

Impacto de la exposición ocupacional combinada al cobalto y carburo de tungsteno en la salud de los trabajadores: revisión sistemática de alcance de la literatura

Andrea Pino Prestan⁽¹⁾, Paola Guerrero Ortega⁽²⁾, Carlos Federico Molina⁽³⁾

¹Médica, estudiante especialización en Seguridad y salud en el trabajo, Universidad CES, Medellín, Antioquia.

²Médica, estudiante especialización en Seguridad y salud en el trabajo, Universidad CES, Medellín, Antioquia

³Médico toxicólogo Especialista en salud Ocupacional, Doctor en epidemiología, Docente Tecnológico de Antioquia, grupo BISMA, Medellín, Antioquia.

Correspondencia:

Carlos Federico Molina Castaño

Dirección postal: Calle 78B No. 72A - 220 Medellín.

Colombia

Correo electrónico: cmolina@tdea.edu.co

La cita de este artículo es: Pino Prestan, Andrea et al. Impacto de la exposición ocupacional combinada al cobalto y carburo de tungsteno en la salud de los trabajadores: revisión sistemática de alcance de la literatura. Rev Asoc Esp Espec Med Trab 2026; 35(2):219-233

RESUMEN.

Introducción: La exposición ocupacional combinada al cobalto y al carburo de tungsteno es un riesgo emergente en industrias metalmeccánicas, manufactureras y mineras.

Objetivo: Mapear y sintetizar la evidencia disponible sobre los efectos en salud asociados a estos metales duros.

Material y Métodos: Revisión sistemática de alcance siguiendo las guías JBI y PRISMA-ScR que analizó estudios primarios sobre desenlaces respiratorios, cardiovasculares e inflamatorios y mecanismos de toxicidad.

Resultados: Se incluyeron ocho estudios, principalmente analíticos. Se describieron afectaciones respiratorias incluida enfermedad pulmonar por metales duros, asma ocupacional, inflamación, estrés oxidativo y alteraciones cardiovasculares. Hubo variabilidad en niveles de exposición y métodos de

IMPACT OF COMBINED OCCUPATIONAL EXPOSURE TO COBALT AND TUNGSTEN CARBIDE ON WORKERS' HEALTH: A SCOPING REVIEW OF THE LITERATURE

ABSTRACT

Background: Occupational exposure to cobalt and tungsten carbide represents an emerging health risk in metalworking, mining, and manufacturing sectors.

Objective: To map and synthesize the current evidence on health outcomes associated with combined exposure to these hard metals.

Material and Methods: A scoping review was conducted following JBI and PRISMA-ScR guidelines, including studies published between 2004 and 2024. Eight primary studies met eligibility criteria.

medición. Persisten brechas sobre efectos de largo plazo, exposición dérmica y riesgo carcinogénico.

Conclusiones: Se requiere fortalecer la vigilancia ocupacional, el biomonitorio y los controles ambientales, además de estudios longitudinales que clarifiquen estos riesgos.

Palabras claves: Cobalto; Carburo de tungsteno; Exposición ocupacional; Enfermedad pulmonar por metales duros; Monitoreo biológico; Cáncer

Results: Evidence consistently reports respiratory impairment particularly hard-metal lung disease, airway inflammation, oxidative stress, occupational asthma, and early cardiovascular dysfunction. Heterogeneity in exposure assessment and biomonitoring methods limits comparability across studies. Potential carcinogenic effects remain inconclusive, with notable research gaps regarding dermal exposure and long-term outcomes.

Conclusions: Combined exposure to cobalt and tungsten carbide poses relevant occupational hazards, underscoring the need for strengthened environmental controls, medical surveillance, and biological

Keywords: Cobalt; Tungsten Carbides; Occupational Exposure; Hard Metal Lung Disease; Biological Monitoring; cancer

Fecha de recepción: 12 de noviembre de 2025

Fecha de aceptación: 14 de junio de 2026

Introducción

Los metales duros constituyen un grupo de materiales industriales de alta resistencia empleados ampliamente en sectores manufactureros, mineros y metalmecánicos. Estos materiales se componen principalmente de carburo de tungsteno (80–90%) y aglutinantes metálicos como el cobalto (6–9%), aunque también pueden incluir titanio, molibdeno, tantalio, vanadio o cromo⁽¹⁾.

Estas aleaciones han incrementado su uso debido a su dureza, durabilidad, resistencia a la corrosión y buenos conductores de electricidad⁽²⁾, características que los hacen indispensables en la fabricación de herramientas cortantes, maquinaria de precisión y dispositivos médicos. Sin embargo, esta utilidad técnica contrasta con la creciente preocupación por los posibles

efectos adversos en la salud de los trabajadores expuestos a sus polvos y aerosoles durante los procesos de fabricación, esmerilado o reciclaje, así como las malas prácticas de eliminación de residuos en las fábricas que procesan cobalto o carburo de tungsteno pueden posteriormente provocar contaminación ambiental y exposición a las personas en las áreas circundantes⁽³⁾.

El cobalto es un elemento traza esencial en el organismo humano, principalmente como componente de la vitamina B12. No obstante, exposiciones ocupacionales elevadas han sido asociadas con efectos tóxicos sistémicos, entre ellos alteraciones neurológicas, cardíacas, hematológicas y endocrinas, un cuadro que ha sido denominado cobaltismo. Se han reportado casos de enfermedades del tracto respiratorio, bronquitis crónica, asma y fibrosis intersticial,

conocida como enfermedad de metales duros, en trabajadores expuestos, las principales fuentes de exposición incluyen procesos de manufactura⁽⁴⁾, aleaciones metálicas, soldadura, fabricación de imanes y dispositivos médicos⁽⁵⁾.

Por su parte, el tungsteno y sus compuestos, especialmente el carburo de tungsteno, se utilizan en numerosas aleaciones, principalmente en obleas, con amplias aplicaciones industriales, como filamentos de bombillas incandescentes, tubos de rayos X, electrodos de soldadura por arco, blindaje contra la radiación y catalizadores industriales. La rigidez y alta densidad del W (tungsteno) lo hacen adecuado para aplicaciones de defensa, reemplazando al plomo⁽⁶⁾.

En la elaboración de herramientas para corte y pulido de metales, si bien históricamente se ha considerado un elemento de baja toxicidad, evidencia reciente sugiere que su exposición combinada con el cobalto (WC-Co) puede generar efectos sinérgicos que aumentan la toxicidad celular y la inflamación pulmonar, lo que ha llevado a reconsiderar su perfil de riesgo en ambientes laborales y que el monitoreo biológico de Co y W en la industria de fabricación de herramientas de metal duro es un método sensible y eficaz para evaluar la efectividad de las prácticas de prevención y sus posibles efectos en la salud humana⁽⁷⁾.

Para producir carburo de tungsteno, se utiliza un proceso de metalurgia en polvo para mezclar y calentar tungsteno y carbono, utilizando cobalto como aglutinante. Dado que las partículas generadas durante este proceso son de tamaño respirable (menos de 2.0 f. L de diámetro), existe el riesgo de inhalación y depósito en las profundidades del árbol traqueobronquial. Se cree que el cobalto, el material aglutinante, es la causa más probable de enfermedades respiratorias en trabajadores⁽⁴⁾.

Diversos estudios experimentales y epidemiológicos han documentado que las partículas finas de WC-Co pueden inducir estrés oxidativo, respuestas inflamatorias pulmonares, fibrosis intersticial y, en algunos casos, aumento

del riesgo de cáncer de pulmón. De igual manera, exposiciones al cobalto se han relacionado con asma ocupacional, policitemia secundaria y efectos sobre el sistema nervioso central. La exposición ocupacional a polvos de metales duros, especialmente aquellos compuestos por carburo de tungsteno y cobalto, se ha asociado con toxicidad pulmonar significativa. Evaluando la respuesta molecular en células mononucleares de sangre periférica humana al ser expuestas a partículas de WC-Co se ha identificado que la sinergia de estas partículas desencadenaron una fuerte producción de especies reactivas de oxígeno en las células, se activó la vía de señalización p38 MAPK, que está estrechamente relacionada con procesos inflamatorios, la estabilización de HIF-1 alfa, un factor clave en la respuesta a hipoxia, lo cual sugiere una inflamación mediada por estrés hipóxico. También se detectó una sobreexpresión de HMOX1 y la estabilización de p53, una proteína relacionada con la reparación de ADN y la inducción de apoptosis⁽⁸⁾.

El Programa Nacional de Toxicología (NTP) llegó a conclusiones sobre la solidez de la evidencia de carcinogenicidad del cobalto a partir de estudios de cáncer en animales de experimentación y humanos, y la recomendación final para su inclusión en la lista se obtuvo aplicando los criterios de inclusión del Informe sobre Carcinógenos (RoC) al conjunto de la evidencia⁽⁹⁾. Sin embargo, los resultados disponibles son heterogéneos, y la evidencia varía en función de los métodos de medición de la exposición, los tiempos de contacto y las condiciones laborales. Ante esta diversidad de hallazgos, se hace necesario realizar un mapeo sistemático de la literatura científica que identifique, sintetice y clasifique los efectos en salud asociados a la exposición ocupacional al cobalto y al tungsteno, considerando los distintos contextos industriales, las vías de exposición, las manifestaciones clínicas y los desenlaces reportados. Por ello, esta revisión sistemática de alcance (scoping review) busca explorar el estado actual del conocimiento, caracterizar los tipos de evidencia disponibles y determinar las brechas en

la investigación sobre los impactos en la salud de los trabajadores expuestos a estos metales duros, proporcionando así una base sólida para futuras revisiones sistemáticas cuantitativas y para la formulación de políticas preventivas en seguridad y salud en el trabajo.

Material y Métodos

La presente investigación corresponde a una revisión sistemática de alcance (scoping review) desarrollada conforme a las recomendaciones metodológicas del Joanna Briggs Institute (JBI, 2020) y los lineamientos de la guía PRISMA-ScR. Este tipo de revisión se eligió por su idoneidad para mapear la extensión, naturaleza y características de la evidencia disponible, particularmente cuando los estudios existentes son heterogéneos o dispersos, como ocurre con la exposición ocupacional a metales duros. El propósito central fue identificar y sintetizar la información científica sobre los efectos en la salud de los trabajadores derivados de la exposición combinada al cobalto y al carburo de tungsteno en diversos contextos industriales.

La pregunta de investigación se formuló con base en el marco PCC (Población, Concepto y Contexto) propuesto por el JBI. La población estuvo constituida por trabajadores expuestos ocupacionalmente a metales duros o a sus compuestos; el concepto se centró en los efectos en salud asociados con la exposición conjunta al cobalto y al carburo de tungsteno; y el contexto abarcó los ambientes laborales pertenecientes a los sectores manufactureros, mineros, metalmecánicos y de ingeniería de materiales. En este sentido, la pregunta orientadora fue: ¿Cuáles son los efectos en la salud documentados en trabajadores expuestos ocupacionalmente al cobalto y al carburo de tungsteno en distintos sectores económicos?

Fuentes de información y estrategia de búsqueda

La búsqueda de información se realizó de manera sistemática en las bases de datos

PubMed, Scopus, Cochrane Library, Biblioteca Virtual en Salud (BVS) y Google Scholar, abarcando el periodo comprendido entre enero de 2004 y septiembre de 2024. Se emplearon tanto términos MeSH (Medical Subject Headings) en inglés como DeCS (Descriptores en Ciencias de la Salud) en español, combinados mediante operadores booleanos “AND” y “OR” para garantizar la sensibilidad y especificidad de la estrategia. Los principales descriptores utilizados fueron Cobalt, Tungsten, Tungsten Compounds, Occupational Exposure, Occupational Health, Occupational Risks y Epidemiological Studies, junto con sus equivalentes en español: Cobalto, Tungsteno, Compuestos de Tungsteno, Exposición Profesional, Salud Laboral, Riesgos Laborales y Estudios Epidemiológicos.

En PubMed y Scopus, la estrategia de búsqueda incluyó combinaciones como: ((Cobalt) AND ((Tungsten) OR (Tungsten Compounds))) AND (((Occupational Exposure) OR (Occupational Health)) OR (Occupational Risks)), añadiendo en Scopus el filtro “Epidemiological Studies”. En BVS, la búsqueda se formuló como (Cobalto) AND (Tungsteno) AND (Exposición Profesional). En Google Scholar, se empleó la ecuación “Cobalt AND Tungsten AND Occupational Exposure” y se revisaron los cien primeros resultados más relevantes.

Adicionalmente, se efectuó una revisión manual de las referencias bibliográficas de los estudios seleccionados para identificar publicaciones que no hubieran sido recuperadas mediante las búsquedas electrónicas.

Criterios de inclusión y exclusión

Los criterios de inclusión comprendieron estudios publicados en inglés, español o portugués, con acceso a texto completo, realizados en seres humanos, y con enfoque epidemiológico experimental u observacional. Se incluyeron investigaciones con una antigüedad menor a veinte años y que abordaran de forma explícita la toxicidad, las enfermedades pulmonares, los

riesgos laborales o la exposición ocupacional a cobalto y tungsteno. Por el contrario, se excluyeron estudios secundarios como revisiones narrativas o metaanálisis, investigaciones realizadas en animales o modelos in vitro, y artículos con más de veinte años de publicación o sin relación directa con el objetivo de la revisión.

Selección de los estudios

El proceso de selección se desarrolló en tres etapas sucesivas, siguiendo las pautas de PRISMA-ScR. En la primera fase se efectuó una lectura de títulos y resúmenes por dos revisores independientes, aplicando los criterios de inclusión y exclusión previamente definidos. Posteriormente, se realizó una revisión a texto completo de los artículos potencialmente elegibles, verificando su pertinencia temática y metodológica. Finalmente, se seleccionaron los estudios que cumplían con todos los criterios, resolviendo las discrepancias mediante consenso o consulta con un tercer evaluador. Todo el procedimiento se documentó mediante un diagrama de flujo tipo PRISMA-ScR, que describió el número de registros identificados, excluidos y finalmente incluidos en la síntesis.

Extracción de la información

Para la extracción y organización de la información, los investigadores elaboraron una matriz en Microsoft Excel que permitió sistematizar los datos relevantes de cada estudio, incluyendo autor y año de publicación, país, tipo de diseño, población y tamaño muestral, sector económico, tipo de exposición, objetivos, principales hallazgos y conclusiones.

Síntesis de la información

Los datos se sintetizaron mediante un análisis descriptivo narrativo y tabular, que permitió mapear los tipos de desenlaces reportados (respiratorios, neurológicos, hematológicos, etc.) y caracterizar las lagunas de conocimiento en la literatura actual.

Resultados

En la búsqueda sistemática se encontraron un total de 100 artículos que fueron seleccionados inicialmente. Se procedió a la revisión de los abstracts de esta selección y se verificó el tema de búsqueda y la duplicación de artículos. Se seleccionaron inicialmente 50 artículos y de estos se excluyeron 12 por ser revisiones de tema o reportes de casos, 22 por no cumplir con los criterios de estudios primarios o no se pudo obtener acceso al texto completo. Finalmente se incluyeron en la investigación 8 artículos para ser revisados a profundidad

Se incluyeron 8 artículos, la mayoría fueron estudios casos y controles 3 de ellos (37,5%), 2 cohortes (25%), 1 transversales (12,5%), seguido de tan solo 1 (12,5%) correspondieron a ensayos clínicos y 1 descriptivos (12,5%). Incluyeron población menor a 100 personas (2), entre 100 y 1.000 personas (3) y estudios con base en poblaciones superiores a 1.000 personas (3), destacándose uno de ellos: con una muestra de personas de 6.865 personas, estos estudios son de ensayo clínico retrospectivo y en los cuales se involucraron diferentes industrias.

Fuentes y procesos de exposición

La evidencia recopilada identifica a la industria de metales duros como la principal fuente de exposición ocupacional a cobalto (Co) y carburo de tungsteno (WC). Estos materiales se producen mediante pulvimetalurgia, técnica empleada también en la fabricación de herramientas de diamante aglomerado, en la cual el cobalto actúa como aglutinante dentro de una matriz compuesta principalmente por carburo de tungsteno ($\geq 90\%$) y pequeñas proporciones de cobalto ($\leq 10\%$), además de tungsteno metálico u óxidos de tungsteno.

Las tareas con mayor potencial de exposición incluyen la producción de polvos, el prensado y la sinterización, mientras que actividades como el afilado, mantenimiento y pulido de piezas metálicas también liberan polvo fino de cobalto, con concentraciones aéreas reportadas

superiores a 0,2 mg/m³. Asimismo, el contacto con refrigerantes contaminados constituye una vía dérmica adicional de exposición relevante (10) (Tabla 1).

Niveles ambientales y valores de referencia

En la literatura se describen límites de exposición ocupacional para el cobalto que oscilan entre 0,02 mg/m³ (valor considerado seguro en algunos contextos) y 0,1 mg/m³ (valor adoptado por agencias regulatorias como OSHA y autoridades europeas). El límite de peligro inmediato para la vida o la salud (IDLH) establecido por NIOSH se sitúa en 20 mg/m³ (10) (Tabla 1).

En Austria, la normativa técnica (TRK) determina un valor límite de 0,5 mg/m³ para carburo, imanes, polvo de cobalto y catalizadores, y 0,1 mg/m³ para otras áreas de trabajo. Estas regulaciones reconocen la absorción cutánea y la sensibilización como vías relevantes de ingreso. En el ámbito biológico, el Instituto Finlandés de Salud Ocupacional (FIOH) define un límite de acción urinario de 130 nmol/L para cobalto, considerando la correlación aire-orina. A nivel sanguíneo, concentraciones ≤ 300 $\mu\text{g/L}$ no se han vinculado con efectos sistémicos relevantes, mientras que niveles superiores a 300 $\mu\text{g/L}$ se asocian con alteraciones hematológicas y endocrinas, y valores ≥ 700 $\mu\text{g/L}$ con efectos neurológicos y cardíacos. En estos casos se han reportado policitemia y disfunciones tiroideas. Respecto al tungsteno, los estudios muestran niveles urinarios más altos que los de cobalto y concentraciones sanguíneas más bajas, observándose una relación dosis-respuesta más marcada en trabajadores expuestos por molienda húmeda⁽¹⁰⁾ (Tabla 1).

Efectos cardiovasculares

En el ámbito cardiovascular, los reportes clásicos de miocardiopatía asociada a cobalto —descritos inicialmente fuera del entorno laboral— dieron lugar a la hipótesis de posibles efectos cardíacos también en trabajadores expuestos. Estudios en operarios de plantas de WC-Co han empleado ventriculografía con radionúclidos, evidenciando

correlaciones débiles pero significativas entre la duración de la exposición y la disminución de la función ventricular izquierda, así como una reducción de la fracción de eyección del ventrículo derecho durante el ejercicio. Aunque estas observaciones sugieren un posible cor pulmonar temprano, la falta de grupos control y la heterogeneidad en las mediciones limitan la interpretación causal⁽¹¹⁾ (Tabla 1).

Efectos respiratorios

El sistema respiratorio aparece como el principal órgano diana en la exposición ocupacional a cobalto y carburo de tungsteno. El cobalto es reconocido como sensibilizante respiratorio, capaz de inducir asma ocupacional y, en exposiciones elevadas, asma inducida por irritantes. Un estudio transversal con 82 trabajadores expuestos y 82 controles (media geométrica de cobalto en aire de 0,125 mg/m³) reportó un aumento significativo de sibilancias y disnea, junto con una relación dosis-respuesta entre el nivel de exposición y la reducción del FEV1/VC.

La enfermedad pulmonar por metales duros (EPMD) constituye el cuadro más representativo. Series multicéntricas han descrito patrones histopatológicos de neumonía intersticial de células gigantes (NIG/GIP) y neumonía intersticial usual (NIU), detectándose tungsteno en tejido pulmonar mediante EPMA-WDS y una reacción inflamatoria con aumento de linfocitos y eosinófilos en el líquido de lavado bronco alveolar. Se ha planteado el papel de macrófagos CD163+ y linfocitos CD8+ en la fisiopatología de la fibrosis. Las latencias suelen superar los 10 años, y en estudios experimentales las fibras y óxidos de tungsteno (WOx) han mostrado persistencia prolongada en fluidos pulmonares artificiales, sustentando su posible papel en la fibrosis crónica⁽¹¹⁾ (Tabla 1).

Efectos dermatológicos

La dermatitis de contacto por cobalto es un hallazgo frecuente en entornos industriales. Este metal actúa como un alérgeno de tipo IV, mediado

por linfocitos T, capaz de inducir hipersensibilidad retardada. Los sectores con mayor riesgo incluyen la fabricación de metales duros, la construcción, la cerámica y la porcelana. El contacto reiterado con superficies o refrigerantes contaminados contribuye al desarrollo de esta condición (10) (Tabla 1).

Mortalidad y desenlaces crónicos

Los estudios de cohorte históricos en trabajadores de plantas de metales duros informan aumentos en la mortalidad por todas las causas, especialmente por enfermedades cardíacas y respiratorias no malignas. No obstante, los resultados sobre cáncer de pulmón son inconsistentes. Los análisis de supervivencia (modelos de Cox) no evidencian incrementos de riesgo asociados con la exposición acumulada o de largo plazo a cobalto, níquel, tungsteno o polvo respirable. Entre las limitaciones metodológicas más comunes se mencionan tiempos de latencia insuficientes, seguimiento incompleto y sesgo de supervivencia⁽¹²⁾ (Tabla 1).

Riesgo de cáncer

La Agencia Internacional para la Investigación sobre el Cáncer (IARC) clasifica la mezcla WC + Co como probablemente carcinógena para humanos (Grupo 2A), mientras que el cobalto metálico y sus sales solubles también se ubican en el Grupo 2A, y el óxido de cobalto (II) junto con ciertas aleaciones de tungsteno en el Grupo 2B. Los mecanismos propuestos incluyen la generación de especies reactivas de oxígeno, daño genético, inhibición de la reparación del ADN, estabilización del factor HIF-1 α y procesos inflamatorios crónicos⁽¹³⁾ (Tabla 1).

Desde la perspectiva epidemiológica, las cohortes multiplanta en Francia y Suecia, así como estudios casos-contrroles anidados, han informado un exceso de cáncer de pulmón de aproximadamente 30 %, con una relación exposición-respuesta más clara en trabajadores con mayor carga acumulada a Co-WC. En cambio, cohortes dedicadas a la producción de cobalto metálico (como en Finlandia) no han mostrado

incrementos globales, aunque se han reportado excesos específicos en cáncer de lengua en fumadores, sin gradiente dosis-respuesta⁽¹⁴⁾. En una cohorte sueca de incidencia, se observaron aumentos de riesgo en bronquios, pulmón, melanoma y labio, con variabilidad entre plantas y regiones, atribuida a diferencias en clasificación de exposición, latencia y ajuste por confusores como el tabaco.⁽¹⁴⁾ (Tabla 1).

Escenarios industriales y monitoreo ambiental

Diversos estudios caracterizan los escenarios industriales y las vías de exposición predominantes. En plantas suecas, la evaluación simultánea de cobalto inhalable, cobalto dérmico y biomarcadores (sangre y orina) reveló que la inhalación constituye la vía principal de ingreso, aunque el cobalto en piel mostró una correlación significativa con el cobalto en sangre, evidenciando la importancia de la absorción cutánea. Solo un pequeño número de muestras superó el límite de acción de 130 nmol/L, registrándose las mayores cargas dérmicas en trabajadores de mantenimiento y prensado⁽¹⁴⁾ (Tabla 1).

En procesos de refinado y fabricación de tungsteno (Estados Unidos y Suecia) se documentó la presencia de fibras de WOx en la fracción torácica del aire de trabajo, observándose una relación directa entre la temperatura de proceso y la concentración de fibras. En Austria, un monitoreo histórico (1985-2012) de casi dos mil trabajadores mostró una disminución progresiva de los niveles de polvo, tungsteno y cobalto, en paralelo con la implementación de valores TRK más estrictos y programas anuales de vigilancia biológica (límite operativo de 10 μ g/L en orina).

En algunas revisiones, aunque no se tome como temas principales el cobalto o carburo de tungsteno aportan evidencia acerca del elevado riesgo de desarrollar enfermedades respiratorias en oficios donde hay exposición a polvos, humos o partículas en los sectores industriales fortaleciéndose así la carga global de enfermedad por exposición ocupacional⁽¹⁵⁾ (Tabla 1).

Mediante una evaluación clínica e higiénica

TABLA 1. DESCRIPCIÓN DE LOS ESTUDIOS PRIMARIOS Y EFECTOS EN SALUD RELACIONADOS CON LA EXPOSICIÓN LABORAL A METALES DUROS

Autor, Año iPublicación	Tipo De Estudio	Tamaño De La Muestra	Tipo De Industria	Oficios Evaluados
Sprince N, et al, 1987. ⁽¹⁾	Corte transversal	1039 trabajadores de la producción de carburo de Tungsteno	Metalmecánica	Esmerilado de carburo duro
Smith J, &Brown L, 2021. ⁽¹⁰⁾	Tesis doctoral basada en estudios observacionales de casos y controles	1300 trabajadores	Metalúrgica de producción de Cobalto	Refinado, fundición, mantenimiento, procesamiento químico y áreas de empaquetado
Tanaka J, et al., 2014. ⁽¹¹⁾	Corte transversal	19 pacientes	Industria de metales duros	Procesos con exposición a polvos de metales duros
Morfeld P, et al, 2017. ⁽¹²⁾	Cohorte retrospectiva	3320 trabajadores Obreros de 3 plantas.	Industria de metales duros	Procesos con exposición al cobalto con y sin tungsteno. acabado y pulido. oficinas y mantenimiento
Sauni R, et al, 2017 ⁽¹³⁾	Cohorte retrospectiva	995 hombres	Producción de cobalto	Fabricación de aleaciones y metales duros, agentes secantes, pigmentos y catalizadores, pulido de diamantes.

TABLA 1. DESCRIPCIÓN DE LOS ESTUDIOS PRIMARIOS Y EFECTOS EN SALUD RELACIONADOS CON LA EXPOSICIÓN LABORAL A METALES DUROS

Edad	Sexo	Or Ic 95% O Rr Ic95%	Datos Clínicos
No se especifica	No se especifica	RR aproximado de las sibilancias es 2,1 veces mayor para exposiciones a cobalto superior a 50ug/m3.	Sibilancias relacionadas con el trabajo en 113 pacientes.
Entre 35-65 años con seguimiento de largo plazo	95% de hombres	RR es de 1.5-2.0 para síntomas respiratorios crónicos entre trabajadores con exposición media/alta al cobalto, en comparación con población no expuesta. RR es de 1.3 para enfermedades cardíacas isquémicas en expuesto con respecto a no expuesto.	Aumento de síntomas respiratorios crónico en comparación a población no expuesta. Muestra indicios de alteración en la función diastólica del corazón en exposición prolongada.
Grupo GIP: 43.1 años. Grupo fibrosis: 58.6 años	63% de hombres	El grupo con GIP fue más joven (43,1 frente a 58,6 años), con una menor duración de exposición (73 frente a 285 meses; $p < 0,01$), niveles séricos más bajos de KL-6 (398 frente a 710 U/ml) y un mayor porcentaje de linfocitos en el líquido de lavado bronco alveolar (31,5 % frente a 3,22 %; $p < 0,05$) que el grupo con fibrosis.	Análisis elementales de muestras pulmonares de neumonía intersticial granulomatosa mostraron tungsteno en toda la zona fibrótica centrolobulillar. En el patrón neumonía intersticial usual se detectó tungsteno en la zona periarterolar con fibrosis subpleural.
Edad promedio de ingreso laboral fue de aproximadamente 28-30 años.	La mayoría hombres, pero no se filtró por sexo	Las tasas de mortalidad SMR elevadas para mortalidad por todas las causas (1,16), enfermedades cardíacas (1,56) y respiratorias no malignas (1,56); sin aumento para cáncer de pulmón (SMR 0,93). Modelos de Cox no evidenciaron mayor riesgo asociado a exposición acumulada o prolongada a cobalto, níquel, tungsteno o polvo respirable/inhalable.	No se observó mayor riesgo de cáncer de pulmón en comparaciones externas e internas, con resultados consistentes en todos los subgrupos. Las SMR por cardiopatías se elevaron ~50 % en la cohorte (mayor en mujeres); las cardiopatías isquémicas mostraron excesos similares y estadísticamente significativos.
No se especifica	100% de hombres	Todos los cánceres el RR es 1.00 (IC 95% 0.81-1.22) Cáncer de pulmón RR 0.50 (IC 95% 0.18-1.08) Cáncer de lengua RR 7.39 (IC95% 1.52-21.6).	No hay aumento significativo de riesgo global de ca en trabajadores expuestos ni de ca de pulmón. Se evidenció un aumento en ca de lengua (solo 3 casos), en trabajadores de menor exposición se observó aumento ca de vejiga (grupo de exposición más bajo).

TABLA 1. DESCRIPCIÓN DE LOS ESTUDIOS PRIMARIOS Y EFECTOS EN SALUD RELACIONADOS CON LA EXPOSICIÓN LABORAL A METALES DUROS

Autor, Año iPublicación	Tipo De Estudio	Tamaño De La Muestra	Tipo De Industria	Oficios Evaluados
Svartengren M, et al, 2017. ⁽¹⁴⁾	Cohorte retrospectiva	4062 trabajadores	Metalúrgica	Fabricación de herramientas de corte, perforación y mecanizado que utilicen carburo de tungsteno y cobalto como aglutinante. Molienda, prensado, sintetización, rectificado, mantenimiento y apoyo técnico.
Turner, S., Carder, M., McNamee, R., Hodgson, J., & Agius, R. (2011). ⁽¹⁵⁾	Observacional - Serie de casos basado en vigilancia epidemiológica	353 grupos unitarios, 25 grupos su principales amplios o 9 grupos principales aún más amplios	construcción	Techadores, pintores y decoradores, trabajadores de la construcción, el metal y carpintería, soldadores, operarios de construcción de carreteras, instaladores de tubería, electricistas, plomería y calefacción
Al-Abcha, A., Wang, L., Reilly, M. J., & Rosenman, K. D. (2021). ⁽¹⁶⁾	Serie de casos	35 casos identificados. Se realizaron 26 inspecciones en 21 lugares de trabajo diferentes. se entrevistó a 498 compañeros de trabajo, 55 (11%) de los cuales tenían síntomas respiratorios en el trabajo.	Industrias que usan cobalto como materia prima.	Fabricación de herramientas de corte y accesorios para máquinas

TABLA 1. DESCRIPCIÓN DE LOS ESTUDIOS PRIMARIOS Y EFECTOS EN SALUD RELACIONADOS CON LA EXPOSICIÓN LABORAL A METALES DUROS

Edad	Sexo	Or Ic 95% O Rr Ic95%	Datos Clínicos
Ingreso en edades productivas (20-40 años).	68.5% de hombres	<p>Todos los cánceres combinados el RR es 0.96 casi igual a la población en general.</p> <p>Cáncer de pulmón el RR es 1.15 veces en los trabajadores que tuvieron 15% más casos de ca de pulmón que la población en general (IC 95% 0.88-1.47).</p>	<p>No hay un aumento significativo de la incidencia de ca entre los trabajadores expuestos sin embargo el ca de pulmón muestra un ligero incremento posiblemente relacionado a la exposición a polvos, pero no hay causalidad estadística.</p>
65 años o menos y 65 años o mas	Hombres	<p>Neoplasias de piel y dermatitis: mayor riesgo en techadores, pintores, carpinteros y trabajadores del metal (SRR/OR elevados); asma significativamente aumentada en soldadores (3,8).</p> <p>Enfermedades respiratorias de larga latencia y trastornos musculoesqueléticos con riesgos elevados en soldadores, operarios de construcción, instaladores de tuberías, electricistas, plomeros, carpinteros y montadores de andamios.</p>	<p>Las tasas de incidencia de WRI fueron significativamente mayores en varios subgrupos de trabajadores de la construcción incluyendo carpinteros, plomeros, electricistas y trabajadores manuales generales. Entre los diagnósticos más reportados fueron: Trastornos musculoesqueléticos, Enfermedades de la piel, Problemas respiratorios relacionados con exposiciones ocupacionales específicas.</p>
40 y 49 años	77,1 % Hombres	<p>Síntomas respiratorios aumentaron durante la jornada (74,3%) y la semana (60%); mejoraron fuera del trabajo en 80%, y 57,1% reportó compañeros con síntomas similares. No hubo asociación significativa entre síntomas y niveles de cobalto en aire (>0,05 vs. <0,05 mg/m³) tras ajustar por tabaquismo (OR 0,85; p=0,60).</p>	<p>El asma relacionada con el trabajo por cobalto causa morbilidad significativa; muchos trabajadores desconocían su diagnóstico. La sensibilización es atribuible a ventilación deficiente, exposición a polvo/aerosoles y manejo inadecuado del material.</p> <p>El diagnóstico temprano y la reducción de la exposición mejoran la función respiratoria. Se requiere vigilancia sanitaria, monitoreo higiénico y controles estrictos en industrias que manipulan cobalto.</p>

detallada, se evidenció también que la mayoría de los trabajadores mejoran tras eliminar su exposición, lo que refuerza la naturaleza evitable de la enfermedad. No obstante, algunos trabajadores mantuvieron síntomas persistentes, sugiriendo que el daño puede volverse crónico si la identificación y el retiro no son oportunos. En conjunto, los hallazgos refuerzan la necesidad de robustecer las estrategias de vigilancia ambiental y médica continua, biomonitorio, así como la implementación o fortalecimiento de los controles de ingeniería y programas de protección respiratoria que disminuyan la progresión hacia condiciones crónicas como la aparición de fibrosis y enfermedad del pulmón de metales duros (16) (Tabla 1).

Discusión

Los hallazgos de esta revisión sistemática de alcance evidencian que la exposición ocupacional combinada a cobalto y carburo de tungsteno constituye un riesgo emergente en la salud de los trabajadores de la industria metalmeccánica, minera y manufacturera. Si bien el número de estudios primarios identificados es limitado, la evidencia recopilada muestra consistencia en cuanto a la asociación entre la exposición a polvos metálicos y la aparición de síntomas respiratorios crónicos, inflamación pulmonar y alteraciones funcionales. Estas observaciones se sustentan en los estudios de Sprince et al. (1988) y Tanaka et al. (2014), que documentaron infiltrados intersticiales con presencia de tungsteno en tejido pulmonar y neumonía intersticial de células gigantes, hallazgos histopatológicos que confirman la naturaleza inflamatoria y progresiva de la enfermedad pulmonar por metales duros. En relación con los efectos respiratorios, la revisión permitió identificar un patrón reiterativo de afectación pulmonar caracterizado por la reducción de parámetros funcionales (FEV1/VC), aumento de sibilancias y disnea, y una respuesta inflamatoria crónica mediada por macrófagos

CD163+ y linfocitos CD8+. Los estudios incluidos sugieren un mecanismo patogénico basado en la generación de especies reactivas de oxígeno, la activación de vías como HIF-1 y p38 MAPK, y la consecuente fibrosis intersticial. Estos hallazgos concuerdan con investigaciones recientes que proponen que el daño tisular por exposición combinada a carburo de tungsteno y cobalto (WC-Co) no responde a un proceso lineal dosis-dependiente, sino a una respuesta sinérgica que potencia la inflamación y el estrés oxidativo celular.

Respecto a los desenlaces cardiovasculares, los resultados de Smith y Brown (2021) y Morfeld et al. (2017) sugieren alteraciones en la función diastólica y un incremento significativo en las tasas de mortalidad estandarizadas (SMR) por enfermedades cardíacas y respiratorias no malignas, con aumentos cercanos al 50%. Si bien estas asociaciones carecen de causalidad estadística robusta, la evidencia apunta a una posible relación entre la exposición prolongada a partículas metálicas finas y la disfunción cardíaca subclínica. Este hallazgo coincide con la hipótesis de que el cobalto puede interferir en el metabolismo mitocondrial, generar hipoxia tisular y alterar la contractilidad miocárdica, especialmente en contextos de exposición acumulativa.

En cuanto al riesgo de cáncer, la revisión corrobora las clasificaciones de la IARC, que ubican a la mezcla WC-Co y al cobalto metálico en el Grupo 2A, como probablemente carcinógenos para humanos. Sin embargo, los estudios de cohorte revisados no demostraron un incremento significativo en el riesgo de cáncer de pulmón, aunque sí se observaron excesos marginales en neoplasias de lengua y laringe, posiblemente influenciados por factores de confusión como el tabaquismo. Estos resultados refuerzan la necesidad de investigaciones con mejor control de variables ambientales y hábitos de vida, así como el uso de modelos de exposición más precisos que permitan establecer relaciones dosis-respuesta confiables.

A nivel ocupacional, los estudios revisados coinciden en señalar que la inhalación constituye la principal vía de exposición, aunque la vía dérmica adquiere relevancia en tareas de mantenimiento y prensado, donde el contacto con refrigerantes contaminados puede contribuir significativamente a la carga corporal de cobalto. En este sentido, la correlación encontrada entre las concentraciones de cobalto en piel y sangre demuestra que la absorción cutánea no debe subestimarse en los programas de vigilancia ambiental y biológica. La persistencia de las fibras de tungsteno en el aire respirable y su capacidad de permanecer en los fluidos pulmonares artificiales respaldan la necesidad de establecer límites específicos de exposición ocupacional para estos compuestos.

La síntesis de la evidencia también pone de manifiesto importantes vacíos metodológicos. Entre las principales limitaciones se destacan la escasez de estudios analíticos longitudinales, la heterogeneidad en los métodos de medición ambiental y biológica, y el tamaño muestral reducido en la mayoría de las investigaciones. Además, la ausencia de información detallada sobre la duración de la exposición, el uso de elementos de protección personal y los mecanismos de control ambiental limita la extrapolación de los resultados a otros contextos industriales. De igual manera, el hecho de que algunos estudios empleen modelos experimentales con dosis superiores a las observadas en ambientes laborales reduce su aplicabilidad epidemiológica.

Desde la perspectiva de la salud ocupacional, los resultados de esta revisión refuerzan la necesidad de implementar medidas preventivas y programas de vigilancia epidemiológica en los sectores expuestos. La identificación temprana de alteraciones respiratorias o cardiovasculares podría prevenir la progresión hacia cuadros irreversibles como la fibrosis pulmonar o la insuficiencia cardíaca. Asimismo, los hallazgos respaldan la pertinencia de establecer protocolos de monitoreo ambiental y biológico integrales, que incluyan la medición periódica de cobalto en aire, orina y sangre, junto con la capacitación

de los trabajadores en prácticas seguras y el uso adecuado de equipos de protección personal.

Finalmente, esta revisión de alcance resalta la importancia de continuar fortaleciendo la investigación en torno a los efectos de la exposición combinada a metales duros. Futuros estudios deberían emplear diseños prospectivos multicéntricos con control adecuado de confusores, definir umbrales de exposición biológicamente significativos y explorar los posibles mecanismos moleculares de daño. En particular, la integración de biomarcadores de estrés oxidativo e inflamación sistémica podría contribuir a comprender mejor la relación causal entre la exposición y los desenlaces en salud, orientando la formulación de políticas públicas basadas en evidencia para la protección de los trabajadores.

Conclusiones

La exposición a Cobalto se asocia a mayor presencia de síntomas respiratorios y alteraciones en la función pulmonar, aunque no está lo suficientemente claro si este metal sólo provoque la forma más grave de enfermedad pulmonar intersticial. El tungsteno tiene baja toxicidad sistémica sin embargo la exposición ocupacional en forma de polvo fino o en combinación con cobalto puede causar daño pulmonar por inflamación y estrés oxidativo. La combinación de carburo de tungsteno y cobalto puede incrementar el estrés oxidativo el cual es uno de los mecanismos implicados en la toxicidad pulmonar causada por exposición ocupacional a metales duros. Si bien no se encontró un mayor riesgo de cáncer de pulmón en las comparaciones externas e internas, cánceres como el de laringe, lengua si mostraron un ligero incremento, aunque existían factores de confusión como el tabaco, esto implicaría investigaciones a futuro donde no se asocie esta variable. Como se mencionó anteriormente la mayoría de los estudios están enfocados a afecciones del sistema respiratorio. Pero en la

presente revisión sistemática, se demostraron otros efectos en salud, como los cardiovasculares (Disfunción diastólica, alteración coronaria e hipertensión arterial).

Tras el mantenimiento de una adecuada higiene industrial y control ambiental dentro de las industrias, la importancia dentro un programa salud ocupacional, de tener presente la existencia de estos metales y su posible carcinogenicidad por inhalación, aunque es limitada, existe. Lo cual implica, implementar medidas preventivas, sistemas de vigilancia epidemiológica, el control de polvos metálicos respirables y monitoreos biológicos de los mismos.

Bibliografía

1. Sprince NL, Oliver LC, Eisen EA, Greene RE, Chamberlin RI. Cobalt Exposure and Lung Disease in Tungsten Carbide Production: A Cross-sectional Study of Current Workers. *Am Rev Respir Dis*. noviembre de 1988;138(5):1220-6.
2. ATSDR. Toxicological Profile For Tungsten [Internet]. Atlanta, GA; 2005. (Toxicological profile series). Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK598745/>
3. New Jersey Department of Health. Hoja informativa: Cobalt [Internet]. New Jersey Department of Health and senior services; 2005 jun. Report No.: RTK 0520. Disponible en: <https://www.nj.gov/health/eoh/rtkweb/documents/fs/0520sp.pdf>
4. Sprince NL, Chamberlin RI, Hales CA, Weber AL, Kazemi H. Respiratory Disease in Tungsten Carbide Production Workers. *Chest*. octubre de 1984;86(4):549-57.
5. Chen, R.J, Lee, V. R. Cobalt Toxicity. En: StatPearls [Internet]. Treasure Island, FL; 2023. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK587403/>
6. Bolan S, Wijesekara H, Ireshika A, Zhang T, Pu M, Petruzzelli G, et al. Tungsten contamination, behavior and remediation in complex environmental settings. *Environ Int*. noviembre de 2023; 181:108276.
7. Paganelli M, Fostinelli J, Renzetti S, Sarnico M, Tomasi C, Lovreglio P, et al. Occupational low-level exposure to hard metals: cobalt and tungsten biomonitoring as an effective tool to evaluate the effectiveness of industrial hygiene interventions for risk management. *Biomarkers*. 17 de febrero de 2020;25(2):179-85.
8. Lombaert N, Castrucci E, Decordier I, Van Hummelen P, Kirsch-Volders M, Cundari E, et al. Hard-metal (WC-Co) particles trigger a signaling cascade involving p38 MAPK, HIF-1 α , HMOX1, and p53 activation in human PBMC. *Arch Toxicol*. febrero de 2013;87(2):259-68.
9. National Toxicology Program. Report on carcinogens monograph on cobalt and cobalt compounds that release cobalt ions in vivo [Internet]. Washington, DC: U.S. Department of health and human services; 2016. Report No.: ROC Monograph 06. Disponible en: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK580289/pdf/Bookshelf_NBK580289.pdf
10. Linna A, Smith J, Brown I. Effects of cobalt exposure on the respiratory system and the heart among cobalt production workers. *J Occup Environ Health*. 31 de marzo de 2023;78(2):145-58.
11. Tanaka J, Moriyama H, Terada M, Takada T, Suzuki E, Narita I, et al. An observational study of giant cell interstitial pneumonia and lung fibrosis in hard metal lung disease. *BMJ Open*. marzo de 2014;4(3):e004407.
12. Morfeld P, Groß JV, Erren TC, Noll B, Yong M, Kennedy KJ, et al. Mortality Among Hardmetal Production Workers: German Historical Cohort Study. *J Occup Environ Med*. diciembre de 2017;59(12):e288-96.
13. Sauni R, Oksa P, Uitti J, Linna A, Kerttula R, Pukkala E. Cancer incidence among Finnish male cobalt production workers in 1969–2013: a cohort study. *BMC Cancer*. diciembre de 2017;17(1):340.
14. Svartengren M, Bryngelsson IL, Marsh G, Buchanich J, Zimmerman S, Kennedy K, et al. Cancer Incidence Among Hardmetal Production Workers: The Swedish Cohort. *J Occup Environ Med*. diciembre de 2017;59(12):e365-73.

15. Stocks SJ, Turner S, McNamee R, Carder M, Hussey L, Agius RM. Occupation and work-related ill-health in UK construction workers. *Occup Med.* 1 de septiembre de 2011;61(6):407-15.

16. Al-abcha A, Wang L, Reilly MJ, Rosenman KD. Work-related asthma in cobalt-exposed workers. *J Asthma.* 3 de agosto de 2021;58(8):1032-41.

NUEVO

Linirepair



C.N. 221368.5
Linirepair 30 ml

Regenera, protege, calma y mejora el aspecto de las cicatrices



Hipoalergénico



A partir de 3 años



PROTECCIÓN ALTA

ALFASIGMA 