

Revisión



Foto tomada de: <https://www.freepik.es>



DESCRIPCIÓN, CONTROL Y PREVENCIÓN DE AGENTES QUÍMICOS CANCERÍGENOS OCUPACIONALES: REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

DESCRIPTION, CONTROL AND PREVENTION OF OCCUPATIONAL CARCINOGENIC CHEMICAL AGENTS: LITERATURE REVIEW

César Alejandro García Molano ¹
Marcela Avendaño Vides ²

³ Geraldine Guerrero Martínez

RESUMEN

En diversos sectores económicos se utilizan una gran variedad de productos químicos con acción cancerígena, los cuales debido a la exposición crónica que presenta el trabajador, generan diferentes tipos de cáncer lo que obliga a la empresa a implementar controles específicos para estos agentes y así disminuir la probabilidad de aparición de estas patologías. El **objetivo** de la presente investigación es describir los agentes químicos cancerígenos ocupacionales y proponer los métodos de control y prevención mediante revisión bibliográfica. **Metodología:** Se realizó una revisión usando diversas bases de datos, los artículos fueron seleccionados bajo unos criterios de inclusión y exclusión, la búsqueda se realizó con ecuaciones de búsqueda a partir de descriptores. **Resultados:** El cáncer ocupacional es un conjunto de enfermedades que pueden afectar cualquier órgano o tejido humano, se origina tras una exposición crónica no controlada a agentes químicos, físicos y biológicos presentes en el entorno laboral. La Agencia Internacional para la investigación sobre el cáncer (IARC), dentro de su sistema de clasificación, establece dentro del grupo 1 a los agentes cuya acción cancerígena está altamente demostrada, tanto en humanos como en animales, dentro del grupo 1 se encuentran agentes químicos tales como: benceno, formaldehído, asbesto, acetato de níquel, tricloroetileno, arsénico. **Conclusiones:** La implementación de controles en el sitio de trabajo sigue la jerarquía donde lo más deseado es la eliminación/sustitución siguiendo con controles de ingeniería, administrativos y personales. El cáncer ocupacional puede prevenirse si se desarrolla un programa de vigilancia donde se evalúen y se dé seguimiento a una serie de controles a implementarse de forma frecuente.

Palabras clave:

Cancerígeno, Cáncer profesional, Agente químico nocivo, prevención de enfermedades.

ABSTRACT

A wide variety of chemical products with carcinogenic action are used in various economic sectors. Due to the chronic exposure of the worker, they generate different types of cancer, which forces the company to implement specific controls for these agents and reduce the probability of the appearance of these pathologies. The **objective** of this research is to describe occupational carcinogenic chemical agents and to propose control and prevention methods through a bibliographic review. **Methodology:** A review was carried out using various databases. The articles were selected under inclusion and exclusion criteria. The search was carried out with search equations based on descriptors. **Results:** Occupational cancer is a set of diseases that can affect any human organ or tissue. It originates after uncontrolled chronic exposure to chemical, physical and biological agents present in the work environment. The International Agency for Research on Cancer (IARC), within its classification system, establishes within group 1 the agents whose carcinogenic action is highly demonstrated, both in humans and in animals. Within group 1 there are chemical agents such as: benzene, formaldehyde, asbestos, nickel acetate, trichloroethylene, arsenic. **Conclusions:** The implementation of controls in the workplace follows the hierarchy where the most desired is elimination/substitution followed by engineering, administrative and personal controls. Occupational cancer can be prevented if a surveillance program is developed where a series of controls to be implemented frequently are evaluated and monitored.

Key words:

Carcinogen, Occupational cancer, Harmful chemical agent, disease prevention.



INTRODUCCIÓN

El cáncer es una enfermedad caracterizada por el aumento descontrolado de algunas células del cuerpo, que se van extendiendo a otras partes del organismo generando cambios en los genes dando lugar a la formación de tumores (Instituto Nacional del Cáncer [NIH], 2021). Esta patología puede estar vinculada a diversas etiologías, una de ellas se relaciona con el ámbito laboral, lo que se puede denominar como Cáncer Ocupacional (Davoodi et al., 2015). Este tipo de cáncer está asociado a la aparición de neoplasias por la exposición continua en el ambiente laboral a agentes de naturaleza química, física o biológica. Los cuales constituyen una causa necesaria para el desarrollo de la enfermedad teniendo en cuenta factores como: la frecuencia, la intensidad y la duración de la exposición, las condiciones mismas del trabajo, la vía de ingreso de éstos al organismo y los hábitos de higiene personal, entre otros (Ministerio de la Protección Social, 2006). El riesgo de desarrollar cáncer ocupacional no solo impacta la salud individual de los trabajadores, sino que también plantea desafíos significativos para las empresas y la sociedad en general. La identificación, evaluación y gestión efectiva de estos riesgos son esenciales para crear entornos laborales seguros y sostenibles.

La Organización Mundial de la Salud (OMS), estima que el cáncer atribuible a exposiciones ocupacionales varía entre el 4 y 40% de la carga global, y causa cerca de 200.000 muertes al año en el mundo (Organización Panamericana de la Salud [OPS], 2014). La segunda causa de muerte que afecta a la población trabajadora es la exposición a cancerígenos ocupacionales, cerca de un 22,8% de casos se reportaron a nivel mundial en el 2016,

una de las actividades de mayor riesgo por exposición a estos contaminantes es la construcción, donde se presentaron 56% del total de cánceres atribuibles en hombres; por su parte en el caso de las mujeres, el 54 % del total de cánceres fue asociado con el trabajo por turnos, con predominio del cáncer de mama (Rushton, 2017). Los tipos de cáncer de origen laboral con mayor incidencia son: pulmón, mesotelioma, mama, vejiga y leucemia (Palencia-Sánchez et al, 2021).

La visibilidad del cáncer ocupacional en Colombia es baja debido a la escasa formación médica en la valoración de la exposición a factores de riesgo ocupacional, el desconocimiento de los trabajadores sobre los efectos a la salud provocados por los agentes a los cuales están expuestos, la multi exposición a agentes cancerígenos en el sitio de trabajo y el cambio frecuente de ocupación (Espinosa y Rojas, 2006). La adecuada adopción de controles en el sitio de trabajo reduciría los peligros a niveles mínimos aceptables, pero estos controles en muchos casos son inexistentes sobre todo en el ámbito de trabajo informal que en Colombia representa el 57% de la población trabajadora (Henríquez-Mendoza et al., 2021).

El presente artículo tiene como objetivo, mediante una revisión documental, describir los agentes químicos cancerígenos ocupacionales y proponer métodos de control y prevención, de esta forma se presentará información sobre las características de químicos cancerígenos ocupacionales, sus usos en diversas actividades y las metodologías preventivas que deberían aplicarse a nivel de la salud ocupacional para minimizar la aparición de la enfermedad en la población de los trabajadores.

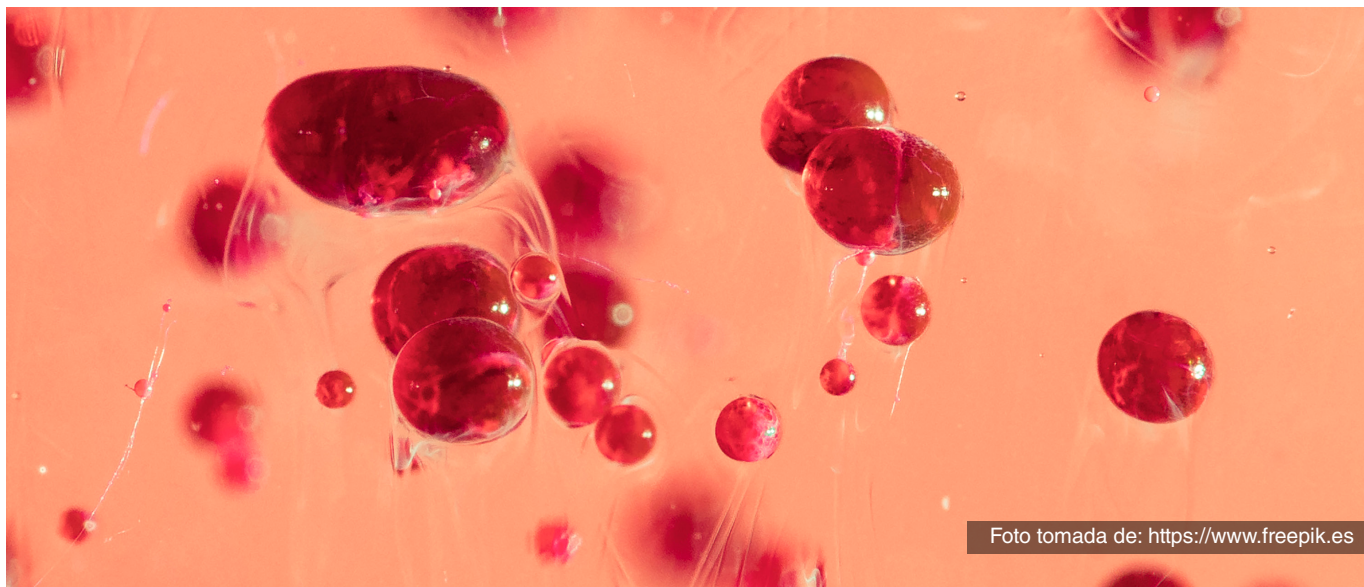


Foto tomada de: <https://www.freepik.es>

METODOLOGÍA

Con el fin de dar cumplimiento al objetivo planteado en la presente investigación se llevó a cabo una revisión bibliográfica de artículos en las siguientes bases de datos digitales: Redalyc, Pubmed, Scielo y Science Direct, para la selección de documentos se plantearon los siguientes criterios:

- **Criterios de inclusión:** se incluyeron artículos de revistas digitales de revisiones sistemáticas e investigaciones cuantitativas, en inglés y español, con fechas de publicación en un periodo comprendido entre el 2018 y el 2023. Las temáticas de los documentos seleccionados están relacionadas con la salud ocupacional, higiene industrial y seguridad y salud para el trabajo.

- **Criterios de exclusión:** se excluyeron artículos cuyo estudio no tuviera enfoque ocupacional, documentos que estudian el desarrollo del cáncer a partir de etiologías no ocupacionales con exposición a agentes no químicos. Se descartaron los artículos repetidos entre diferentes bases utilizadas.

Inicialmente se eligieron descriptores de búsqueda que estuvieran incluidos en el tesauro de DeCS/MeSH, los descriptores seleccionados fueron: cáncer ocupacional, salud ocupacional, agentes cancerígenos y prevención de enfermedades. A partir de estos descriptores se construyeron ecuaciones de búsqueda usando el booleano AND. En la tabla 1 se muestran el número de documentos seleccionados en cada base de datos junto con las ecuaciones de búsqueda.

Tabla 1
Artículos seleccionados por cada base de datos

BASE DE DATOS	ECUACIONES DE BÚSQUEDA	ARTÍCULOS ENCONTRADOS	ARTÍCULOS SELECCIONADOS
SCIENCE DIRECT	Cáncer ocupacional and salud ocupacional	35	9
	Cáncer ocupacional and agentes cancerígenos	3	0
	Cáncer ocupacional and prevención de enfermedades	0	0
PUB-MED	Cáncer ocupacional and salud ocupacional	25	19
	Cáncer ocupacional and agentes cancerígenos	5	1
	Cáncer ocupacional and prevención de enfermedades	0	0
REDALYC	Cáncer ocupacional and salud ocupacional	9	1

	Cáncer ocupacional and agente químico	0	0
	Cáncer ocupacional and agentes cancerígenos	0	0
SCIELO	Cáncer ocupacional and salud ocupacional	12	4
	Cáncer ocupacional and agentes cancerígenos	0	0
	Cáncer ocupacional and prevención de enfermedades	0	0
	TOTAL	89	34

Nota: Elaboración propia

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla 2 se describen los hallazgos encontrados en diferentes artículos seleccionados, según criterios de inclusión, cada descripción relaciona el tipo de cáncer que se origina con la exposición laboral a diversos agentes químicos.

Tabla 2

Agentes químicos y tipo de cáncer que ocasionan según la actividad

Autores (año)	Diseño De Estudio	Hallazgos
(Park et al.,2023)	Estudio de caso	Los trabajadores que manipulan diluyentes de pinturas y plaguicidas se identificaron como grupos de exposición de alto riesgo a padecer leucemia mieloide aguda.
(Laouali et al, 2018)	Estudio de caso	La exposición ocupacional a solventes oxigenados, en particular alcoholes, están relacionados con la aparición de cáncer de mama.

(Costa et al., 2019)	Cuantitativo	La inhalación ocupación a formaldehído está relacionado con el riesgo a la genotoxicidad en células sanguíneas circulantes.
(Togawa et al.,2021)	Cuantitativo	Se identifica correlación entre trabajadores agrícolas de ambos géneros y la aparición de cáncer de riñón.
(Talibov et al., 2019)	Cuantitativo	La exposición ocupacional a solventes, metales y gases en mujeres está relacionada con la aparición de cáncer de mama.
(Michalek et al.,2019)	Cuantitativo.	La exposición a altas dosis de vapores de hierro y níquel está relacionada con la aparición de cáncer de riñón en soldadores.
(De Graaf et al.,2022)	Revisión sistemática	Se encontraron 15 estudios relacionados con la aparición de cáncer en diferentes órganos tras exposición a plaguicidas.
(Valdez-Flores et al., 2022)	Cuantitativo	En este estudio epidemiológico se evidenció la relación entre la exposición ocupacional a 1,3-Butadieno y la aparición de diferentes tipos de leucemia y cáncer de vejiga
(Zhang et al.,2021)	Revisión sistemática	No se evidenció asociación entre la exposición a implantes ortopédicos
(Labrèche et al.,2019)	Cuantitativo	Se identificaron cinco tipos de cáncer: mesotelioma, cáncer de piel, de pulmón, de vejiga y mama por exposición a asbesto, sílice cristalina y gases de escape en actividades nocturnas.
(Lin et al.,2018)	Revisión sistemática	Los modelos de vigilancia ocupacional para prevenir el cáncer en China incluyen: monitoreo activo, monitoreo pasivo y monitoreo centinela.

(Noelle et al., 2023)	Cuantitativo	La supervivencia oncológica en pacientes con cáncer pulmonar ocupacionalmente expuestos a asbesto puede disminuir en comparación con pacientes con cáncer pulmonar no expuestos.
(Rossides et al., 2023)	Estudio de caso	Se evidencia riesgo de padecer cáncer en hijos de madres expuestas ocupacionalmente al arsénico y otros metales.
(Sassano et al., 2023)	Revisión sistemática	Los hallazgos del estudio sugieren que la exposición ocupacional al benceno puede estar asociada con el cáncer colorrectal.
(Sassano et al., 2023)	Revisión sistemática	La exposición ocupacional al arsénico está asociada al cáncer del tracto digestivo relacionado con el cáncer de recto.
(Liu et al.,2023)	Revisión sistemática	La eliminación de arsénico en el cuerpo puede inducir alteraciones de tipo genético que resultan en efectos cancerígenos.
(Francisco et al.,2023)	Revisión sistemática	La exposición ocupacional a benceno, plaguicidas y tricloroetileno derivan en la aparición de Linfoma no Hodking
(Doe et al.,2022)	Revisión sistemática.	Se propone un esquema de clasificación para agentes cancerígenos, se agrupan las sustancias según su modo de acción y potencia en tres categorías: (A, B Y C)
(Kasmi et al.,2023)	Revisión sistemática.	Se evidencia asociación de exposición ocupacional al arsénico y la formación de neoplasias malignas en el tracto digestivo.
(Jones et al.,2023)	Revisión sistemática.	Se evidencia asociación entre la exposición por emisiones de óxido de etileno y el riesgo de cáncer de mama in situ no invasivo.

(Ribeiro,2022)	Revisión sistemática	Se evidencia asociación entre la exposición a solventes cadmio, cromo, cadmio, plomo, y óxidos de nitrógeno a la aparición de cáncer gástrico.
(Brey et al.,2022)	Estudio de caso	La exposición a cancerígenos ocupacionales entre pintores y trabajadores de la construcción aumenta el riesgo de cáncer de pulmón.
(Medina-pizzali et al.,2018)	Revisión sistemática	La exposición crónica al arsénico afecta casi todos los órganos y sistemas, pudiendo causar principalmente cáncer de pulmón, vejiga, de piel, hígado, riñón y próstata.
(Santos et al.,2023)	Revisión sistemática	Se evidencia asociación entre la exposición a aldehídos, hidrocarburos y aminas aromáticas a la aparición de cáncer de mama.

Nota: Elaboración propia con base hallazgos encontrados en diferentes artículos seleccionados

A continuación, se describen algunas propiedades, usos industriales y tipos de cáncer originados por aquellos agentes químicos mencionados con mayor frecuencia en la revisión:

- **Benceno**

Es una sustancia líquida, incolora o de color amarillo claro cuando está a temperatura ambiente. Se utiliza principalmente como solvente en la industria química, refinación de petróleo, fabricación de plástico, industria del caucho y en la industria farmacéutica, como producto. El tipo de cáncer que se puede presentar por estar expuesto al benceno es la leucemia, (Instituto nacional de salud [NIH], 2018)

- **Formaldehído**

Es una sustancia química inflamable, incolora y de olor fuerte, lo utilizan los trabajadores industriales y embalsamadores, se usa para la construcción de materiales como tableros de partículas, madera contrachapada, la industria de la construcción la manufactura de productos químicos, la producción de muebles, en el sector de la salud y otros productos de madera prensada, adicio-

nalmente se usa como fungicida, germicida y desinfectante, los tipos de cáncer que están relacionados con el formaldehído son leucemia mieloide, cáncer de seno paranasal y de cavidad nasal, de pulmón y el cáncer de nasofaringe. (NIH, 2018).

- **Asbesto**

Es un grupo de minerales fibrosos, su uso se ha establecido principalmente en la industria de la construcción y en la reparación de embarcaciones como material a prueba de fuego o aislamiento, frenos de automóviles y materiales para paneles de yeso, el cáncer que se relaciona con el asbesto es el de pulmón o mesotelioma, se produce cuando las fibras del asbesto son inhaladas y estas son depositadas en los pulmones causando daño a largo plazo, causando la formación de tumores. (NIH, 2018).

- **Óxido de etileno**

Es un gas incoloro, inflamable y de olor dulce, se usa principalmente para producir otras sustancias químicas como lo es anticongelantes, se usa como agente de fumigación y esterilización, su uso principal es en industrias para la esterilización de equipos médicos, el



cáncer asociado al óxido de etileno es la Leucemia y Linfoma. (NIH, 2018).

- **Tricloroetileno**

El tricloroetileno es un líquido incoloro y volátil, que se evapora rápidamente en el aire, No es inflamable y tiene un olor dulce. Se utiliza en la limpieza en seco, la fabricación de productos químicos y la eliminación de grasas y aceites, el cáncer más comúnmente asociado es el de hígado, ya que estudios han demostrado que personas que trabajan con la manipulación de Tricloroetileno tienen riesgo de desarrollar carcinoma hepatocelular, un tipo de cáncer que se origina en las células del hígado. (Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades [ATSDR], 2020).

- **Arsénico**

El arsénico es un elemento natural que se encuentra en la tierra y entre los minerales, este forma parte del aire, el agua y la tierra a través del polvo que se lleva el viento. También puede liberarse en el medio ambiente debido a ciertos procesos agrícolas e industriales, como la minería y la fundición de metales, se usan para preservar la madera, como plaguicidas. El arsénico se puede encontrar en dos estados (orgánico e inorgánico); siendo el estado inorgánico el más tóxico. (ATSDR, 2020).

La exposición por tiempo prolongado a niveles bajos de arsénico, puede cambiar el color de la piel y causar callos y pequeñas verrugas. La ingestión prolongada de agua potable que contiene arsénico está relacionada con un mayor riesgo de cáncer de vejiga. Además, se ha vinculado la exposición al arsénico con los cánceres de piel, pulmón, vías digestivas, hígado, riñón, y cánceres de los sistemas linfático y hematopoyético. (NIH, 2018).

Normatividad y legislación en Colombia.

En Colombia, a lo largo de los años, se han promulgado disposiciones legales específicas para salvaguardar la integridad de los trabajadores y establecer pautas claras en áreas críticas, como la exposición a agentes cancerígenos. A continuación, se expone aquella normatividad que orienta y regula la prevención y control de riesgos laborales frente a la exposición de cancerígenos.

- **Decreto Ley 1295 de 1994:** Por el cual se determina la organización y administración del Sistema General de Riesgos Profesionales. **Artículo 67.** “Las empresas de alto riesgo rendirán en los términos que defina el Ministerio de Trabajo y Seguridad

Social a la respectiva entidad administradora de riesgos profesionales, un informe de evaluación del desarrollo del programa de salud ocupacional, anexando el resultado técnico de la aplicación de los sistemas de vigilancia epidemiológica.”

- **Decreto 2090 de 2003:** Este decreto establece las actividades que son consideradas de alto riesgo para la salud de los trabajadores. En particular, el **artículo 2** define y lista las actividades que presentan mayores riesgos. Dentro de estas actividades, el numeral 4 del mismo artículo menciona de manera específica los: “*Trabajos con exposición a sustancias comprobadamente cancerígenas*”.
- **Ley 1384 de 2010:** se establecen las acciones para la atención integral del cáncer en Colombia. **Artículo 5°.** *Control integral del cáncer.” Declárese el cáncer como una enfermedad de interés en salud pública y prioridad nacional para la República de Colombia. El control integral del cáncer de la población colombiana considerara los aspectos contemplados por el Instituto Nacional de Cancerología, apoyado con la asesoría permanente de las sociedades científicas clínicas y/o quirúrgicas relacionadas directamente con temas de oncología y un representante de las asociaciones de pacientes debidamente organizadas y avalado por el Ministerio de la Protección Social, que determinara acciones de promoción y prevención, detección temprana, tratamiento, rehabilitación y cuidados paliativos.*
- **Resolución 4505 de 2012:** establece el reporte relacionado con el registro de las actividades de Protección Específica, Detección Temprana y la aplicación de las Guías de Atención Integral para las enfermedades de interés en salud pública. **Artículo 8.** “...el reporte de las Actividades de Protección Específica, Detección Temprana y la aplicación de las Guías de Atención Integral de las enfermedades de interés en salud pública de obligatorio cumplimiento...”.
- **Resolución 1383 de 2013:** a través de esta resolución se adopta el Plan Decenal para el Control del Cáncer en Colombia, 2012-2021. **Artículo 2.** *Obligatoriedad.* “El Plan Decenal para el Control del Cáncer en Colombia, 2012-2021, será de obligatorio cumplimiento por parte de los integrantes del Sistema General de Seguridad Social en Salud”.
- **Resolución 0247 de 2014:** establece la obligación de reportar los pacientes con cáncer a la Cuenta de Alto Costo por parte de las Entidades Administradoras de Planes de Beneficios de Salud, incluidas las del



régimen de excepción, las IPS públicas, privadas y mixtas y las direcciones departamentales, distritales y municipales de salud.

- **Decreto 1072 de 2015:** compila la normatividad vigente en el sector laboral en Colombia, con el objetivo de regular las condiciones laborales de los trabajadores en el país. Esta normativa establece las obligaciones tanto de empleadores como de trabajadores para garantizar un ambiente de trabajo seguro y saludable. En su **Artículo 2.2.4.6.15:** Identificación de Peligros, Evaluación y Valoración de los Riesgos, establece que se debe realizar la identificación de peligros y evaluación de los riesgos priorizando los agentes potencialmente cancerígenos independientes de su dosis y nivel de exposición.
- **Decreto 1477 de 2014:** expide la Tabla de Enfermedades Laborales en Colombia. En su anexo técnico, específicamente en la sección 2, parte A, se establecen las enfermedades directas relacionadas con las condiciones laborales. Dentro de las enfermedades mencionadas en esta sección, se incluyen aquellas generadas por la exposición a agentes cancerígenos, las cuales son reconocidas como enfermedades laborales.
- **Ley 1968 de 2019:** Prohibición del Uso de Asbesto en el Territorio Nacional, se prohíbe el uso de asbesto en todo el territorio nacional. El objetivo de esta medida es preservar la vida, la salud y el ambiente tanto de los trabajadores como de todos los habitantes del país. La prohibición busca proteger frente a los riesgos que representa la exposición al asbesto para la salud pública, colectiva e individual, en cualquiera de sus modalidades o presentaciones.

Clasificación de carcinogenicidad

La IARC, es un miembro de la Organización Mundial de la Salud, que evalúa la evidencia científica relacionada con la carcinogenicidad (la capacidad de causar cáncer) de diversos agentes, incluyendo sustancias químicas, factores ocupacionales, exposiciones ambientales, comportamientos y prácticas de estilo de vida, así como factores biológicos. La agencia emite monografías que resumen y clasifica la evidencia disponible en grupos según el nivel de evidencia de carcinogenicidad. (Agencia internacional de investigaciones sobre el cáncer [IARC], 2023). Su clasificación se categoriza 4 grupos de agentes:

- **Grupo 1** "*cancerígeno para el ser humano*" esta categoría se aplica cuando existen pruebas suficien-

tes de carcinogenicidad en humanos por un agente o una mezcla. (IARC, 2023)

• Grupo 2 (A Y B)

Grupo 2A "*Probablemente carcinógeno para el ser humano*" Esta categoría se usa cuando hay limitada evidencia de efecto carcinógeno en humanos y suficiente evidencia de efecto carcinógeno en animales de experimentación. (IARC, 2023)

Grupo 2B "*posiblemente carcinógeno para el ser humano*" Esta categoría incluye agentes, mezclas o condiciones de exposición para los que existen pruebas limitadas de carcinogenicidad en humanos y pruebas insuficientes de carcinogenicidad en experimentación animal. (IARC, 2023)

Grupo 3 "*no puede ser clasificado respecto a su carcinogenicidad para el ser humano*" Esta categoría es usada ampliamente para aquellos agentes, mezclas o condiciones de exposición para las que existen pruebas inadecuadas de carcinogenicidad en humanos e inadecuadas o limitadas en animales de experimentación. Excepcionalmente, aquellos agentes (o mezclas) para los cuales las pruebas de carcinogenicidad son inadecuadas en humanos pero suficientes en animales de experimentación, pueden ser incluidos en esta categoría cuando existan fuertes evidencias de que el mecanismo de carcinogenicidad en animales de experimentación no opera en humanos. (IARC, 2023)

Grupo 4 "*Probablemente no carcinógeno para el ser humano*" En esta categoría se incluyen los agentes o mezclas para los que existen pruebas que sugieren la ausencia de carcinogenicidad en humanos y en animales de experimentación. En algunos casos, se pueden incluir en este grupo los agentes o mezclas para los que las pruebas de carcinogenicidad en humanos son inadecuadas, pero con pruebas que sugieren ausencia de carcinogenicidad en experimentación animal, confirmadas congruentemente por un amplio espectro de otros datos significativos. (IARC, 2023).

Metodologías de control y prevención

Las medidas de control son procesos que se utilizan para asegurar que las actividades en una organización se realizan de forma segura, en la cual se permite establecer sistemas adecuados de supervisión. Las Medidas Preventivas son todas aquellas que sirven para proteger eficaz-



El enfoque de la jerarquía de controles goza de amplia aceptación en la prevención de riesgos laborales, incluyendo aquellos asociados con sustancias cancerígenas en el entorno ocupacional. Este sistema establece una secuencia para la aplicación de medidas preventivas y de control de riesgos, las cuales deben ser priorizadas y determinadas siguiendo el principio de eliminar los peligros en primer lugar luego se busca reducir los riesgos, ya sea disminuyendo la probabilidad de ocurrencia o mitigando la gravedad potencial de lesiones o daños, según lo recomendado en la Guía Técnica Colombia GTC 45 durante el proceso de identificación y evaluación de peligros y riesgos. (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación [ICONTEC], 2023)

1. Eliminación

en una opción, siempre que sea técnicamente posible. La implementación de controles referentes a la sustitución de una sustancia es un proceso que requiere organización, planificación y participación de todas las secciones o departamentos dentro la organización.

La metodología de sustitución INRS, es la más actualizada y esta adapta el método del HSE, consiste en evaluar criterios, realizar un análisis general del problema y de las posibles consecuencias inherentes al realizar la sustitución. Esta metodología consta principalmente de los siguientes nueve pasos los cuales se esquematizan en la figura 1.

La sustitución de un agente químico peligroso, es una medida de prevención prioritaria en general y, en el caso de los productos cancerígenos o mutágenos se convierte

```

graph TD
    1[1 Identificación del problema] <--> 2[2 Creación del comité de sustitución]
    1 --> 3[3 Estudio y definición de los criterios de selección de sustitutos]
    3 --> 4[4 Opciones de sustitución]
    4 --> 5[5 Ensayos a pequeña escala]
    5 --> 6[6 Evaluación de los nuevos riesgos]
    6 --> 7[7 Comparación y elección del sustituto]
    7 --> 8[8 Implantación]
    8 --> 9[9 Evaluación]
    9 --> 1
  
```

El diagrama de flujo ilustra la metodología de sustitución de riesgos, un proceso iterativo que comienza con la identificación del problema y la creación de un comité de sustitución. El proceso continúa a través de la definición de criterios, la generación de opciones, la realización de ensayos a pequeña escala, la evaluación de nuevos riesgos, la comparación y elección del sustituto, y la implantación. Finalmente, se realiza una evaluación que retroalimenta el inicio del proceso.

A_c

Controles de ingeniería

Los controles de ingeniería, implican la implementación de medidas técnicas para reducir el contacto directo con los cancerígenos y disminuir el riesgo de exposición. Se deben implementar aplicando medidas de protección colectivas, que son las que se utilizan para reducir el riesgo. Todos los sistemas y componentes deberán ser diseñados con el único fin de que los contaminantes se mantengan por debajo de los valores límites permisibles. (Hernandez, 2020) Estos pueden incluir:

- Implementar sistemas de extracción localizada donde se debe contemplar el diseño de elementos como campana, ductos, ventilador y equipos de limpieza, los cuales se deben adaptar al proceso. (INSHT, 20).
- Sistemas de detección de gases, sistemas de cierre automático, sistemas de ventilación ante la presencia de sustancias peligrosas.
- Utilización de circuito cerrado de monitoreo de lugares donde hay presencia de agente contaminante y peligroso (cabinas, cámaras) que permita la extracción y eliminación en el aire de estas sustancias, y de manera disminuir el nivel de exposición a agentes cancerígenos.
- Adecuación de la infraestructura: barreras naturales, cercas perimetrales, puerta encerramientos de agua, utilización de duchas, dotación de ropa para visitantes y trabajadores.

Controles administrativos

Los controles administrativos son las medidas organizativas y de gestión que se implementan para reducir los riesgos en el lugar de trabajo. Deben enfocarse en cambiar la forma en que se interactúa con el riesgo y cómo se gestionan los procesos para minimizar la exposición y prevenir accidentes o enfermedades. Algunos ejemplos que se puede aplicar en los entornos con exposición a sustancias cancerígenas:

Educación y capacitación

- Capacitar a los trabajadores sobre los riesgos y las medidas de seguridad relacionadas con los cancerígenos laborales, y fomentar buenas prácticas en el lugar de trabajo. (INSHT, 2001).
- Implementar políticas y procedimientos que promuevan la seguridad en el lugar de trabajo y limiten la exposición, como rotación de tareas, programación de

trabajos, la capacitación adecuada de los empleados y la implementación de controles de calidad.

- Implementar un registro obligatorio de todas las sustancias químicas cancerígenas en cuanto su fabricación e importación sea examinada por autoridades públicas en el país. (INSHT, 2018).

En Colombia, se tiene dispuesto el Sistema de Vigilancia Epidemiológica del Cáncer Ocupacional en Colombia (SIVECAO), el cual permite recolectar y analizar información confiable y actualizada sobre las características de la exposición ocupacional y de los trabajadores expuestos a agentes carcinógenos. (Ministerio del Trabajo, 2014).

Monitoreo y evaluación

- Implementar técnicas de medición para agentes químicos particulares presentes en el aire, tales como polvo, humo, vapores, gases, nieblas o rocíos. Se pueden emplear como referencia los procedimientos establecidos en el Manual de Métodos Analíticos de NIOSH, que detalla métodos específicos para la medición y evaluación de sustancias químicas en el entorno laboral. (INSHT, 2018).
- Implementar sistemas de monitoreo biológico para evaluar la exposición de los trabajadores a sustancias químicas cancerígenas, donde se realice la medición de los niveles de sustancias químicas o sus metabolitos en muestras biológicas, como sangre, orina, cabello o saliva, para evaluar la absorción, distribución, metabolismo y eliminación de dichas sustancias en el cuerpo. (INSHT, 2018).
- Programas de vigilancia de la salud de los trabajadores expuestos a agentes cancerígenos. Estos programas deben incluir exámenes médicos periódicos, análisis de sangre y orina para detectar posibles biomarcadores de exposición, y seguimiento de los trabajadores después de su exposición a agentes cancerígenos.
- Diseñar los procesos de trabajo y las medidas técnicas con el objeto de evitar o reducir al mínimo la formación de agentes cancerígenos o mutágenos.

Elemento de protección personal (EPP)

Cuando no es posible eliminar o sustituir los cancerígenos, se deben utilizar equipos de protección personal (EPP) para reducir la exposición de los trabajadores. Estos equipos incluyen guantes, gafas protectoras, mascarillas y trajes especiales. Es fundamental que los empleadores

proporcionen la capacitación adecuada sobre el uso y mantenimiento de los EPP, así como su suministro.

La homologación de los elementos de protección personal, dependerá del tipo de contaminante utilizado, de factores particulares del trabajo, de condiciones propias del trabajador y de la tarea. En el caso particular de la exposición a carcinógenos debe basarse principalmente en una adecuada protección respiratoria y dérmica. No obstante, es indispensable el entrenamiento previo sobre el uso y mantenimiento de dichos elementos.

CONCLUSIONES

El cáncer ocupacional es causado por la exposición a agentes carcinógenos en diversos ambientes laborales, en la presente revisión se logró identificar que los agentes químicos carcinógenos mencionados con mayor frecuencia se pueden dividir, según su constitución química en los siguientes grupos: metales (arsénico), plaguicidas, diluyentes orgánicos (benceno, formaldehído), gases (óxido de etileno) y fibras de origen mineral como la sílice. También se logra identificar que los tipos de cáncer ocupacional más comunes son la leucemia, mesotelioma, cáncer de mama, vejiga, riñón, tracto digestivo y linfoma no Hodgkin.

Para la prevención de la aparición de la enfermedad se recomienda elaborar un sistema de vigilancia epidemiológica que incluya la implementación de controles para un adecuado seguimiento a la exposición, se recomienda incluir exámenes médicos de seguimiento, mediciones ambientales y biológicas.

El número de estudios publicados sobre carcinógenos ocupacionales es alto, sin embargo se registran muy pocos en Colombia para lo cual se recomienda en un futuro presentar más investigaciones de cáncer ocupacional en el país.



Foto tomada de: <https://www.freepik.es>

BIBLIOGRAFÍA

- Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades [ATSDR]. (Junio de 2020). Tricloroetileno. Obtenido de https://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts19.
- Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades [ATSDR]. (Octubre de 2020). La toxicidad del arsénico. Obtenido de ¿Qué es el arsénico?: https://www.atsdr.cdc.gov/es/csem/arsenic/que_es_el.html
- Beckett, E. M., Abelman, A., Roberts, B., Lewis, R. C., Cheatham, D., Miller, E. W., Hall, E., & Pierce, J. S. (2023). An updated evaluation of reported no-observed adverse effect levels for chrysotile, amosite, and crocidolite asbestos for lung cancer and mesothelioma. *Critical Reviews in Toxicology*, 53(10), 611–657. <https://doi.org/10.1080/10408444.2023.2283169>
- Bernstein, D. M. (2022). The health effects of short fiber chrysotile and amphibole asbestos. *Critical Reviews In Toxicology*, 52(2), 89–112. <https://doi.org/10.1080/10408444.2022.2056430>
- Brey, C., Consonni, D., Sarquis, L. M. M., & Miranda, F. M. D. (2022). Lung cancer and occupational exposure: hospital-based case-control study. *Revista Gaúcha de Enfermagem*, 43. <https://doi.org/10.1590/1983-1447.2022.20210043.en>
- Cammalleri, V., Pocino, R. N., Marotta, D., Protano, C., Sinibaldi, F., Simonazzi, S., Petyx, M., Iavicoli, S., & Vitali, M. (2021). Occupational scenarios and exposure assessment to formaldehyde: A systematic review. *Indoor Air*, 32(1). <https://doi.org/10.1111/ina.12949>
- Cerinza Acosta, A., Neiva, V. L., & Montaña Segura, N. (2020). Programa de vigilancia epidemiológica para la manipulación de productos químicos cancerígenos en el laboratorio. Bogotá. Obtenido de https://repository.uniminuto.edu/bitstream/10656/11300/1/TE.RLA_CerinzaAngie-NeivaViviana-MontanoNatalia_2020.pdf
- Costa, S., Costa, C., Madureira, J., Valdiglesias, V., Teixeira-Gomes, A., De Pinho, P. G., Laffon, B., & Teixeira, J. P. (2019). Occupational exposure to formaldehyde and early biomarkers of cancer risk, immunotoxicity and susceptibility. *Environmental Research*, 179, 108740. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2019.108740>
- Davoodi S, Safdari R, Ghazisaeidi M, Mohammadzadeh Z, Azadmanjir Z. Prevention and Early Detection of Occupational Cancers - a View of Information Technology Solutions. *Asian Pac J Cancer Prev*. 2015;16(14):5607-11. DOI 10.7314/apjcp.2015.16.14.5607.
- De Graaf, L., Boulanger, M., M. Bureau, Bouvier, G., Mermet-Figuere, M., Tual, S., Lebailly, P., & Baldi, I. (2022). Occupational pesticide exposure, cancer and chronic neurological disorders: A systematic review of epidemiological studies in greenspace workers. *Environmental Research*, 203(111822), 111822. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.111822>
- Decreto 2090 de 2003. Por el cual se definen las actividades de alto riesgo para la salud del trabajador y se modifican y señalan las condiciones, requisitos y beneficios del régimen de pensiones de los trabajadores que laboran en dichas actividades. Art 2, 28 de julio de 2003.
- Decreto 1072 de 2015. Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Trabajo. At 2.2.4.6.15, mayo 26 del 2015.
- Decreto ley 1295 de 1994. Por el cual se determina la organización y administración del Sistema General de Riesgos Profesionales. Art. 67, 22 de junio de 1994.
- Decreto 1477 de 2014. Por el cual se expide la Tabla de Enfermedades Laborales. 5 de agosto de 2014.
- Doe, J. E., Boobis, A. R., Cohen, S. M., Dellarco, V. L., Fener-Crisp, P. A., Moretto, A., Pastoor, T. P., Schoeny, R. S., Seed, J. G., & Wolf, D. C. (2022). A new approach to the classification of carcinogenicity. *Archives Of Toxicology*, 96(9), 2419–2428. <https://doi.org/10.1007/s00204-022-03324-z>
- Espinosa Restrepo, M. T., Rojas Hurtado, M. P., Bernal Camacho, M. L., Araque García, Á., Vélez Osorio, M., & López Camargo, J. M. (2006). Manual de Agentes Carcinógenos de los grupos 1 y 2A de la IARC, de interés ocupacional para Colombia. Bogotá. Obtenido de <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/IA/INCA/Manual-agentes-carcinogenos-2006.pdf>
- Francisco, L. F. V., Da Silva, R. N., Oliveira, M. A., Neto, M. F. D. S., Gonçalves, I. Z., Marques, M. M. C., & Silveira, H. C. S. (2023). Occupational Exposures and Risks of Non-Hodgkin Lymphoma: A Meta-Analysis. *Cancers*, 15(9), 2600. <https://doi.org/10.3390/cancers15092600>
- Gualtieri, A. F. (2022). Journey to the centre of the lung. The perspective of a mineralogist on the carcinogenic effects of mineral fibres in the lungs. *Journal of Hazardous Materials*, 442, 130077. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2022.130077>
- Henríquez-Mendoza, Giana M., Cruz, Francy L., Cortés-Sánchez, Carlos, & Giraldo-Luna, Clara M.. (2021). Carcinógenos ocupacionales relevantes en Colombia, listado actualizado (2020). *Revista de Salud Pública*, 23(4), 1. Epub May 13, 2022. <https://doi.org/10.15446/rsap.v23n4.85134>
- Hernández, A. (2020). Jerarquía de controles para reducir la exposición a productos químicos. *Revista Protección & Seguridad*. 47-54. Consejo Colombiano de Seguridad. <https://ccs.org.co/portfolio/jerarquia-de-controles-para-reducir-la-exposicion-a-pro>

- ductos-quimicos/
Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación [ICONTEC]. (2023). Guía para la identificación de los peligros y la valoración de los riesgos en Seguridad y Salud Ocupacional. Obtenido de http://132.255.23.82/sipnvo/normatividad/GTC_45_DE_2012.pdf
- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo . (2018). Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con los agentes químicos presentes en los lugares de trabajo. Obtenido de <https://www.insst.es>
- Instituto Nacional del Cáncer. (Mayo de 2021). ¿Qué es el cáncer? Obtenido de <https://www.cancer.gov/espanol/cancer/naturaleza/que-es>
- International Agency for Research on Cancer. (2023). Monografías de la IARC sobre la identificación de los peligros para los seres humanos. Obtenido de <https://monographs.iarc.who.int/agents-classified-by-the-iarc/>
- International Agency for Research on Cancer. (2023). Agentes clasificados por las monografías de la IARC. Obtenido de <https://monographs.iarc.who.int/agents-classified-by-the-iarc/>
- Instituto Nacional del Cáncer. (Marzo de 2018). Sustancias en el ambiente que causan cáncer. Recuperado el 2022, de Benceno: <https://www.cancer.gov/espanol/cancer/causas-prevencion/riesgo/sustancias/benceno>
- Instituto Nacional del Cáncer. (Marzo de 2018). Sustancias en el ambiente que causan cáncer -Arsenico. Obtenido de <https://www.cancer.gov/espanol/cancer/causas-prevencion/riesgo/sustancias/arsenico>
- Instituto Nacional del Cáncer. (Marzo de 2018). Sustancias en el ambiente que causan cáncer. Obtenido de Asbesto (amianto): <https://www.cancer.gov/espanol/cancer/causas-prevencion/riesgo/sustancias/asbesto>
- Jones, R. R., Fisher, J. A., Medgyesi, D. N., Buller, I. D., Liao, L. M., Gierach, G., Ward, M. H., & Silverman, D. T. (2023). Ethylene oxide emissions and incident breast cancer and non-Hodgkin lymphoma in a US cohort. *Journal of the National Cancer Institute*, 115(4), 405–412. <https://doi.org/10.1093/jnci/djad004>
- Kasmi, S., Moser, L., Gonvers, S., Dormond, O., Demartines, N., & Labgaa, I. (2023). Carcinogenic effect of arsenic in digestive cancers: a systematic review. *Environmental Health: A Global Access Science Source*, 22(1). <https://doi.org/10.1186/s12940-023-00988-7>
- Labrèche, F., Kim, J., Song, C., Pahwa, M., Ge, C. B., Arrandale, V. H., McLeod, C. B., Peters, C. E., Lavoué, J., Davies, H. W., Nicol, A.-M., & Demers, P. A. (2019). The current burden of cancer attributable to occupational exposures in Canada. *Preventive Medicine*, 122, 128–139. <https://doi.org/10.1016/j.ypmed.2019.03.016>
- Laouali, N., Radoi, L., Cordina-Duverger, E., El-Yamani, M., Pilorget, C., & Guénel, P. (2018). Occupational exposure to organic solvents and risk of breast cancer: Results of the CECILE study, a population-based case-control study in France. *Revue D Épidémiologie Et De Santé Publique*, 66, S297. <https://doi.org/10.1016/j.respe.2018.05.160>
- Ley 1384 de 2010. por la cuál se establecen las acciones para la atención integral del cáncer en Colombia. Art 5, 19 de abril de 2010.
- Ley 2968 de 2019. por el cual se prohíbe el uso de asbesto en el territorio nacional y se establecen garantías de protección a la salud de los colombianos. 11 de julio 2019.
- Lin, D., Zhang, Y., & Huang, X. (2018). Occupational cancer surveillance in China. *Global Health Journal (Amsterdam, Netherlands)*, 2(2), 24–32. [https://doi.org/10.1016/s2414-6447\(19\)30137-x](https://doi.org/10.1016/s2414-6447(19)30137-x)
- Liu, G., Song, Y., Li, C., Liu, R., Chen, Y., Yu, L., Huang, Q., Zhu, D., Lu, C., Yu, X., Xiao, C., & Liu, Y. (2021). Arsenic compounds: The wide application and mechanisms applied in acute promyelocytic leukemia and carcinogenic toxicology. *European Journal of Medicinal Chemistry*, 221(113519), 113519. <https://doi.org/10.1016/j.ejmech.2021.113519>
- Medina-Pizzali, M., Robles, P., Mendoza, M., & Torres, C. (2018). Ingesta de arsénico: el impacto en la alimentación y la salud humana. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 35(1), 93. <https://doi.org/10.17843/rpmesp.2018.351.3604>
- Michalek, I. M., Martinsen, J. I., Weiderpass, E., Hansen, J., Sparen, P., Tryggvadottir, L., & Pukkala, E. (2019). Heavy metals, welding fumes, and other occupational exposures, and the risk of kidney cancer: A population-based nested case-control study in three Nordic countries. *Environmental Research*, 173, 117–123. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2019.03.023>
- Ministerio de la Protección Social. (Julio de 2006). Manual de Agentes Carcinógenos. 9. Bogotá. Obtenido de <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/IA/INCA/Manual-agentes-carcinogenos-2006.pdf>
- Ministerio del Trabajo. (2014). Sistema de Vigilancia Epidemiológica del Cáncer Ocupacional en Colombia - SIVECAO. Obtenido de <https://www.fondoriesgos-laborales.gov.co/documents/publicaciones/guias/SIVECAO.pdf>
- Ministerio del Trabajo. (2017). Cartilla para la prevención del riesgo químico por exposición a Asbesto, Benceno y Sílice en talleres de mecánica automotriz en Bogotá. Bogotá. Obtenido de <https://www.fondoriesgos-laborales.gov.co/documents/publicaciones/guias/SIVECAO.pdf>

- goslaborales.gov.co
- Moura-Corrêa, M. (2023). Leukemia Mortality among Benzene-Exposed Workers in Brazil (2006–2011). *International Journal Of Environmental Research And Public Health*, 20(13), 6314. <https://doi.org/10.3390/ijerph20136314>
- Noelle, H., Pérol, O., Pérol, M., Avrillon, V., Belladame, E., Fayette, J., Fournié, F., Swalduz, A., Dessemon, J., Blay, J.-Y., Neidhardt, E.-M., Saintigny, P., Tabutin, M., Boussageon, M., Praud, D., Charbotel, B., & Fervers, B. (2023). Occupational asbestos exposure and survival among lung cancer patients. *Lung Cancer (Amsterdam, Netherlands)*, 179(107182), 107182. <https://doi.org/10.1016/j.lungcan.2023.107182>
- Organización Mundial de la Salud . (2022). Temas de salud - Cancer. Obtenido de https://www.who.int/es/health-topics/cancer#tab=tab_1
- Organización Panamericana de la Salud OPS. (Abril de 2014). Organización Panamericana de la Salud Noticias. Obtenido de <https://www.paho.org/es/noticias/28-4-2014-opsoms-advirtio-sobre-riesgo-para-salud-exposicion-sustancias-quimicas>
- Palencia-Sánchez, Francisco, Quiroga-Vargas, Daniel Arturo, & Riaño-Casallas, Martha Isabel. (2021). Costos del cáncer ocupacional: una scoping review. *Iatreia*, 34(2), 124-136. Epub May 14, 2021. <https://doi.org/10.17533/udea.iatreia.80>
- Park, M. Y., Kim, H., Myong, J., Cho, B., Kim, H., & Kang, M. (2023). Case-Control Study of occupational acute myeloid leukemia in the Republic of Korea. *Safety and Health at Work*, 14(4), 451–456. <https://doi.org/10.1016/j.shaw.2023.10.010>
- Protano, C., Buomprisco, G., Cammalleri, V., Pocino, R. N., Marotta, D., Simonazzi, S., Cardoni, F., Petyx, M., Iavicoli, S., & Vitali, M. (2021). The Carcinogenic Effects of Formaldehyde Occupational Exposure: A Systematic Review. *Cancers*, 14(1), 165. <https://doi.org/10.3390/cancers14010165>
- Resolución 4505 de 2012. Por la cual se establece el reporte relacionado con el registro de las actividades de Protección Específica, Detección Temprana y la aplicación de las Guías de Atención Integral para las enfermedades de interés en salud pública de obligatorio cumplimiento. Art 8,28 de diciembre de 2012.
- Resolución 1383 del 2013. Por el cual se adopta el Plan Decenal para el Control del Cáncer en Colombia, 2012-2021. Art 2, 2 de mayo del 2013.
- Resolución 0247 de 2014. por la cual se establece el reporte para el registro de pacientes con cáncer. 3 de febrero del 2014.
- Ribeiro, M. (2022). Cancro Gástrico associado ao Trabalho. *Revista Portuguesa de Saúde Ocupacional*, 14, e0366. <https://doi.org/10.31252/rpso.2022.11.19>
- Riddersteth, H., Daltveit, D. S., Hollund, B. E., Kirkeleit, J., Kromhout, H., Krüger, K., Austgulen, L., & Bråtveit, M. (2022). Occupational Benzene Exposure in the Norwegian Offshore Petroleum Industry, 2002–2018. *Annals Of Work Exposures And Health*, 66(7), 895–906. <https://doi.org/10.1093/annweh/wxac022>
- Rossides, M., Mogensen, H., Kampitsi, C.-E., Talbäck, M., Wiebert, P., Tettamanti, G., & Feychting, M. (2023). Parental occupational exposure to metals and risk of cancer in the offspring: A register-based case-control study from Sweden. *European Journal of Cancer (Oxford, England: 1990)*, 191(113243), 113243. <https://doi.org/10.1016/j.ejca.2023.113243>
- Rushton L. The Global Burden of Occupational Disease. *Curr Environ Health Rep*. 2017;4(3):340-8. DOI 10.1007/s40572-017-0151-2.
- Santos, M., Almeida, A., & Lopes, C. (2023). Cancro da Bexiga associado ao Trabalho. *Revista Portuguesa de Saúde Ocupacional*, 15, 129-138. <https://doi.org/10.31252/rpso.11.03.2023>
- Santos, M., Almeida, A., & Lopes, C. (2023). Cancro da Laringe associado ao Trabalho. *Revista Portuguesa de Saúde Ocupacional*, 15, 139-144. <https://doi.org/10.31252/rpso.25.03.2023>
- Sassano, M., Seyyedsalehi, M. S., & Boffetta, P. (2023). Occupational benzene exposure and colorectal cancer: A systematic review and meta-analysis. *Environmental Research*, 257(119213), 119213. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2024.119213>
- Sassano, M., Seyyedsalehi, M. S., Siea, A. C., & Boffetta, P. (2024). Occupational arsenic exposure and digestive and head and neck cancers: A systematic review and meta-analysis. *Environmental Research*, 260(119643), 119643. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2024.119643>
- Sociedad Española de salud y seguridad en el trabajo. (2018). Guía práctica para la sustitución de agentes químicos por otros menos peligrosos. Obtenido de <https://www.sesst.org/guia-practica-la-sustitucion-agentes-quimicos-otros-menos-peligrosos/>
- Talibov, M., Hansen, J., Heikkinen, S., Martinsen, J., Sparen, P., Tryggvadottir, L., Weiderpass, E., & Pukkala, E. (2019). Occupational exposures and male breast cancer: A nested case-control study in the Nordic countries. *The Breast*, 48, 65–72. <https://doi.org/10.1016/j.breast.2019.09.004>
- Togawa, K., Leon, M. E., Lebailly, P., Beane Freeman, L. E., Nordby, K.-C., Baldi, I., MacFarlane, E., Shin, A., Park, S., Greenlee, R. T., Sigsgaard, T., Basinas, I., Hofmann, J. N., Kjaerheim, K., Douwes, J., Denholm, R., Ferro, G., Sim, M. R., Kromhout, H., & Schüz, J. (2021). Cancer incidence in agricultural workers: Findings from an international consortium of agricultural cohort studies (AGRICOH). *Environment International*, 157, 106825. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2021.106825>
- Valdez-Flores, C., Erraguntla, N., Budinsky, R., Cagen,

- S., & Kirman, C. R. (2022). An updated lymphohematopoietic and bladder cancers risk evaluation for occupational and environmental exposures to 1,3-butadiene. *Chemico-Biological Interactions*, 366(110077), 110077. <https://doi.org/10.1016/j.cbi.2022.110077>
- Walter, M., Schenkeveld, W. D. C., Tomatis, M., Schelch, K., Peter-Vörösmarty, B., Geroldinger, G., Gille, L., Bruzzoniti, M. C., Turci, F., Kraemer, S. M., & Grusch, M. (2022). The potential contribution of hexavalent chromium to the carcinogenicity of Chrysotile asbestos. *Chemical Research in Toxicology*, 35(12), 2335–2347. <https://doi.org/10.1021/acs.chemres-tox.2c00314>
- Wan, W., Peters, S., Portengen, L., Olsson, A., Schüz, J., Ahrens, W., Schejbalova, M., Boffetta, P., Behrens, T., Brüning, T., Kendzia, B., Consonni, D., Demers, P., Fabiánová, E., Fernández-Tardón, G., Field, J., Forastiere, F., Foretova, L., Guénel, P., . . . Vermeulen, R. (2024). Occupational Benzene Exposure and Lung Cancer Risk: A Pooled Analysis of 14 Case-Control Studies. *American Journal Of Respiratory And Critical Care Medicine*, 209(2), 185-196. <https://doi.org/10.1164/rccm.202306-0942oc>
- Zhang, S., Holy, C. E., Eichenbaum, G., Perkins, L. E., Hasgall, P., Katz, L. B., Brown, J. R., Orlandini, L., Fessel, G., Nasser-Aghbosh, B., Egnot, N. S., Zhou, M., Beech, R., Marcello, S. R., & Coplan, P. M. (2021). Carcinogenic assessment of cobalt-containing alloys in medical devices or cobalt in occupational settings: A systematic review and meta-analysis of overall cancer risk from published epidemiologic studies. *Regulatory Toxicology and Pharmacology: RTP*, 125(104987), 104987. <https://doi.org/10.1016/j.yrtph.2021.104987>

NOTAS

¹ Licenciado en química, Magíster en Fundamentos y Métodos en Investigación Educativa. Correo: calejandrogarcia@sanmateo.edu.co

² Tecnólogo en Higiene y Salud Ocupacional. Correo: mavendanov@sanmateo.edu.com

³ Ingeniero en Seguridad y Salud en el Trabajo, Tecnólogo en Seguridad e Higiene Ocupacional. Correo: gguerrom@sanmateo.edu.co