



“EXPOSICIÓN OCUPACIONAL A CANCERÍGENOS”

PORTAFOLIO PARA OPTAR EL GRADO DE
MAESTRA EN MEDICINA OCUPACIONAL Y
MEDIO AMBIENTE

HELEN DIANNE CHAVEZ CARO

LIMA – PERÚ

2024

ASESOR

Mg. Raúl Jesús Gomero Cuadra

JURADO DE SUSTENTACIÓN DE PORTAFOLIO

MG. MIRKO PEZOA VILLANUEVA

PRESIDENTE

MG. MARTHA LUCERO PÉREZ

VOCAL

MG. GABRIEL ACURIO SALAZAR

SECRETARIO

DEDICATORIA.

A Dios, por darme la oportunidad de crecer día a día y a mí madre
por ser mi fuerza constante.

AGRADECIMIENTOS.

A todos los amigos que participaron del proceso de
elaboración de este trabajo con sus consejos y alcances.

A mi asesor, el Dr. Raúl Jesús Gomero Cuadra, con quien
inicié este proyecto nuevo y retador, ya que con su paciencia
y escucha, supo darme el empuje para lograr mi objetivo.

A Flora y Alina, quienes han sido mis grandes motivaciones
en la vida.

FUENTES DE FINANCIAMIENTO.

Trabajo Autofinanciado

DECLARACIÓN DE AUTOR			
FECHA	25	SETIEMBRE	2024
APELLIDOS Y NOMBRES DEL EGRESADO	CHAVEZ CARO HELEN DIANNE		
PROGRAMA DE POSGRADO	MAESTRÍA EN MEDICINA OCUPACIONAL Y DEL MEDIO AMBIENTE		
AÑO DE INICIO DE LOS ESTUDIOS	2023		
TITULO DEL TRABAJO DEL PORTAFOLIO	“EXPOSICIÓN OCUPACIONAL A CANCERÍGENOS”		
MODALIDAD DE TRABAJO DE GRADO	Portafolio		
Declaración del Autor El presente informe es un Trabajo de Investigación de Grado original y no es el resultado de un trabajo en colaboración con otros participantes. Es una versión original, ya que no ha sido ni enviado ni sometido a evaluación para la obtención de otro grado o diploma que no sea el presente.			
Teléfono de contacto (fijo / móvil)	+51 981937467		
E-mail	helen.chavez@upch.pe		



Firma del Egresado
DNI 43654406

TABLA DE CONTENIDOS

RESUMEN

ABSTRACT

I. DESARROLLO DE LOS TRABAJOS.....	1
TRABAJO 1: ASPECTOS EPIDEMIOLÓGICOS DE LA EXPOSICIÓN A PRODUCTOS QUÍMICOS.....	1
1. Historia y primeros usos de los productos químicos.....	1
2. Evolución de los productos químicos y el cáncer ocupacional.....	2
2.1. La catástrofe de Chernóbil y su relación con el cáncer ocupacional.....	3
3. Sobre los procedimientos de fabricación y su relación con el cáncer.....	4
4. El papel de la OPS y la clasificación IARC.....	5
5. Productos químicos asociados con el desarrollo del cáncer ocupacional.....	6
5.1. Cáncer ocupacional y productos químicos industriales	6
6. Sectores económicos relacionados con el desarrollo de cáncer ocupacional.....	7
6.1. Industria minera.....	7
- Amianto.....	8
- Cromo.....	10
- Plomo.....	11
- Arsénico.....	13
-Mercurio.....	14
6.2. Industria de la construcción.....	15
- Sílice cristalina respirable.....	15
6.3. Industria de los hidrocarburos.....	17
- Benceno.....	17
- Aceites minerales de motores.....	19
- Otros compuestos.....	20
6.4. Industria de la agricultura y pesca.....	20
- Agricultura.....	21
- Pesca.....	22
6.5 Industrias de la madera y cuero.....	23
- Polvo de la madera.....	23
- Polvo del cuero.....	24
6.6. Industria de la belleza.....	25
- Formaldehído.....	25

TRABAJO 2: VIGILANCIA DE LA SALUD DE LOS TRABAJADORES POR EXPOSICIÓN A AGENTES CANCERÍGENOS.....	27
1. Consideraciones para la vigilancia por exposición a cancerígenos según actividad económica.....	27
1.1. Industria minera.....	29
- Cromo: Usos y monitoreo biológico.....	31
- Níquel: Usos y monitoreo biológico.....	32
- Arsénico: Usos y monitoreo biológico.....	35
- Plomo: Usos y monitoreo biológico.....	37
- Mercurio: Usos y monitoreo biológico.....	38
1.2. Industria de los hidrocarburos.....	39
- Benceno: Usos y monitoreo biológico.....	39
1.3. Industria de la agricultura y plaguicidas.....	42
- Radiación ultravioleta.....	42
- Insecticidas carbamatos: Usos y monitoreo biológico.....	43
- Insecticidas organofosforados: Usos y monitoreo biológico.....	44
1.4. Industria de la construcción.....	46
- Polvo de sílice respirable: Origen y monitoreo biológico.....	46
2. Uso de biomarcadores en el monitoreo de agentes cancerígenos.....	48
2.1. Tipos de biomarcadores.....	48
TRABAJO 3: MEDIDAS DE CONTROL EN ENFERMEDAD OCUPACIONAL POR EXPOSICIÓN A CANCERÍGENOS.....	55
1. Aspectos generales de los controles en cáncer ocupacional.....	55
2. Parámetros de las organizaciones internacionales para la prevención del cáncer ocupacional.....	56
3. Marco normativo y medidas de control.....	57
3.1. Responsabilidad del estado.....	57
3.2. Responsabilidades del empleador.....	58
3.3. Prevención por identificación y sustitución.....	60
3.4. Convenios por riesgos específicos.....	61
- Prevención de radiaciones.....	61
3.5. Convenio sobre el uso de benceno.....	62
3.7. Convenio sobre el cáncer ocupacional propiamente dicho.....	63
3.8. Convenio sobre el uso seguro del asbesto	64
4. Medidas de protección y controles.....	66

4.1. De la responsabilidad de las autoridades competentes.....	66
4.2. Del monitoreo ambiental.....	67
4.3. Capacitación en materia de prevención de cáncer ocupacional.....	68
4.4. Medidas de protección en exposición a agentes cancerígenos volátiles.....	69
4.5. La higiene y otros controles de exposición a agentes cancerígenos.....	71
5. Medidas preventivas en exposición a radiaciones ionizantes.....	73
5.1. De la justificación de las prácticas.....	73
5.2. De la limitación de la dosis.....	74
5.3. De la optimización.....	75
5.4. De la clasificación de áreas.....	75
5.5. Controles radiológicos y cuidado individual.....	75
6. De los exámenes médico ocupacionales.....	76
7. Otros controles: Educación y hábitos saludables.....	76
II. CONCLUSIONES.....	78
III. RECOMENDACIONES.....	80
IV. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	82

RESUMEN

El objetivo del portafolio fue realizar una investigación documental relacionada con los factores de riesgo de cáncer dentro del ámbito laboral. Respecto a los objetivos específicos del portafolio, en el primer trabajo se abordaron los aspectos epidemiológicos de la exposición ocupacional a los agentes cancerígenos de acuerdo a las evidencias más recientes que se tienen al respecto. Para ello se revisó la clasificación de los agentes cancerígenos del Centro Internacional de Investigadores sobre el Cáncer (IARC). Del mismo modo, se detallaron las características correspondientes a los productos cancerígenos según el contexto en el que se dieron a conocer, tomando en cuenta el sector industrial donde son usados. El segundo objetivo se propuso ahondar en los procedimientos realizados para vigilar la salud de los trabajadores de acuerdo a la actividad económica que realizan. Asimismo, se revisaron las pruebas que son usadas en la actualidad para evaluar el nivel de exposición a los cancerígenos, así como los tipos de monitoreo biológico más aplicados en el ámbito nacional e internacional. El tercer apartado tuvo como objetivo dar a conocer los controles más frecuentes encontrados para implementar las medidas de control en los centros de trabajo. También, se revisaron las diversas medidas preventivas utilizadas hasta el momento según el tipo de tarea a realizarse.

PALABRAS CLAVES

CÁNCER OCUPACIONAL, AGENTES CANCERÍGENOS, RIESGO DE EXPOSICIÓN, MÉTODOS DE EVALUACIÓN.

ABSTRACT

The objective of the portfolio was to conduct a documentary research related to cancer risk factors within the workplace. Regarding the specific objectives of the portfolio, the first work addressed the epidemiological aspects of occupational exposure to carcinogenic agents according to the most recent evidence available on the subject. To do so, the classification of carcinogenic agents by the International Agency for Research on Cancer (IARC) was reviewed. Likewise, the characteristics corresponding to carcinogenic products were detailed according to the context in which they were made known, taking into account the industrial sector where they are used. The second objective was to delve into the procedures carried out to monitor the health of workers according to the economic activity they perform. Likewise, the tests that are currently used to evaluate the level of exposure to carcinogens were reviewed, as well as the types of biological monitoring most applied at the national and international level. The third section aimed to disclose the most frequent controls found to implement control measures in the workplace. Also, the various preventive measures used so far were reviewed according to the type of task to be performed.

KEY WORDS

OCCUPATIONAL CANCER, CARCINOGENIC AGENTS, EXPOSURE RISK, EVALUATION METHODS.

TRABAJO 1: ASPECTOS EPIDEMIOLÓGICOS DE LA EXPOSICIÓN A LOS PRODUCTOS QUÍMICOS

1. Historia y primeros usos de los productos químicos

Uno de los primeros productos químicos en darse a conocer en el mundo fue el jabón, que surgió en Egipto hace más de 5 000 años, mediante la combinación de grasas de origen vegetal y animal con sustancias alcalinas. A partir de ello fueron apareciendo otros productos limpiadores como el hipoclorito o lejía, que fue descubierto por Berthollet en el año 1785, en el barrio Javel ubicado en París, por lo cual recibió el nombre de “agua de Javel”. Siglos después se reconocería la prevalencia de cáncer de páncreas en el grupo ocupacional encargado de procesar productos clorados como el tricloroetileno o el tetracloroetileno. Se determinó que la manipulación de estos agentes, incrementaba veintinueve veces la posibilidad de desarrollar cáncer de páncreas, el cual, en la población general, solo se presenta en un 1% (1,2,3).

En el siglo XX, fueron descubiertas unas sustancias denominadas tensioactivos, las cuales en la actualidad todavía forman parte de la composición de los detergentes. Uno de los primeros en darse a conocer fue el alquilbenceno sulfonado. Su popularidad se debió a que resultaba bastante efectivo como limpiador, e incluso más que el jabón. Más tarde, se conocerían los efectos cancerígenos del benceno. Hoy en día se sabe que la exposición prolongada a dicho producto puede ocasionar daño en la médula ósea, dando lugar a mutaciones genéticas, leucemia mieloide aguda y linfoma (4).

Para fines del siglo XIX no se conocían técnicas efectivas para contrarrestar las enfermedades y plagas de los cultivos, por lo cual las epidemias como las de la filoxera, mosca del olivo, entre otras; produjeron destrucciones masivas de los cultivos y en consecuencia hambrunas. A fin de contrarrestar tal efecto, en el siglo XX se empezaron a usar fitosanitarios, cuya composición se basó en productos químicos inorgánicos, tales como el ácido sulfúrico, como herbicida, las sales como insecticidas y el azufre como fungicida. Sin embargo, hoy se conoce que la manipulación de dichas sustancias podría haber tenido efectos carcinogénicos en el grupo de las mujeres que laboraban en esta industria, como el cáncer de mama y ovario (5).

Dichos progresos científicos evidenciados en productos fitosanitarios no consideraron por mucho tiempo, que, junto a los beneficios obtenidos, podrían traer consigo también efectos negativos para la salud de los trabajadores que intervenían en su procesamiento, siendo el más importante el cáncer. Los efectos inmediatos que se obtenían de ellos, les daban favoritismo sobre aquellos previamente elaborados en base a conocimientos ancestrales, cuyo fundamento era precisamente mantener el equilibrio biológico entre las plagas y los cultivos, sin generar efectos nocivos sobre la salud (5, 7).

2. Evolución de los productos químicos y su relación con el cáncer ocupacional

Para finalizar el siglo XX se produjo un cambio cultural, caracterizado por el advenimiento de avances científicos y generación de necesidades diferentes en el

ámbito laboral. En este contexto es que se vio incrementada la incidencia de cáncer en los grupos ocupacionales, siendo el momento de manifestación variable para esta enfermedad, dependiendo del tiempo de exposición al agente cancerígeno. Esto ha servido para dar curso a una nueva configuración del mundo a partir de los procesos industriales (5).

El periodo en que se inicia el desarrollo de la actividad química se caracteriza por el empuje procedente de la propia sociedad que demandaba de productos que pudiesen satisfacer las amplias necesidades del público. Sin embargo, a la par que tenía lugar la revolución industrial, fue que se descubrieron los efectos carcinógenos tempranos o tardíos, que podían producir en los trabajadores pertenecientes a diversas industrias, siendo los más afectados los de construcción, minería y agricultura (7).

2.1. La catástrofe de Chernóbil y su relación con el cáncer

Uno de los eventos catastróficos más recientes ocurridos a causa de la manipulación y gestión de productos químicos fue el accidente nuclear en la planta de Chernóbil, ocurrido en Ucrania en el año de 1986. Luego de una explosión en un sector, el efecto se diseminó y tuvo lugar una lluvia radioactiva, así como la contaminación de la zona afectada, dejando un saldo considerable en las áreas y suelos aledaños, así como en las personas alrededor, debiéndose ello a la liberación de dióxido de uranio, óxido de europio, carburo de boro, erbio y grafito, entre otros. Tales elementos fueron expulsados luego de las explosiones de radiactividad al realizar una prueba de corte eléctrico. Posteriormente, estudios demostraron que la prevalencia de cáncer de tiroides en las regiones de Ucrania y Rusia se elevó considerablemente. Algunos

científicos han manifestado su temor de que la radiactividad pudiera afectar a varias generaciones en el futuro. Se cree que la dosis de radiactividad local no se extinguirá, sino hasta pasados a menos 300 000 años (8).

3. Sobre los procedimientos de fabricación y su relación con el cáncer

La innovación en los procesos de fabricación ha dado lugar a que presenten diversos efectos relacionados con el medio ambiente y la salud de los trabajadores. Algunos de ellos eran generados a manera de subproductos, los cuales acompañaban al objeto de fabricación, tales como residuos sólidos que eran dejados en a la deriva o de emisiones de sustancias contaminantes en el aire o agua, manifestándose sus efectos en los trabajadores que manipulaban dichos productos. Un ejemplo, lo tenemos en el caso del asbesto cuya producción y manipulación fue prohibida en España definitivamente en el año 2002. Sin embargo, para esa fecha ya existían toneladas de materiales con asbesto (MCA) acumulados en las fábricas donde surgieron como derivados o residuos de dicho procesamiento y cuya gestión no fue prevista cuando se dio la legislación antes mencionada (9, 10).

Se sabe que las catástrofes de la industria incrementan el riesgo de padecer cáncer en los trabajadores y la población perteneciente a las áreas afectadas. Un caso similar, se dio a conocer luego de una explosión de un reactor de 2, 4, 5 - triclorofenol ocurrida en Seveso, Italia en el año 1970, la cual liberó dibenzoparadioxinas policloradas, dando como resultado un elevado número de muertes a consecuencia del desarrollo de la enfermedad de Hodgkin, carcinoma de recto, cáncer de pulmón, leucemia mieloide aguda y mieloma múltiple (7).

4. El papel de la OPS y la clasificación IARC

La Organización Panamericana de la Salud (OPS) es uno de los organismos que se ha enfocado en dar a conocer los alcances más recientes en relación al cáncer ocupacional. Esto abarca la activación de las líneas de prevención como parte de las políticas nacionales sanitarias aplicadas en los trabajadores de América Latina y el Caribe. Asimismo, han provocado que los países puedan identificar los principales agentes cancerígenos, así como las poblaciones de trabajadores expuestos, mediante el uso de sistemas internacionales como la herramienta conocida como CAREX o “Sistema Internacional de Exposición a carcinógenos ocupacionales”, según sus siglas en español, que originalmente fue aplicada únicamente en países extranjeros. Dicho sistema se basa en la selección de los agentes que puedan conllevar un riesgo para desarrollar cáncer, a través de la elaboración de matrices, permite valorar el grado de exposición a múltiples agentes. Estos pueden tener distinto origen: físico, químico o biológico (10).

En los de tipo químico, encontramos sustancias que se clasifican por su identificación internacional (o número CAS). La IARC ha establecido una valoración entre la presencia del agente y el riesgo de este para ocasionar cáncer. Como podemos observar en el Esquema 1, la relación entre el agente y la posibilidad de causar cáncer, ya se encuentra establecida y es aplicable para diferenciar los riesgos de verse expuesto a alrededor de 900 sustancias (11).

1	2A	2B	3	4
•Carcinógeno probado •Produce cáncer en animales y humanos.	•Carcinógeno probable •Produce cancer en animales y en humanos no hay suficiente evidencia.	•Carcinógeno posible •Evidencia limitada en animales y humanos.	•No clasificable. •No hay evidencia adecuada en animales ni humanos.	•No es carcinógeno. •La evidencia no señala que sea carcinógeno en humanos ni animales.

Esquema N°1: Clasificación IARC para la evaluación del riesgo de exposición por carcinógenos.

Fuente: Elaboración propia.

5. Productos químicos asociados con el desarrollo de cáncer ocupacional

5.1. Cáncer ocupacional y productos químicos industriales

Los productos finales de la fabricación de productos químicos, cuya finalidad era lograr beneficios para las personas, valiéndose de la innovación de los diferentes sectores industriales, ocasionan, durante su etapa de aplicación o mediante las sustancias formadas en su degradación, serios daños en la salud de los trabajadores, siendo uno de los más graves; el cáncer (8).

En las grandes ciudades, las grandes industrias son vistas como focos de contaminación. Para realizar una asociación entre el desarrollo de una enfermedad como el cáncer y las fuentes industriales, debemos tomar en cuenta el tiempo y la vía de exposición, así como de las sustancias químicas que usan en tales procesos (1,3,5).

Las características del agente contaminante y la aparición del cáncer, se relacionan directamente con las condiciones ambientales y geográficas, la magnitud, frecuencia y duración de las emisiones, entre otros factores; por ejemplo, a nivel internacional una de las sustancias químicas peligrosas de uso industrial más estudiada es el asbesto o amianto. Se le ha clasificado como un cancerígeno humano reconocido por el Departamento de Salud y Servicios Humanos de los Estados Unidos (HHS), la Oficina de Protección Ambiental (EPA) y por la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer 12 (IARC1). Según IARC, podemos señalar que hay suficiente evidencia para afirmar que el asbesto es causante de mesotelioma, y cáncer de pulmón, entre otros. El mesotelioma es la forma más común de cáncer asociada con la exposición al asbesto (8,11).

6. Sectores económicos relacionados con el desarrollo de cáncer ocupacional

El cáncer ocupacional se origina como resultado de la exposición a los diferentes productos químicos usados en las industrias y el órgano que resulta afectado guarda relación con el rubro laboral donde se emplean (8,9).

6.1. Industria minera

En la industria de la minería existen diversos productos de riesgo para desarrollar cáncer. Entre ellos están el cobre, cromo, hierro, acero, níquel, cadmio, zinc y berilio, entre otros. Los órganos más afectados por el cáncer en este grupo ocupacional son el pulmón, la laringe y nasofaringe. El grueso de la exposición en este sector ocurre durante la fabricación, producción, refinado y fundición de los metales (11-13).

Los agentes comprendidos dentro de esta actividad económica que más se han asociado al desarrollo de cáncer son el arsénico, plomo, hierro y amianto, siendo aquellos que tienen mayor incidencia para cáncer de pulmón, de piel, mesotelioma pleural y cáncer peritoneal. Otros productos de las industrias mineras que también se asocian con el desarrollo del carcinoma de pulmón, pero en menor escala son el uranio y los molinos de talco, en este último caso el agente relacionado con cáncer es el talco con fibras amiantiformes. A continuación, presentamos la descripción y efectos de los más conocidos en minería (4,8).

- **Amianto**

Se denomina como amianto o asbesto al conjunto de silicatos minerales hidratados, cuya estructura es fibrosa y cristalina, siendo su composición química variable. Existen diferentes variedades de amianto, las cuales son extraídas de las minas y son procesadas mezclando distintas proporciones de fibras del compuesto con otros materiales para lograr diferentes productos que tengan propiedades útiles y de bajo costo (4,12).

En el 2022, Brey et al., realizaron una revisión sistemática, cuyo propósito fue demostrar los efectos de la exposición a estos compuestos y si estos se relacionaban con la carcinogénesis pulmonar. De los casos seleccionados, se obtuvo que la patología más frecuente fue la asbestosis, seguida por el mesotelioma, el cáncer de laringe, cáncer de ovario y de pulmón. En esta investigación de origen canadiense se determinó que las ocupaciones donde había mayor riesgo de presentar carcinoma de

pulmón fueron los trabajadores de construcción civil, seguidos de los mecánicos de automóviles y pintores (13).

Los materiales que incluyen al amianto como componente principal se agrupan en materiales friables y no friables, siendo los primeros los más peligrosos, dado que pueden disgregarse en polvo con el movimiento manual, como los revestimientos proyectados. Mientras que los friables, son aquellos que necesitan herramientas mecánicas para dividirse o reducirse a polvo, tal como el fibrocemento, las telas de asfalto, las losetas termoplásticas y los plásticos reforzados (7,11,12).

Otro estudio realizado en el 2022, por Bovio et al., dio a conocer que podían existir diversos tipos de cáncer relacionados con la exposición al amianto o asbesto, pero en su mayoría provenían del tejido respiratorio, siendo encabezados por el mesotelioma, un cáncer que afecta el tejido pleural y peritoneal, seguidos por el cáncer de pulmón. Las profesiones que tienen mayor riesgo de desarrollar cáncer son aquellas que se encargan de la producción de materiales usados como aislantes: mascarillas, tuberías, ropas, textiles, tuberías, productos de cemento de amianto entre otros (14).

Además de la industria minera, otros grupos de trabajadores expuestos son quienes realizan la gestión de los residuos con amianto, como los carpinteros, fontaneros, pintores, decoradores e instaladores de gas. También se ven perjudicados los trabajadores encargados del tratamiento de los desechos que resultan de la demolición del asbesto (5,18).

- **Cromo**

Otro elemento que también forma parte importante de la industria minera es el cromo. Se encuentra en el suelo en su forma natural como parte del mineral “cromita”, siendo este el más importante. Puede asociarse a otro tipo de compuestos entre los que se encuentran el cromo hexavalente que es muy estable. Poseen propiedades ácidas y oxidantes, lo cual les da la capacidad de formar sales muy coloreadas e insolubles. Esto hace que tengan mayor aplicación industrial (5,7,8).

En el 2014, Domingo Pueyo et al., presentaron una revisión sistemática que tuvo por objetivo determinar los principales problemas de salud derivados de la exposición laboral al cromo y sus compuestos. Se seleccionaron 22 artículos de revisión de un total de 227 referencias. Del total, se obtuvo diversos efectos agudos y crónicos en relación a la exposición al cromo. Entre los hallazgos más importantes se encontraron 8 casos con alteraciones genéticas, 4 de enfermedad respiratoria y 7 de cáncer de pulmón. Se concluye que existe una relación significativa entre el desarrollo de cáncer de pulmón y la exposición al cromo hexavalente que, en asociación con el asbesto, son usados frecuentemente en actividades de minería y de construcción civil (15).

En el 2018, Jung et al. realizaron una investigación donde se propusieron determinar la prevalencia del cáncer de pulmón en una base de datos de trabajadores de diferentes sectores económicos. El registro fue validado a través de sus fichas de ausentismo relacionado a esta patología. Se aplicó el nuevo sistema de vigilancia de enfermedades ocupacionales canadiense: ODSS, siendo excluidos de la cohorte

aquellos casos que presentaron diagnóstico de cáncer, previo al inicio de labores. Fueron seleccionadas 2'187 762 fichas de trabajadores entre 1983 y 2014. El estudio concluye que el 15% del grupo de trabajadores que manipulaban cromo y otros productos usados en minería, desarrolló cáncer de pulmón a consecuencia de dicha exposición. Otros efectos carcinogénicos conocidos que produce el cromo incluyen el carcinoma de senos nasales y paranasales (12).

Existen actividades adicionales a la minería, donde también se usa este producto como en la fabricación de pigmentos, colorantes y pinturas. Además, es usado en la elaboración de cemento, catalizadores y otros químicos empleados en el curtido de la madera. También se puede encontrar el compuesto en la industria textil, de estampados, así como en los trabajos que suponen el oxicorte y soldado del acero y su fabricación (5,12).

En el 2020, Boyce et al., realizaron un estudio de caos y controles, que se propuso conocer la relación entre los trabajadores expuestos a humos de soldadura y el desarrollo de cáncer por exposición a metales pesados, tomando en cuenta el factor dietario. Se observa que la respuesta inflamatoria se ve incrementada en los casos donde la alimentación del colaborador consta de una dieta rica en calorías y grasas. Esto da como consecuencia la inflamación del tejido hepático y consecuente daño en el hepatocito, lo cual se expresa en el aumento de los lípidos en sangre (16).

- Plomo

El plomo, al igual que los agentes previamente revisados, también es considerado un compuesto de relevancia para la industria minera. Se trata de un metal gris azulado, caracterizado por su maleabilidad. Su punto de fusión es a los 327 ° C. Sus usos se encuentran relacionados con actividades que incluyen procesamiento de zinc, fabricación de acumuladores, fabricación de pinturas, barnices, plásticos y esmaltes (8,14).

Cabe señalar que no existe toxicidad aguda por plomo en la industria. Sus efectos se verán únicamente en exposiciones crónicas, dando lugar a cánceres de tipo hematológico y pulmonar, así como insuficiencia renal crónica. Actualmente, la IARC ha señalado que el plomo se ubica en la categoría 2B. Por cuanto, es considerado un posible carcinógeno para el hombre (12-15).

En una revisión sistemática realizada por Fonseca Vera en el 2021, se determinó que la exposición ocupacional por plomo, daba lugar a diversos tipos de patologías, siendo el cáncer una de las enfermedades con mayor prevalencia y con un efecto potencialmente mortal en los grupos laborales expuestos. De un total de 60 artículos, fueron seleccionados 47, donde se evidenciaron los daños producidos a la salud en los trabajadores con exposición a dicho agente. Entre los tipos de neoplasias más frecuentes se incluyeron al cáncer de pulmón y de estómago, siendo la inhalación, la vía más común de entrada al organismo (17).

En el 2023 Pérez Bueno et al., realizaron una revisión sistemática que tuvo por finalidad determinar cuáles eran los efectos en la salud en los trabajadores expuestos

de manera prolongada al plomo, obteniéndose que es una de las causas más frecuentes de carcinogénesis en la médula ósea. Así también, se determinó que la fertilidad masculina podría afectarse por la exposición ocupacional prolongada al plomo, ya que este metal puede producir cambios en la calidad espermática, así como en su índice de fragmentación (18).

- **Arsénico**

El arsénico es un elemento distribuido en la naturaleza. Se encuentra en su forma natural en la corteza terrestre. Existen formas del metal que son más nocivas, las cuales se hayan en el medio ambiente y tienen la capacidad que acumularse en los órganos. El arsénico inorgánico es el que mayormente se relaciona al sector de la minería, pudiendo ubicarse en las rocas, polvo y agua como parte de los minerales de las zonas extractivas. Los tipos de cáncer más relacionados con la exposición a dicho compuesto son el cáncer pulmonar, de piel, de hígado, entre otros.

En el 2022, Lam et al. realizaron una investigación que se propuso evaluar los parámetros bioquímicos y las manifestaciones clínicas más frecuentes encontradas en los mineros expuestos a arsénico inorgánico en la cuenca hidrológica del río Calera. Se llegó a la conclusión de que el tiempo de exposición variaba de manera proporcional al grado de acumulación del metal en el organismo. Tal es así que un trabajador con 21 años de servicio, presentaba un porcentaje de acumulación del elemento del 37.5%, siendo la espectrofotometría de absorción atómica un parámetro específico y preciso para identificar el elemento en las muestras de orina (17, 100).

- **Mercurio**

El mercurio es un metal pesado de color blanco plata, caracterizado por ser líquido a temperatura ambiente. Por mucho tiempo fue usado para la fabricación de aparatología científica de precisión: tensiómetros y termómetros, así como en la industria dental para las curaciones en base amalgamas. Sin embargo, a partir del año 2009, la Unión Europea prohibió su fabricación, ya que existe suficiente evidencia para afirmar que su uso repercute en la salud de manera nociva y crónica, llegando a afectar el sistema nervioso central, dando lugar a cambios de comportamiento y fallas a nivel renal (16, 17).

El tipo de exposición más frecuente del mercurio es inhalatorio, ya que tiende a ser líquido y su presión de vapor baja, conlleva un peligro constante durante su manipulación. En una investigación realizada en el 2019 por Fernández Villalobos, se dio a conocer los efectos nocivos que podía tener el mercurio en una población de trabajadores dedicados a la minería informal en Costa Rica, para la extracción de oro. Luego de haberse visto expuestos a altas concentraciones del metal entre el 2015 y el 2016, se determinó que, entre los efectos presentados a corto plazo, se encontraban la falla respiratoria y ahogamiento (en el proceso de quemado), mientras que los efectos a largo plazo incluyen los temblores, el compromiso de la conciencia; y el déficit neurológico y motor. Cabe señalar que los trabajadores no usaban equipos de protección adecuados, siendo este un factor de riesgo adicional (19).

Asimismo, en el 2022, Pega et al., realizaron una revisión sistemática que se propuso determinar el origen de los cánceres de vías respiratorias en grupos de trabajadores

expuestos a humos de soldadura, siendo el mercurio uno de los agentes que más se han asociado a esta actividad, junto con el cromo y el níquel. El estudio concluye que existe evidencia significativa para afirmar que la exposición ocupacional a los humos de soldadura incrementa el riesgo de enfermar de cáncer de vías respiratorias, siendo la tráquea, bronquios y pulmones, los órganos más afectados. No obstante, de acuerdo a la IARC, el mercurio se ubicaría entre los agentes no clasificables en cuanto a su capacidad para el desarrollo de cáncer en los seres humanos. Por tanto, es necesario actualizar la revisión de esta clasificación (20).

6.2. Industria de la construcción

En esta industria se caracteriza por la realización de tareas que implican las acciones de cortar, pulir, taladrar o demoler, representando un riesgo de desarrollar enfermedades por inhalación de estas partículas. Dentro de los materiales más usados en esta industria tenemos a los siguientes productos, cuya descripción anotamos a continuación:

- Sílice cristalina respirable

Se denomina “sílice cristalina” a un conjunto de minerales que se hallan en la mayoría de los suelos, arena y rocas, siendo el cuarzo es su forma más abundante. Este agente se transforma cuando se realizan trabajos mecánicos dando lugar a un polvo tan fino que se vuelve de un tamaño que lo hace respirable, pudiendo penetrar en los alveolos del pulmón por inhalación, dando lugar a problemas de salud severos (11, 12).

En el 2020, Bovio et al., realizaron un estudio de casos y controles, en base a un registro de colaboradores que habían presentado ausentismo por problemas de salud entre los años 1990 y 2014. El estudio se propuso determinar qué grupos ocupacionales habían presentado cáncer por exposición prolongada a un agente específico. Así también, se deseó conocer si el sexo podía incrementar el riesgo para desarrollar la enfermedad. Se obtuvo que la actividad económica de mayor prevalencia para desarrollar este tipo de cáncer en varones de áreas urbanas correspondía al sector de la construcción. En todos, el factor de riesgo determinante para desarrollar cáncer de pulmón fue la exposición al polvo de sílice respirable. Esto debido a los materiales que usan: asbesto, cromo, sílice, entre otros. Por otro lado, en el caso de las mujeres, se determinó que el riesgo para presentar algún tipo de cáncer fue para aquellas que se dedicaban a la peluquería y en menor proporción en otros grupos ocupacionales. Los tipos de cáncer más frecuentes encontrados en este caso fueron el de mama y vejiga (21).

En el 2022, Hosseini et al., realizaron una revisión sistemática donde demostraron que el sector de construcción es el que tiene mayor prevalencia de presentación de carcinoma de pulmón en los trabajadores expuestos al agente, siendo esto más frecuente en los países en desarrollo, puesto que las medidas de prevención son escasas. Así también se destaca que las variedades de cáncer son múltiples, pero todas tienen en común en que afecta mayormente al sexo masculino (22).

Dentro de los efectos más comunes que hay por la inhalación de la sílice cristalina, además del cáncer de pulmón, también se encuentran la silicosis, el EPOC y el incremento en el riesgo de desarrollar tuberculosis pulmonar (8).

6.3. Industria de los hidrocarburos

La exposición en este sector no solo se da de modo directo con el producto que se va a producir o tratar, sino mediante los elementos usados para la fabricación de los metales o los residuos como los hidrocarburos aromáticos policíclicos o el alquitrán. Algunos efectos inmediatos observados en los trabajadores expuestos a los hidrocarburos incluyen lesiones en la piel, como los eczemas, dermatitis e irritaciones en la piel. Dentro de las actividades económicas más afectadas por la exposición a estos agentes se incluyen a la industria mecánica y automovilística (17).

- Benceno

Este compuesto es un líquido incoloro, que tiene la propiedad de ser volátil, tiene olor dulce y es altamente inflamable. Se obtiene a través de procesos que implican la destilación de petróleo. Se encuentra presente en el medio ambiente cuando tienen lugar los incendios forestales y las erupciones volcánicas. No obstante, la mayor parte de este compuesto se obtiene de fuentes antropogénicas. Entre ellas están los combustibles de carbón, petróleo y vehículos de motor. Otro compuesto que da lugar al benceno es el humo del tabaco (11-13).

En el año 2019, Dopart et al., presentaron una investigación que se propuso determinar la incidencia del linfoma de no Hodking en trabajadores de la industria

de hidrocarburos. Se determinó que los productos que más se asociaban al desarrollo de esta enfermedad fueron la gasolina y el solvente desengrasado. Además, también existen otros tipos de neoplasias producidas por la manipulación de estos agentes como la leucemia mieloide aguda y teratogénesis, siendo esto peligroso porque puede dar lugar a mutaciones en las células germinales (23).

En el 2024 Chiavarini et al., llevaron a cabo una revisión sistemática, que se propuso identificar una asociación entre la exposición al benceno y el cáncer de pulmón, siendo este compuesto ampliamente vinculado con carcinogénesis de tipo hematológico como la leucemia linfocítica y no linfocítica; sin embargo, en la literatura revisada no se ha encontrado una relación directa con el cáncer de vías respiratorias. Luego de revisar 22 artículos, se llegó a la conclusión de que el cáncer de pulmón tiene un origen multicausal. No obstante, cuando a la exposición por benceno, se le añadía el hábito de fumar o inhalar el humo del tabaco, la incidencia de cáncer de pulmón se incrementaba hasta en un 34% (24).

Los trabajadores mayormente afectados por la exposición a estos productos cumplen tareas donde se realiza el refinado del petróleo y el gas. Asimismo, están en riesgo los trabajadores encargados de la venta y distribución de productos de origen petrolífero, lubricantes, tintes, detergentes, pesticidas y medicamentos. Este grupo ocupacional también mantiene un vínculo con la industria del caucho, elaboración de calzado, extinción de humos de incendios y otros trabajos relacionados con la exposición a productos de los motores de combustión (8).

- **Aceites minerales de motores**

Estos compuestos se derivan del petróleo y son refinados con aditivos químicos usados como lubricantes y refrigerantes de las partes móviles de los motores. Cabe señalar que los aceites de motores no usados, no son considerados cancerígenos. No obstante, durante su uso en los motores de combustión se dan cambios en su composición que dan lugar a problemas de salud, sobre todo cuando entran en contacto directo con la dermis o a través de la ropa manchada (5-7).

Según el Instituto Nacional de Cáncer (NIH), la exposición a los aceites de minerales está asociada con el riesgo de desarrollar cáncer de piel, de tipo no melanoma, con predominio la zona escrotal. Estos hallazgos se dieron a conocer en el año 2015, luego de haber realizado estudios que avalarían estas afirmaciones (25).

En el 2015, Suárez Baena et al., realizaron una revisión sistemática, cuyo propósito fue determinar la relación entre la exposición a ciertas sustancias utilizadas en el ámbito laboral y el desarrollo del cáncer vesical, además de conocer qué actividades tendrían mayor riesgo de padecerlo. Se seleccionaron 18 estudios de 156 registros, encontrándose que el riesgo para desarrollar la enfermedad se incrementaba en los trabajadores expuestos a aminas e hidrocarburos aromáticos policíclicos. Entre las actividades, donde se hace uso frecuente de estos compuestos están los mineros, trabajadores de caucho, pintores, agricultores y peluqueros (26).

En el 2020, López Brito et al., presentaron una revisión sistemática, cuyo propósito fue identificar relación entre la exposición laboral a diversos agentes y la prevalencia

de cáncer de vejiga en los trabajadores. Asimismo, se deseó conocer cuáles eran las ocupaciones con mayor riesgo para esta patología. Fueron seleccionados 17 artículos de un total de 71 registros, concluyéndose que existe evidencia suficiente para afirmar que hay una relación directa entre la exposición ocupacional a los hidrocarburos policíclicos y la prevalancia del cáncer de vejiga en grupos de trabajadores que hacen uso del agente, entre los grupos ocupacionales más expuestos están los pintores, agricultores y mineros. En este mismo año, Bovio et al., realizaron una revisión sistemática, donde se revisaron los registros de grupos específicos de trabajadores, identificándose que la causa más frecuente de morbilidad y mortalidad en el grupo de estudio fue el cáncer de pulmón. Así también, una de las profesiones con mayor riesgo para desarrollar este tipo de cáncer fueron los mecánicos automotrices, quienes suelen tener contacto con motores de vehículos (27).

- Otros compuestos

En una revisión sistemática realizada por Rodríguez Rocha et al., en el 2023, fue posible identificar los efectos más frecuentes producidos durante la vigilancia de la salud de trabajadores expuestos al xileno y metanol. Se seleccionaron 64 artículos, de los cuales fueron incluidos 16 en el estudio, llegando a la conclusión de que la exposición ocupacional a xileno y metanol repercute a nivel pulmonar, visual, auditivo y neurológico de los trabajadores expuestos. Asimismo, se identificó biomarcadores vinculados con estas exposiciones (28).

6.4. Industria de la agricultura y pesca

En estas industrias, los tipos de cáncer que tienen mayor incidencia son el de pulmón, piel y labio. En el caso de los agricultores, son quienes tienen mayor exposición a insecticidas arseniales, siendo estos los causantes de la exposición de riesgo. Asimismo, cabe señalar la importancia de la radiación ultravioleta, debido a que sus actividades habituales se realizan a cielo abierto (8,11,24).

- **Agricultura**

Un factor de riesgo para el desarrollo de cáncer en la agricultura se asocia con la presencia de residuos de metales. En el 2020, Soto-Benavente et al., realizaron un estudio donde se evidenció que los agricultores de la ciudad de Madre de Dios, ubicada al sureste de la Amazonia peruana, se dedicaban al cultivo de plátano y yuca, en los terrenos que habían sido abandonados por una planta de minería aurífera, encontrándose que estaban expuestos a diversos tipos de metales pesados los cuales correspondían a los desechos de la planta. En los suelos se hallaron concentraciones altas de metales como el mercurio, plomo y la plata, siendo este último el que presentara valores significativos ($> 2,9$ mg/kg). Se conoce que dichos agentes, son causantes de carcinogénesis en los trabajadores que se ven sometidos a exposiciones prolongadas. Asimismo, al tratarse de una actividad informal, no se toman medidas preventivas para disminuir los riesgos, lo cual incrementa el peligro de desarrollar la enfermedad (29).

Uno de los tipos de cáncer que tiene mayor prevalencia en la actividad agrícola es el de pulmón debido a los compuestos arseniales que contienen los productos que se emplea para el cuidado de los cultivos, siendo usados en su actividad de modo

habitual, ya que les permite además controlar o eliminar plantas no deseadas. La exposición de los trabajadores a los cancerígenos también puede darse en el momento de la producción y el empaquetado de los insecticidas arseniales. En el año 2021, Suraya et al., realizaron un estudio de casos y controles donde se menciona el rol cancerígeno de los pesticidas y herbicidas, siendo estos agentes los principales causantes del desarrollo de cáncer de pulmón en los trabajadores que manipulaban estos productos, así como de los agricultores que hacían uso de él en su labor diaria (30).

- **Pesca**

En el 2021, Muñoz-Cobo-Orosa et al., presentaron una revisión sistemática, cuya finalidad fue evidenciar los efectos de la exposición ocupacional a factores de riesgo para neoplasias dérmicas en trabajadores del sector pesquero. Se seleccionaron 11 artículos de revisión, obteniéndose en 7 de ellos, una relación estadísticamente significativa entre el cáncer de piel y la exposición ocupacional a la radiación ultravioleta. Dentro de los tipos de neoplasia que afectan a la piel, se definieron el carcinoma espinocelular (labio) y el basocelular (piel), siendo este último, el de mayor prevalencia a nivel mundial. Otro tipo de cáncer que, por su agresividad, tiene peor pronóstico es el melanoma maligno, que afecta los melanocitos de la piel. Así también, se destaca que las personas con mayor riesgo en este grupo ocupacional son aquellas con la piel más clara (31).

En el ámbito internacional, Giavedoni et al., realizaron en el 2023, un estudio que tuvo por finalidad determinar la prevalencia del cáncer de piel, producido por

exposición prolongada a rayos solares en un grupo de trabajadores expuestos a dicha radiación a mar abierto por periodos prolongados, siendo el grupo más afectado el que tenía una tonalidad de piel más clara en comparación con el resto. Asimismo, se determinó que los grupos ocupacionales más afectados por este tipo de cáncer corresponden al sector agricultura y pesquería (32).

6.5. Industrias de la madera y cuero

- Polvo de la madera

El polvo generado por la madera y el cuero son productos que también representan riesgo de producir de cáncer, siendo el de senos paranasales y leucemia los más frecuentes (95%). En la industria de la madera, la exposición se da durante el proceso de ebanistería. Mientras que, durante la fabricación de botas y zapatos hechos de cuero, la exposición al agente cancerígeno se da por medio del benceno, que es un compuesto muy volátil que ha sido detallado anteriormente y que se usa durante el procesamiento del calzado y por el polvo que se desprende del cuero (8).

En una revisión sistemática realizada en el año 2015, por Rojas y Peñalver, se evidenció una asociación estadísticamente significativa entre la exposición laboral al polvo de la madera y el desarrollo de cáncer de senos paranasales a propósito de estudios que incluyen al grupo ocupacional de trabajadores de la madera o ebanistas. Además, se advierte que el riesgo para desarrollar esta enfermedad, se incrementa a medida que se prolonga el periodo de exposición al polvo de la madera. Por otro lado, existen alteraciones cromosómicas que se derivan de esta exposición como la mutación genética de TP53 y KRAS, genes que expresan la inmutabilidad de P53,

además del polimorfismo enzimático del metabolismo CYP1A, las que se encuentran presentes en el inicio de la carcinogénesis (33).

En un estudio realizado en España (2020), Vicente Pardo y López Guillen, se propusieron establecer los riesgos para la salud de los trabajadores expuestos a los productos generados o provenientes de la madera. Se pudo concluir que las enfermedades originadas a partir de esta exposición ocupacional tienen etiología multifactorial. En el caso, del polvo de la madera, siendo parte de las partículas respirables, se encontró una asociación significativa entre este producto y el desarrollo de cáncer nasofaríngeo. Además, se señala que es necesario actualizar la lista nacional de enfermedades de acuerdo a la evidencia científica disponible, lo cual no se ha realizado en los últimos años (34).

- Polvo de cuero

En el año 2023, Nokovitch et al., presentaron una revisión sistemática donde se propusieron identificar las principales causas del cáncer de cavidad oral o carcinoma escamoso, siendo uno de los grupos que tuvo mayor prevalencia el de curtidores de cuero, así como de aquellos que intervenían en el tratamiento de dicho material. El estudio concluye que la actividad laboral más asociada al desarrollo de cáncer nasofaríngeo es la que incluye el procesamiento del cuero (35).

Por otro lado, el cáncer orofaríngeo también ha sido relacionado con la actividad económica relacionada con el curtido de cuero. En el 2023, Nikkilä et al., realizaron un estudio que se enfocó en determinar la etiología de este tipo de cáncer, y otros de

la cavidad oral. Se concluyó que la exposición prolongada del trabajador sin usar los equipos de protección adecuados, así como la actividad relacionada con el procesamiento del cuero incrementaba el riesgo para desarrollar cáncer de cavidad oral (36).

6.6. Industria de la belleza

La industria de la belleza también incluye el uso de insumos, cuya composición es considerada cancerígena. Esto en base a estudios de toxicología que se han realizado para clasificarlos según la IARC. Entre ellos tenemos al formaldehído, producto muy usado en estas industrias; no obstante, su evidenciada toxicidad (1, 5).

- Formaldehído

Este producto es conocido en las industrias de la carpintería y los salones de belleza, empleándose en una mezcla para aplicar barniz en los tallados de carpintería. Mientras que en la industria de la belleza es conocido su uso para los tratamientos de modelado y laceado capilar, formando parte de los productos usados para ese fin (16,19).

De acuerdo a la clasificación IARC realizada en el 2004, el formaldehído se encuentra en el grupo 1, lo cual califica a este compuesto como cancerígeno para humanos. La vía de contaminación con este componente es a través de la inhalación, pero también puede penetrar por la piel o vía digestiva. Los tipos de cáncer que se han asociado con la exposición a este producto son el cáncer de pulmón, tiroides, nasofaríngeo, linfoma y del sistema nervioso central (30,32).

A pesar de que este producto ha sido relacionado con el desarrollo de neoplasias en el ámbito ocupacional, han aparecido estudios que resaltan la necesidad de realizar nuevas investigaciones por falta de evidencia que apoye dicha asociación. Uno de ellos fue presentado por Protano et al., en el 2022. Se hizo una revisión sistemática, donde se determinó que no existía evidencia suficiente para relacionar al formaldehído con ningún tipo de cáncer en particular. Las asociaciones obtenidas entre el cáncer de pulmón, nasofaríngeo, leucemia y linfoma de No Hodking en los casos revisados fueron débiles (37). Asimismo, en el año 2018, Molina et al., realizaron una revisión sistemática que tuvo por objetivo categorizar la información disponible sobre los efectos del formaldehído y su asociación con el cáncer de senos paranasales, ya que ciertos grupos ocupacionales, como estilistas y peluqueros usan para sus tratamientos, ciertos productos que contienen agente, el cual se ha asociado si se usa de forma prolongada, a la irritación de las mucosas oculares y del tracto respiratorio superior. No obstante, los hallazgos encontrados no han podido demostrar que el uso ocupacional prolongado del formaldehído tenga un efecto que condicione al desarrollo de cáncer de senos paranasales (38).

TRABAJO 2: VIGILANCIA DE LA SALUD EN LOS TRABAJADORES CON EXPOSICIÓN OCUPACIONAL A CANCERÍGENOS

1. Consideraciones para la vigilancia por exposición a cancerígenos según actividad económica

En relación a la vigilancia ocupacional, un estudio publicado en el 2017 por Fedewa et al., dio a conocer los factores determinantes para llevar a cabo un adecuado tamizaje temprano de cáncer los grupos ocupacionales en los Estados Unidos, dependiendo del sector específico. Se identificó que los grupos con más desventaja para la detección temprana de una patología correspondían a trabajadores de escasos recursos y con menores oportunidades acceder a los servicios de salud. Asimismo, se evidenciaron cuáles eran los pasos y exámenes más usados para el despistaje de cáncer ocupacional en relación al grupo de trabajadores del sector construcción civil (44).

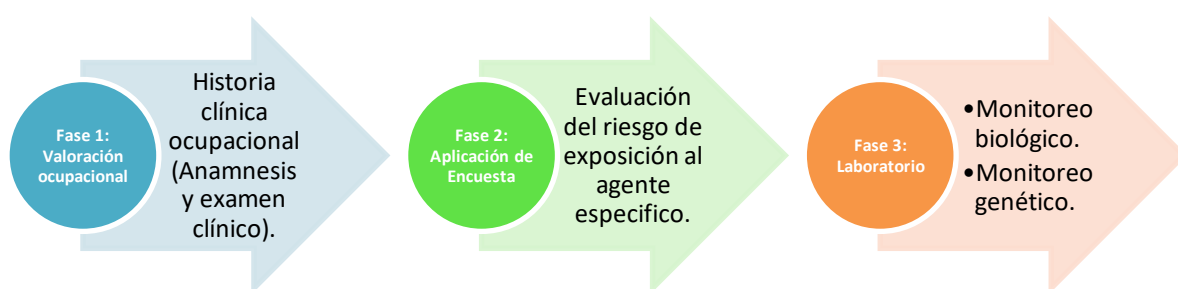
Dentro de los criterios de vigilancia ocupacional de los trabajadores expuestos a agentes cancerígenos y tomando en cuenta lo revisado en la data nacional e internacional, se ha observado que la evaluación del riesgo, puede dividirse hasta en tres fases: i) la valoración ocupacional, que comprende la anamnesis dentro de la historia clínica ocupacional; ii) la aplicación de una encuesta dirigida, que permitirá el análisis de factores de riesgo y; iii) la fase de laboratorio, basada en la aplicación de marcadores biológicos y/o genéticos que son usados para detectar tempranamente la enfermedad (40).

La primera fase incluye una anamnesis para conocer factores de riesgo familiar o antecedente de importancia. También se realiza la exploración clínica del

colaborador para identificar algún síntoma o signo de enfermedad. Luego se pasará a la segunda fase, donde se aplicará el cuestionario dirigido al agente de exposición, lo que nos permitirá evaluar si el colaborador tiene sintomatología sugestiva de exposición, incluso si no hubiese signos observados en el examen clínico. Por ejemplo, Rodríguez Montero et. al. en el 2018, desarrollaron un cuestionario para evaluar la aplicación de un biomarcador de genotoxicidad en el monitoreo biológico de personal químico farmacéutico encargado de administrar medicamentos antineoplásicos a pacientes hospitalizados en un hospital de Cuba. También fue factible determinar la percepción del trabajador respecto del agente de exposición (45).

El tercer paso corresponde a la fase de laboratorio, que consiste en el monitoreo biológico y/o genético del agente específico. La periodicidad en que deben realizarse las evaluaciones es variable y depende del riesgo de exposición del trabajador y de la sustancia cancerígena, pudiendo realizarse de modo semestral o anual (40).

En el Esquema N° 1, se detallan las fases correspondientes a la vigilancia de los trabajadores expuestos a agentes cancerígenos:



Esquema N° 1: Fases de la vigilancia del trabajador en riesgo de exposición a cancerígenos.

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se revisará las fases de la evaluación ocupacional según actividad económica, siendo la minería una de las más representativas y que además que conllevan un riesgo de exposición a los agentes cancerígenos, dentro de los que se incluyen los conocidos metales como el plomo, mercurio, cromo, cadmio entre otros. Esta representa el 4.5% de la población económicamente activa (PEA), que realiza actividades formales (8-11).

1.1. Industria minera

En la industria de la minería existen diversos agentes de riesgo para desarrollar cáncer. Entre ellos están el cobre, cromo, hierro, acero, níquel, cadmio, zinc, polivinilo y berilio. Los órganos más afectados por el cáncer en este grupo ocupacional son los pulmones, la laringe y la nasofaringe. El grueso de la exposición en este sector se da en los procesos de fabricación, producción, refinado y fundición de metales (46).

En el 2016, Reyes et al. realizaron una investigación que se propuso dar cuenta de los diversos tipos de monitoreo que se daban en las industrias, a fin de determinar si se hacía una vigilancia adecuada en respecto de los productos con potencial toxicidad en las personas. Entre los agentes cancerígenos que implican un riesgo de exposición en actividades extractivas como la minería, estaban: el mercurio (Hg), Cadmio (Cd), Arsénico (As) y Plomo (Pb). Se concluyó que cada país debía establecer políticas para el monitoreo los agentes, tomando en cuenta la actividad económica y el nivel de exposición del trabajador. No obstante, en muchos países no se ha llegado a un consenso para definir el límite máximo permisible de exposición al agente cancerígeno (47).

La vigilancia de la salud en la industria minera, tiene como base la prevención secundaria frente a la exposición a los agentes cancerígenos. Se sabe que los metales tienen propiedades químicas que conllevan la aparición de otros compuestos con moléculas diferentes. Por ese motivo, su concentración en sangre u orina, nos arroja a menudo un valor confiable de la exposición ya sea actual o pasada, asimismo, poseen una vida media biológica más prolongada previo a su eliminación (11, 12).

- **Cuestionario de monitoreo biológico de metales pesados**

Previo a la fase de laboratorio o de monitoreo biológico de los metales pesados, se suelen realizar test o cuestionarios, los cuales están basados en una serie de preguntas encaminadas a la detección temprana de sintomatología sugestiva de estos compuestos en niveles tóxicos en el organismo.

A continuación, presentamos las preguntas que se incluyen en un cuestionario validado, el cual se realiza antes de la toma de los exámenes de descarte de metales pesados (48):

- ¿Ha presentado náuseas y vómitos o dolor abdominal?
- ¿Ha presentado episodios de diarrea?
- ¿Siente hormigueo en las manos y los pies?
- ¿Ha presentado dificultad para respirar?
- ¿Ha presentado escalofríos?
- ¿Ha sentido debilidad muscular últimamente?
- ¿Ha presentado pérdida de la memoria y cambios en el comportamiento?

- ¿Ha tenido problemas con la frecuencia o ritmo de su corazón en las últimas semanas?

Si se encuentra que la mayoría de estas preguntas (4 o más) son afirmativas, se incrementa la sospecha de intoxicación por metales pesados, lo cual debe ser corroborado inmediatamente, a través de la realización de pruebas de laboratorio específicas para cada compuesto, a fin de determinar su presencia en sangre, orina o cabello (48).

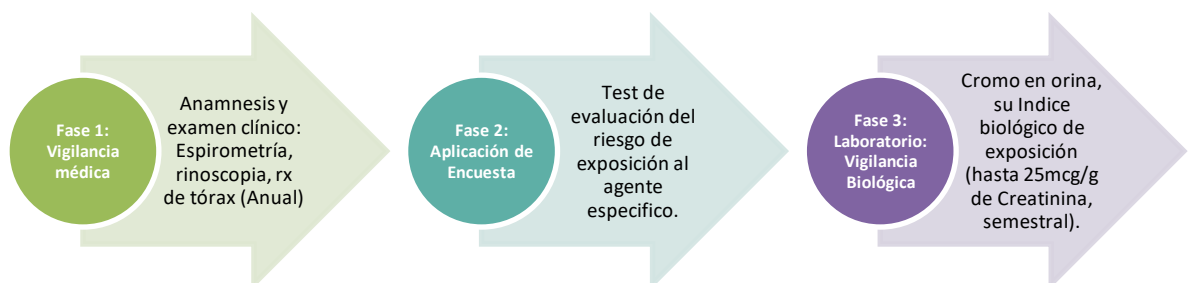
- **Cromo: Usos y monitoreo biológico**

Cabe señalar que los efectos del cromo en el organismo, dependen de su estado oxidativo. La vía de entrada al organismo del trabajador es a través de la inhalación y el contacto con la piel (vía dérmica). Los cromatos solubles se absorben rápidamente por el epitelio alveolar, pasando luego a la circulación donde una parte se acumula en los eritrocitos y el resto es excretado por los riñones, mientras que las formas insolubles pueden permanecer en los pulmones por más tiempo (10).

En relación a la vigilancia de salud del trabajador expuesto al cromo, podemos agruparla en la evaluación inicial que comprende la anamnesis, donde se incluye una entrevista dirigida a determinar si el trabajador presenta factores de riesgo. Además, se incluye el examen clínico la valoración de la piel y el examen respiratorio (en caso la exposición sea inhalatoria). En este paso pueden añadirse algunos exámenes auxiliares como la espirometría, rinoscopia, radiografía de tórax y el examen de orina completa (18, 29).

La segunda fase corresponde a la aplicación de una encuesta, la cual tiene lugar antes de pasar a la fase de laboratorio, a fin de determinar si el trabajador ya viene presentando sintomatología sugestiva de intoxicación por el agente específico (48).

La tercera fase consiste en las pruebas de laboratorio o valoración biológica. Se ha encontrado que el valor de cromo en la orina es similar a la concentración en el medio ambiente, cuando ocurre una exposición reciente con los compuestos del cromo, por lo tanto, su determinación puede resultar útil en una jornada de trabajo (al comienzo y al final). Se acepta que el incremento del cromo durante una jornada de trabajo sea como máximo hasta 10 mcg/L, mientras que, para una semana laboral, el valor aceptado del cromo total en orina es de 25mcg/L como máximo. Este rango se denomina índice biológico de exposición y debe realizarse semestralmente (49,50).



En el Esquema N° 2, se detallan las fases correspondientes a la vigilancia médica de los trabajadores expuestos al cromo. Nótese que la última se basa en exámenes de laboratorio específicos para el agente:

Esquema N° 2: Fases de la vigilancia del trabajador en riesgo de exposición a cromo.

Fuente: Elaboración propia.

- **Níquel: Usos y monitoreo biológico**

Su modo de entrada al organismo al igual que en el caso anterior es por vía inhalatoria y dérmica. Asimismo, puede ingresar por la vía digestiva, dentro de los alimentos y formar parte del cuerpo en concentraciones que van desde el 3 al 23% del peso (6).

El órgano donde se ha encontrado con mayor concentración el carbonilo de níquel es en el pulmón. De acuerdo a la IARC se ubica en el grupo 1, es decir, es considerado un carcinógeno para el hombre, produciendo carcinogénesis a nivel etmoidal, de senos paranasales y bronquios (1,2,4).

Con respecto al examen clínico que se realiza por exposición al níquel, este debe estar enfocado en tres parámetros: dermatológico, neumológico y otorrinolaringológico. Asimismo, son necesarias al igual que en el caso anterior, algunas pruebas como la espirometría, rinoscopia, radiografía de tórax y radiografía de senos paranasales. Estos deben realizarse una vez al año (10, 11).

Al igual que en el caso anterior, la primera fase del monitoreo, consiste en realizar la anamnesis y el examen clínico, para luego pasar a la fase de la encuesta, o segunda fase, que incluye la aplicación de una serie de preguntas enfocadas al descarte de la presencia del compuesto en niveles anormales en el organismo. Con ello se puede determinar si el trabajador está expuesto o tiene signos sugestivos de intoxicación por níquel (12).

En relación al monitoreo biológico, también conocido como tercera fase, es importante destacar que el níquel puede ser medido tanto en plasma como en orina,

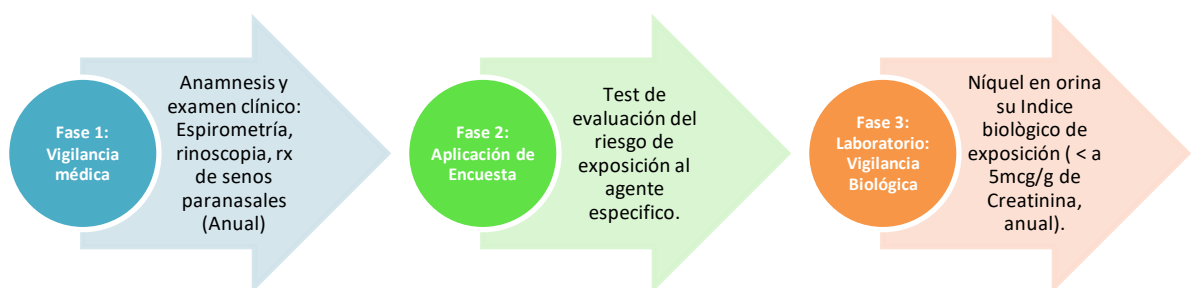
siendo los valores calculados en el plasma más precisos. Sin embargo, por razones prácticas, la evaluación en la orina resulta más conveniente. Según investigaciones recientes, se recomienda realizar esta evaluación de manera semestral. Los valores de referencia del níquel en personas no expuestas no deben exceder los 2 mcg/g de creatinina, siendo considerados patológicos aquellos que superen este límite (48,49).

En un estudio realizado en el 2020 por Stanislawski et al., se investigó la concentración de metales pesados en los humos de soldadura, destacando el níquel como uno de los más representativos junto con el manganeso. Este estudio utilizó como punto de referencia la concentración de estos metales en el material biológico de los trabajadores expuestos durante una jornada laboral. Para esta prueba, se emplearon marcadores de orina y sangre, dependiendo del metal pesado en cuestión. En el caso del níquel, se aplicó el examen de orina en dosis única, concluyendo que existía una correlación significativa entre la concentración del metal en la orina y la fracción inhalable y respirable (49).

En nuestro medio también existen pruebas como el Mineral Hair Test, que son usadas para el monitoreo del níquel. Este test consiste en obtener una muestra de cabello del trabajador, la cual será procesada para determinar el nivel del compuesto en la persona. Previo a la toma de la muestra, el evaluador le entregará un formato con una serie de preguntas que sugieren sintomatología relacionada con la elevación de los minerales en el cuerpo humano (48).

Tanto en los exámenes clínicos como en el monitoreo biológico, se espera encontrar hallazgos y/o alteraciones en caso de las personas con una alta exposición para este compuesto. En la espirometría se observa un patrón obstructivo. Mientras que en la radiografía cáncer bronquial o pulmonar (12-16).

En el Esquema N° 3, se detallan las fases correspondientes a la vigilancia médica de los trabajadores expuestos al Níquel. Nótese que en la última fase se solicitan exámenes de laboratorio específicos para el agente:



Esquema N° 3: Fases de la vigilancia del trabajador en riesgo de exposición a níquel.

Fuente: Elaboración propia.

- **Arsénico: Usos y monitoreo biológico**

La vigilancia del trabajador expuesto al arsénico inicia con la anamnesis, donde se le preguntará al trabajador si ha presentado sintomatología sugestiva de intoxicación por arsénico. Durante la evaluación clínica, se le preguntará al trabajador sobre sus hábitos alimenticios. Se conoce que la vía de entrada principal del arsénico al organismo es a través de la digestión (pescado contaminado) para luego distribuirse por la circulación para depositarse en el hígado y riñones. También, se aloja en la piel, uñas y pelo (18-20).

En la segunda fase corresponde aplicar el cuestionario que dará cuenta de los síntomas más frecuentes que se encuentran presentes en un trabajador afectado por arsénico encontramos: náuseas, vómitos, sensación de cansancio, etc. Este agente también puede ser dosado en la sangre a través del test de metales pesados. Por último, la tercera fase corresponde al monitoreo biológico, donde se advierte que concentraciones urinarias que sean mayores a 35mcg/g de creatinina, son consideradas tóxicas y colocan al trabajador en riesgo de carcinogénesis. Por cuanto, a fin de monitorizar que no se sobrepase dicho límite de toxicidad, es necesario realizar el control de manera anual del agente (12).

En el Esquema N° 4, se detallan las fases correspondientes a la vigilancia médica de los trabajadores expuestos al arsénico. Nótese que la última fase se basa en exámenes de laboratorio específicos para el agente:



Esquema N° 4: Fases de la vigilancia del trabajador en riesgo de exposición a arsénico.

Fuente: Elaboración propia.

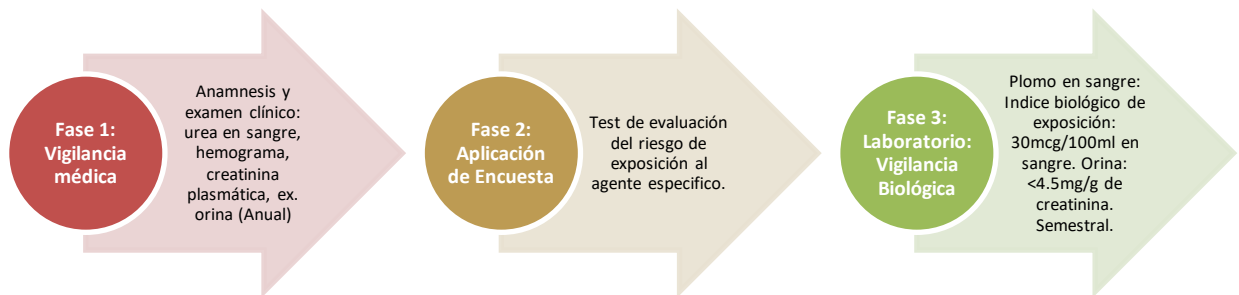
- **Plomo: Usos y monitoreo biológico**

La vigilancia del trabajador expuesto al plomo comienza con la anamnesis. Aquí se realizarán las preguntas relativas a sintomatología sugerente de intoxicación por plomo. Durante la evaluación clínica, se le preguntará al trabajador sobre sus

antecedentes laborales y hábitos alimenticios. Se conoce que la vía de entrada principal del plomo al organismo es a través del agua (contaminada por relaves) para luego distribuirse por la circulación para depositarse en la medula ósea, gónadas, sistema nervioso y riñones. El examen clínico debe tener orientación neurológica y cardiovascular. Los exámenes solicitados usualmente son el hemograma, examen de orina, urea sanguínea y la creatinina plasmática (18-20).

En la segunda fase corresponde aplicar el cuestionario que dará cuenta de los síntomas más frecuentes que se encuentran presentes en un trabajador afectado por plomo encontramos: alteración de la conciencia, sensación de cansancio, mareos, parestesias, etc. Este agente puede medirse en sangre y orina, lo que corresponde a la tercera fase o monitoreo biológico, donde se advierte que concentraciones de plumbemia superiores a 30mcg/100ml de sangre, son consideradas tóxicas e implican un riesgo para el trabajador, así también el valor de protoporfirinas libres debe ser inferior a 75mcg/ 100ml de hematíes para evitar toxicidad, mientras que en orina el dosaje del ácido delta-amino-levulínico, no debe sobrepasar los 4.5 mg/g de creatinina, siendo su índice biológico de exposición de 10mg/g de creatinina. A fin de que no se sobrepase dicho límite de toxicidad, es necesario realizar el control semestral del agente (12).

En el Esquema N° 5, se detallan las fases correspondientes a la vigilancia médica de los trabajadores expuestos al plomo. Nótese que la última fase se basa en exámenes de laboratorio específicos para el agente:



Esquema N° 5: Fases de la vigilancia del trabajador en riesgo de exposición al plomo.

Fuente: Elaboración propia.

- **Mercurio: Usos y monitoreo biológico**

La vigilancia del trabajador expuesto al mercurio tiene su inicio con la anamnesis, donde se le pregunta al colaborador sobre sus antecedentes personales y laborales. Durante la evaluación clínica, se le preguntará al trabajador sobre sus hábitos alimenticios. Se conoce que la vía de entrada principal del mercurio al organismo es inhalatoria, causando daños a nivel neurológico y del sistema nervioso central. Por cuanto, el examen debe orientarse a identificar signos y síntomas neurológicos (18-20).

En la segunda fase corresponde aplicar el cuestionario que dará cuenta de los síntomas más frecuentes que se encuentran presentes en un trabajador afectado por mercurio encontraremos que en una intoxicación aguda se puede producir neumonitis química y edema agudo de pulmón. En cambio, en exposiciones crónicas se ve comprometido el comportamiento y la psicomotricidad. Por último, la tercera fase corresponde al

monitoreo biológico, donde se advierte que concentraciones urinarias que sean mayores a 35mcg/g de creatinina, son consideradas tóxicas, mientras que en sangre el dosaje de mercurio no debe sobrepasar los 15mcg/L en dosis única. Por cuanto, a fin de monitorizar que no se sobrepase los límites de toxicidad, se debe dosar los valores de manera semestral (12).

En el Esquema N°6, se detallan las fases correspondientes a la vigilancia de los trabajadores expuestos a mercurio. Nótese que la última fase se basa en exámenes de laboratorio específicos para el agente:



Esquema N°6: Fases de la vigilancia del trabajador en riesgo de exposición a mercurio.

Fuente: Elaboración propia.

2. Industria de los hidrocarburos

- Benceno: Usos y monitoreo biológico

La evaluación inicial del trabajador expuesto al benceno comprende una anamnesis, donde el evaluador determina la presencia de factores de riesgo para el desarrollo de enfermedades relacionadas con la exposición al compuesto. Entre los hallazgos clínicos más comunes encontrados al evaluar directamente a una persona expuesta al benceno se encuentran afecciones en la piel como dermatitis, enrojecimiento.

Mientras que en el sistema respiratorio se pueden observar inflamación a nivel bronquial y afectaciones alveolares causadas por inhalación (2-5, 9).

El benceno se ha asociado principalmente con el linfoma no Hodgkin y la leucemia mieloide aguda, siendo más prevalentes en trabajadores de la industria de hidrocarburos. En un estudio realizado en 2017 por Romero Bracconi et al., se evaluó la exposición al benceno en un grupo de 30 trabajadores de una planta empacadora. Se utilizó el biomarcador ácido trans, trans mucónico (AttM) urinario, el cual demostró alta sensibilidad y especificidad. La investigación concluyó que el AttM urinario puede ser utilizado como biomarcador de exposiciones laborales prolongadas al benceno, causando daños y mutaciones en la médula ósea, así como un aumento del riesgo de leucemia mieloide aguda. Revisiones recientes han determinado que los productos más asociados al desarrollo de estas enfermedades son la gasolina y el solvente desengrasante (50).

La fase inicial de evaluación finaliza con la realización de pruebas de tamizaje como la espirometría y la radiografía de tórax. En la segunda fase, se aplica una encuesta o formulario de preguntas para descartar la presencia de benceno en niveles tóxicos en el trabajador. Esta evaluación se centra en determinar si, en el momento del examen, el agente ya ha afectado visiblemente la salud del trabajador (10-12).

En la tercera fase, que incluye la evaluación biológica del benceno, se emplean diversos biomarcadores, siendo el examen de orina el más utilizado para detectar concentraciones elevadas del compuesto. Sin embargo, la excreción urinaria de fenol

sin exposición ocupacional puede variar debido a los componentes de los alimentos, lo que limita la sensibilidad del análisis a niveles de exposición menores a 10cm³/m³. Por lo tanto, las personas expuestas no pueden distinguirse de las no expuestas. La medición de benceno en sangre tampoco ha demostrado ser confiable, ya que existe un equilibrio entre esta y el aire espirado. Actualmente, se prefiere utilizar el ácido 1.1-mucónico debido a su facilidad de medición. Los valores de referencia aceptados para la medición del benceno en orina son inferiores a 20 mg/L y/o 20 mcg/g de creatinina (11, 12).

En el Esquema N° 7, se detallan las fases correspondientes a la vigilancia médica de los trabajadores expuestos al benceno. Nótese que la última fase se basa en exámenes de laboratorio específicos para el agente:



Esquema N° 7: Fases de la vigilancia del trabajador en riesgo de exposición a benceno.

Fuente: Elaboración propia.

En el 2023, Rodríguez Rocha et al., presentaron una revisión sistemática donde fueron seleccionados 16 de un total de 64 artículos de revisión, demostrándose la importancia

de la vigilancia de la salud de los trabajadores expuestos a compuestos orgánicos volátiles (COV): xileno y metanol, encontrándose que los resultados de esta investigación pueden ser vistos como oportunidades de mejora para ampliar la batería de análisis usados para la detección precoz las patologías que resultan de la exposición a estos productos. Se concluye que la batería de pruebas de detección precoz realizadas en el personal expuesto, permiten identificar a los agentes cancerígenos, siendo necesario complementar ese estudio con exámenes funcionales (espirometría, audiometría, control de agudeza visual) pueden complementarse con pruebas menos estandarizadas como las conocidas tomas de muestras de sangre u orina. Adicionalmente se podrían incluir cuestionarios de hábitos de consumo de tóxicos, hábitos de vida saludable y cuestionarios de detección de afectación psicosocial (28).

1.3. Industria de la agricultura y plaguicidas

- Radiación ultravioleta

Existen agentes cancerígenos como los rayos ultravioletas, que afectan las partes del cuerpo que están usualmente expuestas durante la ejecución de las labores que se realizan a campo abierto. La irritación permanente a la que se expone la dermis, posteriormente dará lugar al cáncer de piel o melanoma (1,2,5).

En este caso la evaluación debe enfocarse en el lugar y las condiciones en que el trabajador se desempeña. Este tipo de cáncer guarda relación a la exposición prolongada del trabajador a los rayos ultravioleta, siendo su manifestación variable, respecto al tiempo de exposición. sin embargo, se sabe que las personas de raza blanca suelen estar más propensas a desarrollar cáncer de piel (6,7).

- **Insecticidas carbamatos: Usos y monitoreo biológico**

Los insecticidas carbamatos son agentes que han sido relacionados con teratogénesis y que cumplen propiedades de plaguicidas usados en la agricultura para la eliminación de plagas. Estos son usados como inhibidores de las colinesterasas y corresponden a sustancias denominadas ésteres del ácido metilcarbámico o dimetilcarbámico. Entre algunos de los productos más conocidos en el mercado que contienen estos compuestos, tenemos: carbaril, carbofurán, metomil y propoxur (11).

En el 2014, Rocha Eiroa et al. llevaron a cabo una revisión sistemática con el objetivo de investigar si había una relación entre la exposición a los agentes químicos más comúnmente utilizados en entornos laborales y el desarrollo de cáncer cutáneo. Su análisis destacó la dificultad que enfrentaban para diagnosticar tempranamente el cáncer cutáneo ocupacional, dado que su etiología involucra múltiples factores. Se destacó la necesidad de establecer protocolos de monitoreo, adaptados al nivel de exposición y al tipo de actividad laboral. Como conclusión, se encontró evidencia significativa que respalda la asociación entre el cáncer cutáneo y los agentes químicos empleados en la industria de los plaguicidas (34).

La primera fase del monitoreo realizado al trabajador expuesto a insecticidas carbamatos consiste en la evaluación médica, la cual se divide en anamnesis y examen físico. Se espera encontrar en aquellos trabajadores que han sido expuestos de modo crónico a los carbamatos: neuropatía periférica, teratogénesis y modificaciones de la espermatogénesis. El examen clínico debe estar orientado a descartar fallas a nivel hematológico, oftalmológico, neurológico y psiquiátrico. Las pruebas de descarte

inmediato que deben realizar incluyen el fondo de ojo, hemograma y recuento de plaquetas. Posterior a esta fase, se debe aplicar el cuestionario que esté orientado a identificar signos de intoxicación por el agente (11).

En la última fase, correspondiente al monitoreo biológico, se debe validar anualmente que no se observe actividad colinesterásica a nivel sanguíneo. Ello es posible a través de dos componentes de la sangre: plasma y eritrocito (10-12).

En el Esquema N° 8, se detallan las fases correspondientes a la vigilancia médica de los trabajadores expuestos a los insecticidas carbamatos. Nótese que la última se basa en exámenes de laboratorio específicos para el agente:



Esquema N°8: Fases de la vigilancia del trabajador en riesgo de exposición a los insecticidas carbamatos.

Fuente: Elaboración propia.

- **Insecticidas organofosforados: Usos y monitoreo biológico**

Los insecticidas organofosforados son usados de manera habitual en la actividad agrícola. Estos compuestos tienen una estructura química y reciben la denominación de esteres del ácido fosfórico. En un estudio realizado en el 2019, por Saborío

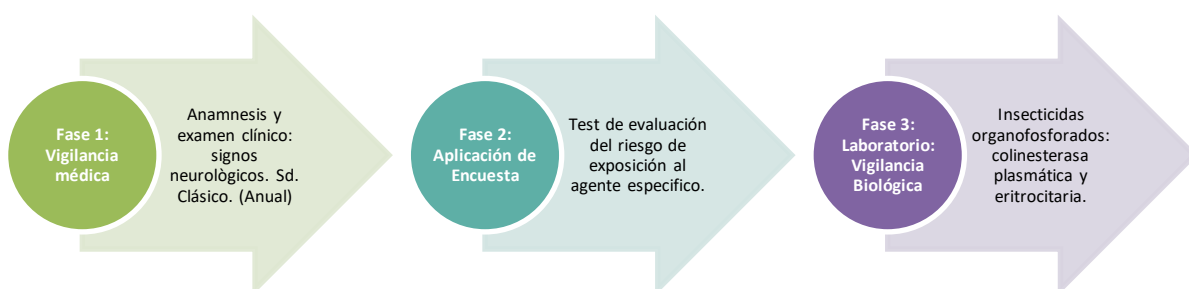
Cervantes et al., se demostró que la exposición ocupacional a clorpirifos, paratión o malatión pueden producir carcinoma mamario humano. Su toxicidad se debe a la inhibición de las colinesterasas plasmáticas y eritrocitarias. La actividad agrícola es la que más se asocia al uso de estos agentes cancerígenos, siendo las medidas de protección insuficientes en este grupo ocupacional (52).

La primera fase del monitoreo realizado al trabajador expuesto a insecticidas organofosforados corresponde al examen médico anual, donde se realiza la anamnesis, la cual debe estar enfocada en identificar algún factor de riesgo específico relacionado con la actividad del colaborador (11,14).

Posteriormente, se pasará a la segunda fase donde se aplicará el cuestionario para valoración de la sintomatología neurológica que es típica de este tipo de intoxicación. Los signos más frecuentes encontrados en caso de toxicidad por insecticidas organofosforados son de etiología neurológica: Síndrome clásico, intermedio y retardado (14,15).

En la tercera fase se realizará el monitoreo biológico, el cual debe hacerse de modo anual para este agente. Los marcadores identificados, al igual que en el caso de los insecticidas carbamatos, son la colinesterasa plasmática y eritrocitaria (15,19).

En el Esquema N° 9, se detallan las fases correspondientes a la vigilancia médica de los trabajadores expuestos a los insecticidas organofosforados. Nótese que la última se basa en exámenes de laboratorio específicos para el agente:



Esquema N° 9: Fases de la vigilancia del trabajador en riesgo de exposición a los insecticidas organofosforados.

Fuente: Elaboración propia.

1.4. Industria de la construcción

- **Polvo de sílice respirable: Origen y monitoreo biológico**

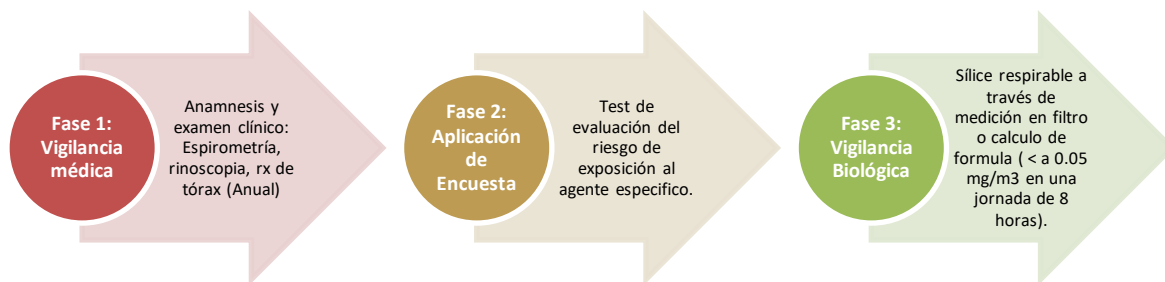
El monitoreo de los trabajadores expuestos a la sílice respirable debe llevarse a cabo anualmente y comienza con una entrevista para recopilar los datos de la anamnesis del trabajador. Durante esta etapa, el trabajador proporcionará información sobre su historial de exposición al agente cancerígeno, así como sobre cualquier conducta de riesgo asociada al desarrollo de patologías pulmonares como la silicosis o el cáncer pulmonar. Se realizan preguntas específicas, como si fuma o ha tenido contacto con el humo de la leña, entre otras, que pueden ayudar en el proceso de interrogatorio (11).

Además, es esencial realizar el examen físico y clínico para detectar síntomas sugestivos de enfermedad pulmonar crónica, lo que puede orientar hacia el diagnóstico

de cáncer pulmonar. Esto se complementa con pruebas como la espirometría y la radiografía de tórax. En un estudio realizado en 2018 por Varona et al., se determinó que el 33% de los casos de enfermedad pulmonar estaban relacionados con la exposición al polvo de sílice y carbón. Para llegar a esta conclusión, se realizaron pruebas de detección en 476 trabajadores incluidos en el monitoreo, las cuales consistieron en espirometrías, radiografías de tórax y análisis cromosómicos. Aunque existe un período prolongado de transición entre las manifestaciones agudas de la patología respiratoria y el desarrollo de cáncer pulmonar, se encontró evidencia significativa que respalda la asociación entre la exposición prolongada al polvo de sílice y carbón y la prevalencia de enfermedad pulmonar crónica (53).

Para cuantificar el nivel de exposición al polvo de sílice respirable, la prueba más utilizada es el cálculo del valor límite de exposición. Esta medición es indirecta y se realiza después de una jornada laboral de 8 horas. Algunas investigaciones sugieren que el valor límite máximo de polvo de sílice respirable es de 0.05 mg/m³, mientras que otros estudios sostienen que es admisible en una jornada de 8 horas (1,14,15).

En el Esquema N° 10, se detallan las fases correspondientes a la vigilancia médica de los trabajadores expuestos al polvo de sílice respirable. Nótese que la última se basa en la medición del agente en el filtro del trabajador y/o a través del cálculo específico del agente, ya que este puede ser medido en aire, mas no en el cuerpo del colaborador:



Esquema N° 10: Fases de la vigilancia del trabajador en riesgo de exposición al polvo de sílice respirable.

Fuente: Elaboración propia.

2. Uso de biomarcadores en monitoreos de exposición ocupacional a cancerígenos

2.1. Tipos de biomarcadores

La exposición profesional a sustancias tóxicas como los cancerígenos puede ser condicionante de la aparición de cambios significativos en la fisiología normal del organismo cuando no se toman las medidas de seguridad necesarias para prevenir esos riesgos (10, 11,29).

En el 2012, Arango, realizó una revisión sistemática donde se propuso evidenciar la importancia de los biomarcadores para comprender los diversos aspectos de la patogénesis que se da a consecuencia de la exposición ocupacional a agentes cancerígenos. El concepto de “biomarcador” abarca las mediciones que reflejan la interacción entre el sistema biológico humano y un agente potencialmente nocivo, siendo este químico, físico o biológico Existen 3 clases de biomarcadores químicos: de exposición, de efecto y de susceptibilidad (54).

Los biomarcadores de exposición corresponden a sustancias exógenas o sus metabolitos, o los productos de interacción y algunas moléculas blancas o células que se miden dentro de un compartimento en el organismo. Reflejan la distribución de la sustancia química o de sus metabolitos a través del organismo, pero en dependencia de esta y del parámetro biológico analizado (10).

En el 2016, Pegenaute et al., realizaron una revisión sistemática, que se propuso determinar la asociación entre la exposición ocupacional a cadmio y biomarcadores conocidos de daño renal. Para ello se seleccionaron 8 artículos, de un total de 968 referencias. Los biomarcadores de exposición considerados en el estudio fueron la beta2-microglobulina, albúmina, enzimas y marcadores de estrés oxidativo. Además, se consideró al tabaco como un marcador modificador del efecto. Se concluye que sí existe evidencia significativa para afirmar que hay una asociación entre la exposición ocupacional al cadmio y la alteración de los marcadores de daño renal, lo cual es perceptible incluso si el agente se encuentra en niveles bajos (55).

Por otro lado, los biomarcadores de efecto se refieren a la medida de una alteración bioquímica y fisiológica del compartimiento o cualquier otra en un organismo que puede ser reconocido como asociado a una alteración establecida o posible de la salud o enfermedad. Existen diferentes tipos hematológicos. Para utilizarlos se requieren conocimientos del mecanismo de acción de la sustancia química en estudio, entre ellos, la determinación de la enzima colinesterasa (neurotoxicidad) para el caso de la exposición a plaguicidas organofosforados y algunos carbamatos, así como la

determinación del ácido delta aminolevulínico dehidrasa en eritrocitos y la zincprotoporfirina, ambos para la exposición al plomo (10).

Los biomarcadores de susceptibilidad señalan la capacidad inherente o adquirida de un organismo para responder a un reto de exposición a una sustancia química externa. Pueden reflejar factores genéticos o adquiridos que influyen en la respuesta a la exposición. están influidos por factores externos como la edad, dieta y el estado de salud. Unos de los genéticos corresponden a los fenotipos aciladores, la inducibilidad de la arilhidrocarbano hidroxilasa para hidrocarburos policíclicos y la deficiencia de la IgA para los irritantes respiratorios (10 y 11).

- **Medios biológicos de análisis**

Para realizar el monitoreo biológico, se ha optado por emplear los medios donde se puedan obtener las muestras de modo más práctico, de manera que se tenga que invadir el organismo lo menos posible. Dentro de los medios más frecuentemente utilizados se encuentran la orina, la sangre y el cabello (10,30).

- **Orina**

En este caso particular, el muestreo es el más sencillo, puesto que no requiere de métodos invasivos ni de personal especializado. Los cambios en el flujo y la composición de la orina influyen sobre la concentración de las sustancias en este medio. Por tanto, los resultados deben ser corregidos de acuerdo a dichos factores (30,31).

En el 2003, Lorenzo Gómez realizó un estudio, donde señala que la orina es uno de los métodos no invasivos más confiables que tenemos para realizar screening en nuestro medio, además de su bajo costo, los cambios que tienen lugar a nivel de la citología urinaria permite que la muestra dure más tiempo sin alterarse, pudiendo ser usado como biomarcador para el seguimiento y controles en el caso del cáncer de vejiga (56).

En el 2014, Rosales-Rimache, realizó un estudio transversal que tuvo por objetivo evaluar la exposición ocupacional a ciclofosfamida de 96 trabajadores de cinco hospitales de Lima. Se sabe que la ciclofosfamida es un medicamento se usa para esquemas de tratamiento antineoplásicos. Se ha determinado que el método más sensible y específico para evaluar la exposición a este citostático es a través de la orina de 24 horas. Se concluye que en el 70% de las muestras había presencia de ciclofosfamida. Sin embargo, solo uno de los trabajadores evaluados presentó niveles tóxicos en su muestra, los demás se encontraban dentro del promedio. Por tanto, el riesgo de padecer cáncer en el grupo estudiado es mínimo (57).

Por otro lado, en una investigación realizada en el 2018, March Villalba et al., demostraron la importancia de la citogenética en el monitoreo de cáncer ocupacional. Se evidenció que dos marcadores genéticos obtenidos de la orina (mRNA de hTERT_N), tenían mayor sensibilidad para la detección y seguimiento de los tumores vesicales en comparación con pacientes con antecedentes de tumor de vejiga, cuya cistoscopia convencional había dado negativa. Se trató de un estudio, prospectivo, aleatorizado y controlado, donde se concluye que existe un mayor rendimiento diagnóstico en las

pruebas citogenéticas en comparación a las pruebas obtenidas de la citología urinaria convencional (58).

- **Sangre**

Es el órgano que mejor refleja la exposición de los diferentes órganos en un momento dado. El factor que más afecta la representatividad de los resultados del muestreo de sangre es la distribución del tóxico entre el plasma y las células que puede variar con el periodo de exposición y el lapso transcurrido desde que tuvo lugar. En relación a la distribución, esta depende de las propiedades físico químicas del compuesto. Aquellos que son liposolubles, usualmente son encontrados en las células y los compuestos ionizados en el plasma. En cada compartimento, el compuesto puede encontrarse de forma libre o asociado a distintos ligandos tales como proteínas, cloruros, glutatión. Se deben comparar los valores contra referencia apropiada. Por tanto, el valor de referencia es necesario. Esto se define como el nivel del biomarcador en la población general que no está expuesta ocupacionalmente (14,15).

Existen algunas sustancias químicas que se encuentran en el organismo de personas no expuestas, las cuales se adquieren por contaminación de alimentos, aguas y el aire ambiental. Tal es el caso del plomo a causa del consumo de los “enlatados”, dado que este compuesto se encontraría en los envases metálicos que se usan como recipiente. En el caso del arsénico, esto se da por la contaminación del agua y el suelo, dado que su presencia natural es junto a otros minerales como el oro (22-25).

Los denominados “niveles de acción” son valores aceptables en medios biológicos. Estos dan la pauta para saber hasta donde el valor de un compuesto se encuentra en cantidades que no provoque daño o enfermedad a la población. En el año 2023, Camacho Sánchez et al., realizaron una investigación que se propuso identificar los principales biomarcadores para el diagnóstico temprano de cáncer, llegando a la conclusión que los marcadores citogenéticos tomados de muestras de sangre, resultaban más prácticos, debido a que no requerían del uso de sustancias químicas como el formaldehído para su conservación como sí ocurre en los exámenes obtenidos de modo convencional (59).

La Conferencia Estadounidense de Higienistas Industriales Gubernamentales denominada ACGIH, en inglés; y la Fundación Alemana de Investigación (DFG), publican de manera anual listas estándares de sustancias químicas o de sus metabolitos, que son empleados en el monitoreo biológico y para las que existe suficiente información sobre la toxicodinamia y toxicocinética, como para poder establecer valores de referencia (11-14).

En el 2006, Ramírez realizó un estudio que se propuso identificar los tipos de marcadores usados en la vigilancia de los trabajadores expuestos a metales pesados en el sector minería. Se revisaron diversas metodologías para el procesamiento del material biológico del trabajador, a fin de establecer indicadores biológicos de exposición, siendo posible con ello valorar la cantidad de absorción del agente o de los productos de transformación en medios biológicos. De ese modo será posible cuantificar al agente en el organismo. La metodología aplicada en cada caso será

seleccionada en base al órgano, cuyo daño se desee identificar. Por ejemplo, para valorar el daño renal, se realizarán análisis de la función renal, a través de exámenes de sangre y orina. Otra valoración donde se estudia la sangre es para el cálculo de la citotoxicidad específica, lo cual se traduce en alteraciones en las proteínas de peso molecular bajo o incremento de ciertas enzimas de excreción como las transaminasas, en el daño hepático (60).

Para este tipo de monitoreo se han establecido jornadas de 8 horas diarias, durante 5 días de la semana, y si se van a utilizar en diferentes tiempos del turno, este valor puede extrapolarse; sin embargo, debemos tomar en cuenta las propiedades toxicodinámicas y toxicocinéticas del agente (14, 34).

TRABAJO 3: MEDIDAS DE CONTROL EN ENFERMEDAD OCUPACIONAL POR EXPOSICIÓN A CANCERÍGENOS

1. Aspectos generales de los controles en cáncer ocupacional

En el ámbito internacional, se vienen aplicando una serie de controles de ingeniería que buscan garantizar la seguridad del trabajador cuyo trabajo implica un riesgo de exposición a cancerígenos. Sin embargo, en nuestro medio, las medidas de control para los trabajadores expuestos son aún insuficientes, siendo la mayoría de controles de ingeniería difíciles de acceder, debido al costo que implican. Así también, dependen de la política de seguridad de la organización y/o empresa, que no siempre ofrece las condiciones óptimas (46,47).

La prevención del cáncer ocupacional incluye una serie de procesos que se pueden aplicar en los trabajadores y los empleadores para disminuir el nivel de exposición o eliminarlo. A continuación, existen las siguientes pautas para establecer medidas de control en las empresas:

- a. La regulación y evaluación sistemática de los cancerígenos conocidos que se hayan presentes en el lugar de trabajo.
- b. Implementación de medidas técnicas y/o administrativas para reducir la exposición de la enfermedad.
- c. Considerar mecanismos de eliminación y/o sustitución de los agentes carcinógenos.

Cuando se refiere a los controles de la exposición a agentes cancerígenos, la OMS recomienda seguir los siguientes pasos (46):

- En primer lugar, debemos desarrollar reglamentos y reforzar la vigilancia y control de los carcinógenos. Esto con la intención de evitar la entrada de carcinógenos conocidos en el ambiente de trabajo.

- El segundo paso implica monitorear y reducir las exposiciones ocupacionales a cancerígenos. Así también, se debe organizar e implementar sistemas de vigilancia de la salud de los trabajadores expuestos.
- Como tercer paso, se debe desarrollar programas integrales de salud de los trabajadores basados en prevención primaria para mejorar las condiciones de trabajo y de vida, apostando por la sustitución de los agentes carcinógenos por sustancias menos lesivas.

2. Parámetros de las organizaciones internacionales para la prevención del cáncer ocupacional

La Organización Internacional del Trabajo (OIT) tiene herramientas importantes para la prevención del cáncer profesional, las cuales dan la pauta en temas de prevención, teniendo en cuenta el conocimiento con que se cuenta en la actualidad sobre los efectos del cáncer ocupacional y cómo pueden impactar las medidas de control para disminuir su incidencia (47).

Por otro lado, en diferentes países se viene llevando aplicando la metodología CAREX (Carcinogenic exposure), que consiste en el desarrollo de talleres donde se valora la cantidad de trabajadores expuestos a agentes cancerígenos. En el Perú esta actividad se dio en el año 2018, encontrándose que el cáncer de pulmón es el que ocupa el primer lugar en incidencia en la clase trabajadora, seguido del cáncer del sistema hematológico. A se añade que las condiciones de informalidad en el trabajo incrementan la probabilidad de aparición de la patología (48).

Otra metodología que ha sido aplicada en el ámbito internacional con la finalidad de recopilar información relacionada con grupos de trabajadores es la matriz CANJEM. En el año 2022, Xu et al., realizaron un estudio de casos en Montreal-Canadá, cuyo objetivo fue determinar los efectos de diferentes agentes ocupacionales usualmente relacionados con el desarrollo de cáncer ocupacional en trabajadoras de sexo femenino. Se identificó que la mayoría de las trabajadoras estuvieron expuestas a múltiples agentes cancerígenos: asbesto, emisiones de motores diésel, sílice cristalina respirable, formaldehído, insecticidas, aromáticos entre otros. Con el método CANJEM fue posible sistematizar el grupo de agentes cancerígenos más representativos, los cuales se relacionan con la aparición de cáncer en los sectores económicos como la minería, construcción y agricultura (66,67).

3. Marco normativo y medidas de control

3.1. Responsabilidad del estado

Sabemos que las empresas de ciertos sectores económicos de nuestro país no siempre realizan actividades de modo formal y, por tanto, la seguridad y salud del trabajador no está garantizada. En el caso de la minería informal, los trabajadores no siempre usan los equipos de protección personal necesarios. Ello aunado a la falta de capacitación y preparación para su uso correcto, condicionando así un riesgo de exposición a los materiales que usan para cumplir sus labores (5-7).

En el 2017, Veglia et al., realizaron una investigación que tuvo por objetivo desarrollar un marco normativo, basándose en políticas previas para prevención de cáncer ocupacional en Canadá, tomando en cuenta que existen exposiciones no sustituibles y

difíciles de controlar. El estudio demostró que el establecimiento de políticas preventivas, debería tener resultados favorables en al menos 3 fuentes de exposición: motores diésel, asbesto y trabajo por turnos, siendo este último un factor de riesgo psicosocial (68).

En el ámbito nacional, en el 2016, Accinelli y López presentaron un estudio que abordaba los avances en la legislación sobre el asbesto en Sudamérica. Se señaló que son pocos los países que actualmente cuentan con regulaciones que prohíben su producción y manipulación (69). Además, se discutieron algunas ideas clave y responsabilidades estatales, que incluyen:

- La necesidad de garantizar la implementación efectiva del sistema de gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SST) en los lugares de trabajo.
- La importancia de actualizar las normativas preventivas en relación con el cáncer ocupacional. Esto implica considerar la posibilidad de proponer nuevas disposiciones o revisar las existentes para proteger la salud de los trabajadores frente a la exposición a sustancias cancerígenas.

3.2. Responsabilidades del empleador

En el 2023, Müller-Ramírez et al., presentaron los resultados de una revisión sistemática que recopiló datos de una fábrica de productos farmacéuticos en Chile, especializada en la producción de drogas carcinogénicas. Se demostró la viabilidad de establecer medidas de control a un costo relativamente bajo, lo que contribuyó a reducir el riesgo de cáncer ocupacional en los trabajadores del sector salud (67).

En el 2019, Iavicoli et al., compartieron su postura sobre los avances recientes en la prevención del cáncer ocupacional. Destacaron la necesidad de establecer políticas de salud global para implementar acciones preventivas en relación con el cáncer relacionado con el trabajo. Aunque el cáncer tiene múltiples causas, desde la perspectiva ocupacional, existen controles que deben ser aplicables en diferentes sectores económicos. Se enfatizó en que la prevención primaria es la medida más efectiva, mientras que la detección precoz puede mejorar el pronóstico, pero no garantiza una cura rápida o fácil. Además, se recomendó considerar la implementación de cuestionarios estructurados de seguimiento y listas de verificación para identificar exposiciones laborales actuales o pasadas (70).

Dentro de las responsabilidades del empleador, se establecen las siguientes recomendaciones generales (71):

- Desarrollar y aplicar normas de seguridad y salud en el trabajo que se ajusten a los requisitos de la actividad.
- Implementar programas específicos para la prevención del riesgo de exposición a agentes cancerígenos, involucrando a todos los miembros de la organización en su aplicación.
- Aplicar medidas de control cuando los trabajadores estén expuestos a agentes cancerígenos.
- Considerar controles administrativos, como la distribución del tiempo de exposición del trabajador con el agente, para garantizar un entorno laboral seguro.
- Establecer registros y/o fichas de exposición laboral para cada agente cancerígeno dentro de los centros de trabajo, especialmente en establecimientos de salud.

3.3. Prevención por identificación y sustitución

Se debe identificar agentes y mezclas cancerígenas en los diferentes entornos laborales. Estos generalmente son evaluados, según su nivel y duración del periodo de exposición del personal, determinando las medidas correctivas y/o controles del caso, empleando la matriz de identificación de riesgos (71).

Así también y siempre que esto resulte factible, se debe sustituir las sustancias cancerígenas, por aquellas que demuestren las mismas ventajas técnicas, pero sean inocuas o menos nocivas. La mayor parte de las guías revisadas señalan la necesidad de usar controles de ingeniería, de manera que el trabajador puede realizar sus prácticas de manera segura (6).

En el año 2018, Peters et al., realizaron una investigación cuyo objetivo fue clasificar los carcinógenos ocupacionales en Canadá usando para ello la metodología CAREX. Esto, a fin de lograr la sustitución o eliminación del carcinógeno de acuerdo a su nivel de peligrosidad. Se concluyó que fue necesario establecer prioridades para clasificar los tipos de carcinógenos, con un enfoque en la estimación de la exposición y los perfiles descriptivos, siendo clave para establecer futuras medidas que resulten ser efectivas para la prevención del cáncer ocupacional (72).

Un ejemplo de estas nuevas tecnologías son las cabinas de bioseguridad, las cuales tienen la función de contención de los aerosoles y minimizan la exposición a las drogas durante su preparación. Asimismo, en ausencia de dichas cabinas, se ha optado por incluir en los protocolos de seguridad a equipos de protección personal con eficacia

demostrada en disminuir el riesgo de contacto con la piel, dentro de los que se encuentran variedades de guantes y vestimentas protectoras, cuya tecnología se basa en sistemas cerrados (5-7).

Según datos recogidos en el Instituto Nacional de Enfermedades Neoplásicas (INEN) la socialización y comercialización de este tipo de tecnologías en nuestro medio es limitada debido al costo. No obstante, se pueden aplicar controles administrativos que resultan efectivos para minimizar el riesgo de exposición. Por ejemplo, cuando se va a preparar una droga considerada como carcinogénica, el procedimiento debe llevarse a cabo en un lugar poco concurrido y con el personal, solo necesario. De ese modo, se evita poner en riesgo a un mayor número de colaboradores (5).

Asimismo, dentro de los controles se debe incluir la valoración del Límite permisible-Medida ponderada en el tiempo (TLV-TWA) para los agentes químicos, representa las condiciones en las cuales la mayoría de los trabajadores pueden estar expuestos 8 horas diarias y 40 horas semanales durante toda su vida laboral, sin haber sufrido efectos adversos a su salud (70).

3.4. Convenios sobre riesgos específicos

- Prevención de radiaciones

El convenio N° 115, establecido en el año 1960 por la Organización Internacional del Trabajo (OIT), se aplica a todas las actividades laborales que conlleven exposición algún grado de exposición a las radiaciones ionizantes. No es de aplicación para las sustancias radioactivas ni tampoco a los aparatos generadores de radiaciones ionizantes.

En el artículo N°11 se señala que deberá efectuarse un control apropiado de los trabajadores y de los lugares de trabajo para medir la exposición de los trabajadores a radiaciones ionizantes y a sustancias radiactivas, con objeto de comprobar que se respetan los niveles fijados (46).

Cabe señalar que en el artículo N° 12 se dice que todos los trabajadores directamente ocupados en trabajos bajo este tipo de radiaciones deberán someterse a examen médico apropiado, antes o poco después de la realización de dicho trabajo, y someterse posteriormente a exámenes médicos a intervalos apropiados (46,70).

Para prevenir este riesgo, en algunas entidades públicas de nuestro país, como el Instituto Nacional de Enfermedades Neoplásicas (INEN), se ha dispuesto que todos los trabajadores que realicen trabajos habituales u ocasionales en áreas controladas y estén expuestos de modo significativo a las radiaciones ionizantes, deberán someterse a vigilancia radiológica obligatoria, mediante sistemas de control acreditados (5, 6).

3.5. Convenio sobre el uso del benceno

El convenio N° 136, dado a conocer en el año 1971, se aplica a todas las actividades en que los trabajadores se ven expuestos al hidrocarburo aromático, benceno C_6H_6 , cuyo contenido de benceno exceda el 1% del volumen de la concentración de esta sustancia en la atmósfera de trabajo, ya que dicho límite no puede sobrepasar los 25ppm u 80mg/m cúbico. Este señala que en todo lugar donde se fabrique, manipule o emplee el benceno o productos que lo contengan, deberán adoptarse las medidas necesarias para prevenir la emanación de los vapores en la atmosfera del lugar de trabajo. Además, se

indica que previo al inicio de sus labores, los trabajadores deberán realizarse un examen médico sin costo para el trabajador, y repetidos de manera periódica según la legislación nacional. (46,69,70).

3.6. Convenio sobre el cáncer ocupacional propiamente dicho

En el año de 1974, se dio a conocer el convenio N° 139, para luego ser ratificado el 1976 y diera lugar en 1993 al Reglamento de prevención y control de cáncer ocupacional, según Decreto Supremo N° 039-93 PCM. Con ello se hizo posible constituir la Comisión Multisectorial de Cáncer Ocupacional, establecida por el Ministerio de Trabajo y el Ministerio de Salud. Trata acerca de la reducción de sustancias cancerígenas, así como de su intensidad y la duración de los niveles de exposición a los agentes cancerígenos (70).

Esta norma se ha visto reforzada por varias iniciativas de la OMS, mencionando el riesgo de exposición al asbesto y la necesidad de disminuir la exposición a la sílice respirable para prevenir el riesgo de cáncer respiratorio. A propósito de ello, en investigaciones recientes se ha demostrado que el hábito del tabaco puede empeorar el pronóstico de la persona que había desarrollado cáncer a consecuencia de una exposición prolongada al asbesto sin usar la protección ni aplicar controles adecuadas; sin embargo, el factor etario, no afectó su esperanza de vida del grupo de estudio (2,3,4,12).

En el año 2019, Sauvé et al., dieron a conocer un estudio que se basó en una aproximación a un método híbrido para la evaluación retrospectiva de las exposiciones

ocupacionales que se dieron en una población trabajadora de la ciudad de Montreal entre 1943 y 2012. Este método demostró tener éxito, llegando a reducir a la mitad el tiempo que se suele usar para codificar los puestos de trabajo en relación al agente de exposición. Asimismo, se evidenció y sistematizó los diversos agentes cancerígenos a los cuales los trabajadores han permanecido expuestos y cómo los controles fueron implementándose de manera efectiva con el pasar de los años con el advenimiento de nuevas tecnologías, obteniéndose resultados positivos en la medida que se cumplían los protocolos de seguridad (73).

Por otro lado, un control en materia preventiva del cáncer ocupacional que ha cobrado importancia en los últimos años es capacitación y práctica de hábitos saludables, puesto que eso permite a las personas a diferenciar aquello que es inocuo de lo dañino. Asimismo, se advierte que al no poder eliminar ni sustituir un proceso que conlleve riesgo de exposición a cancerígenos, se debe hacer uso de los controles de ingeniería disponibles, así como de los Equipos de Protección Personal (EPP), de manera adecuada, lo cual garantiza una disminución del riesgo (2,4,5).

3.7. Convenio sobre el uso seguro del asbesto

También denominado convenio N° 162, se firmó en 1986 y establece la obligación de que las legislaciones nacionales adopten las medidas necesarias para prevenir los riesgos debidos a la exposición al asbesto, y consecuentemente proteger a los trabajadores. Asimismo, la necesidad de revisar tales normas de modo periódico y la prescripción de contar con una inspección adecuada y medidas para garantizar el cumplimiento de las disposiciones del convenio. Dentro de ellas, el empleador debe

medir las concentraciones de asbesto en el aire, hacer vigilancia de exposición a los trabajadores y llevar el registro para brindar la información necesaria a los trabajadores y sus representantes (5-7).

En el ámbito internacional, la vigilancia que se realiza con fines preventivos respecto del riesgo de exposición al asbesto, guarda relación con hábitos propios de la población. En una revisión sistemática realizada el año 2019, Olsson et al., encontraron que la encuesta realizada a los trabajadores expuestos al asbesto, resultó una herramienta útil para cuantificar otros factores de riesgo que empeoraban el pronóstico de los pacientes con cáncer por exposición ocupacional a dicho agente, siendo en este caso, el consumo del tabaco, el hábito de mayor frecuencia (74).

Otros grupos ocupacionales donde se ha encontrado trabajadores expuestos al asbesto y al polvo de sílice respirable, corresponden al sector construcción y agricultura, dando lugar a la aparición de cáncer de pulmón y de otros tipos relacionados a las vías respiratorias. En un estudio realizado en el año 2021 por Suraya et al., se determinó que los trabajadores de estas industrias en Indonesia, estaban expuestos a una serie de materiales tóxicos debido a la precariedad de los controles, puesto que sus actividades se desarrollaban de manera informal. Se encontró que, tanto el asbesto como el polvo de sílice respirable, fueron los compuestos identificados mayoritariamente en sus centros laborales (75).

Cabe señalar que los controles en los países en vías de desarrollo como Indonesia, pueden ser insuficientes, y sumado a ello está la falta de capacitación de los trabajadores

en materia de prevención, dado que muchos de ellos no son conscientes de los efectos que implica a mediano o largo plazo, estar expuesto a estos agentes y no hacen uso de sus EPP de forma adecuada, aun cuando estos les sean provistos por sus empleadores (5, 13).

4. Medidas de protección y controles

Según lo descrito en el Marco Legal Internacional, la UNE-100713:2005, el mismo que se refiere a las instalaciones de acondicionamiento de aire en hospitales, se deben considerar tanto exigencias técnicas como higiénicas. Asimismo, la situación de las rejillas de toma y expulsión de aire son importantes para la calidad del aire interior y para evitar riesgos de contaminación (5).

El objetivo de las medidas de protección es reducir la exposición por agentes cancerígenos a un mínimo nivel. Para ello, debemos sensibilizar a los responsables sobre la importancia de elegir productos que sean menos nocivos, y de ese modo adoptar las medidas encaminadas a reducir la contaminación del medio ambiente de trabajo (2,3,5).

4.1. De la responsabilidad de las autoridades competentes

Las autoridades deben establecer políticas y normativas para aplicar las medidas de prevención en relación a la contaminación y seguridad del ambiente de trabajo. Para ello, se debe hacer un correcto manejo de estos compuestos, estableciendo normas para la segregación y gestión de los residuos (5-7).

En los últimos años, se ha hecho uso de los plaguicidas de manera frecuente e indiscriminada, lo cual genera que estos se vuelvan resistentes y conlleven al incremento de las dosis habituales empleadas, así como la mezcla de diversos pesticidas para lograr su propósito. Las consecuencias que producen a largo plazo, posterior a la exposición a tales agentes son las neoplasias de la vía urinaria como el cáncer de vejiga. No obstante, esto da lugar a un mayor riesgo de exposición para los sectores económicos como la agricultura, donde es común hacer uso de estos productos (18-20).

Asimismo, es necesario sensibilizar a los trabajadores sobre las precauciones que deben seguir en relación al uso de productos cancerígenos, ya que todavía es posible observar que aun cuando el empleador proporciona al trabajador sus equipos de protección personal, este último no siempre está capacitado para usarlo correctamente y en ocasiones se niega a usarlo por temas de comodidad (5,6).

4.2. Del monitoreo ambiental

El monitoreo consiste en una serie de mediciones de las concentraciones de las sustancias químicas, de manera periódica. Estas se realizan en los ambientes de trabajo, que es donde tiene lugar la exposición (5,7).

Para llevar a cabo un monitoreo es necesario solicitar información sobre el uso de productos químicos, como la hoja de seguridad, correspondiente a cada agente químico. De modo que se pueda tener en claro las instrucciones sobre el uso del producto y designar un lugar donde dicho agente sea manipulado. En estos casos es recomendable

formar comités y comisiones, a fin de garantizar un ambiente, donde se den prácticas seguras (29, 31).

En el año 2009, Partanen et al., llevaron a cabo una revisión sistemática que tuvo por finalidad evidenciar la importancia de las medidas preventivas para limitar la incidencia del cáncer ocupacional. En el estudio, se llegó a concluir que las neoplasias en el ámbito laboral son altamente prevenibles, siendo necesario que el empleador asuma la responsabilidad de organizar programas que garanticen la seguridad y protección de la persona en su ámbito laboral (76).

4.3. Capacitación en materia de prevención de cáncer ocupacional

Todos los trabajadores con algún grado de exposición a agentes cancerígenos deben conocer las precauciones universales para reducir el riesgo de desarrollar esta patología al mínimo. En base a ello, presentamos la Tabla N° 1, donde se detallan ciertos aspectos aplicables en caso de riesgo de exposición a cancerígenos:

Capacitación en medidas de prevención ocupacional	Capacitación en prácticas seguras durante y después de exposición	Uso de Equipos de Protección Personal (EPP)
--	--	--

Todo trabajador expuesto a riesgos de exposición por agentes cancerígenos debe recibir información y estar capacitado en materia de prevención en caso ocurra alguna exposición durante sus labores (Ej. accidente biológico).	Todo trabajador debe conocer las precauciones universales para reducir el riesgo de contacto de sangre y otros fluidos corporales durante y después de la exposición. Para ello deben ser capacitados en materia de prevención de riesgos y uso de EPP.	Cuando no sea posible evitar la exposición, todo trabajador debe hacer uso de los EPP (Equipos de protección personal). El tipo de EPP, depende del riesgo de exposición: mandiles, respiradores, gorros, lentes, guantes.
---	--	---

Tabla N° 1: Fases de la prevención por exposición agentes cancerígenos.

Fuente: Elaboración propia.

4.4. Medidas de protección en exposición a agentes cancerígenos volátiles

En el año 2020, Kwak et al., presentaron una revisión sistemática, cuya finalidad fue determinar el riesgo de cáncer de pulmón en trabajadores expuestos a compuestos volátiles como el formaldehído. Aun cuando este agente ha sido considerado por la clasificación IARC como un carcinógeno del grupo 1, el estudio determinó que no existía evidencia suficiente para considerarlo como tal. No obstante, aun cuando no ocasionen mutagénesis y neoplasias celulares, pueden causar irritaciones y sensibilizar la piel (77).

En este sentido, cabe recalcar el valor que otorgan los equipos de protección personal (EPP) en este grupo laboral, si son correctamente usados durante la manipulación de estos compuestos, así como los procedimientos que debe seguirse antes, durante y después de cada exposición (17-19).

Por otro lado, los plaguicidas o herbicidas también son considerados carcinógenos de tipo 2B, según la IARC y en diversos estudios se ha demostrado su impacto en la salud de los trabajadores dedicados a la agricultura y zonas de cultivo. No obstante, aún no han podido ser sustituidos y actualmente siguen siendo usados en zonas agrícolas y ganaderas (12,18,19).

En el 2017, Gentile et al., realizaron una investigación sobre se estudiaron los registros de enfermedad asociada con exposición a plaguicidas en Vertientes- Argentina. Se identificó un incremento en el número de casos de aborto en la población femenina dedicada a la actividad agrícola (27 de cada 110 mujeres), además de problemas de fecundidad. Así también, se evidenció un incremento del 2% en los casos de cáncer en la última década. Esto sumado al hecho de que los agricultores de esta localidad no disponían de los equipos de protección adecuados y a la fecha todavía no se establecían políticas de salud para prevención de cáncer ocupacional en el país (78).

Por cuanto, es necesario establecer controles y capacitar al personal, de manera que se pueda disminuir la exposición de los trabajadores a estas sustancias. Para ello se proponen las recomendaciones sistematizadas en la Tabla N° 2:

Uso de equipos de protección personal (EPP)	Prácticas durante la aplicación de plaguicidas	Prácticas después de la aplicación de plaguicidas	Manejo y disposición final de envases de plaguicidas
- Uso de botas. - Uso de mandil plástico. - Uso de polo o camisa manga larga. - Uso de guantes y respiradores.	- Evitar soplar la boquilla de fumigación. - Evitar ingerir o beber alimentos. - Fumigar en dirección al viento.	- Baño o lavado corporal. - Cambio de ropa inmediato. - Lavado de ropa separado de las otras prendas.	- Evitar el lavado de frascos contaminados. - Evitar quemar a campo abierto. - Depositarlo bajo tierra. - No colocarlo cerca de residuos domésticos ni canales de regadío.

Tabla N° 2: Recomendaciones en caso de exposición a plaguicidas.

Fuente: Elaboración propia.

4.5. La higiene y otros controles de exposición a agentes cancerígenos

En el año 2023, Vicente-Herrero et al., realizaron un estudio que se propuso determinar los factores asociados a la incidencia del cáncer y cómo se podría prevenir su aparición, concluyéndose que la causa del cáncer a nivel ocupacional era compleja, dado que, a además de guardar relación con la exposición a los agentes cancerígenos, también se

asociaba a los hábitos de las personas, así como a su nivel de conocimiento y capacitación para desempeñarse en sus labores (79).

Asimismo, se resalta la importancia de la promoción integrada para intervenciones de control de cáncer, siendo estas necesarias. No obstante, los programas de prevención, no deben desarrollarse de modo aislado, sino a través de acciones coordinadas, dado que se trata de un problema multifactorial, cuya solución resulta igual de compleja (29, 30).

En el 2018, Rodríguez Montero et al., realizaron un estudio que se propuso evaluar a un marcador de genotoxicidad de daño en ADN en los trabajadores de salud de un centro médico cubano, quienes estaban asignados a las tareas de administración de medicamentos antineoplásicos en pacientes hospitalizados. Se concluye que el ADN de los trabajadores expuestos a los cancerígenos presentó características similares al ADN de personal no expuesto. Estos hallazgos señalan que los controles aplicados son eficaces y guardan correspondencia con las prácticas de seguridad del personal expuesto (uso de protocolos) así como al uso apropiado de sus barreras de seguridad y uso correcto de sus equipos de protección personal (80).

Dentro de las medidas preventivas, debemos considerar que las buenas prácticas de higiene en los trabajadores es un elemento de control fundamental para prevenir los riesgos de exposición (5, 29). En relación a las medidas que se debe seguir, podemos señalar las siguientes:

- Los trabajadores expuestos a riesgo de contaminación deben guardar su ropa separada de la que usan en la calle. En caso, esta se lave en su casa, no debe lavarse junto al resto.
- Se debe evitar el consumo de alimento en el ambiente de trabajo, debe hacerse en el lugar destinado para ese fin.
- Establecer programas de vigilancia específica a los trabajadores expuestos a agentes cancerígenos, con el compromiso de su cumplimiento.
- Educar y entrenar a los trabajadores, ya que deben estar informados sobre las exposiciones accidentales y aquellas no regulares, así como de las medidas adoptadas para su control.

5. Medidas preventivas en exposición a radiaciones ionizantes

La protección radiológica que es aplicada en las radiaciones ionizantes, se basa en tres principios básicos: justificación de las prácticas, limitación de las dosis y optimización (5,6).

5.1. De la justificación de las prácticas

Este principio se basa en que, si la exposición no dará lugar a algún beneficio, no tiene justificación que se lleve a cabo. Por tanto, se entiende que el empleo de las radiaciones ionizantes y todas las aplicaciones han de estar justificadas. Ello implica que todas, incluso las exposiciones más pequeñas, son potencialmente dañinas y el riesgo de tal exposición ha de ser compensado por los beneficios. La evaluación de los riesgos requiere el conocimiento de las dosis recibidas por las personas (5-7).

5.2. De la limitación de la dosis

Se refiere al cumplimiento de los límites que fueron establecidos en las Normas Básicas Internacionales de Seguridad correspondientes a la protección contra la radiación ionizante y para la seguridad de las fuentes de radiación y por el reglamento de Seguridad Radiológica. Cabe señalar que la limitación de dosis no aplica a las exposiciones médicas. No obstante, tanto la optimización como la justificación son fundamentales (6,7). Los límites de dosis para los trabajadores expuestos son los que siguen:

- El límite de dosis efectiva es de 20 mSv por año oficial o de 100 mSv durante un periodo de 5 años oficiales consecutivos, estando sujeto a un valor de la dosis efectiva máxima de 50 mSv, en cualquier año oficial.
- El límite de dosis se puede aplicar únicamente al feto y no se puede comparar con la dosis registrada en el dosímetro personal de la trabajadora embarazada. Por tanto, para la exposición a radiación externa, es posible considerar que 1mSv en el feto es comparable a una dosis de 2mSv en la superficie abdominal.
- Los límites de dosis para personas en formación y/o estudiantes que deben manejar fuentes de radiación debido a sus estudios serán parecidos a los de los trabajadores expuestos, en caso de los mayores de 18 años. Mientras que para aquellos estudiantes con edades que se ubican entre 16 y 18 años, tendrán un límite de dosis efectiva que será de 6 mSv por año oficial y el límite de dosis equivalente para cristalino, piel y extremidades son tres décimos de los límites establecidos para trabajadores expuestos; para estudiantes menores de dieciséis años, los límites serán los mismos que para el público en general (16,17,29).

5.3. De la optimización

Si se emplean radiaciones, la exposición debe reducirse al mínimo. Al “optimizar” se espera que se pueda lograr lo mejor posible bajo las condiciones imperantes. Por cuanto, es necesario dominar técnicas y opciones para optimizar la aplicación de las radiaciones ionizantes (5, 11). En el contexto de la radioterapia está enmarcado en dos aspectos:

- En primer lugar, la reducción de la dosis absorbida, lo cual equivale a la maximización de la dosis. Esto se refiere a optimizar la distribución de dosis al órgano específico, a fin de reducir la posibilidad de los efectos secundarios severos, minimizando la dosis a otras estructuras y a la prevención de accidentes.
- Control de la dosis y en lo posible reducción de la dosis recibida por el trabajador, el paciente y el público.

5.4. Clasificación de áreas

En el proceso de identificación se realizará la clasificación de los lugares o puestos de trabajo de acuerdo con los requisitos establecidos en los protocolos de seguridad de la entidad. Estas fueron definidas como controladas y supervisadas, caracterizándose las primeras por la exposición a diversos peligros, siendo uno de ellos, las radiaciones. Por cuanto, debe cumplir con estar delimitada por medios físicos y tener un sistema de alarma, mientras que las áreas supervisadas son aquellas que deben contar con señalética en los puntos de acceso, así también aplican para recibir la visita de un agente supervisor, de manera periódica (5-7).

5.5. Controles radiológicos y cuidado individual

Los trabajadores que realicen sus labores en áreas “controladas” y pueden tener exposición ocupacional de modo significativo, deben someterse a vigilancia radiológica de modo individual y obligatorio, a través de los sistemas acreditados (5).

6. De los exámenes médicos ocupacionales

De acuerdo a lo establecido en la Ley N° 29783, Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo, los exámenes médicos ocupacionales deben ser realizados antes de iniciar las labores, durante y después de terminado el vínculo laboral con la empresa. Asimismo, en caso de que en la empresa se realicen actividades que impliquen riesgos de exposición a agentes peligrosos y/o cancerígenos, el empleador deberá garantizar las medidas de seguridad necesarias para que dichas actividades no perjudiquen la salud del trabajador (13).

A fin de prevenir la exposición a agentes cancerígenos, debemos recalcar la importancia de señalar y delimitar las zonas con símbolos y frases que figuran en las etiquetas de productos tóxicos. Asimismo, se debe gestionar el manejo adecuado de los residuos sólidos en los centros laborales, con especial cuidado en las entidades sanitarias, donde tienen lugar las exposiciones con fluidos sanguíneos que den lugar a contaminación biológica con virus y/o bacterias causantes de cáncer. Por ejemplo, la contaminación con el virus de la Hepatitis B, que en su estadio crónico da lugar a la hepatocarcinoma (5,11).

7. Otros controles: Educación y hábitos saludables

Otro tipo de controles que deben ser tomados en cuenta ante la falta de herramientas de ingeniería, incluyen el fomento de hábitos de vida saludable y actividad física a través de programas de prevención dirigidos a los trabajadores. Estas medidas son recomendaciones de la Organización Internacional de Trabajo (OIT) y la Organización Mundial de la Salud (OMS), siendo características claves para mantener un buen estado de salud físico y mental, puesto que muchas de las neoplasias mejoran su pronóstico, cuando la persona se mantiene en equilibrio (1,2,30).

En el año 2002, Sala et al., realizaron una investigación que proponía un método para validar la factibilidad de los programas de promoción de la salud de los trabajadores de una entidad pública para la prevención de cáncer, determinándose que las conductas de riesgo para el desarrollo de la enfermedad fueron frecuentes en el grupo entrevistado, siendo la dieta y la actividad física, los riesgos más susceptibles en la intervención, mientras que el grupo de trabajadores administrativos son aquellos donde el programa tuvo un mejor efecto (81).

Otro ejemplo de la importancia de mantener hábitos saludables para prevenir el cáncer ocupacional, lo tenemos en el estudio que presentaron en el 2021, Duijster et al., donde se abordó el riesgo de aparición de cáncer de colon en granjeros y agricultores colonizados por salmonella no tipica. Luego de hacer la revisión de los casos, se determinó que los trabajadores expuestos al patógeno, quienes realizaban un grado alto de actividad física, tenían menos propensión a desarrollar cáncer de colon y de otros tipos. Por tanto, en este caso, los hábitos saludables se perfilan como un factor protector para prevenir la aparición de esta patología (82).

II. CONCLUSIONES

1. Los procesos productivos con nuevas tecnologías y productos pueden generar exposición a agentes cancerígenos, requiriendo implementar y mantener un proceso de vigilancia de la salud.
2. El riesgo de padecer cáncer en una persona, puede verse incrementado, dependiendo del grupo ocupacional al que pertenece, siendo este un factor clave para el desarrollo de la carcinogénesis, dado que puede llegar incluso a triplicar la frecuencia de la enfermedad.
3. El cáncer ocupacional es un problema de salud pública en la población trabajadora, aun cuando es conocido en los diferentes sectores económicos.
4. Existen diferentes tipos de cáncer que se desarrollan dependiendo del tipo de exposición del trabajador a los productos químicos, sin embargo, en la actualidad el cáncer de pulmón sigue siendo considerado el de mayor frecuencia en el ámbito laboral.
5. Existen tres tipos principales de evaluación de los agentes cancerígenos en el ámbito ocupacional: anamnesis y valoración clínica; cuestionario y monitoreo biológico, basándose este último en pruebas de laboratorio.
6. La evaluación clínica es fundamental para determinar si existen signos sugerentes de patología en el trabajador. El monitoreo biológico no reemplaza la evaluación clínica.
7. Las empresas cuyas actividades conlleven algún grado de exposición a los agentes cancerígenos, deben tomar acciones y establecer controles para garantizar la

seguridad y salud de los trabajadores a su cargo, siendo los principales mecanismos usados en nuestro medio: la identificación y sustitución.

8. Los controles administrativos también han probado tener efectos beneficiosos ante la falta de implementación de los controles de ingeniería para disminuir el grado de exposición de los trabajadores a los carcinógenos.
9. Existen otro tipo de controles como la formación y capacitación de los trabajadores, los cuales demandan bajos costos y pueden ser implementados en la mayoría de las empresas para disminuir la incidencia de cáncer ocupacional.

III. RECOMENDACIONES

1. El marco normativo en materia de seguridad y salud en el trabajo debe actualizarse en los aspectos relacionados con la exposición a los agentes cancerígenos, en congruencia con el conocimiento científico disponible.
2. Los empleadores deben identificar y evaluar la exposición a los agentes cancerígenos e implementar controles, cuando sea necesario.
3. Es necesario elaborar y difundir protocolos específicos de vigilancia de la salud de los trabajadores, los cuales se ocupen del cáncer ocasionado por exposición a agentes cancerígenos a fin de prevenirlo y limitar su prevalencia.
4. Para disminuir la exposición de los trabajadores a agentes cancerígenos a un nivel mínimo es necesario establecer controles en las empresas, de ese modo se busca garantizar condiciones de trabajo seguras y evitar el incremento de la incidencia del cáncer ocupacional.
5. Se deben establecer políticas de salud preventivas en las empresas que, en correspondencia con la normativa vigente, permitan realizar una vigilancia adecuada e implementar controles necesarios para prevenir la exposición a agentes cancerígenos.
6. Los controles buscan disminuir el nivel de exposición del trabajador al agente de riesgo y varían de acuerdo a los tipos y costos. Sin embargo, no debe perderse de vista la finalidad protectora de tales medidas, independientemente de su costo.
7. Es importante generar conciencia en las empresas ante la incidencia de cáncer ocupacional que se presenta en nuestros días, siendo las medidas de control y su aplicabilidad; un reto para la salud ocupacional, ya que al ser implementadas

pueden contribuir de manera significativa para la reducción del cáncer ocupacional de desde una perspectiva preventiva.

IV. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Gentile N, Bosch B, Mañas F, Gorla N, Aiassa D. Los plaguicidas en las zonas de cultivo y las repercusiones en la salud. Salud (i) ciencia [Internet]. 2017. Sep [citado 2023 Ago 01]; 22(6): 569-572. Disponible en: http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1667-89902017000300013&lng=es.
2. Organización Panamericana de la Salud OPS. Cáncer ocupacional. Revisado el 20 de julio de 2023. Disponible en: <https://www.paho.org/es/temas/cancer>
3. Brey C, Consonni D, Sarquis LMM, Miranda FMA. Câncer de pulmão e exposição ocupacional: estudo caso-controle de base hospitalar. Rev Gaúcha Enferm. 2022; 43: e20210043. doi: <https://doi.org/10.1590/19831447.2022.20210043.pt>
4. Decreto Supremo N°015-2005-SA. Ministerio de Salud. Normas legales. Revisado el 13 de junio de 2023. Disponible en: <https://www.gob.pe/institucion/minsa/normas-legales/252380-015-2005-sa>
5. Organización Mundial de la Salud. OMS. Revisado el 10 de junio del 2023. Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/cancer>
6. Occupational cancer - prevention and control. 1977 [citado el 03 de abril de 2024]; Disponible en: https://www.ilo.org/global/topics/safety-and-health-at-work/resources-library/publications/WCMS_236179/lang--en/index.htm
7. Romero A. Historia de los productos químicos y de los procedimientos de fabricación. Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. 2009 Revisado el 12 de julio de 2023. Disponible en: <https://rac.es/ficheros/doc/00900.pdf>
8. Las consecuencias del desastre nuclear de Chernóbil. Historia National Geographic. Revisado el 30 de junio del 2023. Disponible en: https://historia.nationalgeographic.com.es/a/consecuencias-desastre-nuclear-chernobil_10304
9. Agencia de protección ambiental de los Estados Unidos. Información sobre el asbesto. Revisado el 24 de junio de 2023. Disponible en: <https://espanol.epa.gov/espanol/informacion-sobre-el-asbesto>

10. Legislación sobre el amianto. Orden ministerial del 07 de diciembre del 2001. España. Disponible en: <https://bitly.ws/Z7yZ>
11. IARC monographs on the identification of carcinogenic hazards to humans [Internet]. Iarc.fr. [citado el 10 de febrero de 2024]. Disponible en: <https://publications.iarc.fr/Book-And-Report-Series/Iarc-Monographs-On-The-Identification-Of-Carcinogenic-Hazards-To-Humans>
12. Jung JKH, Feinstein SG, Palma Lazgare L, Macleod JS, Arrandale VH, McLeod CB, et al. Examining lung cancer risks across different industries and occupations in Ontario, Canada: the establishment of the Occupational Disease Surveillance System. *Occup Environ Med* [Internet]. 2018 [citado el 02 de abril de 2024]; 75(8):545–52. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29735749/>
13. Brey C, Consonni D, Sarquis LMM, Miranda FMA. Câncer de pulmão e exposição ocupacional: estudo caso-controle de base hospitalar. *Rev Gaúcha Enferm.* 2022; 43: e20210043. doi: <https://doi.org/10.1590/19831447.2022.20210043>
14. Bovio N, Grzebyk M, Arveux P, Bulliard J-L, Chiolero A, Fournier E, et al. Work-related factors and lung cancer survival: A population-based study in Switzerland (1990–2014). *Int J Environ Res Public Health* [Internet]. 2022 [citado el 15 de abril de 2024];19(21):13856. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36360735/>
15. Domingo-Pueyo A, Sanz-Valero J, Wanden-Berghe C. Exposición laboral al cromo y derivados. *Arch Prev Riesgos Labor* 2014; 17 (3): 142-153. Disponible en: https://archivosdeprevencion.eu/view_document.php?tpd=2&i=2499
16. Boyce G, Shoeb M., Kodali V., Meighan T. et al. Welding fume inhalation exposure and high-fat diet change lipid homeostasis in rat liver. *Toxicology Reports.* 2020. Internet. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33102138/>
17. Fonseca-Vera A. Enfermedades por exposición ocupacional a plomo: revisión sistemática exploratoria de la evidencia cualitativa y

- cuantitativa. *Revista San Gregorio*. 2021; 1(47): 195-216. Disponible en: <https://doi.org/10.36097/rsan.v1i47.1817>
18. Pérez Bueno T. et al. Exposición ocupacional al plomo y su influencia en la fertilidad masculina. *Revista Cubana de Salud y Trabajo*. 2023; 24(2): e381. Disponible en: <https://revsaludtrabajo.sld.cu/index.php/revsyt/article/view/381>
 19. Fernández Villalobos Nathalie. Exposición a mercurio de las personas que trabajan en la minería artesanal de oro, Costa Rica, 2015-2016. *PSM [Internet]*. 2019; 17(1): 67-94. Disponible en: http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1659-02012019000200067&lng=en. <http://dx.doi.org/10.15517/psm.v17i1.37789>.
 20. Pega F, Chartres N, Guha N, et al. The effect of occupational exposure to welding fumes on trachea, bronchus and lung cancer: A protocol for a systematic review and meta-analysis from the WHO/ILO Joint Estimates of the Work-related Burden of Disease and Injury. *Environ Int*. 2020;145:106089. doi:10.1016/j.envint.2020.106089
 21. Bovio N, Grzebyk M, Arveux P, Bulliard J-L, Chiolerio A, Fournier E, et al. Work-related factors and lung cancer survival: A population-based study in Switzerland (1990–2014). *Int J Environ Res Public Health [Internet]*. 2022 [citado el 15 de abril de 2024];19(21):13856. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36360735/>
 22. Hosseini B, Olsson A, Bouaoun L, Hall A, Hadji M, Rashidian H, et al. Lung cancer risk in relation to jobs held in a nationwide case–control study in Iran. *Occup Environ Med [Internet]*. 2022 [citado el 2 de abril de 2024];79(12):831–8. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36379677/>
 23. Dopart PJ, Locke SJ, Cocco P, Bassig BA, Josse PR, Stewart PA, et al. Estimation of source-specific occupational benzene exposure in a population-based case–control study of non-Hodgkin lymphoma. *Ann Work Expo Health [Internet]*. 2019 [citado el 10 de abril de 2024];63(8):842–55. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31504127/>

24. Chiavarini M, Rosignoli P, Sorbara B, Giacchetta I, Fabiani R. Benzene exposure and lung cancer risk: A systematic review and meta-analysis of human studies. *Int J Environ Res Public Health* [Internet]. 2024 [citado el 11 de abril de 2024];21(2):205. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.3390/ijerph21020205>
25. Instituto Nacional del Cáncer. Sustancias en el ambiente que causan cáncer. Revisado el 12 de julio del 2023. Disponible en: <https://bitly.ws/Z7kv>
26. Suárez-Baena Beatriz, Encarnación-Encarnación Nikaury, Valladares-Lobera Beatriz. Revisión bibliográfica de cáncer vesical de origen laboral. *Med. segur. trab.* [Internet]. 2015; 61(239): 295-310. Disponible en: http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0465-546X2015000200011&lng=es.
27. López Brito J, Álvarez Llergo A, Calvo Pérez L, Moreno Jiménez R. Revisión sistemática sobre el cáncer de vejiga y exposición ocupacional. *Med. segur. trab.* [Internet]. 2020; 66 (259):81-99. Disponible en: http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0465-546X2020000200081&lng=es.
28. Rodríguez Rocha Jezabel, Mollov Asan, Mallen Díaz de Terán Belén, Bravo Vallejo Begoña, Pérez de Albéniz Andueza M Mar, Fernández Arellano Rosa et al. Identificación de biomarcadores durante la vigilancia de la salud en profesionales expuestos a Xileno y Metanol. Revisión sistemática. *Rev Asoc Esp Espec Med Trab* [Internet]. 2023 [citado 2024 Abr 05] ; 32(4): 355-373. Disponible en: http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S3020-11602023000400009&lng=es.
29. Soto-Benavente M. et al. Riesgos para la salud por metales pesados en productos agrícolas cultivados en áreas abandonadas por la minería aurífera en la Amazonía peruana. *Scientia Agropecuaria* [online]. 2020; 11(1): 49-59. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2020.01.06>.
30. Suraya A, Nowak D, Sulistomo AW, Icksan AG, Berger U, Syahrudin E, Bose-O'Reilly S. Excess Risk of Lung Cancer Among Agriculture and

- Construction Workers in Indonesia. *Annals of Global Health*. 2021; 87(1): 8, 1–14. Disponible en: <https://doi.org/10.5334/aogh.3155>
31. Muñoz-Cobo-Orosa Beatriz, Varela-Serrano Claudia, Rodriguez-Ledott Mercedes, Sanz-Valero Javier. Lesiones malignas de la piel en trabajadores del sector pesquero: revisión sistemática. *Arch Prev Riesgos Labor* [Internet]. 2021; 24 (1): 47-61. Disponible en: http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1578-25492021000100047&lng=es.
 32. Giavedoni P, Combalia A, Espinosaetal N. Exposición a radiación ultravioleta en socorristas de las playas de Barcelona: un riesgo laboral infravalorado, *ACTAS Dermo- Sifiliográficas*. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ad.2024.02.023123456789101112131415161718192021222324252627282930313233>
 33. Rojas Y, Peñalver A. Exposición ocupacional a polvo de madera y cáncer de senos paranasales. *Med. segur. trab.* [Internet]. 2015 Mar [citado 2023 Nov 01] ; 61(238): 112-124. Disponible en: http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0465-546X2015000100010&lng=es. <https://dx.doi.org/10.4321/S0465-546X2015000100010>.
 34. Vicente Pardo J, López-Guillén García A. Las enfermedades laborales por trabajos con la madera. *Med. segur. trab.* [Internet]. 2020; 66 (259): 112-131. Disponible en: http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0465-546X2020000200112&lng=es.
 35. Nokovitch L, Maquet C, Crampon F, Taihi I, Roussel LM, Obongo R, Virard F, Fervers B, Deneuve S. Oral Cavity Squamous Cell Carcinoma Risk Factors: State of the Art. *J Clin Med*. 2023 May 3;12(9):3264. doi: 10.3390/jcm12093264. PMID: 37176704; PMCID: PMC10179259.
 36. Nikkilä R, Tolonen S, Salo T, Carpen T, Pukkala E, Mäkitie A. Occupational Etiology of Oropharyngeal Cancer: A Literature Review. *Int J Environ Res Public Health*. 2023 Nov 3;20(21):7020. doi: 10.3390/ijerph20217020. PMID: 37947576; PMCID: PMC10647348.

37. Protano C, Buomprisco G, Cammalleri V, Pocino RN, Marotta D, Simonazzi S, et al. The carcinogenic effects of formaldehyde occupational exposure: A systematic review. *Cancers (Basel)* [Internet]. 2021 [citado el 15 de abril de 2024];14(1):165. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35008329/>
38. Molina Aragonés JM, Bausà Peris R, Carreras Valls R, Carrillo Castillo A, Fiblà Nicolau F, Gaynés Palou E et al. Toxicidad del formaldehído en trabajadores profesionalmente expuestos. Revisión bibliográfica. *Arch Prev Riesgos Labor* [Internet]. 2018 Sep [citado 2024 Mar 24]; 21(3): 128-157. Disponible en: http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1578-25492018000300003&lng=es. Epub 21-Sep-2020. <https://dx.doi.org/10.12961/aprl.2018.21.03.3>.
39. Mansano L, D’Almeida F et al. Câncer de pulmão e exposição ocupacional: estudo caso-controle de base hospitalar. *Rev Gaúcha Enferm* [Internet]. 7º de julho de 2022 [citado 27º de setembro de 2023];43. Disponible en: <https://seer.ufrgs.br/index.php/rngenf/article/view/125759>
40. Sauvé J-F, Lavou   J, Nadon L, Lakhani R, Senhaji Rhazi M, Bourbonnais R, et al. A hybrid expert approach for retrospective assessment of occupational exposures in a population-based case-control study of cancer. *Environ Health* [Internet]. 2019 [citado el 15 de abril de 2024];18(1). Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30770757/>
41. Bovio N, Richardson D, Guseva Canu I. Sex-specific risks and trends in lung cancer mortality across occupations and economic activities in Switzerland (1990-2014). *Occup Environ Med*. 2020;77(8):540-548. Disponible en: doi:10.1136/oemed-2019-106356
42. Henríquez G, Cruz F et al. Carcinógenos ocupacionales relevantes en Colombia, listado actualizado (2020) Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/rsap/v23n4/0124-0064-rsap-23-04-e205.pdf>
43. Morales R. Sustancias químicas cancerígenas en el sector industrial de Costa Rica: el uso de registros como herramienta de salud pública. *Rev. costarric. salud pública* [Internet]. 1997; 6 (11): 11-19. Disponible en: from:

http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1409-14291997000200003&lng=en.

44. Fedewa S, Sauer A, DeSantis C, Siegel R, Jemal A. Disparities in cancer screening by occupational characteristics. *Prev Med.* 2017;105:311-318. Disponible en: <https://10.1016/j.ypmed.2017.10.012>
45. Rodríguez Montero H et al. Monitoreo de seguridad ocupacional en el manejo de citostáticos. *Pharm Pharmacogn Res* (2018) 6(6): 433-447. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/341353965_Monitoreo_de_seguridad_ocupacional_en_el_manejo_de_citostaticos_Safety_monitoring_of_cytostatic_handling
46. IARC monographs on the identification of carcinogenic hazards to humans [Internet]. Iarc.fr. [citado el 10 de febrero de 2024]. Disponible en: <https://publications.iarc.fr/Book-And-Report-Series/Iarc-Monographs-On-The-Identification-Of-Carcinogenic-Hazards-To-Humans>
47. Reyes Y, Vergara I., Torres, O, Díaz-Lagos M. et al. Contaminación por metales pesados: Implicaciones en salud, ambiente y seguridad alimentaria. *Revista Ingeniería Investigación y Desarrollo.* 2016; 16 (2): 66-77. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6096110.pdf>
48. Gestiontop. DS 039-93-PCM Reglamento de Prevención y Control del Cáncer Profesional y su modificatoria DS 007-93-TR [Internet]. Gestop - Asesorías y Consultorías de Sistemas de Gestión. 1993 [citado el 11 de abril de 2024]. Disponible en: <https://gestop.pe/ds-039-93-pcm-reglamento-de-prevencion-y-control-del-cancer-profesional-y-su-modificatoria-ds-007-93-tr/>
49. Stanislawska M, Janasik B, Kuras R, Malachowska B, Halatek T, Wasowicz W. Assessment of occupational exposure to stainless steel welding fumes - A human biomonitoring study. *Toxicol Lett.* 2020;329:47-55. Disponible en: <https://10.1016/j.toxlet.2020.04.019>
50. Romero Bracconi G. Marrero Blanco S, Montoya Porras S. Evaluación de la exposición a benceno en trabajadores de diferentes áreas laborales. *Salud Uninorte.* Barranquilla (Col.) 2017; 33 (3): 363-372. Disponible en:

http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-55522017000300363

51. Rocha Eiroa S, Ferreira Losada M, Regal Faraldo M. Cáncer cutáneo por exposición ocupacional a agentes químicos. Med Segur Trab (Internet) 2014; 60 (235): 434-454. Disponible en: <https://scielo.isciii.es/pdf/mesetra/v60n235/revision3.pdf>
52. Saborío Cervantes I, Mora Valverde M, Durán Monge M. Intoxicación por organofosforados. Med. leg. Costa Rica [Internet]. 2019; 36(1): 110-117. Disponible en: http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1409-00152019000100110&lng=en.
53. Varona M, Ibáñez-Pinilla M, Briceño L, Groot H, Narváez D, Palma M et al. Evaluación de la exposición al polvo de carbón y de sílice en sitios de minería subterránea en tres departamentos de Colombia. In Biomédica, Universidad de los Andes, Bogotá. [Internet]. 2018. Disponible en: <https://revistabiomedica.org/index.php/biomedica/article/view/4183/4218#toc>
54. Arango SS. Biomarcadores para la evaluación de riesgo en la salud humana. Rev. Fac. Nac. Salud Pública 2011; 30(1): 75-82. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/rfnsp/v30n1/v30n1a09.pdf>
55. Pegenaute Esparza Carlota María, Herrero Herranz Sandra, Gonçalves de Freitas Mariela de Jesús, Álvarez Valero Isabel. Biomarcadores de nefrotoxicidad en trabajadores expuestos a cadmio. Med. segur. trab. [Internet]. 2016 Sep [citado 2024 Abr 08] ; 62(244): 263-281. Disponible en: http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0465-546X2016000300008&lng=es.
56. Lorenzo Gómez M.F. El papel de los marcadores tumorales en la consulta de urología para el screening, diagnóstico y seguimiento del cáncer de

- vejiga. Actas Urol Esp [Internet]. 2003 Feb [citado 2024 Mar 29]; 27(2): 110-116. Disponible en: http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0210-48062003000200006&lng=es.
57. Rosales-Rimache Jaime A. Evaluación de la exposición ocupacional a Ciclofosfamida en nueve hospitales del Perú. Rev. perú. med. exp. salud publica [Internet]. 2013; 30(4): 590-594. Disponible en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-46342013000400008&lng=es.
58. March-Villalba J., Panach-Navarrete J., Herrero-Cervera M., Aliño-Pellicer S., Martínez-Jabaloyas J. Expresión de ARNm de hTERT en orina como herramienta diagnóstica útil en cáncer de vejiga. Comparación con citología y NMP22 BladderCheck Test. Actas Urol Esp [Internet]. 2018 Feb [citado 2024 Mar 29]; 42 (8): 524-530. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0210480618300500>
59. Camacho-Sánchez, M; Leandro-Vargas, L.A; MendozaSalas, M; Meza-Gutiérrez, N; Montero-Zúñiga, F. Biomarcadores en el diagnóstico temprano y tratamiento de cáncer. Tecnología en Marcha. 2023; 36 (2): 109-117. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/8858881.pdf>
60. Ramírez A. Biomarcadores en monitoreo de exposición a metales pesados en metalurgia. An. Fac. med. [Internet]. 2006; 67(1): 49-58. Disponible en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1025-55832006000100008&lng=es.

61. Decreto Supremo N°015-2005-SA. Ministerio de Salud. Normas legales. Revisado el 13 de junio de 2023. Disponible en: <https://www.gob.pe/institucion/minsa/normas-legales/252380-015-2005-sa>
62. Resolución Ministerial N° 733-20247MINSA. Actualizan Anexos I, II y III del Reglamento sobre Valores Límite Permisibles para Agentes Químicos en el Ambiente de Trabajo, aprobado por D.S. N° 015-2005-SA. Disponible en: <https://www.gob.pe/institucion/minsa/normas-legales/6130172-733-2024-minsa>
63. International Labour Organization. Occupational cancer- Prevention and control. Occupational Safety and Health Series, No. 39. Disponible en: <https://bitly.ws/Z7AN>
64. Agencia de protección ambiental de los Estados Unidos. Información sobre el asbesto. Revisado el 24 de junio de 2023. Disponible en: <https://espanol.epa.gov/espanol/informacion-sobre-el-asbesto>
65. Organización Panamericana de la Salud OPS. Cáncer ocupacional. Revisado el 20 de julio de 2023. Disponible en: <https://www.paho.org/es/temas/cancer>
66. Instituto Nacional del Cáncer. Sustancias en el ambiente que causan cáncer. Revisado el 12 de julio del 2023. Disponible en: <https://bitly.ws/Z7kv>
67. Xu M, Ho V, Lavoue J, Richardson L, Siemiatycki J. Concordance of Occupational Exposure Assessment between the Canadian Job-Exposure Matrix (CANJEM) and Expert Assessment of Jobs Held by Women. *Ann Work Expo Health*. 2022 Jul 2;66(6):728-740. doi: 10.1093/annweh/wxac008. PMID: 35258522; PMCID: PMC9250288.
68. Müller-Ramírez C, Almashat S, Gaitens J, McDiarmid M. Carcinogenic drug exposure among health-sector workers: the need for exposure assessment and surveillance. *Rev Panam Salud Publica*. 2023 Mar 10;47:e11. doi: 10.26633/RPSP.2023.11. PMID: 36909803; PMCID: PMC9976270.
69. Veglia A, Pahwa M, Demers PA. Establishing a Policy Framework for the Primary Prevention of Occupational Cancer: A Proposal Based on a Prospective Health Policy Analysis. *Saf Health Work*. 2017 Mar;8(1):29-35.

- doi: 10.1016/j.shaw.2016.07.001. Epub 2016 Aug 4. PMID: 28344838; PMCID: PMC5355532.
70. Accinelli Roberto A, López Lidia M. Asbesto: la epidemia silenciosaAsbestos: a silent epidemics. *Acta méd. peruana* [Internet]. 2016 Abr [citado 2024 Abr 14] ; 33(2): 138-141. Disponible en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1728-59172016000200008&lng=es.
 71. Iavicoli S, Driscoll TR, Hogan M, Iavicoli I, Rantanen JH, Straif K, Takala J. New avenues for prevention of occupational cancer: a global policy perspective. *Occup Environ Med*. 2019 Jun;76(6):360-362. Disponible en: doi: 10.1136/oemed-2018-105546. PMID: 31088975; PMCID: PMC6585266.
 72. Documento Técnico: Manual de Prevención de Cáncer Ocupacional. Instituto Nacional de Enfermedades Neoplásicas (INEN). 03 de diciembre del 2018. Disponible en: <https://www.gob.pe/institucion/inen/informes-publicaciones/1651116-documento-tecnico-manual-de-prevencion-de-cancer-ocupacional>
 73. Peters CE, Palmer AL, Telfer J, Ge CB, Hall AL, Davies HW, Pahwa M, Demers PA. Priority Setting for Occupational Cancer Prevention. *Saf Health Work*. 2018 Jun;9(2):133-139. doi: 10.1016/j.shaw.2017.07.005. Epub 2017 Jul 20. PMID: 29928525; PMCID: PMC6005921.
 74. Sauvé J, Lavoué J, Nadon L, et al. A hybrid expert approach for retrospective assessment of occupational exposures in a population-based case-control study of cancer. *Environ Health*. 2019;18(1):14. Published 2019 Feb 15. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30770757/>
 75. Olsson A, Kovalevskiy EV, Talibov M, et al. Tobacco smoking among chrysotile asbestos workers in Asbest in the Russian Federation. *Occup Environ Med*. 2020;77(9):623-627. Disponible en: <https://doi.org/10.1136/oemed-2019-106263>
 76. Suraya A, Nowak D, Sulistomo AW, Icksan AG, Berger U, Syahrudin E, Bose-O'Reilly S. Excess Risk of Lung Cancer Among Agriculture and

- Construction Workers in Indonesia. *Annals of Global Health*. 2021; 87(1): 8, 1–14. DOI: <https://doi.org/10.5334/aogh.3155>
77. Partanen Timo, Monge Patricia, Wesseling Catharina. Causas y prevención del cáncer ocupacional. *Acta méd. costarric* [Internet]. 2009 Dec [cited 2024 Mar 20] ; 51(4): 195-205. Disponible en: http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0001-60022009000400003&lng=en
 78. Kwak K, Paek D, Park J. Occupational exposure to formaldehyde and risk of lung cancer: A systematic review and meta-analysis. *Am J Ind Med*. 2020 Apr;63(4):312-327. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32003024/>
 79. Gentile N, Bosch B, Mañas F, Gorla N, Aiassa D. Los plaguicidas en las zonas de cultivo y las repercusiones en la salud. *Salud (i) ciencia* [Internet]. 2017. Sep [citado 2023 Ago 01] ; 22 (6): 569-572. Disponible en: http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1667-89902017000300013&lng=es.
 80. Vicente-Herrero M^a Teófila, Sánchez-Herrera Bautista-Cámara Ismael, Mezquita Laura, Huertas Ríos Santos, Oubiña Albaladejo Anna, Arteaga Rubén et al . Visión 360° en cáncer y trabajo. Guía de actuación. *Rev Asoc Esp Espec Med Trab* [Internet]. 2022 [citado 2024 Mar 25] ; 31(4): 418-427. Disponible en: http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S3020-11602022000400010&lng=es. Epub 13-Mar-2023.
 81. Rodríguez Montero H et al. Monitoreo de seguridad ocupacional en el manejo de citostáticos. *Pharm Pharmacogn Res* (2018) 6(6): 433-447. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/341353965_Monitoreo_de_seguridad_ocupacional_en_el_manejo_de_citostaticos_Safety_monitoring_of_cytostatic_handling
 82. Sala M., Janer G., Font C., Garau I., Solé M.D., Corbella T. et al . Actitudes de los trabajadores frente a los programas de promoción de la salud para la prevención del cáncer en el lugar del trabajo. *Gac Sanit* [Internet]. 2002 Dic

- [citado 2024 Mar 25] ; 16(6): 521-525. Disponible en: http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0213-91112002000600010&lng=es.
83. Duijster J, Hansen J, Franz E, Neefjes J, Frisch M, Mughini-Gras L, Ethelberg S. Association between Salmonella infection and colon cancer: a nationwide registry-based cohort study. *Epidemiol Infect.* 2021 Feb 8;149:e56. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33551005/>
 84. Organización Mundial de la Salud. OMS. Revisado el 10 de enero del 2024. Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/cancer>
 85. Organización Panamericana de la Salud OPS. Cáncer ocupacional. Revisado el 20 de julio de 2023. Disponible en: <https://www.paho.org/es/temas/cancer>
 86. International Labour Organization. Occupational cancer- Prevention and control. Occupational Safety and Health Series, No. 39. Revisado el 11 de enero del 2024. Disponible en: <https://bitly.ws/Z7AN>
 87. Legislación sobre el amianto. Orden ministerial del 07 de diciembre del 2001. España. Disponible en: <https://bitly.ws/Z7yZ>
 88. Agencia de protección ambiental de los Estados Unidos. Información sobre el asbesto. Revisado el 24 de junio de 2023. Disponible en: <https://espanol.epa.gov/espanol/informacion-sobre-el-asbesto>
 89. Huerta P. Análisis de Gestión Ambiental de Sustancias Peligrosas Cancerígenas: El uso del Sistema CAREX. Universidad de Chile. Tesis de pregrado. Santiago de Chile 2022. Disponible en: <http://mgpa.forestaluchile.cl/Tesis/Huerta%20Patricio.pdf>
 90. Olsson A., Schubauer-Berigan M., Schüz J. Estrategias de la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC/OMS) para reducir la carga del cáncer ocupacional. *Revista Rusa de Salud Ocupacional y Ecología Industrial* . 2021;61(3):140-154. (En ruso) <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2021-61-3-140-154>
 91. Rojas Y, Peñalver A. Exposición ocupacional a polvo de madera y cáncer de senos paranasales. *Med. segur. trab.* [Internet]. 2015 Mar [citado 2023 Nov 01] ; 61(238): 112-124. Disponible en: http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0465-

- 546X2015000100010&lng=es. <https://dx.doi.org/10.4321/S0465-546X2015000100010>.
92. López J, Álvarez A, Calvo L, Moreno R. Revisión sistemática sobre el cáncer de vejiga y exposición ocupacional. Med. segur. trab. [Internet]. 2020 Jun [citado 2023 Nov 01] ; 66(259): 81-99. Disponible en: http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0465-546X2020000200081&lng=es. Epub 05-Abr-2021. <https://dx.doi.org/10.4321/s0465-546x2020000200003>.
93. Gestiontop. DS 039-93-PCM Reglamento de Prevención y Control del Cáncer Profesional y su modificatoria DS 007-93-TR [Internet]. Gestop - Asesorías y Consultorías de Sistemas de Gestión. 1993 [citado el 11 de abril de 2024]. Disponible en: <https://gestop.pe/ds-039-93-pcm-reglamento-de-prevencion-y-control-del-cancer-profesional-y-su-modificatoria-ds-007-93-tr/>
94. Decreto Supremo N°015-2005-SA. ministerio de salud. Normas legales. Revisado el 13 de junio de 2023. Disponible en: <https://www.gob.pe/institucion/minsa/normas-legales/252380-015-2005-sa>
95. Rodríguez R, Linares R, Guadalupe E. Adsorción y desorción de cromo hexavalente en relaves mineros. 2009. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/263703699_Adsorcion_y_desorcion_de_cromo_hexavalente_en_relaves_mineros
96. Procedimientos para la extracción y tratamiento del níquel y cobalto en minería. 2023. Cordochem Enviro Solutions. Blog. Disponible en: <https://www.einforma.com/informacion-empresa/condorchem-iberica>
97. Molina J, Bausà R, Carreras R, Carrillo A, Fiblà F, Gaynés E et al . Toxicidad del formaldehído en trabajadores profesionalmente expuestos. Revisión bibliográfica. Arch Prev Riesgos Labor [Internet]. 2018 Sep [citado 2024 Mar 25] ; 21(3): 128-157. Disponible en: http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1578-25492018000300003&lng=es. Epub 21-Sep-2020. <https://dx.doi.org/10.12961/aprl.2018.21.03.3>.

98. Marzo M, Bartolomé C, Bellas B, Melús E, Vela C. Recomendaciones de Prevención del Cáncer. Actualización PAPPS 2022 [PAPPS Expert Groups. Cancer prevention recommendations: Update 2022]. Aten Primaria. 2022 Oct;54 Suppl 1(Suppl 1):102440. Spanish. doi: 10.1016/j.aprim.2022.102440. PMID: 36435580; PMCID: PMC9705215.
99. González G. Exposición laboral a sílice libre cristalina. Instituto de Salud pública de Chile. 2016. Revisado el 01 de dic 2023. Disponible en: <https://www.ispch.cl/sites/default/files/Nota%20T%C3%A9cnica%20N%C2%B0%2039%20Exposici%C3%B3n%20Laboral%20a%20S%C3%ADlice%20Libre%20Cristalina.pdfInternational>
100. Lam A, Morales G, Zambrano C, Tacuri X, Zambrano C. Exposición laboral al arsénico inorgánico. 2022. Polo del Conocimiento, 7(5), 1426-1438. Disponible en: <https://doi.org/10.23857/pc.v7i5.4037>