividad de la prueba de antígeno después del aislamiento de Covid-19<sup>(6)</sup>”, concluían que un resultado positivo de la prueba de antígeno era más probable después de 5 días en comparación con 9 días (aOR = 6,39) o después de una infección sintomática (aOR = 9,63) y menos probable después de una infección previa (aOR = 0,30), haber recibido una serie de vacunación primaria contra la COVID-19 (ORa = 0,60), o después de una infección previa y haber recibido una serie de vacunación primaria contra la Covid-19 (ORa = 0,17).

Este hallazgo va en concordancia con los resultados de nuestro estudio que determina que haber tenido una infección previa por Covid-19, sí influye en el tiempo de negativización de un Test de Antígenos en trabajadores del ámbito sanitario con infección activa por SARS-CoV-2 (OR = 4,35) siendo por tanto 4,35 veces más probable negativizar un Test de Antígenos a los 7 días, si ya has tenido previamente una infección por Covid-19.

En cuanto a la edad de los trabajadores, no parece influir en el tiempo de negativización de los Test de Antígenos.

Y en lo que respecta al sexo tampoco hemos podido estudiar su influencia en el tiempo de negativización de un Test de Antígenos ya que el porcentaje de mujeres trabajadoras es el 83.3 % en el hospital estudiado.

En referencia a la eficacia vacunal<sup>(8)</sup>, era de esperar que redujera el tiempo de negativización de un Test de antígenos<sup>(6)</sup>, pero dado el tamaño muestral y que el 98,2 % de los trabajadores de la muestra, estaban vacunados con 2 o 3 dosis de vacunas frente a Covid-19, no pudimos demostrar dicha reducción.

Los hallazgos de este informe están sujetos a varias limitaciones:

- Diferenciación en los Test de antígenos utilizados. Se han usado 3 tipos de Test de Antígenos que cumplen con los requisitos exigidos por el Comité de Seguridad Sanitaria de la Unión Europea<sup>(4)</sup> y que vienen recogidas también en la Estrategia de detección precoz, vigilancia y control de Covid-19 de la Comunidad de Madrid de 30 de diciembre 2021<sup>(2)</sup>.

Abbott® - Prueba Nasofaríngea: Sensibilidad: 91,4% (95% CI: 85,5-95,5%) y especificidad de 99,8% (95% CI: 98,8-100%)<sup>(4)</sup>

Clungene® - Prueba Nasofaríngea: Sensibilidad clínica: 96 % y especificidad: 100%<sup>(4)</sup>.

Lyher® - Prueba Nasofaríngea: Sensibilidad: 97.47% y especificidad: 100.00%<sup>(4)</sup>

- La detección de aquellos trabajadores asintomáticos, pudo ser complicada si no estaban inmersos en algún estudio de contactos.
- El tamaño muestral no ha podido ser mayor ya que se trata de un hospital del grupo 1.

## Conclusión

Se pone de manifiesto que el haber tenido una infección previa por Covid-19, influye en el tiempo que tarda en negativizar un Test de Antígenos; disminuyéndolo, en trabajadores del ámbito sanitario con infección activa por SARS-CoV-2.

La realización de Test de Antígenos es una herramienta útil para guiar las recomendaciones del levantamiento del aislamiento después de una infección por SARS-CoV-2<sup>(7)</sup>, junto a otras medidas preventivas, así como para la valoración de la reincorporación a su puesto de trabajo; disminuyendo la posibilidad de transmisión nosocomial a pacientes y a otros profesionales de la salud, sirviendo de gran utilidad práctica para la Salud Pública.

## Bibliografía

1. Ministerio de Sanidad. Gobierno de España. Adaptación De La Estrategia De Detección Precoz, Vigilancia Y Control De Covid-19 En Periodo De Alta Transmisión Comunitaria. 2021
2. Ministerio de Sanidad Gobierno de España. Estrategia de detección precoz, vigilancia y control de COVID-19. Gob. España. 2020;1-32.
3. Consejería de sanidad Comunidad de Madrid. Procedimiento De Manejo Casos Y Contactos Laborales Por Covid-19 Para Los Servicios De Prevención. Comunidad de Madrid [Internet]. 2020;1-22. Disponible en: [https://www.comunidad.madrid/sites/default/files/doc/sanidad/epid/sprl\\_gestion\\_de\\_casos\\_y\\_contactos.pdf](https://www.comunidad.madrid/sites/default/files/doc/sanidad/epid/sprl_gestion_de_casos_y_contactos.pdf)
4. European Commission Directorate-General for Health and Food Safety. EU health preparedness: A common list of COVID-19 rapid antigen tests; A common standardised set of data to be included in COVID-19 test result certificates; and A common list of COVID-19 laboratory based antigenic assays [Internet]. Ee. 2021. Disponible en: [https://ec.europa.eu/health/sites/health/files/preparedness\\_response/docs/common\\_testingapproach\\_covid-19\\_en.pdf](https://ec.europa.eu/health/sites/health/files/preparedness_response/docs/common_testingapproach_covid-19_en.pdf)
5. Scheiblaue H, Filomena A, Nitsche A, Puyskens A, Corman VM, Drosten C, et al. Comparative sensitivity evaluation for 122 CE-marked rapid diagnostic tests for SARS-CoV-2 antigen, Germany, September 2020 to April 2021. Eurosurveillance [Internet]. 2021;26(44):1-13. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.2807/1560-7917.ES.2021.26.44.2100441>
6. Lefferts, B., Blake, I., Bruden, D., Hagen, M. B., Hodges, E., Kirking, H. L., Bates, E., Hoeldt, A., Lamont, B., Saydah, S., MacNeil, A., Bruce, M. G., & Plumb, I. D. (2022). Antigen Test Positivity After COVID-19 Isolation - Yukon-Kuskokwim Delta Region, Alaska, January-February 2022. *MMWR. Morbidity and mortality weekly report*, 71(8), 293–298. <https://doi.org/10.15585/mmwr.mm7108a3>
7. Tande, A. J., Swift, M. D., Challener, D. W., Barbari, E. F., Tommaso, C. P., Christopherson, D. R., Binnicker, M. J., & Breeher, L. E. (2022). Utility of Follow-up COVID-19 Antigen Tests After Acute SARS-CoV-2 Infection Among Healthcare Personnel. *Clinical infectious diseases: an official publication of the Infectious Diseases Society of America*, ciac235. Advance online publication. <https://doi.org/10.1093/cid/ciac235>
8. Consejo Interterritorial del Sistema Nacional de Salud. Grupo de Trabajo Técnico de Vacunación COVID-19. Estrategia de vacunación frente a COVID - 19 en España. Inf 27 diciembre [Internet]. 2021; Available from: [https://www.msbs.gob.es/profesionales/saludPublica/prevPromocion/vacunaciones/covid19/docs/COVID19\\_Actualizacion10\\_EstrategiaVacunacion.pdf](https://www.msbs.gob.es/profesionales/saludPublica/prevPromocion/vacunaciones/covid19/docs/COVID19_Actualizacion10_EstrategiaVacunacion.pdf)



doi: 10.4321/s0465-546x2022000100004

Revisión sistemática

# **Pérdida auditiva y exposición laboral a ruido en minería: una revisión sistemática**

## Occupational hearing loss and noise exposure in mining: a systematic review

Beatriz Casal-Pardo<sup>1</sup>

Norma Elisa Jasso-Gascón<sup>2</sup>

Rebeca Preciados-Sola<sup>2</sup>

Karina Reinoso-García<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Hospital Universitario Puerta del Hierro, Servicio de Prevención y Riesgos Laborales, Majadahonda, España.

<sup>2</sup>Hospital Universitario Ramón y Cajal, Servicio de Prevención y Riesgos Laborales, Madrid, España.

<sup>3</sup>Hospital Universitario Gregorio Marañón, Servicio de Prevención y Riesgos Laborales, Madrid, España.

---

### **Correspondencia**

Beatriz Casal Pardo

[beatriz.casal@salud.madrid.org](mailto:beatriz.casal@salud.madrid.org)

---

**Recibido:** 15.03.2022

**Aceptado:** 28.03.2022

**Publicado:** 30.03.2022

---

### **Contribución de autoría**

Cada una de las autoras ha contribuido por igual a la realización de la presente revisión.

---

### **Agradecimientos**

A Juan Manuel Castellote, profesor de la Universidad Complutense de Madrid por tutorizar esta revisión. Javier Sanz-Valero profesor en la Escuela Nacional de Medicina del Trabajo del Instituto de Salud Carlos III (Madrid, España) por sus aclaraciones sobre la metodología de las revisiones sistemáticas.

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 la Comunidad de Madrid.

---

### **Financiación**

Este trabajo no contó con ningún tipo de financiación.

---

### **Conflicto de intereses**

Las autoras de esta revisión declaran ausencia de conflicto de intereses.

---

### **Cómo citar este trabajo**

Casal-Pardo B, Jasso-Gascón NE, Preciados-Sola R, Reinoso-García K. Pérdida auditiva y exposición laboral a ruido en minería: una revisión sistemática. *Med Segur Trab (Internet)*. 2022;68(266):36-55. doi: 10.4321/s0465-546x2022000100004

## Resumen

**Objetivo:** Revisar y analizar la pérdida auditiva derivada de la exposición laboral a ruido en los trabajadores del sector de la minería.

**Método:** Análisis crítico de los trabajos recuperados mediante revisión sistemática en MEDLINE (PubMed), EMBA-SE, Cochrane Library, Scopus, Web of Science, LILACS, MEDES y TESEO hasta noviembre de 2021. La ecuación de búsqueda se formuló mediante los descriptores «Mining», «Occupational noise» y «Occupational Hearing Loss», utilizando también los DeCs, Entry Terms, términos del Diccionario Embase relacionados y los filtros: «2006» y «English», «Spanish», «French» y «Portuguese». La calidad de los artículos se evaluó mediante el cuestionario STROBE y el nivel de evidencia y grado de recomendación mediante los criterios SIGN.

**Resultados:** De las 703 referencias recuperadas (todas digitalmente) tras aplicar los criterios de inclusión y exclusión, se seleccionaron 13 artículos. La evaluación mediante STROBE dio una media de 14.90 y según los criterios SIGN se obtuvo un grado de evidencia 3 y recomendación D. La obsolescencia de las publicaciones fue moderada (semiperiodo de Burton-Kebler: 6.00; índice de Price: 23,08%).

**Conclusiones:** Los trabajos revisados presentaron un índice de obsolescencia adecuado sin embargo, su grado de evidencia y recomendación impidieron asegurar por completo la validez y fiabilidad de las observaciones realizadas. Los resultados mostraron asociación entre la exposición laboral a ruido y la pérdida auditiva entre los trabajadores del sector minero.

---

**Palabras clave:** Minería; Ruido en el Ambiente de Trabajo; Pérdida Auditiva Ocupacional.

## Abstract

**Objective:** To systematically review and analyze the occupational noise induced hearing loss in the mining industry workers.

**Method:** Critical analysis of studies retrieved by systematic review of MEDLINE (PubMed), EMBASE, Cochrane Library, Scopus, Web of Science, LILACS, MEDES and TESEO through November 2021. The search strategy was developed by means of the descriptors «Mining», «Occupational Noise» and «Occupational Hearing Loss», as well as by using related DeCs Terms, entry Terms, Embase's dictionary and the filters «from 2006» and English», «Spanish», «French» y «Portuguese ». Study quality was assessed using the STROBE questionnaire, and the level of evidence and grade of recommendation via the SIGN criteria.

**Results:** Out of 703 references identified (all digitally) and after applying the inclusion and exclusion criteria, 13 articles were selected. The STROBE evaluation yielded a mean score of 14.90, and the SIGN criteria a 3 level of evidence and a D grade of recommendation. Article obsolescence was moderate (Burton-Kebler half-life: 6.00; Price index: 23.08%).

**Conclusions:** This systematic review revealed an adequate level of obsolescence but degrees of evidence and recommendation limit the validity and reliability of the observations. Results indicated an association between occupational noise exposure and hearing loss in workers from the mining industry.

---

**Keywords:** Mining; Occupational Noise; Occupational Hearing Loss Noise - Induced.

## Introducción

La Organización Mundial de la Salud (OMS) define a una persona con pérdida auditiva a aquella que difiere del umbral auditivo normal (umbrales auditivos de 20 dB o mejores en ambos oídos). Esta pérdida auditiva se estima que afecta hasta a un 5% de la población mundial<sup>(1)</sup>.

Existen diversos agentes causales que se relacionan directamente con la pérdida auditiva: factores genéticos, envejecimiento, medicamentos y otras sustancias ototóxicas, entre otros. Entre estas causas, el ruido es el agente que con mayor preponderancia se relaciona con la pérdida auditiva. La exposición a ruido tanto intermitente como continua puede producir de forma progresiva y gradual una alteración auditiva, llegando a ocasionar incluso sordera entre las personas expuestas.

Ya en 1713 Bernardo Ramazzini describió en su obra “De Morbis Artificum Diatriba” cómo los trabajadores del cobre expuestos al ruido que generaba el golpeteo del martillo sobre el metal perdían la audición a través de los años. Sin embargo, no es hasta la revolución industrial, cuando se observa que el ruido es un factor de riesgo a tomar en cuenta en la producción de alteraciones de salud de los trabajadores, ya que es el momento en el que se comienza a sustituir la fuerza humana por máquinas, que generan un aumento en los niveles de ruido en las diferentes áreas de trabajo<sup>(2)</sup>. En la actualidad, se ha objetivado que el ruido no solo produce efectos negativos sobre el aparato auditivo, sino también sobre otros elementos del organismo como: daños en el sistema cardiaco, ritmo circulatorio, tensión arterial, sistema respiratorio, sistema digestivo o el sistema neurovegetativo. En la esfera biopsicosocial se sabe que perjudica las fases del sueño, la comunicación oral, las relaciones personales e indirectamente el rendimiento en el trabajo debido a un aumento del estrés y la irritabilidad<sup>(2)</sup>.

Actualmente, se tiene un mayor conocimiento de los efectos adversos del ruido, su correlación con el tiempo de exposición, como se menciona en la revisión realizada por Zhou *et al.* en China<sup>(3)</sup> en donde se confirma la asociación directa entre el nivel y el tiempo de exposición a ruido con el grado de pérdida auditiva de los trabajadores, y a su vez la relación con los factores individuales tales como sexo y edad; así como se describen las medidas de prevención necesarias para evitarlo, como se refleja en la revisión realizada por Moroe *et al.* en África donde se concluye la gran necesidad de implantar programas para la conservación auditiva en el sector de la minería como recurso preventivo y así disminuir la incidencia de pérdida auditiva en los trabajadores de este sector<sup>(4)</sup>.

Dada la importancia del sector de la minería en la economía mundial, se establece desde la OIT el Convenio 176 sobre seguridad y salud en las minas de 1995, que especifica las medidas preventivas a adoptar por el empleador para asegurarse de evaluar y tratar los riesgos del trabajo, así como de llevar a cabo de manera sistemática la vigilancia de la salud de los trabajadores expuestos a los riesgos propios de las actividades mineras<sup>(5)</sup>. El ruido ocupacional sigue siendo un tema de actualidad. Tal es así que se ha desarrollado una amplia normativa para la protección de los trabajadores ante este riesgo de exposición como lo menciona, la Directiva 2003/10/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 6 de febrero de 2003, que determina las disposiciones mínimas de seguridad y de salud relativas a la exposición de los trabajadores a los riesgos derivados de los agentes físicos (ruido) así como protección auditiva para los trabajadores expuestos y su formación, disminuyendo cualquier riesgo para el oído<sup>(6)</sup>.

En 2015, el 25% de la población mundial presentó pérdida de audición debida al ruido excesivo en su ámbito laboral<sup>(7)</sup> y según datos de la CDC, dentro del ámbito de la industria, la minería ocupa el sector con mayor prevalencia de daño auditivo<sup>(8)</sup>.

Ya que se trata de una consecuencia irreversible en el trabajador su única solución son las medidas preventivas que puedan establecerse, por lo que en el sector de la minería en España se encuentra el RD 863/1985 del 02 de abril sobre Reglamento General de Normas Básicas de Seguridad Minera, artículo 169, con las medidas que tengan como objeto garantizar la seguridad y salud de los trabajadores<sup>(9)</sup>. Además, la Administración de Seguridad y Salud Ocupacional (OSHA) plantea que aquellos trabajadores que se encuentren expuestos ocho horas al día a 85 db deberán de integrarse en un programa de protección auditiva<sup>(10)</sup>. Dentro de este programa se incluyen las pruebas audiométricas, los requisitos para realizar estas pruebas y la calibración de equipos.

En España, la normativa vigente se encuentra enmarcada en el “Real Decreto 286/2006, el 10 de marzo, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido” buscando la misma finalidad que la Directiva 2003/10/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 6 de febrero de 2003<sup>(11)</sup>.

Existen muchos estudios respecto a los efectos del ruido en general y también sobre la eficacia de las diferentes medidas preventivas existentes para la protección auditiva tanto en la población minera como industrial en general. Según el Centro de Control de Enfermedades de los Estados Unidos, se realizó un estudio en trabajadores expuestos a ruido ocupacional de alto riesgo, en donde se comparó la prevalencia de pérdida auditiva en nueve sectores de la industria, encontrándose que el sector de la minería tuvo la más alta prevalencia de trabajadores con cualquier grado de daño auditivo (17%), seguido por los sectores de la construcción (16%) y la manufactura (14%)<sup>(12)</sup>, motivo por el cual se considera necesaria una actualización en lo relativo a dicho tema en base a estudios que valoren específicamente las alteraciones auditivas debidas al ruido en el sector de la minería. Con ello se espera mejorar el conocimiento respecto a la correcta evaluación del riesgo de estos trabajadores y una mejora en el diseño de estrategias preventivas. Por ello la presente revisión sistemática tiene como objetivo valorar y analizar los artículos originales publicados sobre la exposición laboral al ruido y la pérdida auditiva en los trabajadores del sector de la minería.

## Métodos

### Diseño

El presente trabajo es un estudio descriptivo transversal incluyendo un análisis crítico de los registros recuperados mediante revisión sistemática.

La estructura de esta sigue la guía de comprobación para revisiones sistemáticas Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses (PRISMA)<sup>(13,14)</sup>.

### Fuentes de obtención de los datos

Los datos se obtuvieron de la consulta directa y acceso en línea, a las siguientes bases de datos bibliográficas del ámbito de las ciencias de la salud: Cochrane Library, Embase, Literatura Latinoamericana y del Caribe en Ciencias de la Salud (LILACS), Medicina en Español (MEDES), Medline a través de la plataforma Pubmed, Scopus, Web of Science, y la Base de Datos de Tesis Doctorales (TESEO).

### Unidad de análisis

Se trabajó con los artículos publicados y recuperados desde las mencionadas bases de datos bibliográficas.

### Tratamiento de la información

Para definir los términos de la búsqueda se consultó el Thesaurus de los Descriptores en Ciencias de la Salud (DeCS) desarrollado por el Centro Latinoamericano y del Caribe de Información en Ciencias Médicas (BIREME) y su equivalencia con el establecido por la U.S. National Library of Medicine, los Medical Subject Headings (MeSH) así como el Thesaurus y el diccionario de la base de datos bibliográficos Embase<sup>(15)</sup>.

A partir del estudio jerárquico de estos Thesaurus y sus fichas de indización se confeccionaron las siguientes ecuaciones de búsqueda:

**a. Población** – “Mineros (Miners)”: Personas que trabajan en una mina para extraer el mineral o minerales de la tierra. Dentro de este grupo se seleccionó la población adulta. Se incluyó este matiz en la ecuación de búsqueda y no en el cribado de los resultados mediante filtros con el fin de recuperar el máximo número de registros posible.

("mining"[Mesh] OR "mining"[Title/Abstract] OR "miners"[MeSH] OR "miner"[Title/Abstract] OR "mine worker"[Title/Abstract] OR "mineworker"[Title/Abstract] NOT "minors"[MeSH] NOT "minors"[Title/Abstract] NOT "child"[MeSH] NOT "adolescent"[MeSH] NOT "child"[Title/Abstract] NOT "adolescent"[Title/Abstract] NOT "juvenile"[Title/Abstract] NOT ("animals"[MeSH] NOT "humans"[MeSH]) NOT ("animals"[Title/Abstract] NOT "humans"[Title/Abstract]))

**b. Intervención** – "Ruido en el Ambiente de Trabajo (Noise, Occupational)": Ruidos presentes en situaciones laborales e industriales. Se consideró pertinente incluir en la ecuación el término "ruido (noise)", para evitar despreciar literatura. En el caso de aparecer el término "ruido (noise)" junto con alguno de los definitorios de la población de interés consideramos que con alta probabilidad se trataría de una exposición ocupacional.

("Noise, Occupational" [Mesh] OR "Noise, Occupational" [Title/Abstract] OR "noise"[Title/Abstract] OR "noise"[MeSH])

**c. Resultado** – "Pérdida Auditiva Provocada por Ruido (Hearing Loss Noise-Induced)": Pérdida auditiva producida por exposición a ruidos fuertes o exposición crónica a niveles de sonidos por encima de los 85 dB. A menudo, la pérdida auditiva se da en la escala de frecuencias de 4000-6000 Hz. De nuevo con el fin de no perder literatura pertinente se incluyó también el descriptor "Pérdida Auditiva (Hearing Loss)".

("Hearing loss"[Mesh] OR "hearing loss"[Title/Abstract] OR "Hearing Impairment"[Title/Abstract] OR "Deaf"[Title/Abstract] OR "retrocochlear loss"[Title/Abstract] OR "hypoacusia"[Title/Abstract] OR "hardness of hearing"[Title/Abstract] OR "Hearing Loss, Noise-Induced"[Title/Abstract] OR "auditory defect"[Title/Abstract] OR "hearing damage"[Title/Abstract] OR "hearing difficulty"[Title/Abstract] OR "hypoacusia"[Title/Abstract] OR "impaired hearing"[Title/Abstract])

Las ecuaciones finales de búsqueda se desarrollaron mediante la unión booleana de las 3 ecuaciones: Población AND Intervención AND Resultado. La primera de ellas se generó para su empleo en Pubmed utilizando concretamente las ecuaciones previas. A continuación se aplicaron los filtros: español ("Spanish"), inglés ("English"), portugués ("Portuguese") y francés ("French") y "MEDLINE".

Esta estrategia se adaptó, posteriormente, a las características propias del resto de bases de datos consultadas. En las bases de datos LILACS, MEDES y TESEO fue necesaria la búsqueda de los términos en español.

La búsqueda abarcó desde el 1 de enero de 2006 hasta el 5 de noviembre de 2021 y se completó con el examen del listado bibliográfico de los artículos que fueron seleccionados.

## Selección final de los artículos

Se escogieron, para la revisión y análisis crítico, los artículos que cumplieron los siguientes criterios:

- Inclusión: artículos originales, adecuarse a los objetivos de la búsqueda, publicación posterior al 1 de enero de 2006 y redactados en inglés, español, francés o portugués.
- Exclusión: artículos cuyo texto completo no pueda conseguirse, en los que no exista relación entre la intervención y el resultado a estudio (criterio de causalidad: exposición laboral a ruido) y los que incluyan población no adulta (menores de 18 años).

La selección de artículos pertinentes se realizó por las autoras de la presente revisión, de forma que cada uno era valorado por dos autoras de forma separada. Para dar por válida la inclusión de los artículos, se estableció que la valoración de la concordancia entre dos de las autoras (índice Kappa) debía ser superior a 0,60<sup>(16)</sup>. Siempre que se cumpliera esta condición, las posibles discordancias se solucionarían mediante consenso entre todas las autoras de la revisión.

## Corrección documental, nivel de evidencia y grado de recomendación

La adecuación de los artículos seleccionados, desde el punto de vista de su corrección estructural, se valoró mediante las pautas para estudios observacionales STROBE (Strengthening the Reporting of Observational studies in Epidemiology)<sup>(17)</sup> que contiene una lista de 22 puntos de control esenciales

en artículos de este tipo. Para cada artículo seleccionado, se asignó un punto por cada ítem presente (en caso de no ser aplicable no puntuó y se calificó como “NA” (No Aplica). Cuando un ítem estuvo compuesto por varios apartados, éstos se evaluaron de forma independiente, dándole el mismo valor a cada uno de ellos. Posteriormente se realizó un promedio (siendo éste el resultado final de ese ítem), de tal forma que en ningún caso se superó la valoración total de un punto por ítem. La valoración se llevó a cabo por las 4 autoras simultáneamente y las discordancias fueron solventadas por consenso en ese mismo momento con el fin de que las valoraciones mediante el STROBE fuesen homogéneas y, por tanto, comparable. Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 1.

Para conocer el nivel de evidencia y su grado de recomendación se usaron las recomendaciones del Scottish Intercollegiate Guidelines Network Grading Review Group (SIGN)<sup>(18)</sup>.

### **Extracción de los datos**

La depuración de los registros duplicados (presentes en más de una base de datos) se ejecutó mediante el programa multiplataforma ZOTERO (gestor de referencias bibliográficas desarrollado por el Center for History and New Media de la Universidad George Mason).

### **Análisis de los datos**

Los datos relacionados con la recuperación de la información se presentaron mediante su frecuencia y porcentaje. Los artículos se expusieron por orden alfabético del autor.

Para determinar la actualidad de los estudios, se calculó el semiperiodo de Burton-Kebler (BK) y el índice de Price (IP).

Para conocer el BK se calculó la mediana de la edad según rango temporal analizado y el IP mediante el porcentaje de artículos con edad inferior a los 5 años.

La medida de la concordancia para conocer la pertinencia de la selección de los artículos se realizó mediante el IK. Se consideró válida esta relación entre autores cuando su valor fuera superior al 60% (fuerza de la concordancia buena o muy buena).

Las puntuaciones del cuestionario STROBE se analizaron mediante la media, ya que no se pudo rechazar la hipótesis de normalidad en la distribución de las puntuaciones (Anderson-Darling,  $p=0.7839$ ); su máximo y su mínimo. La evolución de este puntaje, en relación a los años de publicación, se obtuvo mediante el análisis de correlación de Pearson.

### **Aspectos éticos**

Todos los datos fueron obtenidos de los artículos aceptados para la revisión. Por tanto, y conforme con la Ley 14/2007, de investigación biomédica<sup>(19)</sup>, no fue necesaria la aprobación del Comité de Ética al utilizar datos secundarios.

## **Resultados**

### **Selección de artículos**

Al aplicar las ecuaciones de búsqueda se recuperaron un total de 703 registros: 3 en Cochrane Library (0.43%), 203 en Embase (28.88%), 142 vía Pubmed (20.20%), 170 en Scopus (24.18%), 185 en Web of Science (26.32%). No se obtuvo ningún resultado en las bases de datos LILACS, MEDES o TESEO.

Tras aplicar los filtros de idioma, “MEDLINE” vía Pubmed, “Web of Science Core Collection” en Web of Science y “not MEDLINE” en Scopus, se redujeron a 453 resultados: 84 (18.54%) en MEDLINE (vía Pubmed), 3 (0.66%) en Cochrane Library, 43 (9.49%) en Embase, 180 (39.74%) en Web of Science Core Collection y 143 (31.57%) en Scopus (excluyendo MEDLINE).

Se detectaron 140 registros repetidos mediante Zotero que fueron eliminados y 13 registros manualmente no disponibles en los idiomas seleccionados que fueron descartados, quedando 300 registros.

Los 300 registros serán sometidos a una revisión por pares, aplicando los criterios de inclusión y exclusión previamente expuestos. La revisión por pares se realizará por las autoras agrupadas 2 a 2. Los resultados serán: 18 registros incluidos por unanimidad, 270 excluidos por unanimidad y 12 registros con discordancias respecto a la pertinencia de su inclusión. Estas diferencias se resolverán mediante consenso entre las 4 autoras descartando 11 registros y conservando 1 de ellos. Se seleccionarán los restantes 13 artículos para su revisión y análisis crítico.

La estructura de esta revisión sistemática ha seguido la guía de comprobación para revisiones sistemáticas Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA), de la cual hemos obtenido el siguiente diagrama de flujo.

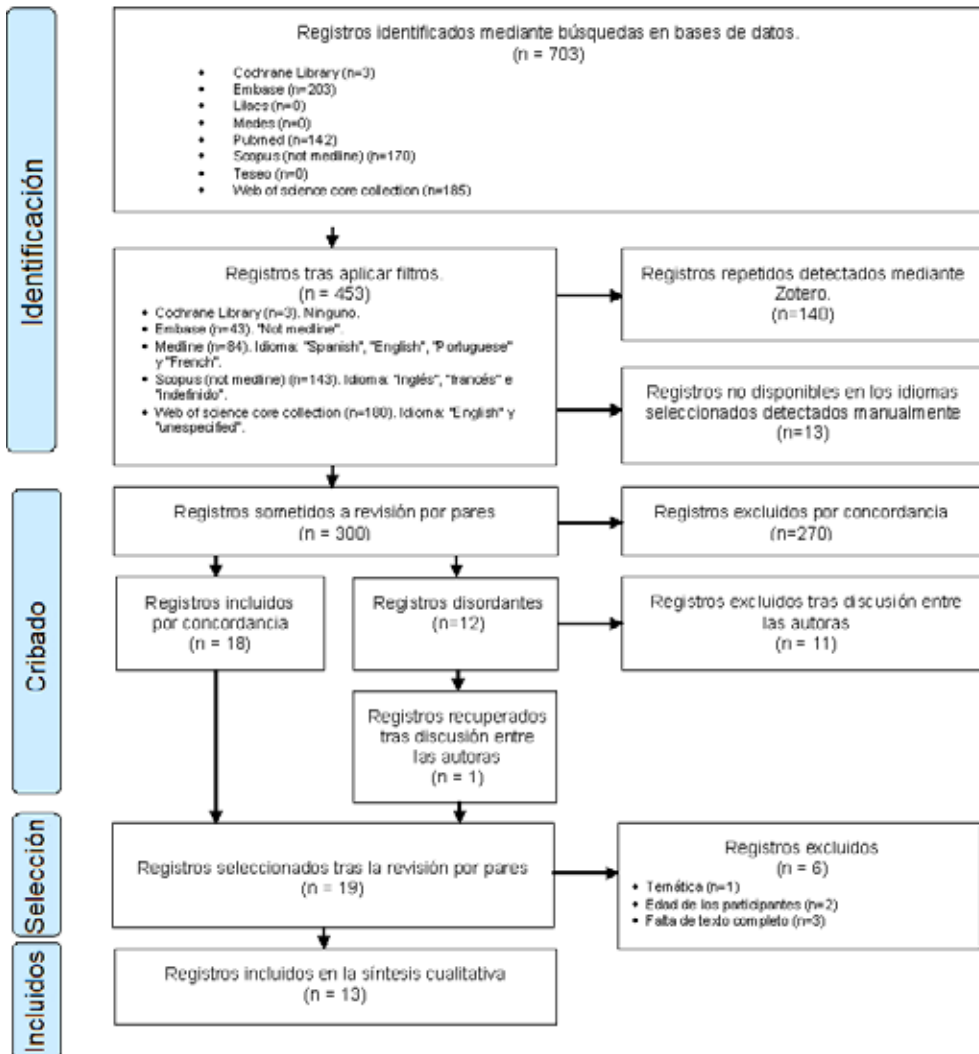


Figura 1: Diagrama de flujo de la identificación y selección de los artículos

**Tabla 1:** Análisis de calidad documental (valoración de la guía STROBE).

Artículo	Puntuación del cuestionario <sup>a</sup>																						TOTAL	% <sup>b</sup>
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22		
Brigic <i>et al.</i> <sup>(20)</sup>	0.5	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	NA	0.33	0.5	1	0.33	0	1	0	0	0	0	12.66	60.28
Chadambuka <i>et al.</i> <sup>(21)</sup>	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0.4	0.33	0.5	1	0.33	1	1	1	1	0	1	17.56	79.81
Grobler <i>et al.</i> <sup>(22)</sup>	0.5	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0.6	0.33	0.66	1	0.33	1	1	1	1	1	1	18.42	83.72
Gyamfi <i>et al.</i> <sup>(23)</sup>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.6	0.33	0.5	1	0.66	1	1	1	1	1	1	20.09	91.31
Kerketta <i>et al.</i> <sup>(24)</sup>	0.5	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0.6	0.33	0.5	1	0	0	1	0	1	0	1	14.93	67.86
Kerketta <i>et al.</i> <sup>(25)</sup>	0.5	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0.33	0.33	1	0.66	1	1	0	1	0	0	15.88	71.90
Liu <i>et al.</i> <sup>(26)</sup>	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0.6	0.33	0.5	1	0.66	1	1	1	1	1	1	19.09	86.77
Musiba. <sup>(27)</sup>	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0.2	0.33	0.5	1	0.33	1	1	1	1	0	0	16.36	74.36
Nikulin <i>et al.</i> <sup>(28)</sup>	0.5	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	NA	0.33	0.5	1	0	0	1	0	0	0	0	11.33	53.95
Ntlhakana <i>et al.</i> <sup>(29)</sup>	0.5	1	1	0	1	0.5	1	1	0	1	1	0.4	0.66	0.66	1	0.66	1	1	1	1	0	1	16.38	74.45
Onder <i>et al.</i> <sup>(30)</sup>	0.5	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0.6	0.66	0.5	1	0.33	0	1	0	1	0	0	13.59	61.77
Tripathya y Rao <sup>(31)</sup>	0.5	1	1	0	0	0	1	1	0	1	1	NA	0.33	0	1	0.33	1	1	0	0	0	0	10.16	48.38
Yilmaz. <sup>(32)</sup>	0.5	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0	NA	0.33	0	1	0	0	1	0	1	0	0	7.83	37.28

<sup>a</sup> 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.

<sup>b</sup> Porcentaje de cumplimiento total de ítems excluyendo los que no aplican (NA).

Tabla 2: Resumen de la evidencia.

Autores Año País	Diseño Población	Tamaño muestral Edad Periodo	Exposición	Variables recogidas	Desenlace	Resultados/ conclusiones
Brigic <i>et al.</i> <sup>(20)</sup> 2012 Bosnia Herzegovina	Transversal Trabajadores en minas a cielo abierto.	N1=589 (2004) N2=798 (2007) N3=880 (2009) Edad no consta Periodo: 2004--2010	Exposición laboral a ruido estimada mediante programa predictivo expresada en dBA.	Tipo de trabajador, años trabajados.	Efectos perjudiciales para la salud: pérdida auditiva (categorizada en niveles), trastorno de estrés postraumático, neurosis, insomnio, hipertensión, bradicardia, taquicardia, obesidad, angina, hiperlipoproteíemia, síndrome postinfarto de miocardio, evaluado mediante cuestionarios.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se recomienda cambiar el límite legal que obliga a la protección auditiva de 85 dBA a 83 dBA.</li> </ul>
Chadambuka <i>et al.</i> <sup>(21)</sup> 2013 Zimbabwe	Transversal Trabajadores de la industria minera.	N=169 Edad: 19--63 años Periodo: Febrero a Marzo de 2012	Exposición laboral a ruido medida con audímetro Kample (Modelo 27) en diferentes posiciones dentro del lugar de trabajo.	Variables demográficas, de conocimiento de la protección auditiva, síntomas relacionados con la pérdida auditiva, prácticas relacionadas con la protección auditiva, puesto de trabajo.	Grado y tipo de pérdida auditiva inducida por ruido según la clasificación de Goodman y Carhart.	<ul style="list-style-type: none"> <li>La planta de procesamiento, minería subterránea y taller subterráneo presentaron niveles de ruido superiores a los 90dBA permitidos (94, 102 y 103 dBA) para un periodo de 8h.</li> <li>36.7% presentaron pérdida auditiva debida a ruido (66.% leve, 27.4% moderada, 6.5% severa). La prevalencia de la pérdida auditiva aumentó con la edad y la duración de la exposición. La mayoría de ellos (58.1% trabajaban bajo tierra)</li> </ul>
Grobler <i>et al.</i> <sup>(22)</sup> 2020 Sudáfrica	Cohorte retrospectivo Trabajadores en una de las 7 minas del AngloGold Ashanti Group.	N1 (no expuestos) =951 N2 (expuestos a >85dBA)=1632 Edad: 19-61 años Periodo: 2001-2008	Exposición laboral al ruido diferenciando en 4 grupos: en superficie >=85dBA, subterránea >=85dBA, sin exposición al ruido y exposición incierta.	Edad, puesto de trabajo, experiencia, raza y género.	Pérdida auditiva determinada por audiometría (RA 600 Tipo 4) y cascos TDH39 determinando el umbral auditivo con bajas y altas frecuencias en ambos oídos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>El aumento anual en el umbral auditivo fue significativo (Regresión mixta: p&lt;0.001) para cada grupo de exposición tanto ajustando como no por edad. El aumento fue significativamente mayor en el grupo expuesto a ruido.</li> <li>El ruido es un factor significativamente influyente en la pérdida auditiva laboral.</li> <li>Los valores basales de umbral auditivo eran significativamente mayores en el grupo expuesto a ruido.</li> </ul>
Gyamfi <i>et al.</i> <sup>(23)</sup> 2016 Ghana	Transversal Trabajadores de una de las 5 canteras del Distrito Este de Ashanti, con >6 años de antigüedad.	N=400 Edad: 18-70 años Periodo: Abril a Junio de 2012	Exposición laboral al ruido medida con audiómetro Casella.	Edad, duración de la exposición, género, características basales tales como religión y uso de cascos.	Pérdida auditiva determinada con audiometría de tonos puros, clasificada según su severidad en leve, moderada, moderada severa, severa y profunda. Se comprobó la presencia de una cuña a 4kHz.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Todas las máquinas empleadas en las diferentes canteras generaban ruido por encima de los límites establecidos en Ghana de 85 dBA con niveles entre 85.5 y 102.7 dBA.</li> <li>176 (44%) de los respondedores presentaban un umbral auditivo &gt;25dBA. Un 18% de ellos moderado (41-55dBA) y un 2% severo (71-90dBA).</li> <li>Edad, duración del trabajo y uso de cascos son predictores independientes de la pérdida auditiva.</li> <li>Edad y duración actúan como factores de riesgo y presentaron una interacción significativa (Regresión lineal: p=0.05)</li> <li>El uso de cascos es protector frente a la pérdida de audición (OR=0.45%; CI=0.25-0.84)</li> </ul>
Kerketta <i>et al.</i> <sup>(24)</sup> 2016 India	Cohorte retrospectiva Trabajadores en minas de cromita a cielo abierto.	N=500 Edad: 29-59 años Periodo: 2002-2008	Exposición laboral a ruido estimada en función del número de años trabajados: 8 categorías de 5 en 5 años hasta >35.	Puesto de trabajo y edad de los trabajadores.	Pérdida auditiva (25-49 dBA y >40 dBA) para 4,6 y 8kHz en oído derecho e izquierdo.	<ul style="list-style-type: none"> <li>No hay diferencia significativa respecto a la pérdida auditiva entre oído derecho e izquierdo para las diferentes frecuencias (T Student para datos apareados: 4kHz, p=0.728; 6kHz, 0.796; 8kHz, p=0.416), diferentes edades, años trabajados o puestos de trabajo (ANOVA: p=0.000 para cada todas las categorías)</li> <li>La pérdida auditiva varía con los años trabajados (ANOVA: p=0.000). El grupo más significativo es 25-30 años para el oído derecho y 30-35 para el izquierdo (Análisis de Gabriel).</li> <li>La pérdida auditiva varía en función del puesto de trabajo (ANOVA: p=0.000). La zona de trabajo es la más significativa (Análisis de Gabriel).</li> </ul>
Kerketta <i>et al.</i> <sup>(25)</sup> 2012 India	Transversal Trabajadores en minas de cromita a cielo abierto.	N=500 Edad: 29-59 años. Periodo 2002-2008	Exposición laboral a ruido medida con sonómetro digital situado a 1.2-1.5 m sobre la superficie y a 6m de la carretera evitando variaciones de sonido ambiental >10 dBA.	Sonido ambiental, sonido máximo medido durante al menos el 10% de tiempo registrado y sonido equivalente durante un periodo, las tres calculadas por estimación. Se diferenció también entre: edad, experiencia laboral, zonas de trabajo.	Pérdida auditiva medida mediante audiometría (TRIVENI TAM-25 6025A) determinando el umbral auditivo.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Los trabajadores fueron expuestos a niveles de ruido que superaban los 95dBA fijados para maquinarias de movimiento de tierras de gran y mediano peso durante más del 10% del tiempo monitorizado.</li> <li>La pérdida auditiva aumentaba cada 10 años de edad y cada 5 años de experiencia laboral a altas frecuencias.</li> <li>La edad y los años de experiencia se asociaron significativamente con la pérdida auditiva para frecuencias de 4,6 y 8kHz. (Chi cuadrado p&lt;0.001 y p&gt;0.001).</li> <li>La pérdida auditiva solo se asoció significativamente con la zona de trabajo para 6kHz (Chi cuadrado, p=0.042).</li> </ul>

Autores Año País	Diseño Población	Tamaño muestral Edad Periodo	Exposición	Variables recogidas	Desenlace	Resultados/ conclusiones
Liu <i>et al.</i> <sup>(26)</sup> 2016 China	Transversal Empleados de Datun Xuzhou Coal Company (empresa minera del carbón) con >10 años de antigüedad.	N1 (expuestos)= 360 N2 (control)= 378 Edad no consta Periodo: no consta	Exposición laboral a ruido medida con audímetro Noise Pro, Quest, Oconomowoc, WI).	Edad, sexo, duración del trabajo, hábito tabáquico, hábito alcohólico, uso de equipo de protección estado de salud pasado y actual, tensión arterial sistólica, diastólica, hipertensión, historia familiar de enfermedades cardiovasculares y uso de fármacos ototóxicos, glucosa capilar, colesterol total, HDL, LDL, triglicéridos.	Pérdida auditiva determinada mediante audiometría de tonos puros bilateral para baja frecuencia y alta frecuencia repetidas al menos 3 veces.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Todos los trabajadores incluidos en el estudio fueron expuestos a ruido entre los 60 y 110 dBA.</li> <li>• La pérdida auditiva para frecuencias bajas fue significativamente mayor en el grupo expuesto a ruido que en el control. (OR 1.81, 95% CI= 1.10-2.96, p=0.015).</li> <li>• Se encontró una muesca auditiva entre los 3 y 6 kHz.</li> <li>• Los valores umbral para altas frecuencias fueron significativamente peores.</li> </ul>
Musiba. <sup>(27)</sup> 2015 Tanzania	Transversal Trabajadores de una compañía mayor de minería de oro.	N=246 Edad: >19 años. Periodo: no consta	Exposición laboral a ruido calculada como los dBA medios ponderados durante 8h.	Sexo, edad, años de exposición, trabajadores en superficie o bajo tierra.	Pérdida auditiva aceptable, moderada y pobre determinada mediante audiometría (Modelo Interacústico A216).	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La prevalencia de pérdida auditiva inducida por ruido fue 47% (37% leve y 12% audición pobre)</li> <li>• 70% presentaban una exposición laboral a ruido previa y 51% tenían pérdida auditiva inducida por el ruido. Este grupo presentaba una proporción más alta de audición pobre (17%, Chi cuadrado, p&lt;0.05).</li> <li>• Se encontró una diferencia significativa entre trabajadores subterráneos y en superficie, presentando los primeros mayor prevalencia de pérdida auditiva (Chi cuadrado, p&lt;0.01).</li> <li>• El grupo de edad más joven (20-29) presentó la prevalencia más alta de pérdida auditiva inducida por ruido (60%).</li> <li>• El grupo con &gt;10 años de experiencia fue el más afectado por la pérdida auditiva inducida por ruido (72%) y también con mayor proporción de audición pobre (37%, Chi cuadrado, p&lt;0.05)</li> </ul>
Nikulin <i>et al.</i> <sup>(28)</sup> 2021 Rusia	Transversal Trabajadores en una mina de carbón.	N=15 Edad: 23-55 años Periodo: no consta	Exposición laboral a ruido medida con sonómetro durante el trayecto al puesto de trabajo una vez en la mina.	Puesto de trabajo, el tiempo empleado en llegar y abandonar el puesto.	Cambio en el umbral permanente inducido por el ruido (NIPTS) determinado mediante audiometría.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conveniencia de emplear dosímetros personalizados que tengan en cuenta la exposición a ruido durante los desplazamientos dentro del puesto de trabajo.</li> <li>• Los efectos de la exposición al ruido deben evaluarse usando en el umbral permanente inducido por el ruido incluyendo el tiempo de llegada y abandono del puesto.</li> <li>• Si se tiene en cuenta la exposición al ruido durante la llegada y abandono del puesto de trabajo la exposición a ruido (dBA) es mayor y genera una consecuente pérdida auditiva mayor.</li> </ul>
Ntlhakana <i>et al.</i> <sup>(29)</sup> 2021 Sudáfrica	Cohorte prospectiva Mineros de platino.	N1= 12 605 (2014) N2= 12 602 (2015) N3= 12 599 (2016) N4= 12591 (2017) N5= 12 592 (2018) Edad: no consta Periodo: 2014-2018	Exposición laboral a ruido clasificado en rangos de dBA.	Edad, sexo, cantidad de polvo de polvo de platino a la que se está expuesto.	Pérdida auditiva determinada mediante audiometría y umbral auditivo generando las categorías: leve, moderada, moderada-severa, severa y profunda. Porcentaje de pérdida auditiva: leve, moderada y severa.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 72.4% estuvieron expuestos niveles de ruido &gt;=85dBA.</li> <li>• El 10% presentaron pérdida auditiva severa y un umbral &gt;=26dBA. No hubo diferencias entre esta media entre las cohortes.</li> <li>• Edad, sexo y exposición laboral a ruido pueden usarse para predecir el deterioro auditivo y calcular la contribución de cada variable durante un periodo de tiempo determinado, (Regresión múltiple, p&lt;0.001 para todas las variables). La cantidad de polvo no presentó un papel significativo (Regresión múltiple: p=0.270 y 0.850)</li> <li>• El cambio en el umbral auditivo de los trabajadores es gradual en el tiempo y debido a la combinación de factores de riesgo, no solamente la exposición laboral a ruido.</li> </ul>
Onder <i>et al.</i> <sup>(30)</sup> 2012 Turquía	Transversal Trabajadores en el transporte y trituración de piedra.	N=23 Edad: 18-53 años Periodo: 2009	Exposición laboral a ruido medido con "Extech 407764 Sound Level Meter" (70 a 109 dBA dividido en 4 categorías).	Experiencia laboral, edad y puesto de trabajo.	Pérdida auditiva (si/no).	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pérdida auditiva puede expresarse como una variable dependiente de la exposición al ruido (Chi cuadrado: p=0.0023).</li> <li>• La pérdida auditiva no puede predecirse mediante: edad (Chi cuadrado: p= 0.1518), experiencia (Chi cuadrado: p= 0.1965) o el puesto de trabajo (Chi cuadrado: 0.0625).</li> <li>• Los parámetros más influyentes en la pérdida auditiva son exposición al ruido y puesto de trabajo.</li> <li>• Los trituradores con 4-11 años de experiencia tienen alta probabilidad de pérdida auditiva debido a la alta exposición a ruido (90-99dBA)</li> </ul>
Tripathya y Rao <sup>(31)</sup> 2015 India	Transversal Trabajadores en una mina de bauxita	N=200 Edad: >20 años Periodo: no consta	Exposición laboral a ruido (no cuantificada).	Puestos de trabajo.	Pérdida auditiva evaluada mediante audiometría y evaluaciones audiométricas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La pérdida auditiva está probablemente relacionada con el nivel de ruido, la frecuencia y la exposición.</li> </ul>
Yilmaz <sup>(32)</sup> 2012 Turquía	Transversal Trabajadores en minas de carbón.	N=639 Edad no consta Periodo 2007	Exposición laboral a ruido medido mediante el valor LAQ para trabajadores en ambientes ruidosos.	No constan.	Pérdida auditiva determinada por audiometría y otoemisiones acústicas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 214 trabajadores con problemas auditivos: 83 fueron derivados a hospitales por sospecha de pérdida auditiva, y 8 fueron diagnosticados de pérdida auditiva ocupacional.</li> <li>• La pérdida auditiva temporal depende del nivel de ruido en la mina.</li> <li>• La pérdida auditiva permanente depende de la duración de la exposición al ruido.</li> </ul>

## Discusión

La presente revisión sistemática ha culminado con la detección de 13 artículos originales en los que directa o indirectamente se investiga la relación entre exposición laboral a ruido y la pérdida auditiva en trabajadores del ámbito de la minería. Antes de concluir si ésta existe o no y si es causal o de otro tipo existen diversas cuestiones que se deben de tener en cuenta.

### Selección de los artículos revisados

Existen limitaciones en el estudio, que son comunes a búsquedas de este tipo. La búsqueda de la evidencia se realiza únicamente en bases de datos. No se indaga en la literatura gris, ni tampoco en la bibliografía de los registros obtenidos en ninguna de las etapas del proceso de selección de los mismos. Si bien es difícil saber si esto repercute o no en los resultados y conclusiones obtenidos, es conocido que aquellos artículos con escaso tamaño muestral o resultados contrarios a los encontrados hasta el momento es más difícil que lleguen a ser publicados. Respecto a la literatura gris y a las publicaciones, hay que indicar que cuando ofrecen resultados negativos, son estudios de difícil publicación<sup>(33)</sup>. Por ello pueden haberse quedado fuera de la búsqueda estudios de este perfil, con lo que los estudios hallados sobreestimen la verdadera relación entre la exposición laboral reglada al ruido en el campo de la minería y la pérdida auditiva o su magnitud.

Llama la atención la ausencia de resultados en las bases de datos LILACS, MEDES o TESEO. Se considera que esto indicase un déficit en la validez de la misma. Sin embargo, Latinoamérica solo es productora del 5.3% del volumen mineral mundial en 2017. Entre 1984 y 2017 ocupa el 4º puesto en la producción minera mundial por continentes<sup>(34)</sup>. Parece lógico pensar que la falta de artículos proveniente de este continente se explique, al menos en parte, por su escasa presencia en la producción minera global. Paralelamente LILACS, MEDES y TESEO son bases de datos no internacionales, la cuantía de su indexación es menor, algo que sin duda influye en la diferencia de registros obtenidos<sup>(35)</sup>.

De los 703 registros obtenidos en la búsqueda inicial solo 13 han sido finalmente incluidos. Dicho de otro modo, un 98.15 % han sido desechados. El motivo predominante para la exclusión de registros es la no pertinencia de la temática. Se detecta gran volumen de estudios enfocados a la eficacia de medidas preventivas individuales, por ejemplo tapones para los oídos<sup>(36)</sup>, pero también otras colectivas, como el control del ruido producido por la maquinaria en el momento de su diseño<sup>(37)</sup>. Podríamos achacar este hecho a defectos en la creación de las ecuaciones de búsqueda pero se considera que, si bien no se encuentran entre los estudios revisados registro alguno que declare conflicto de intereses como tal, la prevalencia de estudios cuyo objetivo es demostrar la efectividad de medidas preventivas invita a pensar en que influyan en los objetivos de las investigaciones en trabajadores de la minería.

Como ya dicen los autores Brigid *et al.*, Gyamfi *et al.* y Kerketta *et al.* existe escaso cumplimiento de las leyes que definen los valores limítrofes de ruido al que están expuestos los trabajadores en el sector de la minería<sup>(20,23,24)</sup>. Si esto es así, es fácil que no se realicen más estudios por el compromiso e imposibilidad de tener que exponer en que en la población estudiada no se cumplen ciertas normas, siendo los resultados de muy difícil expresión o que lleguen a publicarse. Esto se enmarca en los denominados sesgos de publicación en los que se prima publicar a los trabajos en los que se hallan resultados positivos<sup>(33)</sup>, tal como antes se ha mencionado en lo relativo a carencias de hallazgos. La falta de artículos respecto a la pérdida auditiva en trabajadores de la minería es sin duda otra limitación.

### Tipología y calidad de los artículos revisados

La evaluación de la corrección documental mediante el listado de verificación STROBE da lugar a puntuaciones heterogéneas. Revisando los artículos se observan diferencias en el planteamiento y metodología de los diferentes estudios. Estas desigualdades se atribuyen a la disparidad de países contribuyentes. En cambio, no justifican puntuaciones nulas en los ítems del cuestionario. Tan solo 2 de los 13 artículos revisados<sup>(20,23)</sup> consideran la existencia de posibles sesgos estadísticos y solo 3 artículos discuten sobre la posibilidad de generalizar sus resultados a otras poblaciones<sup>(22,23,26)</sup>. También son escasos los artículos en los que se detallan las fuentes de financiación o los posibles conflictos de intereses, concretamente 6 de 13 artículos totales, es decir, menos de la mitad<sup>(21-25,29)</sup>. Un número no desprecia-

ble de artículos carece de limitaciones detalladas en su texto<sup>(20,24,25,28,30-32)</sup>. La calidad documental no es sinónimo de calidad de la evidencia pero la ausencia de la primera hace cuestionar la segunda. El grado de evidencia de una revisión sistemática depende del grado de evidencia de los artículos que la componen. Por tanto, la ausencia de mayor número de artículos pertinentes o de mejor calidad implica una limitación en los resultados de esta revisión, algo común a revisiones de esta índole como otros autores ya han reflejado<sup>(33)</sup>.

Dado que la aplicación del criterio de exclusión por fecha de publicación es realizado de forma diferida tras la búsqueda inicial de los registros y manualmente por las autoras se puede observar que existe un grueso considerable, aunque no cuantificado, de artículos publicados antes del año 2000. A pesar de la probable contribución a la evidencia pasada de estos registros, las normativas actuales tanto internacionales como nacionales datan de 1995<sup>(5)</sup>, 2003<sup>(6)</sup> y 2006<sup>(11)</sup> respectivamente, lo cual orienta a un probable cambio en el paradigma preventivo y a la escasa contribución a la evidencia empleada en la actualidad. Pese a ello la exclusión de estos artículos implica una modificación del efecto que debemos puntualizar, en años anteriores a nuestro periodo de inclusión sí se han publicado mayor número de artículos, de nuevo no cuantificados, a cerca del deterioro auditivo entre empleados del sector minero. Además implica que la obsolescencia descrita no es representativa de la evidencia global existente y probablemente un decaimiento y no un estancamiento de la investigación sobre nuestro tema.

Los 13 estudios incluidos son de distintos tipos, siendo 10 de ellos estudios de tipo transversal<sup>(20,21,23,25-28,30-32)</sup> y 3 de ellos de tipo cohortes<sup>(22,24,29)</sup>. Se observa la falta de estudios con mayor nivel de evidencia. Los estudios transversales implican la imposibilidad de demostrar causalidad debido a la ausencia de secuencia temporal. En el caso de los estudios de cohortes, las características específicas de sus muestras<sup>(23,26)</sup> o los pequeños tamaños muestrales<sup>(28-30)</sup> pueden impedir que sean representativas de la población general. Hay que tener presente que los estudios de intervención son escasos en la investigación del ámbito laboral debido a las cuestiones éticas que entrañan. A pesar de que la certeza aportada por los estudios transversales y de cohortes no es la óptima no hay que olvidar que aportan evidencia e indican la necesidad y conveniencia de futuras investigaciones, sin embargo, la imposibilidad de realizar estudios de intervención aleatorizada o la falta de artículos con mayor grado de evidencia no deja de ser una limitación.

### Características de las poblaciones y muestras

El país que aporta mayor número de artículos es India, con 3 estudios (23.08%)<sup>(24,25,31)</sup>. El resto de artículos provienen del continente africano, 5 estudios (38.46%)<sup>(21-23,27,29)</sup>; Turquía, con 2 estudios (15.38%)<sup>(30,32)</sup>; Rusia con uno (7.69%)<sup>(26)</sup>; China con uno (7.69%)<sup>(28)</sup> y Bosnia Herzegovina con otro (7.69%)<sup>(20)</sup>. Según datos recogidos desde 1984 hasta 2017, Asia es históricamente el continente con mayor producción minera, seguido por Norteamérica. Si observamos la clasificación por países China encabeza esta lista, seguida por Estados Unidos y Rusia<sup>(34)</sup>. En base a estos datos y a la conocida faceta investigadora del país sería de esperar que Estados Unidos, o incluso China, fuesen los países con mayor investigación en exposición laboral a ruido en mineros y deterioro auditivo. En contraposición, sorprende la escasez de artículos encontrados provenientes de ambos países. Entre 1984 y 2017 aproximadamente la mitad de la producción minera proviene de países en vías de desarrollo<sup>(34)</sup>, esto sí sería consistente con el origen de los artículos incluidos en la presente revisión. Es posible que exista una verdadera falta de investigación en este sector por parte de los mencionados países. Se considera un sesgo de cara a la interpretación de nuestros resultados.

Las poblaciones analizadas en cada uno de los artículos varía. Es crucial mencionar que 12 de los 13 artículos incluidos (92.31%) emplean muestras formadas por trabajadores de la minería no únicamente mineros. Esto incluye también a: operadores de motoniveladoras, ayudantes, perforadores, conductores de camiones cisterna, empleados de mantenimiento, trabajadores de la zona industrial, planta de procesado y servicio técnico entre otros. Solo Ntlhakana *et al* escoge para conformar su muestra exclusivamente a los mineros<sup>(29)</sup>. El interés de este dato reside en que la exposición al ruido difiere según el puesto de trabajo. Musiba. encuentra diferencias significativas entre la magnitud de la exposición a ruido entre trabajadores de superficie y trabajadores del subsuelo<sup>(27)</sup>. Sus resultados resultan parcialmente consistentes con los de Strauss *et al*. que encuentran también diferencias significativas entre los

puestos de trabajo pero solo para bajas frecuencias<sup>(39)</sup>. Si bien, solo Onder *et al.* difiere al concluir que la pérdida auditiva no puede predecirse en función del puesto de trabajo, la potencia de su estudio es mucho menor<sup>(30)</sup>.

Paralelamente se observan otras desigualdades en las poblaciones a estudio. Definen su población como trabajadores de la industria minera en general Chadambuka *et al.*<sup>(21)</sup>, Gyamfi *et al.*<sup>(23)</sup>, Brigic *et al.*<sup>(20)</sup> y Kerketta *et al.*<sup>(24,25)</sup> pero evalúan su hipótesis en minas a cielo abierto. El resto de los artículos escogen trabajadores de minas con producción específica: bauxita<sup>(31)</sup>, platino<sup>(29)</sup>, oro<sup>(22,27)</sup> y carbón<sup>(26,28,32)</sup>. Entre 1984 y 2017 la principal producción minera por volumen es con diferencia los combustibles fósiles<sup>(34)</sup>. Esta revisión no incluye artículos sobre la extracción de petróleo debido a la mecanización de su extracción. Por lo que parece plausible que los trabajadores de carbón sean los que componen más muestras. Esto apoya que los artículos encontrados representen la situación de la industria minera pero no la corrección de la búsqueda. El motivo de diferencias entre los países con mayor importancia en la industria minera y aquellos de los que provienen mayoritariamente los artículos revisados podría ser una búsqueda inadecuada pero también la existencia de literatura gris no encontrada, la ausencia de interés investigador en este contexto e incluso la existencia de actividades laborales no registradas explícitamente como minería. Nuevamente existen diferencias significativas respecto a la exposición laboral a ruido, así como la pérdida auditiva al comparar a los empleados que trabajan en superficie y bajo tierra<sup>(27)</sup>, algo que impide combinar sus resultados. Paralelamente el estudio de empleados de minas de producción específica limita la validez externa de los resultados obtenidos.

En lugar de describir los posibles sesgos Liu *et al.* escoge una población con características específicas con el fin de evitarlos. Estudia empleados de Datun Xuzhou Coal Company (empresa minera del carbón) con más de 10 años de carrera, sin medicación hipertensiva o ototóxica, patología auditiva o factores de riesgo como haber trabajado en ascensores o la noche o estar expuestos a explosivos<sup>(26)</sup>. Si bien esta metodología garantiza, en la medida de lo posible, la validez interna de los resultados, se mide lo que realmente se pretende medir; limita la validez externa, dificulta la generalización de los resultados a una población mayor donde evidentemente estos factores confusores o sesgos sí existen.

La edad de la población incluida en principio es mayor de los 18 años, al ser este uno de los criterios de inclusión de los artículos. Sin embargo, 4 de los 13 artículos no precisan los rangos de edad de sus muestras<sup>(20,26,29,32)</sup>. Durante la búsqueda de la evidencia publicada se encuentran 2 artículos con población mayor de 15 y 16 años<sup>(39,40)</sup> que a pesar de su pertinencia temática y correcta evidencia documental son excluidos por coherencia con los criterios de inclusión. Se decide por consenso entre las autoras relegar ambos a las discusiones de esta revisión. La exclusión de artículos empleando como criterio la edad de sus participantes puede ser otro de los causantes del pequeño volumen de artículos incluidos, así como de la escasa evidencia recavada. Resulta complejo determinar si existen artículos realizados en menores. En cualquier caso, aunque así fuese sus resultados serían cuanto menos cuestionables debido a las implicaciones éticas y legales de la explotación infantil por no mencionar las condiciones de trabajo o la actuación de la edad como factor de confusión entre una población tan heterogénea.

Los periodos estudiados, de los que provienen los datos muestrales, son como máximo de 7 años<sup>(22)</sup>. Los años de los que se obtienen más datos para estudio es el decenio entre 2001 y 2010 comprendiendo 6 artículos<sup>(20,22,24,25,30,32)</sup>. En 4 artículos revisados no se especifica el periodo de estudio<sup>(26-28,31)</sup>. Llama la atención el lapso de tiempo entre el periodo de estudio, 2001-2010; y la fecha de publicación del artículo, 2020, en el caso de Gobler *et al.*<sup>(22)</sup>.

Respecto al tamaño muestral y la potencia estadística de los estudios, el estudio con mayor tamaño muestral y, por tanto, mayor potencia estadística a igualdad de error alfa definido y magnitud del efecto del ruido es el de Nthakana *et al.*, con 5 cohortes de entre 12591 y 12605 trabajadores<sup>(29)</sup>. En contraposición, el que contó con menos participantes es el de Nikulin *et al.* con 15 participantes<sup>(28)</sup>. La magnitud de estas diferencias impide que podamos dar el mismo peso a los resultados y conclusiones de ambos artículos. Se considera la falta de potencia estadística una limitación para nuestra revisión porque impide la comparabilidad de nuestros resultados más allá de la dirección de las asociaciones encontradas y, además, su déficit impide obtener valores de asociación más precisos así como detectar asociaciones más sutiles.

## Definición y cuantificación de la exposición

En todos los artículos recopilados la exposición cuyos efectos se quieren examinar es la exposición laboral a ruido. Sin embargo, existe variabilidad en su definición así como en los métodos de cuantificación de la misma entre los diferentes estudios. En general, se define la exposición laboral al ruido como una variable cuantitativa, expresada en decibelios. En algunos artículos estos valores son posteriormente categorizados<sup>(22,29,30)</sup>. Entre los artículos que se cuantifica se emplean distintos métodos que van desde programas predictivos<sup>(20)</sup> a audímetros<sup>(21,23,25,26)</sup>. Kerketta *et al.* clasifica a los participantes en función del número de años trabajados en su historia laboral y asume que la exposición al ruido es proporcional<sup>(24)</sup>. Otros como Brigic *et al.* estiman los niveles de exposición mediante un programa predictivo<sup>(20)</sup>. Pero también existen artículos en los que se define como una variable dicotómica, como el de Tripathy y Rao, que simplemente tienen en cuenta la presencia o ausencia de exposición laboral a ruido<sup>(31)</sup>. Profundizando en lo que se considera exposición laboral a ruido, Nikulin *et al.* considera parte de ella la exposición durante el trayecto al puesto de trabajo, una vez el trabajador se encuentra en la mina<sup>(28)</sup>. La diferencia en la definición de la variable exposición conlleva una imposibilidad para comparar numéricamente las medidas de asociación obtenidas, es decir, una limitación para nuestra revisión, ya que sin duda modifica el efecto. La pérdida auditiva observada por Nikulin *et al.* será mayor ya que la exposición definida también lo es<sup>(28)</sup>. No tener en cuenta esa exposición infraestima la misma y sobreestima la asociación entre exposición y desenlace. Un mismo efecto será asociado a una menor exposición. Sería interesante el empleo de dosímetros individuales para una medición más precisa de la exposición como sugieren Nikulin *et al.*<sup>(28)</sup>.

Así mismo, no solo la definición de la variable exposición y la heterogeneidad en los métodos de cuantificación de las variables dificultan la comparabilidad de los resultados. La diferencia de los valores de los umbrales de exposición a ruido permitidos en cada país donde son realizados los estudios son diferentes y esto también influye en los resultados. Tanto Chamdambuka *et al.*<sup>(21)</sup> como Gyamfi *et al.*<sup>(23)</sup> y Kerketta *et al.*<sup>(25)</sup> subrayan que los niveles de ruido a los que está expuesta su muestra son superiores a los permitidos por la ley de ese país, diferenciándose no solo del resto de poblaciones estudiadas sino también de la exposición legal nacional. Como solución Chamdambuka *et al.* propone una estandarización en la diferencia de los valores limítrofes legales de ruido permitido en el ambiente laboral<sup>(21)</sup>.

## Definición y cuantificación del desenlace

Algo similar ocurre con la variable desenlace, la pérdida auditiva. La pérdida auditiva inducida por la exposición es una variable desenlace común a todos los artículos revisados, si bien no el único desenlace observado. Brigic *et al.* incluyen también otros efectos perjudiciales para la salud<sup>(20)</sup>. Liu *et al.* objetivan la prevalencia de la hipertensión<sup>(26)</sup>. Nuevamente se define esta variable como cuantitativa, expresada en medida en decibelios y medida con audiometría, a excepción de Onder *et al.* que solo recogen la presencia o ausencia de alteraciones auditivas<sup>(30)</sup>. Algunos estudios la categorizan posteriormente<sup>(23,27,29)</sup>, otros directamente<sup>(21)</sup>.

La audiometría es el método que se utiliza en mayor número de artículos y en los servicios de vigilancia de la salud para realizar la evaluación auditiva de los trabajadores. Sin embargo, no todos los artículos revisados emplean este método para la cuantificación de la pérdida auditiva, así como tampoco se utilizan los mismos modelos de audímetros. Se ha especificado el uso de: Kample<sup>(21)</sup>, Casella<sup>(23)</sup>, digital<sup>(25)</sup>, Noise Pro Quest Oconomowoc WI<sup>(26)</sup> o Extech 407764 Sound Level Meter<sup>(30)</sup>. El aparato empleado no parece que induzca sesgos o modifique el efecto medido. Sí podrían hacerlo, en cambio, las mediciones inadecuadas al inducir un sesgo de información diferencial. Yilmaz<sup>(32)</sup> abre la posibilidad al uso de las emisiones otoacústicas como método para la evaluación de la audición de los trabajadores expuestos al ruido en la minería, ya que evita los resultados erróneos que puede proporcionar la audiometría al ser independiente del factor humano.

Otro dato que dificulta la comparabilidad de las mediciones es el empleo de diferentes frecuencias durante la determinación del umbral auditivo<sup>(22-25,27,29)</sup>.

Solo 3 estudios diferencian entre uno u otro oído al momento de recabar la información y exponer sus resultados: Grobler *et al.*<sup>(22)</sup>, Kerketta *et al.*<sup>(24)</sup> y Liu *et al.*<sup>(26)</sup>. Podría parecer innecesario, ya que en teoría

la exposición de ambos oídos es la misma. Sin embargo, cobra importancia cuando se encuentran diferencias entre ambos, ya que indican la presencia de un factor modificador del efecto que debiera investigarse y describirse. Estas diferencias podrían deberse a una mala medición o a factores protectores o de riesgo entre ambos oídos por ejemplo mala colocación de medidas preventivas, alteraciones basales individuales, lateralidad de la exposición.

Únicamente, Gyamfi *et al.* evalúa específicamente la presencia de la cuña de Carhart, una disminución de la audición entorno a los 4000 Hz, característica de los audiogramas de sorderas profesionales<sup>(23)</sup>. Liebenberg *et al.* describe que la presencia de la cuña de Carhart es diferente entre expuestos y no expuestos a ruido<sup>(40)</sup>. La conveniencia de recoger este dato reside en que respalda que la exposición a ruido sea laboral y que la pérdida auditiva esté vinculada a ella.

Resulta llamativo que en determinados estudios no se disponga de una audiometría inicial en la valoración de los trabajadores de las minas. Implica desconocer si el trabajador tiene un daño auditivo preexposición<sup>(32)</sup>, lo cual cobra importancia por ejemplo de cara a categorizar como accidentes de trabajo algunos desenlaces, la determinación del riesgo de los trabajadores, sus limitaciones para el puesto de trabajo o la necesidad de adecuación. Musiba tienen en cuenta la importancia de conocer la preexposición laboral a ruido para conocer el origen del efecto evaluado. En su estudio observan que el 70% de sus participantes presentan una exposición laboral a ruido previa y 51% de ellos ya padecían pérdida auditiva inducida por el ruido en el momento de la incorporación a su puesto de trabajo. Este grupo presenta una proporción más alta de audición pobre (17%)<sup>(27)</sup>. Como se deduce de estos datos la presencia de un deterioro auditivo preexposición actúa como sesgo en el estudio de la asociación entre exposición laboral a ruido y pérdida auditiva, de ahí la importancia de cuantificarlo para una correcta interpretación de los resultados. De no ser así estaría infraestimándose la exposición y por tanto sesgando los resultados hacia la significación.

### **Otras variables modificadoras del efecto: sexo, edad, raza, puesto de trabajo, tiempo en llegar a este puesto una vez en el lugar de trabajo, antigüedad o experiencia laboral, medidas preventivas y exposición a polvo**

Por suerte, la mayoría de los estudios revisados recogen otras variables además de exposición y desenlace que permiten una correcta interpretación de los resultados y conclusiones expuestas en ellos. La exposición al ruido en la minería no es el único factor que influye en la pérdida auditiva de los trabajadores. Estudios incluidos en esta revisión revelan que existe una modificación del efecto debido a edad, raza o el sexo<sup>(29)</sup>. Esto concuerda con los resultados de Strauss *et al.* tras el estudio de 40123 mineros sudafricanos<sup>(39)</sup>. No obstante, la variable con mayor influencia en la pérdida de la audición continua siendo la exposición al ruido en el puesto de trabajo, si bien resulta innegable que está influida, aunque en menor medida, por el resto de las variables demográficas del trabajador<sup>(20-22, 24, 25, 28, 30, 31)</sup>.

En lo que al sexo se refiere los estudios de Grobler *et al.*<sup>(22)</sup>, Gyamfi *et al.*<sup>(23)</sup>, Kerketta *et al.*<sup>(24)</sup>, Liu *et al.*<sup>(26)</sup> y Musiba<sup>(27)</sup> son los únicos en incluir tanto a trabajadores y trabajadoras. Incluyen dentro de su población a estudio a 8, 74, 19, 244 y 3 mujeres respectivamente. Se considera que la escasez de mujeres en las muestras viene dado por la baja prevalencia del sexo femenino en el sector de la minería, si bien más estudios serían convenientes para profundizar en si el sexo es no un modificador del efecto en esta asociación y cuantificar su influencia en caso de existir.

Respecto a la edad, Chadambuka *et al.* describe un aumento de la pérdida auditiva a mayor edad de los trabajadores<sup>(21)</sup>. Gobler *et al.* la describen como un modificador del efecto<sup>(22)</sup>. Si bien no suficientemente influyente como para mostrar un efecto inexistente, de no tenerse en cuenta se sobreestimaría la asociación entre la exposición laboral a ruido y la pérdida auditiva. Gyamfi *et al.* da un paso más objetivando y describiendo su interacción con la duración de la exposición<sup>(23)</sup>. Nthakana *et al.*, con una mayor potencia estadística, obtiene un valor claramente significativo en caso de considerar el previo dudoso. Los resultados expuestos resultan consistentes respecto a los de otros artículos no incluidos en esta revisión como Strauss *et al.* A partir de una cohorte retrospectiva con 33961 mineros expuestos a ruido en su puesto de trabajo Strauss *et al.* concluye que la edad es la variable con mayor influencia sobre la pérdida auditiva, tanto en el grupo expuesto como en el control<sup>(39)</sup>. Entre los artículos revi-

sados expone resultados contrarios al aumento de la pérdida auditiva generada por la edad. Musiba observa que el grupo más joven incluido en su muestra, (20-29 años), presenta la prevalencia más alta de pérdida auditiva inducida por ruido (60%). Explican estos resultados por la menor concienciación de este grupo respecto al uso de medidas preventivas<sup>(27)</sup>. Al ser el único de los artículos revisados cuyos resultados se contraponen a una asociación positiva entre edad y pérdida auditiva es razonable que en su muestra existe algún sesgo o modificador del efecto que enmascara la verdadera asociación entre exposición laboral a ruido y la pérdida auditiva en ese grupo de trabajadores.

En lo referente a la raza solo Grobler *et al.*<sup>(22)</sup> y Gyamfi *et al.*<sup>(23)</sup> recogen datos al respecto. Ninguno de ellos evalúa las posibles diferencias que podría inducir en cuanto a pérdida auditiva. Otros estudios que sí lo hacen, como Strauss *et al.*, uno de los mayores estudios que evalúan la pérdida auditiva inducida por exposición laboral a ruido en trabajadores de raza negra de la industria minera, encuentra que los participantes de raza negra presentan significativamente mejores umbrales auditivos para altas frecuencias y peores para bajas frecuencias respecto a los de raza blanca. La raza, por tanto, a pesar de no haberse evaluado como posible modificador del efecto en los artículos revisados, probablemente lo sea.

Otras variables influyentes en el grado de pérdida auditiva son: el puesto de trabajo, el tiempo en llegar a este puesto una vez en el lugar de trabajo y la antigüedad o experiencia laboral.

Kerketta *et al.*<sup>(24,25)</sup>, Musiba.<sup>(27)</sup>, Nikulin *et al.*<sup>(28)</sup> y Onder *et al.*<sup>(30)</sup> objetivan diferencias respecto al puesto de trabajo, aunque sin llegar a precisar qué puestos presentan mayor pérdida auditiva. Dado que los puestos de trabajo difieren también en cuanto a exposición podríamos pensar que ahí radica la explicación. Onder *et al.* expone que los trituradores con 4-11 años de experiencia tienen alta probabilidad de pérdida auditiva debido a la alta exposición a ruido (90-99 dBA)<sup>(30)</sup>. Musiba. objetiva una diferencia significativa entre trabajadores subterráneos y en superficie, presentando los primeros mayor prevalencia de pérdida auditiva<sup>(27)</sup>. Ambos datos apoyarían la idea. Otros estudios no incluidos en esta revisión obtienen resultados similares<sup>(39)</sup>.

Son más los estudios que muestran diferencias en lo referente a la duración de la exposición o la experiencia laboral, concretamente un mayor deterioro auditivo a mayor tiempo de exposición o años de experiencia. Estos artículos son los de: Chadambuka *et al.*<sup>(21)</sup>, Gyamfi *et al.*<sup>(23)</sup>, Kerketta *et al.*<sup>(24,25)</sup>, Musiba.<sup>(27)</sup> y Onder *et al.*<sup>(30)</sup>. Estos datos demuestran gradación, a mayor exposición laboral a ruido mayor pérdida auditiva. La gradación apoya la hipótesis de causalidad entre exposición laboral a ruido y desarrollo de pérdida auditiva, ya que es uno de los criterios de causalidad de Bradford Hill<sup>(41)</sup>.

Las diferentes debido a puesto de trabajo y duración de la exposición aumentaría la conveniencia de emplear dispositivos individuales para objetivar la exposición laboral a ruido exacta de cada trabajador como sugiere Nikulin *et al.*<sup>(28)</sup> para realizar una correcta vigilancia de la salud.

Las medidas preventivas no dejan de ser factores modificadores del efecto. El uso de equipos de protección individual para atenuar el ruido ocupacional están contempladas en dos de los artículos revisados<sup>(21,23)</sup>. Uno de ellos, Gyamfi *et al.* observa que el uso de cascos es protector frente a la pérdida de audición<sup>(23)</sup>. Mientras que, en contraposición, Chamdambuka *et al.* reporta que el 82.8% de su población confirma usar de forma constante los tapones y orejeras y, sin embargo, 36.7% terminaron con una pérdida auditiva relacionada con el ruido<sup>(21)</sup>. Por otra parte, Musiba. ubica una mayor pérdida auditiva en el grupo de trabajadores entre 20 y 29 años, atribuyendo este resultado principalmente a una menor concienciación entre este grupo de edad<sup>(27)</sup>.

Nthankana *et al.* considera un posible factor confusor no valorado hasta la fecha: la exposición a polvo de platino. Sin embargo, no obtiene resultados concluyentes<sup>(29)</sup>.

## **Relación entre exposición laboral al ruido y pérdida auditiva**

De los estudios incluidos en la presente revisión podemos extraer que existe como mínimo una asociación entre la exposición laboral a ruido y la pérdida auditiva entre los trabajadores de la minería. Ninguno de los artículos revisados observan datos contrario a esta afirmación y todos exponen datos a favor. Desgraciadamente no podemos asegurar causalidad debido a las diversas limitaciones de los

mismos. Los estudios transversales no aseguran secuencia temporal, condición indispensable para la causalidad<sup>(20, 21, 23, 25-28, 30-32)</sup>. En el caso de los estudios de cohortes, las particularidades de cada uno impiden afirmar causalidad en la población de trabajadores de la minería.

Kerketta *et al.* emplea como variable exposición los años trabajados, asumiendo que la exposición laboral a ruido es proporcional. Además no detalla ni discute esta limitación<sup>(24)</sup>. Concluir causalidad cuantificando la exposición de este modo parece aventurado. Además su población son trabajadores en minas de cielo abierto. Estrictamente esto impediría extrapolar los resultados a trabajadores de la minería en general, aún sabiendo que la exposición laboral a ruido es menor entre los trabajadores en superficie que en el subsuelo.

Grobler *et al.* y Nthankana *et al.* cuantifican adecuadamente exposición y desenlace<sup>(22,29)</sup>. Sin embargo, el artículo de Grobler *et al.* es únicamente válido para mineros de oro en Sudáfrica<sup>(22)</sup>. Además carecen de datos previos sobre los participantes y no pueden descartar la posibilidad de una exposición basal previa desprotegida que sobreestime el efecto de la exposición recogida. Todas estas limitaciones son detalladas por sus propios autores<sup>(22)</sup>. Nthankana *et al.* contempla el mismo sesgo de información diferencial y añade la falta de datos de seguimiento médico que actúen como factores de riesgo de pérdida auditiva como alergias, enfermedades de base o medicación<sup>(29)</sup> que de conocerse probablemente hubiesen disminuido el grado de asociación encontrado.

Otro motivo que induce a la prudencia respecto a la causalidad es que en ninguno de los 3 artículos de cohortes mencionados se aportan medidas de asociación o intervalos de confianza resultantes de comparar la pérdida auditiva entre expuestos y no expuestos a ruido<sup>(24, 25, 29)</sup>. Si bien es cierto que tras la presente revisión se puede afirmar que se cumplen varios de los criterios de causalidad de Bradford Hill<sup>(41)</sup> que apoyan la hipótesis causal. Existe plausibilidad biológica: pérdida de estereocilios, deformaciones y adherencia en las células peludas de la cóclea y alteraciones de la microcirculación coclear están presentes en la pérdida auditiva causada por la exposición al ruido<sup>(32)</sup>. Evidencia experimental: necropsias en mineros expuestos a altos niveles de ruido objetivaron diversas lesiones mecánicas en sus cócleas<sup>(42)</sup>. Analogía: la pérdida auditiva por exposición laboral a ruido está constataada en otras profesiones como motociclistas<sup>(43)</sup>, trabajadores de la industria siderúrgica<sup>(32)</sup>, ceramistas<sup>(44)</sup> o músicos<sup>(45)</sup>, no se trata de algo novedoso o exclusivo de los empleados en el sector de la minería. Gradualidad, porque a mayor experiencia laboral y tiempo de exposición se objetiva una mayor pérdida auditiva<sup>(21-23,25,26,28)</sup>. Y, por último, secuencia temporal. Podría dudarse de la secuencia temporal en el caso de los estudios de cohortes retrospectivos revisados<sup>(17,18)</sup> dado que algunos participantes ya presentaban pérdida auditiva al comenzarse ambos estudios, pero el estudio de Nthakana *et al.* los participantes no presentan deterioro auditivo al iniciarse la recogida de datos para su cohorte prospectiva<sup>(29)</sup>.

## Conclusiones y perspectivas

Existen dos conclusiones principales del estudio:

- De acuerdo con las recomendaciones sobre los objetivos de una revisión sistemática<sup>(46)</sup>, la presente revisión ha hallado 13 artículos respecto a pérdida auditiva asociada a exposición laboral al ruido en el ámbito de la minería publicados posteriormente a 2006.
- El grado de evidencia 3 y recomendación D no permiten asegurar por completo la validez y fiabilidad de las observaciones realizadas.

Adicionalmente hay varias conclusiones secundarias:

- Todos los artículos incluidos concluyen a favor de la existencia de una asociación entre exposición laboral al ruido y pérdida auditiva en el mencionado colectivo.
- Ninguno cuantifica esta asociación o concluye causalidad.
- Respecto a factores modificadores de esta asociación, la edad y el puesto de trabajo actúan como modificadores del efecto interaccionando con la duración de la exposición y aumentando la pérdida auditiva.

- El uso de medidas preventivas es un claro factor protector.
- Los límites legales de ruido en los lugares de trabajo son un factor determinante.
- Los artículos revisados subrayan el no cumplimiento de las leyes o normativas relativas a los límites de ruido en el ámbito laboral y su importancia.

## Bibliografía

1. Who.int. 2022. *Deafness and hearing loss*. [online] Disponible en: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/deafness-and-hearing-loss> [Acceso 3 Febrero 2022].
2. Hernández A, González B. Alteraciones auditivas en trabajadores expuestos al ruido industrial. *Med Seg Trabajo* 2007; 50(208):09-19.
3. Zhou J, Shi Z, Zhou L, et al. Occupational noise-induced hearing loss in China: a systematic review and meta-analysis. *BMJ Open* 2020;10:e039576. doi: 10.1136/bmjopen-2020-039576.
4. Moroe N, Khoza-Shangase K, Kanji A, Ntlhakana L. The management of occupational noise-induced hearing loss in the mining sector in Africa: A systematic review – 1994 to 2016. *Noise & Vibration Worldwide*. 2018;49(5):181-190.
5. Convenio 176 sobre Seguridad y Salud en las minas, 1995, núm. 176, Organización Internacional del Trabajo.
6. Directiva 2003/10/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 6 de febrero de 2003, sobre las disposiciones mínimas de seguridad y de salud relativas a la exposición de los trabajadores a los riesgos derivados de los agentes físicos (ruido) (decimoseptima Directiva específica con arreglo al apartado 1 del artículo 16 de la Directiva 89/391/CEE). *Diario Oficial n° L 042 de 15/02/2003 p. 0038 – 0044*.
7. Wolf J, Prüss-Ustün A, Ivanov I, Mudgal S, Corvalán C, Bos R et al. Preventing disease through a healthier and safer workplace. Geneva: World Health Organization; 2018. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.
8. Masterson E, Bushnell P, Themann C, Morata T. Hearing Impairment Among Noise-Exposed Workers – United States, 2003–2012. *MMWR Morbidity and Mortality Weekly Report*. 2016;65(15):389-394.
9. Real Decreto 863/1985, de 2 de abril, por el que se aprueba el Reglamento General de Normas Básicas de Seguridad Minera. (Boletín Oficial del Estado, número 140, de 12 de junio de 1985).
10. OSHA. Occupational noise exposure, 1910.95(b). 2022 [Citado el 23 de Febrero de 2022]. Disponible en: <https://www.osha.gov/laws-regs/regulations/standardnumber/1910/1910.95>
11. Real Decreto 286/2006, de 10 de marzo, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido. (Boletín Oficial del Estado, número 60, de 11 de marzo de 2006).
12. Kirchner D, Evenson E, Dobie R, Rabinowitz P, Crawford J, Kopke R et al. Occupational Noise-Induced Hearing Loss. *Journal of Occupational & Environmental Medicine*. 2012;54(1):106-108.
13. MJ, Moher D, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, et al. PRISMA 2020 explanation and elaboration: updated guidance and exemplars for reporting systematic reviews. *BMJ* 2021;372:n160. doi: 10.1136/bmj.n160.
14. MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ* 2021;372:n71. doi: 10.1136/bmj.n71-
15. Embase [Internet]. Embase.com. 2022 [Citado el 20 Febrero 2022]. Disponible en: <https://www.embase.com/#emtreeSearch/default>.
16. Wanden-Berghe C, Sanz-Valero J. Systematic reviews in nutrition: standardized methodology. *Br J Nutr*. 2012;107:S3-7. doi:10.1017/S0007114512001432.

- 17.** Von Elm E, Altman DG, Egger M, Pocock SJ, Gøtzsche PC, Vandenbroucke JP, et al. The Strengthening the Reporting of Observational Studies in Epidemiology (STROBE) statement: guidelines for reporting observational studies. *Gac Sanit.* 2008;22:144-50. Doi:10.1157/13119325).
- 18.** Harbour R, Miller J. A new system for grading recommendations in evidence based guidelines. *BMJ.* 2001;323:334-36. Doi:10.1136/bmj.323.7308.334.
- 19.** Ley 14/2007, de 3 de julio, de Investigación biomédica. *Boletín Oficial del Estado* 159, de 4 de julio de 2007. <https://www.boe.es/eli/es/l/2007/07/03/14>.
- 20.** Brigic A, Berbic N, Ahmetovic N, Kudumovic D. Analysis of noise affect in production processes at open pit mines to level of hearing impairment of employees. *HealthMED.* 2012;6(4):1494-501.
- 21.** Chadambuka A, Mususa F, Muteti S. Prevalence of noise induced hearing loss among employees at a mining industry in Zimbabwe. *African Health Sciences.* 2013;13(4):899-906.
- 22.** Grobler LM, Swanepoel DW, Strauss S, Becker P, Eloff Z. Occupational noise and age: A longitudinal study of hearing sensitivity as a function of noise exposure and age in South African gold mine workers. *S Afr J Commun Disord.* 2020;67(2):687.
- 23.** Gyamfi CKR, Amankwaa I, Owusu Sekyere F, Boateng D. Noise Exposure and Hearing Capabilities of Quarry Workers in Ghana: A Cross-Sectional Study. *J Environ Public Health.* 2016;2016:7054276.
- 24.** Kerketta S, Gartia R, Bagh S. Assessment of noise induced hearing loss of the mine workers of a chromite mines at Sukinda, Orissa, India. *Noise and Vibration Worldwide.* 2016;43(2):28-36.
- 25.** Kerketta S, Gartia R, Bagh S. Hearing threshold, loss, noise levels and worker's profiles of an open cast chromite mines in Odisha, India. *Malaysian Journal of Medical Sciences.* 2012;19(4):64-72.
- 26.** Liu J, Xu M, Ding L, Zhang H, Pan L, Liu Q, et al. Prevalence of hypertension and noise-induced hearing loss in Chinese coal miners. *Journal of Thoracic Disease.* 2016;8(3):422-9.
- 27.** Musiba Z. The prevalence of noise-induced hearing loss among Tanzanian miners. *Occup Med (Lond).* 2015;65(5):386-90.
- 28.** Nikulin AN, Dolzhikov IS, Stepanova LV, Golod VA. Assessment of noise impact on coal mine workers including way to/from workplace. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu.* 2021;(2):151-5.
- 29.** Ntlhakana L, Nelson G, Khoza-Shangase K, Maposa I. Predicting standard threshold shifts for occupational hearing loss among miners at a large-scale platinum mine in South Africa. *Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy.* 2021;121(8):397-404.
- 30.** Onder M, Onder S, Mutlu A. Determination of noise induced hearing loss in mining: an application of hierarchical loglinear modelling. *Environmental Monitoring and Assessment.* 2012;184(4):2443-51.
- 31.** Tripathy DP, Rao DS. Assessment of noise induced hearing loss (NIHL) of mine workers in a bauxite mine using fuzzy logic. En *San Francisco Marriott Marquis Hotel* San Francisco; United States; 2015. Disponible en: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84947584812&partnerID=40&md5=610c689c28fc73db19f9f7a867017443>.
- 32.** Yılmaz AI. Determination of mining-induced hearing loss with otoacoustic emission method at Tki-Eli lignite field. *Journal of Mining Science.* 2012;48(2):376-81.
- 33.** Delgado-Rodríguez M, Sillero-Arenas M. Systematic review and meta-analysis. *Medicina Intensiva [Internet].* 2018 [citado el 23 de Febrero de 2022];42(7):444-453. Disponible en: <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0210569117302942?token=19D168E97E6B52BC9AF1873C4D17BB90BFEA840AEC25597E80B122E941987C192C243A9D0C78C8FC455664116E0F16A4&originRegion=eu-west-1&originCreation=20220223175406>
- 34.** Reichl, C.; Schatz, M.; World Mining Data 2019. Minerals Production, Viena; 2019; 34: 26. Disponible en: <https://www.world-mining-data.info/wmd/downloads/PDF/WMD2019.pdf>.

- 35.** LILACS B. Base de datos LILACS : [Internet]. Metodologia.lilacs.bvsalud.org. 2022 [citado el 3 Febrero 2022]. Disponible en: <http://metodologia.lilacs.bvsalud.org/php/level.php?lang=es&component=19&item=3>.
- 36.** Wu M, Guffey S, Takacs B. Comparison of noise reduction of earplugs between fit test and coal mine work and observed variability of real-time noise reduction in coal mine work. *Work-a Journal of Prevention Assessment & Rehabilitation*. 2016;55(3):531-8.
- 37.** Camargo H, Peterson S, Kim B, Alcorn L. Development and field evaluation of noise controls for jumbo drills. En 2019. Disponible en: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.085084164162&partnerID=40&md5=a3194f6eb2933b2529916f0a99e01c2b>.
- 38.** Harbour R, Miller J. A new system for grading recommendations in evidence based guidelines. *BMJ*. 2001;323:334-36. doi:10.1136/bmj.323.7308.334.
- 39.** Strauss S, Swanepoel DW, Becker P, Eloff Z, Hall JW III. Noise and age-related hearing loss: A study of 40 123 gold miners in South Africa. *International Journal of Audiology*. Marzo de 2014;53:S66-75.
- 40.** Liebenberg A, Brichta AM, Nie VM, Ahmadi S, James CL. Hearing threshold levels of Australian coal mine workers: a retrospective cross-sectional study of 64196 audiograms. *International Journal of Audiology*. Octubre de 2021;60(10):808-19.
- 41.** De Irala Estévez J, Martínez-González MA, Seguí-Gómez M. *Epidemiología aplicada*. 1st ed. Barcelona: Ariel Ciencias Médicas; 2004.
- 42.** Úlehllová, L; Brani, M.; Janisch, R. (1989). Acoustic Trauma in Mineworkers Revealed by Temporal Bone Necropsy. *Acta Oto-Laryngologica*, 108(sup470), 97-108. doi:10.3109/00016488909138362.
- 43.** McCombe A, Binnington J. Hearing loss in Grand Prix motorcyclists: occupational hazard or sports injury?. *British Journal of Sports Medicine*. 1994;28(1):35-37.
- 44.** Mostaghaci M, Mirmohammadi S, Mehrparvar A, Bahaloo M, Mollasadeghi A, Davari M. Effect of Workplace Noise on Hearing Ability in Tile and Ceramic Industry Workers in Iran: A 2-Year Follow-Up Study. *The Scientific World Journal*. 2013;2013:1-7.
- 45.** Di Stadio A, Dipietro L, Ricci G, Della Volpe A, Minni A, Greco A et al. Hearing Loss, Tinnitus, Hyperacusis, and Diplacusis in Professional Musicians: A Systematic Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2018;15(10):2120.
- 46.** Hagger MS. What makes a 'good' review article? Some reflections and recommendations. *Health Psychol Rev*. 2012;6:141-46. doi:10.1080/17437199.2012.70



doi: 10.4321/s0465-546x2022000100005

Revisión sistemática

# Neoplasias en trabajadores expuestos a radiación cósmica: Una Revisión Sistemática

## Neoplasms in workers exposed to cosmic radiation: A Systematic Review

Lucía del Mar Alberto Martín<sup>1</sup>

Marjorie Cortes Pérez<sup>2</sup>

Jennifer Karen Álvarez Galván<sup>1</sup>

Daniel Luis Ayllón Jiménez<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Unidad Docente de Medicina del Trabajo de Canarias. España.

<sup>2</sup>Unidad Docente de Medicina del Trabajo de Castilla y León. España.

---

### Correspondencia

Lucía del Mar Alberto Martín  
[luciaalbertomartin@gmail.com](mailto:luciaalbertomartin@gmail.com)

**Recibido:** 15.03.2022

**Aceptado:** 23.03.2022

**Publicado:** 30.03.2022

---

### Contribución de autoría

Las autoras y los autores de este trabajo han contribuido por igual.

---

### Agradecimientos

A Luis Sánchez Gómez por su tutorización, consejos y correcciones en la realización de este trabajo. 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 la Comunidad de Canarias y Castilla y León

---

### Financiación

Sin financiación.

---

### Conflicto de intereses

En esta revisión no hubo conflicto de interés.

---

### Cómo citar este trabajo

Alberto Martín LM, Cortes Pérez M, Álvarez Galvan JK, Ayllón Jiménez DL. Neoplasias en trabajadores expuestos a radiación cósmica: Una Revisión Sistemática. Med Segur Trab (Internet). 2022;68(266):56-75. doi: 10.4321/s0465-546x2022000100005

## Resumen

**Introducción:** La radiación cósmica, como tipo de radiación ionizante, se asocia con la inducción de cáncer en las personas expuestas. Dado que el nivel de exposición está relacionado con la altitud, los trabajadores expuestos a mayor radiación cósmica (pilotos de aerolínea, auxiliares de vuelo, astronautas) podrían estar expuestos a mayor riesgo de neoplasias.

**Objetivo:** Identificar el riesgo de neoplasias en trabajadores expuestos a radiación cósmica.

**Método:** Revisión sistemática de la literatura científica recogida en diferentes bases de datos hasta noviembre de 2021. Los términos utilizados como descriptores fueron: “Neoplasms”, “Occupational Exposure” y “Cosmic Radiation”. La búsqueda se completó con otros términos en texto libre y no se emplearon filtros (límites). Se incluyeron artículos originales de estudios observacionales y revisiones sistemáticas, cuya calidad fue evaluada a través de las guías STROBE y AMSTAR-2, respectivamente.

**Resultados:** Se recuperaron 597 referencias, de las que se pudieron obtener a texto completo 10 artículos tras aplicar los criterios de inclusión y exclusión. En algunos de ellos se describe un aumento de riesgo de cáncer en trabajadores expuestos a la radiación cósmica, especialmente a cáncer de piel y a cáncer de mama, mientras que en otros no se evidenció una relación significativa entre la exposición a la radiación cósmica y el desarrollo de neoplasias.

**Conclusiones:** No existe evidencia suficiente que demuestre el riesgo de neoplasias entre pilotos, auxiliares de vuelo y astronautas, por estar expuestos a la radiación cósmica.

---

**Palabras clave:** neoplasias; exposición laboral; radiación cósmica.

## Abstract

**Introduction:** Cosmic radiation, as a type of ionizing radiation, is associated with the induction of cancer in exposed people. Since the level of exposure is related to altitude, workers exposed to higher cosmic radiation (airline pilots, cabin crew, astronauts) could be exposed to a higher risk of neoplasms.

**Objective:** To identify the risk of neoplasms in workers exposed to cosmic radiation.

**Method:** Systematic review of scientific literature retrieved from different databases until November 2021. The terms used as descriptors were: “Neoplasms”, “Occupational Exposure” and “Cosmic Radiation”. The search was completed with other free-text terms and no filters (limits) were used. Original articles of observational studies and systematic reviews were included, whose quality was evaluated through the STROBE and AMSTAR-2 guidelines, respectively.

**Results:** 597 references were retrieved. From these, 10 articles could be obtained in full text after applying the inclusion and exclusion criteria. Some of them describe an increased risk of cancer in workers exposed to cosmic radiation, especially skin cancer and breast cancer, while others did not show a significant relationship between exposure to cosmic radiation and the development of neoplasms.

**Conclusions:** There is not enough evidence to demonstrate the risk of neoplasms among pilots, flight attendants and astronauts, due to being exposed to cosmic radiation.

---

**Keywords:** neoplasms; occupational exposure; cosmic radiation.

## Introducción

La radiación ionizante es un tipo de energía liberada por los átomos que viaja en forma de ondas electromagnéticas (rayos gamma o X) o partículas (neutrones, beta o alfa). La desintegración espontánea de los átomos se denomina radiactividad, y el exceso de energía emitida es una forma de radiación ionizante. Los elementos inestables que se desintegran y emiten radiaciones ionizantes se denominan radionúclidos<sup>(1)</sup>.

El campo de radiación cósmica al que están expuestos los tripulantes de las aeronaves tiene dos orígenes diferentes: las partículas energéticas procedentes del universo en general (normalmente denominadas radiación cósmica galáctica) y del Sol. La radiación cósmica galáctica consiste en una mezcla de radiaciones, incluyendo partículas subatómicas, rayos gamma y rayos X, que interactúan con los núcleos de la atmósfera superior de la Tierra para producir toda una variedad de otras partículas. La atmósfera de la Tierra protege sustancialmente la superficie del planeta de la radiación cósmica, con un nivel de exposición que depende en gran medida de la altitud y la latitud. Dado que la atmósfera está más enrarecida a mayor altura y en los extremos polares, el efecto de blindaje de la atmósfera se reduce y la exposición a la radiación cósmica aumenta<sup>(2)</sup>.

La inducción de cáncer es el principal efecto tardío provocado por la exposición a la radiación ionizante. En la actualidad se ha adoptado la hipótesis conservadora de que cualquier dosis de radiación ionizante es capaz de inducir cáncer en las personas a ella expuestas (Hipótesis de relación dosis-efecto lineal sin umbral), de forma que, la probabilidad de su aparición, crece con la dosis de radiación recibida<sup>(3)</sup>.

La legislación vigente con respecto a las Radiaciones ionizantes está regulada por el R.D. 783/2001, que se basa en la Ley 31/1995, de 8 de noviembre sobre Prevención de Riesgos Laborales y Reglamentos que la desarrollan<sup>(4)</sup>.

Hasta la actualidad, diversos artículos han estudiado los factores de riesgo e incidencia del cáncer en trabajadores expuestos a la radiación cósmica, principalmente entre pilotos, auxiliares de vuelo y astronautas. Estas fuentes nos ofrecen información sobre el riesgo del cáncer, considerado secundario a la exposición laboral, y nos muestran una posible relación con respecto a otros factores tanto ocupacionales como relacionados con el estilo de vida<sup>(5-9)</sup>.

Por lo anteriormente descrito, consideramos de interés realizar una revisión sistemática de la literatura científica existente con el objetivo principal de identificar el riesgo de neoplasias en trabajadores expuestos a radiación cósmica.

### Objetivos

El objetivo principal de esta revisión sistemática es identificar el riesgo de neoplasias en los trabajadores expuestos a radiación cósmica.

Como objetivo secundario:

- Conocer los posibles tipos de neoplasias desarrollados por la exposición laboral a la radiación cósmica.

### Métodos

Se realizó una revisión sistemática de la literatura científica, para ello se consultaron distintas bases de datos utilizando la pregunta de investigación basada en el concepto PIO (Pacientes, Intervención, Outcomes-Resultados).

## Pregunta PIO

La búsqueda se centró en la siguiente pregunta PIO:

- **P – Población: Exposición ocupacional.** Se estudió a los trabajadores expuestos a la radiación cósmica (pilotos, auxiliares de vuelo y astronautas) como resultado de su ocupación.
- **I – Intervención: Radiación cósmica.** Fuerte energía de radiación, o partículas del espacio extraterrestre que chocan contra la tierra o atmósfera y puede crear radiación secundaria por la disociación de partículas atmosféricas.
- **O – Outcomes/Resultados: Neoplasias.** Crecimiento anormal y nuevo de tejido. Las neoplasias malignas muestran un mayor grado de anaplasia y tienen la propiedad de invasión y metástasis, comparado con las neoplasias benignas.

¿Existe riesgo de neoplasia y, en caso afirmativo, de qué tipo por estar los trabajadores expuestos a la radiación cósmica?

## Criterios de inclusión

Se incluyeron artículos originales de estudios observacionales (cohortes, casos y controles, series de casos, estudios transversales), revisiones sistemáticas y metaanálisis; sin limitación de tamaño muestral y que cumplieran los criterios de la pregunta PIO.

## Criterios de exclusión

Se excluyeron editoriales, resúmenes, comunicaciones a congresos, cartas al director, a propósito de un caso y revisiones no sistemáticas; y también aquellos estudios duplicados en las distintas bases de datos.

Como criterios de exclusión fueron eliminados aquellos artículos con idiomas diferentes al inglés o castellano, y los que no fueron encontrados a texto completo.

## Búsqueda bibliográfica

Las bases de datos consultadas fueron: MEDLINE (vía PubMed), EMBASE, Web Of Science, Scopus, Cochrane Library, Índice Bibliográfico Español en Ciencias de la Salud (IBECS), Literatura Latinoamericana y del Caribe en Ciencias de la Salud (LILACS) y Medicina en Español (MEDES); utilizándose los descriptores y ecuaciones de búsqueda que figuran en el anexo 1.

La búsqueda se realizó sin limitar por año de publicación, para ello, se consultó la literatura científica existente hasta el momento de la última búsqueda realizada, el 23 de noviembre de 2021.

Para definir los términos de la búsqueda se consultó el Thesaurus de los Descriptores en Ciencias de la Salud (DeCS) desarrollado por el Centro Latinoamericano y del Caribe de Información en Ciencias Médicas (BIREME) y su equivalencia con el establecido por la US National Library of Medicine, los Medical Subject Heading (MeSH).

Durante la identificación de los estudios se adaptó la estrategia de búsqueda a cada base de datos, combinando descriptores (MeSH y Emtree) con texto libre mediante la unión booleana (Población AND Intervención AND Resultados). En esta búsqueda no se han empleado filtros (límites).

Además, se realizó una búsqueda manual entre las referencias bibliográficas de los estudios encontrados en las bases de datos.

## Selección de estudios

En base a los criterios de inclusión y exclusión comentados, se seleccionaron los estudios y se evaluaron por dos revisores independientes a través de títulos y resúmenes, para la posterior lectura sistemática a texto completo de los artículos finalmente elegidos. Las discrepancias se resolvieron consultando a un tercer revisor o mediante revisión conjunta y consensuada.

Se utilizó Zotero como programa de gestión de referencias bibliográficas y de eliminación de duplicados.

## Extracción de datos

Empleando una tabla de síntesis prediseñada, dos revisores recopilaron por separado los datos analizados de los estudios incluidos. La información extraída incluyó los siguientes datos: identificación de la referencia en la revisión, primer autor, año de publicación, diseño, periodo y país donde se realizó el estudio, población (trabajadores o número de estudios, en caso de revisión sistemática), efecto estudiado (neoplasias), resultados principales y conclusiones.

## Síntesis de los datos

Se realizó un análisis descriptivo y narrativo de la información recopilada y una síntesis en tablas de las principales medidas de resultado de los estudios incluidos.

## Evaluación de la calidad metodológica

La calidad de los artículos seleccionados se determinó empleando la guía para estudios observacionales STROBE (Strengthening the Reporting of Observational studies in Epidemiology)<sup>(20)</sup>, listado con 22 puntos de control evaluables. Para cada artículo seleccionado se asignó un punto por cada ítem presente. Si 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 forma que en ningún caso se superara la puntuación de un punto por ítem.

Para las revisiones sistemáticas y los metaanálisis se empleó la herramienta de evaluación crítica AMSTAR-2 (Ameasurement Tool to Assess Systematic Reviews)<sup>(11)</sup>, teniendo en cuenta sus 16 dominios con opciones de respuestas simples: “sí” cuando el resultado fue positivo, “no” cuando no se cumplió el estándar o no había información suficiente para responder, y “sí parcial” en aquellos casos en los que hubo adherencia parcial. De acuerdo a cada dominio se pueden clasificar las revisiones en cuatro niveles de confianza: alta, moderada, baja y críticamente baja.

# Resultados

## Resultados de la búsqueda

Después de aplicar los criterios de búsqueda descritos en las diferentes bases de datos, se recuperaron un total de 595 referencias, y se añadieron 2 referencias más a través de la búsqueda manual de la bibliografía de los estudios encontrados. De estas 597 referencias, se eliminaron aquellas que estaban duplicadas obteniendo 285 artículos, de los cuales se excluyeron 213 estudios tras analizar sus títulos y resúmenes. De los 72 artículos restantes, 62 fueron excluidos tras su lectura a texto completo y la aplicación de los criterios de inclusión y exclusión (anexo 2), obteniendo finalmente 10 estudios<sup>(2,12-20)</sup> que fueron incluidos en la revisión final. (Figura 1).

Los 10 artículos incluidos en la revisión sistemática y recogidos en la tabla de extracción de datos (anexo 4) se clasifican según su diseño en: 4 revisiones sistemáticas<sup>(2,12-14)</sup>, una de las cuales incluía metaanálisis<sup>(12)</sup>, 5 cohortes<sup>(15-19)</sup> y 1 casos y controles anidado<sup>(20)</sup>.

## Calidad de los estudios incluidos

Se evaluó la calidad de los artículos seleccionados mediante la guía AMSTAR-2 para las revisiones sistemáticas, y la guía STROBE para los estudios observacionales (cohortes y casos y controles anidado).

En los 4 artículos valorados con la guía AMSTAR-2, la evaluación de la calidad obtuvo en todos ellos un resultado “críticamente bajo”<sup>(2,12-14)</sup>, ya que no cumplían con más de uno de los dominios considerados “críticos” (dominios 2, 4, 7, 9, 11, 13 y 15). Mientras que entre los 6 estudios observacionales, la puntuación de la guía STROBE osciló entre 16,72 y 20,65 puntos (76% y 93,86%)<sup>(15-20)</sup> (Anexo 3).

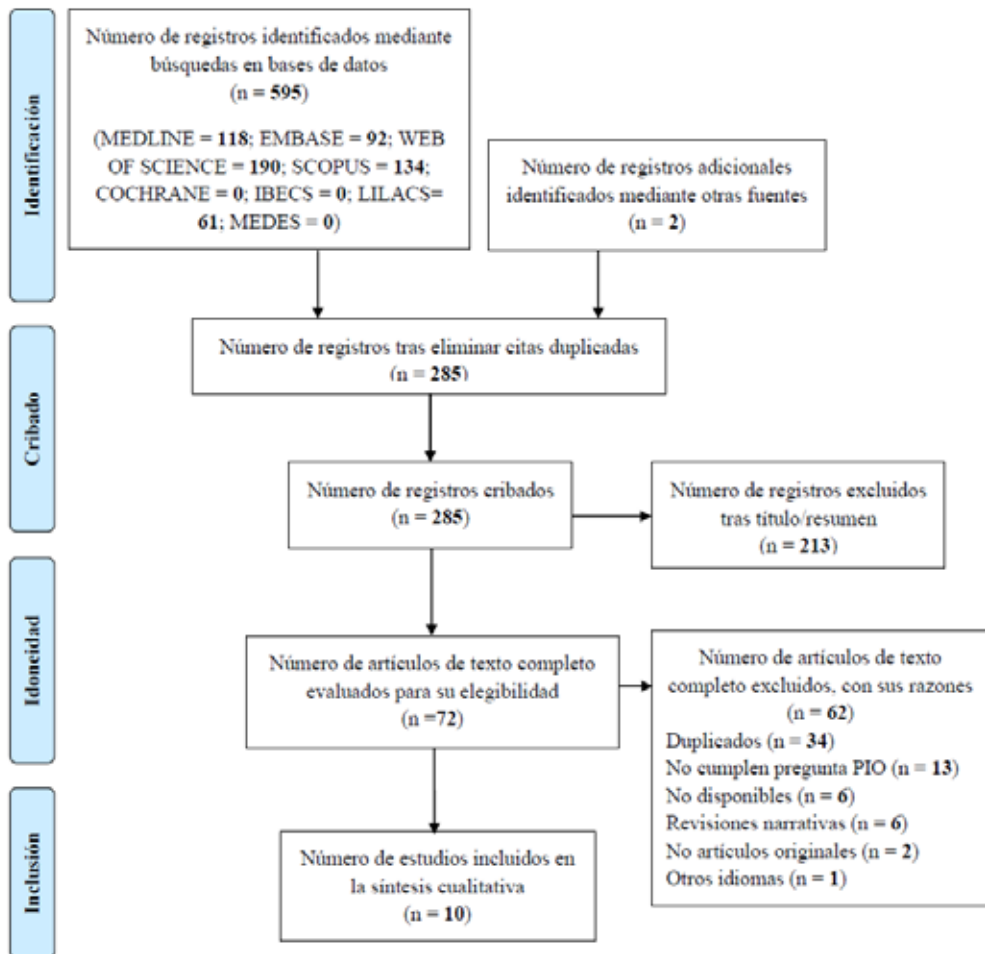


Figura 1: Diagrama de flujo del proceso de selección de estudios.

## Descripción de los resultados

Miura et al. 2019<sup>(12)</sup>, llevó a cabo un metaanálisis incluyendo 12 estudios publicados entre 1990 y 2017, que analizaban población europea, americana y canadiense. Su objetivo fue analizar la incidencia y mortalidad del melanoma y otros cánceres de piel (carcinoma de células basales y de células escamosas) entre pilotos y auxiliares de vuelo. De los 5866 artículos que recuperó, revisó 44 a texto completo, incorporando finalmente 12. La razón de incidencia estandarizada (SIR) obtenida para el melanoma en los pilotos fue 2.03 (IC 95% 1.71-2.40) y en los auxiliares de vuelo 2.12 (IC 95% 1.71-2.62). Mientras que la razón de mortalidad estandarizada (SMR) en los pilotos para el melanoma fue 1.99 (IC 95% 1.17-3.40) y en los auxiliares de vuelo 1.18 (IC 95% 0.73-1.89). Para los cánceres de piel no melanomas, la SIR fue 1.86 (IC 95% 1.54-2.25) en los pilotos y 1.97 (IC 95% 1.25-2.96) en los auxiliares de vuelo. No hubo evidencia de heterogeneidad entre los estudios incluidos. Por tanto, los resultados mostraron que los pilotos y auxiliares de vuelo tenían aproximadamente el doble de riesgo de melanoma y otros cánceres de piel que la población general. Además, los pilotos tenían más probabilidad de morir por melanoma. Sin embargo, la mayoría de las mediciones se recopilaron hace décadas y su relevancia para los niveles de riesgo actuales es incierta.

Co *et al.* 2020<sup>(13)</sup>, realizó una revisión sistemática basada en 12 estudios que comprendían desde 1995 hasta 2018, los cuales valoraban la prevalencia y mortalidad por cáncer de mama en una población europea y estadounidense de mujeres auxiliares de vuelo. En cuanto a prevalencia, se obtuvo que de 14.111 mujeres, 1.061 desarrollaron cáncer de mama (2.35%). La razón de prevalencia estandarizada (SPR) fue 1.08 (IC 95% 0.37-1.59) en comparación con la población americana, y 1.09 (IC 95% 0.37-1.60) en comparación con la población europea. Al evaluar la mortalidad en 44.508 mujeres, los resultados mostraron que 139 habían fallecido a causa de un cáncer de mama (0.32%); donde la SMR fue 1.8 (IC 95% 0.63-4.25) en comparación con la población americana, y 1.3 (IC 95% 0.47-3.15) en comparación con la población europea. En definitiva, dado que los resultados fueron comparables con los de la población general, se concluyó que no hubo evidencia suficiente para sugerir una asociación entre radiación cósmica, interrupción circadiana y cáncer de mama entre las auxiliares de vuelo.

En la revisión sistemática de Di Trolio *et al.* 2015<sup>(2)</sup>, se pretendió evaluar la incidencia de diferentes tipos de cánceres en trabajadores expuestos a la radiación cósmica (pilotos, auxiliares de vuelo y astronautas). Se basó en 28 estudios realizados entre 1990 y 2014. Aunque algunos de ellos reportaron un aumento de la incidencia de ciertos tipos de cánceres entre el personal de vuelo, otros no lograron mostrar asociación alguna, de hecho, algunos incluso reportaron menor riesgo de cáncer en general. El hallazgo más consistente, informado en una serie de estudios, fue la mayor incidencia en cáncer de piel entre los auxiliares de vuelo, pero estos aumentos no siempre fueron significativos. Para otros tipos de cáncer, no quedó claro si la exposición a la radiación cósmica actuaba como factor de riesgo para el aumento de la incidencia o si dicho aumento podía explicarse por factores relacionados con el estilo de vida. En conclusión, el riesgo de cáncer en relación con la exposición a la radiación cósmica en estos trabajadores no se consiguió aclarar, por lo que se recomiendan realizar más investigaciones para analizar esta posible relación.

Hammer *et al.* 2009<sup>(14)</sup>, en su revisión sistemática realizada sobre tripulaciones aéreas, incluyó 65 estudios comprendidos entre 1990 y 2008. Estos estudios incluían población de diversos países (americanos, europeos y asiáticos). Su objetivo fue analizar la incidencia y mortalidad de diversas neoplasias: melanoma, cáncer de mama, del sistema nervioso central, de próstata y el linfoma no Hodgkin. Mientras que los resultados para la incidencia y mortalidad por cáncer en general fueron inferiores a los de la población de comparación, sí se notificaron riesgos elevados de incidencia de cáncer de mama en las tripulaciones aéreas femeninas y de melanoma en los tripulantes tanto masculinos como femeninos. Por otro lado, el cáncer de cerebro aumentó entre los pilotos en algunos estudios. Otros estudios también notificaron aumento de mortalidad e incidencia con el aumento de la dosis de radiación estimada. Pero, tras valorar todos los resultados, se consideró que la radiación contribuía poco o nada al riesgo de cáncer entre el personal de vuelo, mientras que el exceso de radiación ultravioleta podría ser una causa probable del aumento de riesgo de melanoma.

En un estudio de cohortes retrospectivo entre 1960 y 2014, Dreger *et al.* 2020<sup>(15)</sup>, evaluó la mortalidad por diferentes cánceres entre pilotos y auxiliares de vuelo alemanes, en una población de 26.846 trabajadores. Se obtuvo que en los pilotos (hombres), la mortalidad por cáncer de cerebro aumentó significativamente:  $n = 23$ , SMR 2.01 (IC 95% 1.15-3.28); mientras que la mortalidad por melanoma no:  $n = 10$ , SMR 1.88 (IC 95% 0.78-3.85). La mortalidad por cáncer de mama entre las auxiliares de vuelo (mujeres) fue similar a la de la población general:  $n = 71$ , SMR 1.06 (IC 95% 0.77-1.44). La mayoría de cánceres estaban disminuidos en todos los grupos de trabajadores y no hubo evidencia de un patrón dosis-respuesta significativo para los cánceres considerados. En general, la mortalidad fue baja para la mayoría de cánceres en comparación con hallazgos anteriores. Respecto al cáncer de cerebro, aunque los pilotos mostraron un aumento significativo de mortalidad, el riesgo relativo (RR) calculado no fue estadísticamente significativo; por lo que, ante los hallazgos no concluyentes, se sugirió que la incidencia y mortalidad del cáncer de cerebro debería volver a evaluarse en futuros estudios.

Lee *et al.* 2019<sup>(16)</sup>, realizó un estudio de cohortes entre trabajadores de la industria del transporte aéreo en Corea, durante 2002 – 2015. Su objetivo fue evaluar la incidencia de diferentes cánceres en los trabajadores de este sector, comparándola con otros dos grupos de trabajadores (empleados del gobierno y toda la población trabajadora). Mientras que el SIR no pudo estimarse para muchos tipos de cánceres en mujeres por falta de datos, para todos los cánceres de manera general se obtuvo un aumento

significativo: 2.27 (IC 95% 1.79-2.84) en comparación con los empleados del gobierno, y 2.09 (IC 95% 1.65-2.62) en comparación con toda la población trabajadora. La leucemia también mostró un aumento significativo del SIR comparado con el grupo de empleados del gobierno (1.86; IC 95% 1.15-2.84), y con el grupo de toda la población trabajadora (1.77; IC 95% 1.10-2.70). Por lo tanto, los trabajadores de la industria del transporte aéreo tuvieron un riesgo aumentado de leucemia en comparación con otros grupos poblacionales. Además, las mujeres tuvieron un mayor riesgo para la incidencia de “todo tipo de cáncer” comparado con su grupo de referencia, mientras que los hombres tuvieron una disminución estadísticamente significativa para esta categoría.

En la cohorte retrospectiva de *Olsen et al. 2019*<sup>(17)</sup>, se valoró la incidencia de melanoma en ingenieros de vuelo y pilotos australianos, durante 2011 – 2016. En esta cohorte, 114 desarrollaron melanoma (51 invasivo, 63 in situ). Más del 50% de los melanomas se produjeron en el tronco y el subtipo predominante fue el melanoma de extensión superficial. El SIR para el melanoma invasivo fue 1.20 (IC 95% 0.89-1.55) y para el melanoma in situ 1.39 (IC 95% 1.08-1.78). Por lo que se concluye, que los pilotos tuvieron un riesgo modestamente elevado de melanoma in situ, pero no de melanoma invasivo en comparación con la población general.

*Pinkerton et al. 2018*<sup>(18)</sup>, también realizó un estudio de cohortes, pero en 6.095 mujeres auxiliares de vuelo estadounidenses, entre 1970 – 2005, con el objetivo de evaluar la incidencia de diferentes cánceres (tiroides, ovario, útero, cuello uterino y melanoma). La incidencia de cáncer de tiroides, ovario y útero no fue elevada. Tampoco se observaron relaciones positivas significativas entre la exposición y la respuesta; sí se observaron relaciones positivas débiles y no significativas para el cáncer de tiroides con la radiación cósmica y los husos horarios cruzados, y para el melanoma en relación con la alteración circadiana. En definitiva, se encontró poca evidencia de un mayor riesgo de estos cánceres por la exposición a la radiación cósmica ocupacional o por la alteración circadiana entre las auxiliares de vuelo.

En otro estudio de cohortes retrospectivo realizado por *Pinkerton et al. 2016*<sup>(19)</sup>, se valoró la incidencia del cáncer de mama en 6.093 mujeres auxiliares de vuelo estadounidenses, entre 1953 – 1991. En este estudio, la relación de la incidencia de cáncer de mama con la exposición a radiación cósmica estuvo modificada por la paridad, aun así, el exceso de riesgo relativo ajustado a mujeres con paridad  $\geq 3$  no fue estadísticamente significativo. En conclusión, la incidencia del cáncer de mama no se asoció con la exposición acumulada a la radiación cósmica o la interrupción del ritmo circadiano.

Por último, *Kojo et al. 2013*<sup>(20)</sup>, llevó a cabo un estudio de casos y controles anidado, durante 1953 – 2011. Valoró la incidencia de cáncer de piel en 736 mujeres auxiliares de vuelo de Finlandia (44 casos y 692 controles). Entre los casos, 9 fueron melanomas y 35 fueron por carcinoma basocelular. La dosis de radiación cósmica acumulada no reveló un incremento de riesgo de cáncer de piel: odds ratio (OR) ajustado 0.75 (IC 95% 0.57-1.00). Entre las auxiliares de vuelo, los casos con cáncer de piel tuvieron mayores puntuaciones en características personales (color de pelo, ojos y piel; antecedentes de cáncer de piel en familiares de primer grado y fototipo) que los controles: OR ajustado 1.43 (IC 95% 1.01-2.04). Según los resultados, no parece haber evidencia clara en la relación entre radiación cósmica y cáncer de piel, por lo que se recomendó realizar más estudios y con mayor tamaño muestral.

## Discusión

El objetivo principal de esta revisión sistemática fue identificar el riesgo de neoplasias en los trabajadores expuestos a la radiación cósmica, a través del análisis de la literatura científica existente. Teniendo como objetivo secundario, conocer los posibles tipos de neoplasias desarrollados por la exposición laboral a dicha radiación.

Durante esta revisión se recuperaron cuatro revisiones sistemáticas y seis estudios observacionales. Dado el efecto que se pretendía estudiar, como el tipo de exposición, no fue posible encontrar ensayos clínicos, pues se entiende que no es viable ni ético exponer de manera experimental a un grupo de personas a radiación para analizar en ellos los efectos producidos, y compararlo con otro grupo que no haya sido expuesto.

Es por este motivo, por el que se podría intentar explicar que la calidad de las revisiones sistémicas analizadas con AMSTAR-2 haya obtenido un nivel de confianza críticamente bajo. Pues en dicha guía de valoración, la mayoría de ítems se centran en ensayos clínicos; mientras que nuestra revisión sistemática, y las revisiones analizadas, se centran principalmente en estudios observacionales, especialmente cohortes.

De entre los artículos revisados, seis<sup>(2,12,14,15,17,20)</sup> analizaron el riesgo de cáncer de piel. De ellos, sólo *Miura et al*<sup>(12)</sup> y *Hammer et al*<sup>(14)</sup> hallaron un riesgo aumentado tanto de incidencia como de mortalidad. *Di Trolio et al*<sup>(2)</sup> en su revisión, también informó sobre la existencia de mayor incidencia en una serie de estudios, pero los aumentos no siempre fueron significativos. Mientras que *Olsen et al*<sup>(17)</sup> diferencia entre melanoma in situ y melanoma invasivo, revelando un riesgo elevado únicamente para el melanoma in situ.

Sobre el cáncer de mama, *Co et al*<sup>(13)</sup> y *Dreger et al*<sup>(15)</sup>, coinciden en que la mortalidad entre las auxiliares de vuelo es similar a la de la población general. *Pinkerton et al*<sup>(19)</sup>, por su parte, concluye que la incidencia estuvo modificada por la paridad, aun así, el exceso de riesgo ajustado no fue estadísticamente significativo. El único de entre nuestra revisión que menciona riesgos sistemáticamente elevados de incidencia de cáncer de mama en la tripulación aérea femenina fue *Hammer et al*<sup>(14)</sup> en su revisión sistemática.

De una manera más general, *Hammer et al*<sup>(14)</sup> y *Dreger et al*<sup>(15)</sup>, hablan de una disminución de la incidencia y mortalidad para la mayoría de cánceres estudiados. *Dreger et al*<sup>(15)</sup> hace referencia al efecto del trabajador saludable como posible explicación de estos resultados, ya que son trabajadores sometidos a reconocimientos médicos periódicos, con más frecuencia que la población general. *Lee et al*<sup>(16)</sup> distingue según sexo, encontrando un mayor riesgo para “todo tipo de cánceres” entre el sexo femenino, en comparación con su grupo de referencia; mientras que en el sexo masculino hubo una disminución estadísticamente significativa para la misma categoría. *Pinkerton et al*<sup>(18)</sup>, tampoco encontró un aumento de riesgo significativo entre los tipos de cánceres que estudió (tiroides, ovario, útero y melanoma).

Hallazgos contradictorios se obtuvieron también al analizar el riesgo de cáncer de cerebro. Mientras que *Hammer et al*<sup>(14)</sup> habla de un aumento en algunos de los estudios de su revisión, *Dreger et al*<sup>(15)</sup> obtuvo un aumento significativo de mortalidad, aunque al analizar el riesgo relativo en el mismo estudio, los resultados no fueron significativos.

Por último, *Lee et al*<sup>(16)</sup> en su cohorte, obtuvo un riesgo aumentado de leucemia en comparación con otros grupos poblacionales analizados.

Las principales limitaciones compartidas de los estudios revisados han sido la posible interferencia de factores del estilo de vida no analizados, como la exposición solar en tiempo de ocio que puede relacionarse con el aumento de riesgo a cáncer de piel, y la falta de poder estadístico por el pequeño número de casos encontrados o de estudios analizados.

Además, estos trabajadores están expuestos a otros riesgos ocupacionales, como la alteración del ritmo circadiano, cuya valoración se suele realizar a través de los registros de horas de vuelo y rutas realizadas, lo cual dificulta la posibilidad de analizarlo como un factor independiente, dada su estrecha relación con la manera de valorar la exposición a la radiación cósmica.

Otras limitaciones presentes han sido los posibles sesgos de recuerdo, por el aumento de participación y respuesta de aquellos trabajadores que hayan padecido un cáncer, y de detección, ya que como comentábamos anteriormente estos trabajadores se someten a controles de salud con mayor asiduidad que el resto de la población.

## Conclusiones

Por todo lo anteriormente expuesto, podemos concluir que no existe evidencia suficiente que demuestre el riesgo de neoplasias entre pilotos, auxiliares de vuelo y astronautas, por estar expuestos a la radiación cósmica. En definitiva, sería necesario realizar más estudios que ayudaran a aclarar dicha relación, aumentando la potencia estadística y minimizando la posibilidad de sesgos.

## Bibliografía

1. Radiaciones ionizantes: efectos en la salud y medidas de protección [Internet]. Organización Mundial de la Salud (OMS). 2016 [citado 19 de diciembre de 2021]. Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ionizing-radiation-health-effects-and-protective-measures>
2. Di Trollo R, Di Lorenzo G, Fumo B, Ascierio PA. Cosmic radiation and cancer: Is there a link? *Future Oncol*. 2015;11(7):1123-35.
3. García Gómez M, Bezares González M, García Escandón F, Fernández González MA, Castell Salvá R, Valls Fontanals A. Protocolos de vigilancia sanitaria específica: Radiaciones ionizantes [Internet]. [citado 19 de diciembre de 2021]. Disponible en: <https://www.mscls.gob.es/ciudadanos/saludAmbLaboral/docs/radiacio.pdf>
4. Real Decreto 783/2001, de 6 de julio, por el que se aprueba el Reglamento sobre protección sanitaria contra radiaciones ionizantes. [Internet]. BOE, nº 178 jul 26, 2001. Disponible en: <https://www.boe.es/boe/dias/2001/07/26/pdfs/A27284-27393.pdf>
5. Sigurdson AJ, Ron E. Cosmic radiation exposure and cancer risk among flight crew. *Cancer Invest*. 2004;22(5):743-61.
6. Boice Jr. JD, Lubin JH. Occupational and environmental radiation and cancer. *Cancer Causes Control*. 1997;8(3):309-22.
7. Blettner M, Grosche B, Zeeb H. Occupational cancer risk in pilots and flight attendants: Current epidemiological knowledge. *Radiat Environ Biophys*. julio de 1998;37(2):75-80.
8. Boice Jr. JD, Blettner M, Auvinen A. Epidemiologic studies of pilots and aircrew. *Health Phys*. 2000;79(5):576-84.
9. Wilkison BD, Wong EB. Skin cancer in military pilots: a special population with special risk factors. *Cutis*. 2017;100(4):218-20.
10. 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*. 20 de octubre de 2007;335(7624):806-8.
11. Ciapponi A. AMSTAR-2: herramienta de evaluación crítica de revisiones sistemáticas de estudios de intervenciones de salud. *Evid Actual En Práctica Ambulatoria* [Internet]. 1 de abril de 2018 [citado 4 de marzo de 2022];21(1). Disponible en: <http://www.evidencia.org.ar/index.php/Evidencia/article/view/6834>
12. Miura K, Olsen CM, Rea S, Marsden J, Green AC. Do airline pilots and cabin crew have raised risks of melanoma and other skin cancers? Systematic review and meta-analysis. *Br J Dermatol*. julio de 2019;181(1):55-64.
13. Co M, Kwong A. Breast Cancer Rate and Mortality in Female Flight Attendants: A Systematic Review and Pooled Analysis. *Clin Breast Cancer*. octubre de 2020;20(5):371-6.
14. Hammer GP, Blettner M, Zeeb H. Epidemiological studies of cancer in aircrew. *Radiat Prot Dosim*. julio de 2009;136(4):232-9.
15. Dreger S, Wollschläger D, Schafft T, Hammer GP, Blettner M, Zeeb H. Cohort study of occupational cosmic radiation dose and cancer mortality in German aircrew, 1960-2014. *Occup Environ Med*. 2020;77(5):285-91.
16. Lee W, Kang M, Yoon J. Cancer Incidence Among Air Transportation Industry Workers Using the National Cohort Study of Korea. *Int J Environ Res Public Health*. 14 de agosto de 2019;16(16).
17. Olsen C, Miura K, Dusingize J, Hosegood I, Brown R, Drane M, et al. Melanoma incidence in Australian commercial pilots, 2011-2016. *Occup Environ Med*. julio de 2019;76(7):462-6.

18. Pinkerton LE, Hein MJ, Anderson JL, Christianson A, Little MP, Sigurdson AJ, et al. Melanoma, thyroid cancer, and gynecologic cancers in a cohort of female flight attendants. *Am J Ind Med.* 2018;61(7):572-81.
19. Pinkerton LE, Hein MJ, Anderson JL, Little MP, Sigurdson AJ, Schubauer-Berigan MK. Breast cancer incidence among female flight attendants: exposure-response analyses. *Scand J Work Environ Health.* 1 de junio de 2016;42(6):538-46.
20. Kojo K, Helminen M, Pukkala E, Auvinen A. Risk factors for skin cancer among finnish airline cabin crew. *Ann Occup Hyg.* 2013;57(6):695-704.

## Anexos

### Anexo 1: Estrategia de búsqueda

Bases de datos. Descriptores y ecuación de búsqueda	Nº citas
<p><b>MEDLINE (PubMed):</b> ("occupational exposure"[MeSH Terms] OR ("occupational exposure"[Title/Abstract] OR "exposure occupational"[Title/Abstract] OR "exposures occupational"[Title/Abstract] OR "work exposure"[Title/Abstract] OR "labor exposure"[Title/Abstract] OR "job exposure"[Title/Abstract] OR "occupational exposition"[Title/Abstract] OR "job exposition"[Title/Abstract])) AND ("cosmic radiation"[MeSH Terms] OR ("cosmic radiation"[Title/Abstract] OR "radiation cosmic"[Title/Abstract] OR "radiations cosmic"[Title/Abstract] OR "hze particle"[Title/Abstract] OR "particle HZE"[Title/Abstract] OR "particles HZE"[Title/Abstract] OR "cosmic ray"[Title/Abstract] OR "galactic radiation"[Title/Abstract] OR "space radiation"[Title/Abstract])) AND ("neoplasms"[MeSH Terms] OR ("neoplasm"[Title/Abstract] OR "neoplasia"[Title/Abstract] OR "tumor"[Title/Abstract] OR "cancer"[Title/Abstract] OR "Malignancy"[Title/Abstract] OR "Malignancies"[Title/Abstract] OR "malignant neoplasm"[Title/Abstract] OR "Neoplasm Malignant"[Title/Abstract] OR "Neoplasms Malignant"[Title/Abstract] OR "benign neoplasm"[Title/Abstract] OR "Neoplasms Benign"[Title/Abstract] OR "Tumour"[Title/Abstract] OR "neoplastic disease"[Title/Abstract] OR "Neoplastic entity"[Title/Abstract] OR "Neoplastic mass"[Title/Abstract] OR "Tumoral entity"[Title/Abstract] OR "Tumoral mass"[Title/Abstract] OR "Tumorous entity"[Title/Abstract] OR "Tumorous mass"[Title/Abstract] OR "Tumoural mass"[Title/Abstract] OR "Tumourous mass"[Title/Abstract]))</p>	118
<p><b>EMBASE:</b> 'occupational exposure'/exp OR 'occupational exposure':ti,ab,kw OR 'exposure occupational':ti,ab,kw OR 'exposures occupational':ti,ab,kw OR 'work exposure':ti,ab,kw OR 'labor exposure':ti,ab,kw OR 'job exposure':ti,ab,kw OR 'occupational exposition':ti,ab,kw OR 'job exposition':ti,ab,kw <b>AND</b> 'cosmic radiation'/exp OR 'cosmic radiation':ti,ab,kw OR 'radiation cosmic':ti,ab,kw OR 'radiations cosmic':ti,ab,kw OR 'hze particle':ti,ab,kw OR 'particle hze':ti,ab,kw OR 'particles hze':ti,ab,kw OR 'cosmic ray':ti,ab,kw OR 'galactic radiation':ti,ab,kw OR 'space radiation':ti,ab,kw <b>AND</b> 'neoplasm'/exp OR 'neoplasm':ti,ab,kw OR 'neoplasia':ti,ab,kw OR 'tumor':ti,ab,kw OR 'cancer':ti,ab,kw OR 'malignancy':ti,ab,kw OR 'malignancies':ti,ab,kw OR 'malignant neoplasm':ti,ab,kw OR 'neoplasm malignant':ti,ab,kw OR 'neoplasms malignant':ti,ab,kw OR 'benign neoplasm':ti,ab,kw OR 'neoplasm benign':ti,ab,kw OR 'neoplasms benign':ti,ab,kw OR 'tumour':ti,ab,kw OR 'neoplastic disease':ti,ab,kw OR 'neoplastic entity':ti,ab,kw OR 'neoplastic mass':ti,ab,kw OR 'tumoral entity':ti,ab,kw OR 'tumoral mass':ti,ab,kw OR 'tumorous entity':ti,ab,kw OR 'tumorous mass':ti,ab,kw OR 'tumoural mass':ti,ab,kw OR 'tumourous mass':ti,ab,kw</p>	92
<p><b>WEB OF SCIENCE:</b> TS=('occupational exposure*' OR 'exposure occupational' OR 'exposures occupational' OR 'work exposure*' OR 'labor exposure' OR 'job exposure*' OR 'occupational exposition' OR 'job exposition') <b>AND</b> TS=('cosmic radiation*' OR 'radiation cosmic' OR 'radiations cosmic' OR 'hze particle*' OR 'particle hze' OR 'particles hze' OR 'cosmic ray*' OR 'galactic radiation' OR 'space radiation') <b>AND</b> TS=('neoplasm*' OR 'neoplasia*' OR 'tumor*' OR 'cancer*' OR 'malignancy' OR 'malignancies' OR 'malignant neoplasm*' OR 'neoplasm malignant' OR 'neoplasms malignant' OR 'benign neoplasm*' OR 'neoplasm benign' OR 'neoplasms benign' OR 'tumour' OR 'neoplastic disease*' OR 'neoplastic entity' OR 'neoplastic mass' OR 'tumoral entity' OR 'tumoral mass' OR 'tumorous entity' OR 'tumorous mass' OR 'tumoural mass' OR 'tumourous mass')</p>	190

Bases de datos. Descriptores y ecuación de búsqueda	Nº citas
<p><b>SCOPUS:</b> ( TITLE-ABS-KEY ( "occupational exposure*" OR "exposure occupational" OR "exposures occupational" OR "work exposure*" OR "labor exposure" OR "job exposure*" OR "occupational exposition" OR "job exposition" [ ] AND TITLE-ABS-KEY ( "cosmic radiation*" OR "radiation cosmic" OR "radiations cosmic" OR "hze particle*" OR "particle HZE" OR "particles HZE" OR "cosmic ray*" OR "galactic radiation" OR "space radiation" [ ] AND TITLE-ABS-KEY ( "neoplasm*" OR "neoplasia*" OR "tumor*" OR "cancer*" OR "Malignancy" OR "Malignancies" OR "malignant neoplasm*" OR "Neoplasm Malignant" OR "Neoplasms Malignant" OR "benign neoplasm*" OR "Neoplasm Benign" OR "Neoplasms Benign" OR "Tumour" OR "neoplastic disease*" OR "Neoplastic entity" OR "Neoplastic mass" OR "Tumoral entity" OR "Tumoral mass" OR "Tumorous entity" OR "Tumorous mass" OR "Tumoural mass" OR "Tumorous mass" [ ] ) )</p>	134
<p><b>COCHRANE:</b> [Occupational Exposure] explode all trees OR ("occupational exposure*" OR "exposure occupational" OR "exposures occupational" OR "work exposure*" OR "labor exposure" OR "job exposure*" OR "occupational exposition" OR "job exposition"):ti,ab,kw (Word variations have been searched) <b>AND</b> [Cosmic Radiation] explode all trees OR ("cosmic radiation*" OR "radiation cosmic" OR "radiations cosmic" OR "hze particle*" OR "particle HZE" OR "particles HZE" OR "cosmic ray*" OR "galactic radiation" OR "space radiation"):ti,ab,kw (Word variations have been searched) <b>AND</b> [Neoplasms] explode all trees OR ("neoplasm*" OR "neoplasia*" OR "tumor*" OR "cancer*" OR "Malignancy" OR "Malignancies" OR "malignant neoplasm*" OR "Neoplasm Malignant" OR "Neoplasms Malignant" OR "benign neoplasm*" OR "Neoplasm Benign" OR "Neoplasms Benign" OR "Tumour" OR "neoplastic disease*" OR "Neoplastic entity" OR "Neoplastic mass" OR "Tumoral entity" OR "Tumoral mass" OR "Tumorous entity" OR "Tumorous mass" OR "Tumoural mass" OR "Tumorous mass"):ti,ab,kw (Word variations have been searched)</p>	0
<p><b>IBECs:</b> cosmic\$ AND neoplas\$</p>	0
<p><b>LILACS:</b> Título, resumen, asunto: ("exposición profesional") AND ("radiación cósmica") AND ("neoplasias")</p>	61
<p><b>MEDES:</b> (ocupacion*[título] OR ocupacion*[resumen] OR ocupacion*[palabras_clave]) AND (cosmic*[título] OR cosmic*[resumen] OR cosmic*[palabras_clave]) AND (neoplas*[título] OR neoplas*[resumen] OR neoplas*[palabras_clave])</p>	0

**Anexo 2: Estudios excluidos**

Nº	Referencia	Motivo de exclusión
1	Walsh L, Hafner L, Straube U, Ulanowski A, Fogtman A, Durante M, et al. A bespoke health risk assessment methodology for the radiation protection of astronauts. <i>Radiat Environ Biophys.</i> 2021;60(2):213-31.	No se ajusta a la pregunta PIO
2	Ballard T, Lagorio S, De Santis M, De Angelis G, Santaquilani M, Caldora M, et al. A retrospective cohort mortality study of Italian commercial airline cockpit crew and cabin attendants, 1965-96. <i>INTERNATIONAL JOURNAL OF OCCUPATIONAL AND ENVIRONMENTAL HEALTH.</i> Abril de 2002;8(2):87-96.	Considerado duplicado al estar presente en alguna revisión sistemática (RS) ya incluida en este análisis
3	Peterson L, Kovyrshina T. Adjustment of lifetime risks of space radiation-induced cancer by the healthy worker effect and cancer misclassification. <i>HELIYON.</i> Diciembre de 2015;1(4).	No se ajusta a la pregunta PIO
4	Tveten U, Haldorsen T, Reitan J. Airline crew, cosmic radiation and cancer. Status of the current Norwegian study and the proposed European study. En: Varotsos C, editor. 1997. p. 303-10.	No disponible en la BNCS (Biblioteca Nacional de Ciencias de la Salud)
5	Delp MD, Charvat JM, Limoli CL, Globus RK, Ghosh P. Apollo Lunar Astronauts Show Higher Cardiovascular Disease Mortality: Possible Deep Space Radiation Effects on the Vascular Endothelium. <i>Sci Rep.</i> 2016; 6 ((Delp M.D.; Ghosh P.) Department of Nutrition, Food and Exercise Sciences, Florida State University, Tallahassee, FL 32306, USA):29901.	No se ajusta a la pregunta PIO
6	Anderson J, Waters M, Hein M, Schubauer-Berigan M, Pinkerton L. Assessment of Occupational Cosmic Radiation Exposure of Flight Attendants Using Questionnaire Data. <i>AVIATION SPACE AND ENVIRONMENTAL MEDICINE.</i> Noviembre de 2011;82(11):1049-54.	No se ajusta a la pregunta PIO
7	O'Brien K, Friedberg W, Sauer HH, Smart DF. Atmospheric cosmic rays and solar energetic particles at aircraft altitudes. <i>EnvironInt.</i> 1996;22 Suppl1: S9-44.	No se ajusta a la pregunta PIO
8	Kennedy AR. Biological effects of space radiation and development of effective countermeasures. <i>Life Sci Space Res.</i> 2014;1(1):10-43.	No se ajusta a la pregunta PIO
9	Barr Y, Bacal K, Jones J, Hamilton D. Breast cancer and spaceflight: Risk and management. <i>AVIATION SPACE AND ENVIRONMENTAL MEDICINE.</i> Abril de 2007;78(4): A26-37.	No disponible en la BNCS
10	Schubauer-Berigan M, Hein M, Anderson J, Allee S, Sigurdson A, Little M, et al. Breast cancer incidence among flight attendants. <i>Occup Environ Med.</i> 2014; 71((Schubauer-Berigan M.; Hein M.; Anderson J.; Pinkerton L.) National Institute for Occupational Safety and Health, Centers for Disease Control and Prevention, Cincinnati, OH, United States):A46.	Comunicación oral
11	Schubauer-Berigan M, Anderson J, Hein M, Little M, Sigurdson A, Pinkerton L. Breast Cancer Incidence in a Cohort of US Flight Attendants. <i>AMERICAN JOURNAL OF INDUSTRIAL MEDICINE.</i> Marzo de 2015;58(3):252-66.	Considerado duplicado al estar presente en alguna RS ya incluida

Nº	Referencia	Motivo de exclusión
12	Kojo K, Pukkala E, Auvinen A. Breast cancer risk among Finnish cabin attendants: A nested case-control study. <i>Occupational and Environmental Medicine</i> . 2005;62(7):488-93.	Considerado duplicado al estar presente en alguna RS ya incluida
13	Salhab M, Mokbel K. Breast cancer risk in flight attendants: An update. <i>International Journal of Fertility and Women's Medicine</i> . 2006;51(5):205-7.	Revisión narrativa
14	Pukkala E, Aspholm R, Auvinen A, Eliasch H, Gundestrup M, Haldorsen T, et al. Cancer incidence among 10,211 airline pilots: A nordic study. <i>Aviation Space and Environmental Medicine</i> . 2003;74(7):699-706.	No disponible en la BNCS
15	Buja A, Mastrangelo G, Perissinotto E, Grigoletto F, Frigo AC, Rausa G, et al. Cancer incidence among female flight attendants: A meta-analysis of published data. <i>Journal of Women's Health</i> . 2006;15(1):98-105.	Considerado duplicado al estar presente en alguna RS ya incluida
16	Buja A, Lange JH, Perissinotto E, Rausa G, Grigoletto F, Canova C, et al. Cancer incidence among male military and civil pilots and flight attendants: An analysis on published data. <i>Toxicology and Industrial Health</i> . 2005; 21(9):273-82.	Considerado duplicado al estar presente en alguna RS ya incluida
17	Pukkala E, Helminen M, Haldorsen T, Hammar N, Kojo K, Linnertsjö A, et al. Cancer incidence among Nordic airline cabin crew. <i>Int J Cancer</i> . 2012; 131(12):2886-97.	Considerado duplicado al estar presente en alguna RS ya incluida
18	Haldorsen T, Reitan JB, Tveten U. Cancer incidence among Norwegian airline cabin attendants. <i>International Journal of Epidemiology</i> . 2001; 30(4):825-30.	Considerado duplicado al estar presente en alguna RS ya incluida
19	Haldorsen T, Reitan JB, Tveten U. Cancer incidence among Norwegian airline pilots. <i>Scandinavian Journal of Work, Environment and Health</i> . 2000; 26(2):106-11.	Considerado duplicado al estar presente en alguna RS ya incluida
20	Ballard T, Lagorio S, De Angelis G, Verdecchia A. Cancer incidence and mortality among flight personnel: A meta-analysis. <i>Aviation Space and Environmental Medicine</i> . 2000; 71(3):216-24.	Considerado duplicado al estar presente en alguna RS ya incluida
21	Hammar N, Linnertsjö A, Alfredsson L, Dammstrom B, Johansson M, Eliasch H. Cancer incidence in airline and military pilots in Sweden - 1961-1996. <i>AVIATION SPACE AND ENVIRONMENTAL MEDICINE</i> . Enero de 2002;73(1):2-7.	No disponible en la BNCS
22	Reynolds P, Cone J, Layefsky M, Goldberg DE, Hurley S. Cancer incidence in California flight attendants (United States). <i>Cancer Causes and Control</i> . 2002; 13(4):317-24.	Considerado duplicado al estar presente en alguna RS ya incluida
23	Dos Santos Silva I, De Stavola B, Pizzi C, Evans AD, Evans SA. Cancer incidence in professional flight crew and air traffic control officers: Disentangling the effect of occupational versus lifestyle exposures. <i>Int J Cancer</i> . 2013;132(2):374-84.	Considerado duplicado al estar presente en alguna RS ya incluida
24	Zeeb H, Hammer GP, Langner I, Schaff T, Bennack S, Blettner M. Cancer mortality among German aircrew: Second follow-up. <i>Radiation and Environmental Biophysics</i> . 2010;49(2):187-94.	Considerado duplicado al estar presente en alguna RS ya incluida
25	Pinkerton LE, Waters MA, Hein MJ, Zivkovich Z, Schubauer-Berigan MK, Grajewski B. Cause-specific mortality among a cohort of U.S. flight attendants. <i>Am J Ind Med</i> . 2012;55(1):25-36.	Considerado duplicado al estar presente en alguna RS ya incluida

Nº	Referencia	Motivo de exclusión
26	Zeeb H, Blettner M, Hammer G, Langner I. Cohort mortality study of German cockpit crew, 1960-1997. EPIDEMIOLOGY. Noviembre de 2002;13(6):693-9.	Considerado duplicado al estar presente en alguna RS ya incluida
27	Band P, Le N, Fang R, Deschamps M, Coldman A, Gallagher R, et al. Cohort study of air Canada pilots: Mortality, cancer incidence, and leukemia risk. AMERICAN JOURNAL OF EPIDEMIOLOGY. 15 de enero de 1996;143(2):137-43.	Considerado duplicado al estar presente en alguna RS ya incluida
28	Reynolds RJ, Bukhtiyarov IV, Tikhonova GI, Day SM, Ushakov IB, Gorchakova TYU. Contrapositive logic suggests space radiation not having a strong impact on mortality of US astronauts and Soviet and Russian cosmonauts. Sci Rep. 2019;9(1):8583.	No se ajusta a la pregunta PIO
29	Tveten U, Haldorsen T, Reitan J. Cosmic radiation and airline pilots: Exposure pattern as a function of aircraft type. Radiation Protection Dosimetry. 2000; 87(3):157-65.	No se ajusta a la pregunta PIO
30	Langner I, Blettner M, Gundestrup M, Storm H, Aspholm R, Auvinen A, et al. Cosmic radiation and cancer mortality among airline pilots: Results from a European cohort study (ESCAPE). Radiation and Environmental Biophysics. 2004;42(4):247-56.	Considerado duplicado al estar presente en alguna RS ya incluida
31	Aw JJ. Cosmic radiation and commercial air travel. J TravelMed. Febrero de 2003;10(1):19-28.	Considerado duplicado al estar presente en alguna RS ya incluida
32	Nicholas J, Lackland D, Butler G, Mohr L, Dunbar J, Kaune W, et al. Cosmic radiation and magnetic field exposure to airline flight crews. AMERICAN JOURNAL OF INDUSTRIAL MEDICINE. Diciembre de 1998; 34(6):574-80.	No se ajusta a la pregunta PIO
33	Hammer G, Blettner M, Langner I, Zeeb H. Cosmic radiation and mortality from cancer among male German airline pilots: extended cohort follow-up. EUROPEAN JOURNAL OF EPIDEMIOLOGY. Junio de 2012;27(6):419-29.	Considerado duplicado al estar presente en alguna RS ya incluida
34	Sigurdson AJ, Ron E. Cosmic radiation exposure and cancer risk among flight crew. Cancer Investigation. 2004;22(5):743-61.	Revisión narrativa
35	Boice J, Blettner M, Auvinen A. Epidemiologic studies of pilots and aircrew. HEALTH PHYSICS. Noviembre de 2000;79(5):576-84.	Revisión narrativa
36	Telle-Lamberton M. Epidemiologic studies on workers exposed to low doses of ionizing radiation. Archives des Maladies Professionnelles et de Medecine du Travail. 2005;66(2):150-64.	Idioma: francés
37	Friedberg W, Faulkner DN, Snyder L, Darden Jr. EB, O'Brien K. Galactic cosmic radiation exposure and associated health risks for air carrier crewmembers. Aviation Space and Environmental Medicine. 1989;60(11):1104-8.	No disponible en la BNCS
38	Rafnsson V, Hrafnkelsson J, Tulinius H. Incidence of cancer among commercial airline pilots. Occupational and Environmental Medicine. 2000;57(3):175-9.	Considerado duplicado al estar presente en alguna RS ya incluida

Nº	Referencia	Motivo de exclusión
39	Tokumaru O, Haruki K, Bacal K, Katagiri T, Yamamoto T, Sakurai Y. Incidence of cancer among female flight attendants: A meta-analysis. <i>Journal of Travel Medicine</i> . 2006;13(3):127-32.	Considerado duplicado al estar presente en alguna RS ya incluida
40	Pukkala E, Auvinen A, Wahlberg G. Incidence of cancer among Finnish airline cabin attendants, 1967-92. <i>BMJ</i> . 1995;311(7006):649.	Considerado duplicado al estar presente en alguna RS ya incluida
41	Pukkala E, Aspholm R, Auvinen A, Eliasch H, Gundestrup M, Haldorsen T, et al. Incidence of cancer among Nordic airline pilots over five decades: Occupational cohort study. <i>British Medical Journal</i> . 2002;325(7364):567-9.	Considerado duplicado al estar presente en alguna RS ya incluida
42	Cranmer LD. Influence of job assignment on melanoma (MEL) incidence in commercial aircrew. <i>J Clin Oncol [Internet]</i> . 2017;35(15).	Conferencia (resumen)
43	Shafirkin AV, Petrov VM, Kolomensky AV, Shurshakov VA. Lifetime total radiation risk of cosmonauts for orbital and interplanetary flights. <i>AdvSpace Res</i> . 2002;30(4):999-1003.	No se ajusta a la pregunta PIO
44	Peterson LE, Pepper LJ, Hamm PB, Gilbert SL. Longitudinal study of astronaut health: Mortality in the years 1959-1991. <i>Radiation Research</i> . 1993;133(2):257-64.	No se ajusta a la pregunta PIO
45	Yong LC, Pinkerton LE, Yiin JH, Anderson JL, Deddens JA. Mortality among a cohort of U.S. commercial airline cockpit crew. <i>Am J IndMed</i> . 2014;57(8):906-14.	Considerado duplicado al estar presente en alguna RS ya incluida
46	Paridou A, Velonakis E, Langner I, Zeeb H, Blettner M, Tzonou A. Mortality among pilots and cabin crew in Greece, 1990-1997. <i>International Journal of Epidemiology</i> . 2003;32(2):244-7.	Considerado duplicado al estar presente en alguna RS ya incluida
47	Nicholas JS, Lackland DT, Dosemeci M, Mohr Jr. LC, Dunbar JB, Grosche B, et al. Mortality among US commercial pilots and navigators. <i>Journal of Occupational and Environmental Medicine</i> . 1998;40(11):980-5.	Considerado duplicado al estar presente en alguna RS ya incluida
48	Zeeb H, Blettner M, Langner I, Hammer GP, Ballard TJ, Santaquilani M, et al. Mortality from cancer and other causes among airline cabin attendants in Europe: A collaborative cohort study in eight countries. <i>American Journal of Epidemiology</i> . 2003;158(1):35-46	Considerado duplicado al estar presente en alguna RS ya incluida
49	Blettner M, Zeeb H, Langner I, Hammer GP, Schafft T. Mortality from cancer and other causes among airline cabin attendants in Germany, 1960-1997. <i>American Journal of Epidemiology</i> . 2002;156(6):556-65.	Considerado duplicado al estar presente en alguna RS ya incluida
50	Blettner M, Zeeb H, Auvinen A, Ballard TJ, Caldora M, Eliasch H, et al. Mortality from cancer and other causes among male airline cockpit crew in Europe. <i>International Journal of Cancer</i> . 2003;106(6):946-52.	Considerado duplicado al estar presente en alguna RS ya incluida
51	Hammer GP, Auvinen A, De Stavola BL, Grajewski B, Gundestrup M, Haldorsen T, et al. Mortality from cancer and other causes in commercial airline crews: a joint analysis of cohorts from 10 countries. <i>Occup Environ Med</i> . Mayo de 2014;71(5):313-22.	Considerado duplicado al estar presente en alguna RS ya incluida
52	Boice Jr. JD, Lubin JH. Occupational and environmental radiation and cancer. <i>Cancer Causes and Control</i> . 1997;8(3):309-22.	Revisión narrativa

Nº	Referencia	Motivo de exclusión
53	Blettner M, Grosche B, Zeeb H. Occupational cancer risk in pilots and flight attendants: Current epidemiological knowledge. <i>RADIATION AND ENVIRONMENTAL BIOPHYSICS</i> . Julio de 1998;37(2):75-80.	Revisión narrativa
54	Winter M, Blettner M, Zeeb H. Prevalence of risk factors for breast cancer in German airline cabin crew: a cross-sectional study. <i>JOURNAL OF OCCUPATIONAL MEDICINE AND TOXICOLOGY</i> . 17 de julio de 2014;9.	No se ajusta a la pregunta PIO
55	Rafnsson V, Tulinius H, Jónasson JG, Hrafnkelsson J. Risk of breast cancer in female flight attendants: A population-based study (Iceland). <i>Cancer Causes and Control</i> . 2001;12(2):95-101.	Considerado duplicado al estar presente en alguna RS ya incluida
56	Hamm P, Billica R, Johnson G, Wear M, Pool S. Risk of cancer mortality among the longitudinal study of astronaut health (LSAH) participants. <i>AVIATION SPACE AND ENVIRONMENTAL MEDICINE</i> . Febrero de 1998;69(2):142-4.	No disponible en la BNCS
57	Wilkison BD, Wong EB. Skin cancer in military pilots: a special population with special risk factors. <i>Cutis</i> . 2017;100(4):218-20.	Revisión narrativa
58	Cucinotta FA. Space radiation risks for astronauts on multiple International Space Station missions. <i>PLoSOne</i> . 2014;9(4): e96099.	No se ajusta a la pregunta PIO
59	Liu T, Zhang C, Liu C. The incidence of breast cancer among female flight attendants: An updated meta-analysis. <i>Journal of Travel Medicine [Internet]</i> . 2016;23(6).	Considerado duplicado al estar presente en alguna RS ya incluida
60	Sanlorenzo M, Wehner MR, Linos E, Kornak J, Kainz W, Posch C, et al. The risk of melanoma in airline pilots and cabin crew: A meta-analysis. <i>JAMA Dermatology</i> . 2015;151(1):51-8.	Considerado duplicado al estar presente en alguna RS ya incluida
61	Gundestrup M, Storm HH. Radiation-induced acute myeloid leukaemia and other cancers in commercial jet cockpit crew: a population-based cohort study. <i>Lancet</i> . 11 de diciembre de 1999;354(9195):2029-31.	Considerado duplicado al estar presente en alguna RS ya incluida
62	Gudmundsdottir EM, Hrafnkelsson J, Rafnsson V. Incidence of cancer among licenced commercial pilots flying North Atlantic routes. <i>EnvironmentalHealth</i> . 16 de agosto de 2017;16(1):86.	Considerado duplicado al estar presente en alguna RS ya incluida

Anexo 3: Calidad de estudios incluidos

ANEXO 3. Calidad de estudios incluidos

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		
Dragar et al., 2020 (15)	1	1	1	1	1	0,5	1	1	0	0	1	0,6	0,66	1	1	0,66	1	1	1	1	1	1	18,42	<b>83,72</b>
Lee et al., 2019 (16)	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0,4	0,33	0,66	1	0,33	0	1	1	1	1	1	16,72	<b>76</b>
Olson et al., 2019 (17)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,33	0,66	1	0,66	1	1	1	1	1	1	20,65	<b>93,86</b>
Pinakarton et al., 2018 (18)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,66	0,66	1	1	0,66	1	1	1	1	0	1	19,98	<b>99,81</b>
Pinakarton et al., 2016 (19)	1	1	1	1	1	0,5	1	1	0	0	1	0,6	0,33	0,33	1	0,33	1	1	1	1	1	1	17,09	<b>77,68</b>
Kojo et al., 2013 (20)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0,4	0,66	0,33	1	0,33	0	1	1	1	0	1	16,72	<b>76</b>

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

Evaluación de la calidad metodológica de los estudios a través de los 16 dominios de valoración de la guía AMSTAR-2

Referencia	Calificación de los 16 dominios																Confianza
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
Mitna et al., 2019 (12)	Si	Si parcial	No	Si parcial	Si	Si	No	Si parcial	No	No	No	No	No	Si	Si	No	<b>Criticamente baja</b>
Co et al., 2020 (13)	Si	Si parcial	No	Si parcial	Si	Si	No	Si parcial	No	No	No MA	No MA	No	No	No MA	Si	<b>Criticamente baja</b>
Di Troilo et al., 2015 (2)	No	No	No	No	No	No	No	Si parcial	No	No	No MA	No MA	No	No	No MA	Si	<b>Criticamente baja</b>
Hammer et al., 2009 (14)	Si	No	No	No	No	No	No	No	No	Si	No MA	No MA	No	No	No MA	No	<b>Criticamente baja</b>

Si = resultado positivo; No = no cumple el dominio o no hay información suficiente; Si parcial = adherencia parcial al estándar; No MA = No incluye metaanálisis

Dominios críticos: 2, 4, 7, 9, 11, 13, 15

STROBE Statement—checklist of items that should be included in reports of observational studies (10)

Item No	Recommendation
<b>Title and abstract</b> 1	(a) Indicate the study's design with a commonly used term in the title or the abstract (b) Provide in the abstract an informative and balanced summary of what was done and what was found
<b>Introduction</b>	
Background rationale 2	Explain the scientific background and rationale for the investigation being reported
Objectives 3	State specific objectives, including any prespecified hypotheses
<b>Methods</b>	
Study design 4	Present key elements of study design early in the paper
Setting 5	Describe the setting, locations, and relevant dates, including periods of recruitment, exposure, follow-up, and data collection
Participants 6	(a) Cohort study—Give the eligibility criteria, and the sources and methods of selection of participants. Describe methods of follow-up Case-control study—Give the eligibility criteria, and the sources and methods of case ascertainment and control selection. Give the rationale for the choice of cases and controls Cross-sectional study—Give the eligibility criteria, and the sources and methods of selection of participants (b) Cohort study—For matched studies, give matching criteria and number of exposed and unexposed Case-control study—For matched studies, give matching criteria and the number of controls per case
Variables 7	Clearly define all outcomes, exposures, predictors, potential confounders, and effect modifiers. Give diagnostic criteria, if applicable
Data sources/measurement 8*	For each variable of interest, give sources of data and details of methods of assessment (measurement). Describe comparability of assessment methods if there is more than one group
Bias 9	Describe any efforts to address potential sources of bias
Study size 10	Explain how the study size was arrived at
Quantitative variables 11	Explain how quantitative variables were handled in the analyses. If applicable, describe which groupings were chosen and why
Statistical methods 12	(a) Describe all statistical methods, including those used to control for confounding (b) Describe any methods used to examine subgroups and interactions (c) Explain how missing data were addressed (d) Cohort study—If applicable, explain how loss to follow-up was addressed Case-control study—If applicable, explain how matching of cases and controls was addressed Cross-sectional study—If applicable, describe analytical methods taking account of sampling strategy (e) Describe any sensitivity analyses

Results		
Participants	13*	(a) Report numbers of individuals at each stage of study—eg numbers potentially eligible, examined for eligibility, confirmed eligible, included in the study, completing follow-up, and analyzed (b) Give reasons for non-participation at each stage (c) Consider use of a flow diagram
Descriptive data	14*	(a) Give characteristics of study participants (eg demographic, clinical, social) and information on exposures and potential confounders (b) Indicate number of participants with missing data for each variable of interest (c) Cohort study—Summarize follow-up time (eg, average and total amount)
Outcome data	15*	Cohort study—Report numbers of outcome events or summary measures over time Case-control study—Report numbers in each exposure category, or summary measures of exposure Cross-sectional study—Report numbers of outcome events or summary measures
Main results	16	(a) Give unadjusted estimates and, if applicable, confounder-adjusted estimates and their precision (eg, 95% confidence intervals). Make clear which confounders were adjusted for and why they were included (b) Report category boundaries when continuous variables were categorized (c) If relevant, consider translating estimates of relative risk into absolute risk for a meaningful time period
Other analyses	17	Report other analyses done—eg analyses of subgroups and interactions, and sensitivity analyses
Discussion		
Key results	18	Summarize key results with reference to study objectives
Limitations	19	Discuss limitations of the study, taking into account sources of potential bias or imprecision. Discuss both direction and magnitude of any potential bias
Interpretation	20	Give a cautious overall interpretation of results considering objectives, limitations, multiplicity of analyses, results from similar studies, and other relevant evidence
Generalizability	21	Discuss the generalizability (external validity) of the study results
Other information		
Funding	22	Give the source of funding and the role of the funders for the present study and, if applicable, for the original study on which the present article is based

\*Give information separately for cases and controls in case-control studies and, if applicable, for exposed and unexposed groups in cohort and cross-sectional studies.

### AMSTAR-2: herramienta de evaluación crítica de revisiones sistemáticas de estudios de intervenciones de salud (11)

1. ¿Las preguntas de investigación y los criterios de inclusión para la revisión incluyen los componentes PICO?
2. ¿El reporte de la revisión contiene una declaración explícita de que los métodos de la revisión fueron establecidos con anterioridad a su realización y justifica cualquier desviación significativa del protocolo?
3. ¿Los autores de la revisión explicaron su decisión sobre los diseños de estudio a incluir en la revisión?
4. ¿Los autores de la revisión usaron una estrategia de búsqueda bibliográfica exhaustiva?
5. ¿Los autores de la revisión realizaron la selección de estudios por duplicado?
6. ¿Los autores de la revisión realizaron la extracción de datos por duplicado?
7. ¿Los autores de la revisión proporcionaron una lista de estudios excluidos y justificaron las exclusiones?
8. ¿Los autores de la revisión describieron los estudios incluidos con suficiente detalle?
9. ¿Los autores de la revisión usaron una técnica satisfactoria para evaluar el riesgo de sesgo de los estudios individuales incluidos en la revisión?
10. ¿Los autores de la revisión reportaron las fuentes de financiación de los estudios incluidos en la revisión?
11. Si se realizó un meta-análisis, ¿los autores de la revisión usaron métodos apropiados para la combinación estadística de resultados?
12. Si se realizó un meta-análisis, ¿los autores de la revisión evaluaron el impacto potencial del riesgo de sesgo en estudios individuales sobre los resultados del meta-análisis u otra síntesis de evidencia?
13. ¿Los autores de la revisión consideraron el riesgo de sesgo de los estudios individuales al interpretar / discutir los resultados de la revisión?
14. ¿Los autores de la revisión proporcionaron una explicación satisfactoria y discutieron cualquier heterogeneidad observada en los resultados de la revisión?
15. Si se realizó síntesis cualitativa, ¿los autores de la revisión llevaron a cabo una adecuada investigación del sesgo de publicación (sesgo de estudio pequeño) y discutieron su probable impacto en los resultados de la revisión?
16. ¿Los autores de la revisión informaron de cualquier fuente potencial de conflicto de intereses, incluyendo cualquier financiamiento recibido para llevar a cabo la revisión?

#### Domínios críticos de la herramienta AMSTAR-2

1. Protocolo registrado antes de la revisión (ítem 2)
2. Adecuada búsqueda en la literatura (ítem 4)
3. Justificación de los estudios excluidos (ítem 7)
4. Riesgo de sesgo de los estudios individuales incluidos (ítem 9)
5. Métodos meta-analítico apropiados (ítem 11)
6. Consideración del riesgo de sesgo en la interpretación de los resultados de la revisión (ítem 13)
7. Evaluación de la presencia y el impacto probable del sesgo de publicación (ítem 15)

Anexo 4: Tabla de extracción de datos

Características y resultados principales de los estudios seleccionados sobre el desarrollo de neoplasias en relación con la exposición ocupacional a radiación cósmica						
Autor, año PMID	Tipo de estudio	Período y país	Población (trabajadores, estudios)	Efecto estudiado (neoplasias)	Resultados principales	Conclusiones
Miaz et al., 2019(12) PMID: 30485313	Revisión sistemática y metanálisis	1999 – 2017 Europa, Estados Unidos, Canadá	Pilotos y auxiliares de vuelo N= 12 estudios	Melanoma y cáncer de queratinocitos (KC) - CBC - carcinoma de células basales y CCE - carcinoma de células escamosas (incidencia y mortalidad)	5866 artículos recuperados, se retiraron 44 a texto completo y 12 fueron incluidos. El SMR agrupado (pSIR) para el melanoma en los pilotos fue 2.03 (IC 95% 1.71-2.40) y en los auxiliares de vuelo 2.12 (IC 95% 1.71-2.62). Entre los pilotos, el SMR agrupado para el melanoma fue 1.99 (IC 95% 1.19-3.40) y en los auxiliares de vuelo 1.18 (IC 95% 0.73-1.89). Para el KC, el pSIR fue 1.85 (IC 95% 1.54-2.25) en los pilotos y 1.97 (IC 95% 1.25-2.96) en los auxiliares de vuelo. No hubo evidencia de heterogeneidad en los estudios.	Los trabajos disponibles muestran que los pilotos y auxiliares de vuelo tienen aproximadamente el doble de riesgo de melanoma y otros cánceres de piel que la población general. Además, los pilotos tienen más probabilidades de morir de melanoma. Sin embargo, la mayoría de los trabajos se preocuparon hacer varios decados y no refieren para los niveles de riesgo actuales en nuestra.
Co et al., 2020(13) PMID: 32805812	Revisión sistemática	1995 – 2018 Estados Unidos, y Europa	Auxiliares de vuelo (mujeres) N= 12 estudios	Cáncer de mama (prevalencia y mortalidad)	Prevalencia: 43111 mujeres, [96] desarrollaron cáncer de mama (2.35%). SMR 1.08 (IC 95% 0.97-1.19) en comparación con la población americana general. SMR 1.00 (IC 95% 0.97-1.00) en comparación con la población europea. Mortalidad: 44708 mujeres, 139 fallecieron por cáncer de mama (0.375%). SMR 1.8 (IC 95% 0.60-4.23) en comparación con la población americana. SMR 1.1 (IC 95% 0.47-3.15) en comparación con la población europea.	Una revisión de la literatura indicó que no había evidencia suficiente para sugerir una asociación entre radiación cósmica, interrupción circadiana y cáncer de mama en auxiliares de vuelo. La prevalencia y mortalidad por cáncer de mama entre las auxiliares de vuelo fue comparable con la de la población general.
Di Troho et al., 2015(14) PMID: 25804120	Revisión sistemática	1990 – 2014	Pilotos, auxiliares de vuelo, astronautas N= 28 estudios	Diferentes tipos de cánceres (incidencia)	Aunque algunos estudios reportaron aumento de incidencia de ciertos cánceres, otros no lograron mostrar asociaciones, algunos incluso reportaron menor riesgo de cáncer en general. Mayor asociación en cáncer de piel entre auxiliares de vuelo parece ser el hallazgo más consistente, pero los aumentos no siempre fueron significativos. Con otros cánceres, no está claro si una mayor exposición a radiación cósmica es un factor para el aumento de incidencia o si puede explicarse por factores de estilo de vida.	Las tripulaciones aéreas y astronautas están expuestas a la radiación cósmica y varios estudios han informado sobre la incidencia de tumores en ellos, pero el riesgo de cáncer en relación con la exposición a la radiación cósmica sigue sin estar claro, por lo que se necesitan más investigaciones para aclarar esta posible relación.
Himane et al., 2009(14) PMID: 19006378	Revisión sistemática	1990 – 2009 Canadá, Reino Unido, Japón, Alemania, Noruega, Grecia, Finlandia, Islandia, USA	Trabajadores aéreas N= 65 estudios	Melanoma, cánceres de mama, del sistema nervioso central, de próstata, Endometrio, Hígado y (incidencia y mortalidad)	Mientras que la incidencia y mortalidad por cáncer en general fueron inferiores a las de la población de comparación, se notificaron riesgos sustancialmente elevados de incidencia de cáncer de mama en las tripulaciones aéreas femeninas y de melanoma en los tripulantes masculinos y femeninos. El cáncer de cerebro aumentó en algunos estudios en los pilotos. Occasionalmente se notó aumento de mortalidad o incidencia del cáncer con el aumento de la dosis de radiación.	Se considera que las radiaciones ionizantes contribuyen poco o nada al riesgo de cáncer entre el personal de vuelo, mientras que el exceso de radiación ultravioleta es una causa probable del aumento del riesgo de melanoma.
Dreger et al., 2020(15) PMID: 32079886	Cohorte retrospectiva	1960 – 2014 Alemania	Pilotos y auxiliares de vuelo N = 24844 (pilotos: 4004 hombres y 99 mujeres; auxiliares de vuelo: 3733 hombres y 17017 mujeres)	Diferentes tipos de cánceres (mortalidad)	La mortalidad por cáncer de cerebro aumentó significativamente en pilotos (hombres) n = 23, SMR 3.81 (IC 95% 1.15-1.28). La mortalidad por melanoma no aumentó significativamente en pilotos (hombres) n = 13, SMR 1.88 (IC 95% 0.78-3.83). La mortalidad por cánceres de mama entre auxiliares de vuelo (mujeres) fue similar a la población general n = 71, SMR 1.06 (IC 95% 0.77-1.44). La mayoría de cánceres estaban disminuidos en todos los grupos de trabajadores.	No hubo evidencia de un patrón dosis-respuesta significativo. En general, la mortalidad fue baja para la mayoría de cánceres en comparación con hallazgos anteriores. Para el cáncer de cerebro, aunque los pilotos mostraron un aumento significativo de mortalidad, el ER no fue significativo. Por lo que, este los hallazgos concluyentes y la evidencia variable con la dosis acumulada en los diferentes cohortes, la incidencia y mortalidad del cáncer de cerebro debería volver a evaluarse.
Lee et al., 2019(16) PMID: 31416127	Cohorte	2007 – 2013 Corea	Trabajadores de la industria del transporte aéreo N = 59731 personalo	Diferentes tipos de cánceres (incidencia)	La incidencia mostró un aumento significativo de SMR comparado con el grupo de empleados del gobierno (1.10, IC 95% 1.15-1.04) y con el grupo de toda la población trabajadora (1.17, IC 95% 1.19-1.20). El SMR no pudo estimarse para muchos cánceres en mujeres por falta de datos. Para todos los cánceres de mama general se obtuvo un aumento significativo: 2.27 (IC 95% 1.78-2.84) en comparación con los empleados del gobierno y 2.09 (IC 95% 1.65-2.62) en comparación con toda la población trabajadora.	Los trabajadores de la industria del transporte aéreo tuvieron un riesgo aumentado de leucemia en comparación con otros grupos poblacionales. Además, las mujeres tuvieron un mayor riesgo para la incidencia de "todo tipo de cáncer" comparado con el grupo de referencia, mientras que los hombres tuvieron una disminución estadísticamente significativa para esta categoría.
Oliva et al., 2019(17) PMID: 31118813	Cohorte retrospectiva	2011 – 2016 Australia	Auxiliares de vuelo y pilotos N = 91173 personalo	Melanoma (incidencia)	En esta cohorte, 114 desarrollaron melanoma (11 nuevos, 65 en sitio), ~ 50% se produjeron en el tronco y el sitio predominante fue el de exposición superficial. El SMR para el melanoma invasivo fue 1.30 (IC 95% 0.89-1.55) y para el melanoma in situ 1.20 (IC 95% 1.02-1.38).	Los pilotos comerciales con licencia australiana tuvieron un riesgo moderadamente elevado de melanoma in situ, pero no de melanoma invasivo en comparación con la población general.
Faloutsos et al., 2011(18) PMID: 24687925	Cohorte	1970 – 2005 Estados Unidos	Auxiliares de vuelo (mujeres) N = 6095	Cáncer de tiroides, páncreas, hígado, mollos orales y melanoma (incidencia)	La incidencia de cáncer de tiroides, ovario y tazo no fue elevada. No se observaron relaciones positivas significativas entre la exposición y la respuesta. Se observaron relaciones positivas débiles y no significativas para el cáncer de tiroides con la radiación cósmica y los tasas hígado cruzadas, y para el melanoma con la alteración circadiana.	Se encontró poca evidencia de un mayor riesgo de estos cánceres por la radiación cósmica ocupacional o de la alteración circadiana en los auxiliares de vuelo. Limitaciones: pocos casos observados de algunos cánceres, datos limitados sobre factores de riesgo y clasificación errónea de las exposiciones.
Faloutsos et al., 2016(19) PMID: 27331732	Cohorte retrospectiva	1973 – 1991 Estados Unidos	Auxiliares de vuelo (mujeres) N = 6093	Cáncer de mama (incidencia)	La relación de la incidencia de cáncer de mama con la exposición a radiación cósmica estuvo modificada por la paridad, así así, el exceso de ER ajustado a mujeres con paridad ≥ 3 no fue estadísticamente significativo.	La incidencia del cáncer de mama no se asoció con la exposición a radiación cósmica o la interrupción del ritmo circadiano.
Kono et al., 2013(20) PMID: 23316078	Casos controlados estudio	1953 – 2011 Finlandia	Auxiliares de vuelo (mujeres) N = 734 (44 casos y 692 controles)	Cáncer de piel (incidencia)	Se detectaron 9 casos de melanoma y 35 de carcinoma basocelular. La dosis de radiación cósmica acumulada se evaluó un aumento de riesgo de cáncer de piel OR ajustado 0.75 (IC 95% 0.37-1.00). Entre las auxiliares de vuelo, los casos con cáncer de piel tuvieron mayores puntuaciones en características personales (color de pelo, ojos y piel, antecedentes de cáncer de piel en familiares de primer grado y fototipo) que los controles: OR ajustado 1.48 (IC 95% 1.00-2.04).	La exposición ocupacional a la radiación cósmica no se asoció a un aumento de riesgo de cáncer de piel, donde los factores relacionados con características personales mostraron una asociación significativa, mientras que los factores conductuales relacionados con la exposición a radiación ultravioleta no. Estos hallazgos podrían deberse a la falta de poder estadístico. Según los resultados, no hay evidencia clara en la relación entre radiación cósmica y cáncer de piel, por lo que se necesitan más estudios y con mayor tamaño muestral.

SMR: Standardized incidence Ratio; IC: Intervalo de Confianza; SMR: Standardized Mortality Ratio; SPR: Standardized Prevalence Ratio; RR: Riesgo Relativo; OR: Odds Ratio



doi: 10.4321/s0465-546x2022000100006

Reseña

# Reseña de Salud laboral: conceptos y técnicas para la prevención de riesgos laborales

A review of Salud laboral: conceptos y técnicas para la prevención de riesgos laborales

Francisco Marqués<sup>1,2</sup>  0000-0002-5227-6995

<sup>1</sup>Consultor de la Fundación Internacional ORP, Madrid, España.

---

## Correspondencia

fmarques@gmail.com

---

## Cómo citar este trabajo

Marqués F. Reseña de Salud laboral: conceptos y técnicas para la prevención de riesgos laborales. Med Segur Trab (Internet). 2022;68(266):76-77. doi: 10.4321/s0465-546x2022000100006

---

 BY-NC-SA 4.0

Celebrando los 25 años de la primera edición aparece esta quinta edición<sup>(1)</sup> de un libro clásico de Salud Laboral. Los editores y colaboradores (más de 30 profesionales) son todos ellos referentes internacionales en este campo y por ello es de obligada consulta por los profesionales de la salud laboral y de gran ayuda para los estudiantes de postgrado, tanto de España como de Latinoamérica. La obra se presenta con un índice organizado en cuatro partes: Fundamentos; Organización y Marco jurídico; Evaluación de riesgos y vigilancia de la Salud; y Problemas específicos de Salud Laboral. Ese amplio enfoque convierte a la obra en una guía de uso práctico que permite el acceso de los profesionales a toda la información relevante, con un abordaje multidisciplinar de la salud laboral. También en esta edición se tratan contenidos adaptados al entorno latinoamericano, gracias a la colaboración de especialistas de países como Colombia, Chile, Costa Rica o Nicaragua, lo que, sin duda aporta una perspectiva más amplia. Los contenidos siguen la estructura de ediciones anteriores, pero incorpora una amplia actualización.

En el primer bloque se tratan los temas de los determinantes de salud en el trabajo, las funciones y competencias de la medicina ocupacional y un enfoque de salud y bienestar integral, en línea con los nuevos conceptos al nivel mundial. En las siguientes páginas se tratan algunas disciplinas importantes para la salud laboral como son la ergonomía, la seguridad en el trabajo, la higiene ocupacional o la psicología del trabajo.

La parte II del libro aborda el marco jurídico y la organización de la protección de la salud y seguridad de los trabajadores, finalizando con el papel de la medicina y la enfermería del trabajo en la vigilancia de la salud individual y colectiva, con una referencia expresa a la buena práctica profesional y la ética en salud laboral. El apartado III se enfoca a la evaluación de riesgos laborales, las lesiones por accidentes o las enfermedades profesionales, con un apartado específico de evaluación de la incapacidad laboral. En este mismo apartado se incluye una buena descripción de la metodología de las encuestas sobre condiciones de trabajo y salud, elementos claves para las políticas nacionales de seguridad y salud en el trabajo.

Finalmente, en el apartado IV se desarrollan problemas específicos de salud laboral en poblaciones especialmente vulnerables, como es el caso de las trabajadoras domésticas, trabajadores inmigrantes, el trabajo informal, trabajadores agrícolas, etc. Se añade un importante capítulo sobre cancer laboral, cuya prevención y control sigue siendo una asignatura pendiente.

Destaca en esta edición un interesante aporte sobre la crisis sanitaria, laboral y social producida por la pandemia de la COVID-19, y un capítulo sobre salud mental que constituye, sin duda, uno de los retos pendientes para los próximos años.

El último capítulo hace una interesante reflexión sobre los modelos de salud y bienestar y la importancia de incorporar a la seguridad y salud tradicional un enfoque más holístico de salud integral de los trabajadores.



Figura 1: Cubierta del libro.

## Referencias

1. Ruiz-Frutos C, Delclòs J, Ronda Pérez E, García García AM, García Benavides F. Salud laboral: conceptos y técnicas para la prevención de riesgos laborales. 5<sup>th</sup> ed. Elsevier; 2022.