

**UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE MEDICINA
ESCUELA DE POSTGRADO
ESCUELA DE SALUD PÚBLICA**



**EL IMPACTO DE LOS CASOS NO REGISTRADOS
DE CÁNCER Y ENFERMEDADES RESPIRATORIAS
CRÓNICAS DE ORIGEN OCUPACIONAL EN CHILE**

CARLOS SANDAÑA SAMUR

TESIS PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR EN SALUD PÚBLICA

**Director de Tesis: Dr. Kyle Steenland
Co-directora de Tesis: Dra. Paulina Pino Zúñiga**

Santiago, diciembre, 2019

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE MEDICINA
ESCUELA DE POSTGRADO
ESCUELA DE SALUD PÚBLICA

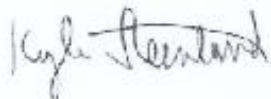
INFORME DE APROBACIÓN
TESIS DE DOCTORADO EN SALUD PÚBLICA

Se informa a la Comisión de Grados Académicos de la Facultad de Medicina, que la Tesis de Doctorado en Salud Pública presentada por el candidato

D. CARLOS NAZRI SANDAÑA SAMUR

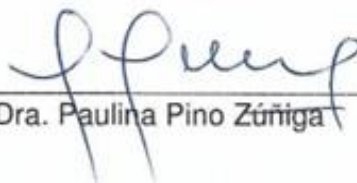
ha sido aprobada con nota 6.9, (en la escala de 1 a 7), por la Comisión Informante de Tesis como requisito para optar al Grado de **DOCTOR EN SALUD PÚBLICA** en Examen de Defensa de Tesis rendido el día 17 de diciembre de 2019.

DIRECTOR DE TESIS



Dr. Prof. Kyle Steenland

CO- DIRECTORA DE TESIS



Dra. Paulina Pino Zúñiga

COMISIÓN INFORMANTE DE TESIS



Prof. María Elena Alvarado Bretón



Prof. Gustavo Contreras Tudela



Prof. Orielle Solar Hormazabal

AGRADECIMIENTOS

A mi director de tesis, Dr. Kyle Steenland, por aceptar guiar este trabajo y por el acabado análisis y discusión de cada avance de tesis, que sin duda fue un provechoso proceso de aprendizaje tanto de conocimientos en epidemiología y salud ocupacional como de habilidades relacionadas a la investigación. Adicionalmente, agradezco el tiempo y camaradería entregados durante mi estadía en la Universidad de Emory, Atlanta.

A mi co-directora de tesis, Dra. Paulina Pino Zúñiga, quien, tanto durante el periodo lectivo como a lo largo del proceso de tesis, representó una fuente incansable de conocimientos y un apoyo constante en mi proceso de aprendizaje, aun en momentos personales difíciles. Agradezco especialmente su generosidad al compartir sus experiencias y reflexiones en el ámbito de la epidemiología.

A la Comisión Revisora de Tesis, conformada por la Dra. María Elena Alvarado, Dr. Gustavo Contreras y Dra. Orielle Solar, cuya labor fue fundamental para mejorar cada sección de la presente tesis mediante sus comentarios y sugerencias, siempre en miras de contribuir a la salud ocupacional de nuestro país.

Al equipo académico y administrativo de la Escuela de Salud Pública de la Universidad de Chile, quienes contribuyeron a mi formación académica a través de las actividades que forman parte del plan de estudios del programa de Doctorado en Salud Pública, además de darme la oportunidad de formar parte de diferentes proyectos de investigación, realizar docencia en cursos de pre y

postgrado y asistir a diferentes cursos de la Escuela Internacional de Verano, seminarios, foros y reuniones convocadas por la Escuela.

A Lorena Hoffmeister Arce, directora de la Escuela de Salud Pública de la Universidad Mayor, quien tuvo la generosidad de invitarme a participar en el proyecto de investigación en el que se enmarca esta tesis. Agradezco la confianza, apoyo académico y flexibilidad laboral durante todo este proceso.

Al equipo académico y administrativo de la Escuela de Salud Pública de la Universidad Mayor, quienes me apoyaron constantemente durante la ejecución de la presente tesis, tanto a nivel laboral como personal.

A la Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica de Chile (CONICYT), por el financiamiento de mis estudios a través de la Beca Doctorado Nacional, y a la Superintendencia de Seguridad Social de Chile, por el financiamiento otorgado al proyecto de investigación en el cual se inserta la presente tesis.

Finalmente, al Dr. Hugo Amigo Cartagena (Q.E.P.D.) y a la profesora Patricia Bustos Muñoz, quienes me entregaron la confianza necesaria para postular al programa de Doctorado en Salud Pública.

ÍNDICE

I. RESUMEN	1
II. MARCO TEÓRICO	5
II.1. Enfermedades profesionales: desde su conceptualización hacia su enfrentamiento	5
II.1.1. Trabajo, salud y enfermedad profesional	5
II.1.2. Conceptos y recomendaciones internacionales sobre enfermedad profesional	7
II.1.3. Enfermedad profesional según la legislación chilena	10
II.1.4. Estructura general del sistema de salud laboral en Chile	13
II.1.5. Prevención de riesgos ocupacionales en Chile	20
II.1.6. Notificación y registro de enfermedades profesionales en Chile	22
II.2. Aproximaciones a la magnitud de enfermedades profesionales en Chile	29
II.2.1. Panorama global sobre la magnitud de enfermedades profesionales	29
II.2.2. Fuentes de información sobre enfermedades profesionales en Chile	30
II.2.3. Cantidad de enfermedades profesionales en el país	32
II.2.4. Costos asociados a las enfermedades profesionales	44
II.2.5. Subregistro y subreporte de enfermedades profesionales	48
II.3. Un acercamiento al impacto de enfermedades profesionales: la carga de enfermedades con factores de riesgo ocupacional	53
II.3.1. Indicadores de carga de enfermedad: medidas resumen de salud poblacional	53
II.3.2. Estudio global de carga de enfermedad	56
II.3.3. Estudios nacionales de carga de enfermedad	62
II.3.4. Estudios de carga de enfermedad en Chile	63
II.4. Carga de enfermedad atribuible a riesgos ocupacionales	67
II.4.1. Evaluación comparativa de riesgos	67
II.4.2. Estudios globales de carga de enfermedad debida a riesgos ocupacionales	73
II.4.3. Estudios nacionales sobre carga de enfermedad atribuible a riesgos ocupacionales	81
II.4.4. Estudios de carga de enfermedad atribuible en Chile	89
II.5. Desde la información hacia la acción: oportunidades y desafíos que entregan los datos sobre carga atribuible a riesgos ocupacionales	91
II.5.1. La visibilidad de las enfermedades con riesgos ocupacionales: una mirada necesaria para el desarrollo	91
II.5.2. Distribución de actividades económicas y exposición a riesgos: el carácter local de las FAP	94
II.5.3. Carga atribuible: el paso necesario para las estimaciones de costos y la toma de decisiones sobre enfermedades profesionales	97

III. HIPÓTESIS	99
IV. OBJETIVOS	101
IV.1. Objetivo General	101
IV.2. Objetivos Específicos	101
V. MÉTODO	102
V.1. Contexto de ejecución del estudio	102
V.2. Diseño del estudio	103
V.3. Estimación de FAP para las enfermedades profesionales seleccionadas	104
V.3.1. Fórmula general de estimación de FAP	104
V.3.2. Prevalencia de población alguna vez expuesta	105
V.3.3. Selección de riesgos relativos	112
V.3.4. Estimación de niveles de exposición	113
V.4. Estimación de la carga de enfermedad atribuible a riesgos ocupacionales observada	117
V.5. Estimación de la carga de enfermedad atribuible a riesgos ocupacionales esperada y brecha con la carga esperada	123
VI. CONSIDERACIONES ÉTICAS	126
VII. RESULTADOS	128
VIII. DISCUSIÓN	216
VIII.1. Interpretación de resultados	216
VIII.2. Fortalezas y limitaciones	224
VIII.3. Implicancias para la seguridad y salud en el trabajo en Chile	229
IX. BIBLIOGRAFÍA	234
X. ANEXOS	264
X.1. Anexo 1. Lista de enfermedades profesionales (revisada en 2010). Oficina Internacional del Trabajo	264
X.2. Anexo 2. Aspectos metodológicos controversiales en la estimación de los AVISA	273

X.3. Anexo 3. Fórmulas de estimación de Fracción Atribuible Poblacional (FAP)	293
X.4. Anexo 4. Pasos metodológicos de la Evaluación Comparativa de Riesgos	296
X.5. Anexo 5. Cantidad y tasa de muertes atribuibles a riesgos ocupacionales estimados a nivel global para 2016, por factor de riesgo y por enfermedad	300
X.6. Anexo 6. Cantidad y tasa de AVISA atribuibles a riesgos ocupacionales estimados a nivel global para 2016, por factor de riesgo y por enfermedad	301
X.7. Anexo 7. Descripción general del software DisMod II MR	302

INDICE DE TABLAS, GRÁFICOS Y FIGURAS

TABLAS

Tabla 1. Agentes que implican riesgo de enfermedad profesional según el D.S. 109	11
Tabla 2. Enfermedades profesionales según el D.S. 109	12
Tabla 3. Características de los distintos tipos de organismos administradores del seguro de la Ley N° 16.744.....	14
Tabla 4. Prestaciones económicas según grado de invalidez o muerte a causa de accidente del trabajo o enfermedad profesional	18
Tabla 5. Zonas de identificación posibles para los diferentes documentos a ingresar al SISESAT	26
Tabla 6. Información por registrar en RECA en situaciones en que no se completa el proceso de calificación o no se puede atribuir enfermedad específica	27
Tabla 7. Estudios relacionados con la magnitud de enfermedades profesionales en el total de la población trabajadora de Chile	41
Tabla 8. Estudios relacionados con la magnitud de enfermedades profesionales en grupos de trabajadores (según ocupación o profesión) en Chile	42
Tabla 9. Ranking de las 10 primeras causas de AVISA a nivel global y en Chile, ambos sexos, 2016.....	60
Tabla 10. Ranking de las 10 primeras causas de AVISA a nivel global y en Chile, hombres, 2016.....	60
Tabla 11. Ranking de las 10 primeras causas de AVISA a nivel global y en Chile, mujeres, 2016	60
Tabla 12. Posición de enfermedades con factores de riesgo ocupacional en ranking de las primeras 20 causas de AVISA, según sexo. Australia, 2011	63
Tabla 13. Posición de enfermedades con factores de riesgo ocupacional en ranking de las primeras 25 causas de AVISA, según sexo y tramo de edad. Chile, 2004	65
Tabla 14. Tipos de distribución contrafactual para el análisis comparativo de riesgos.....	70
Tabla 15. Resumen metodológico de estimación de FAP a riesgos ocupacionales en estudio de Nelson et al.	76
Tabla 16. FAP y carga atribuible a enfermedades profesionales en estudio de Nelson y et al.	77

Tabla 17. Cantidad de factores de riesgo incluidos en las versiones de GBD para estimación de carga atribuible, según tipo de factor	77
Tabla 18. Factores de riesgo ocupacionales incluidos en las versiones de GBD para estimación de carga atribuible	78
Tabla 19. FAP y AVISAs atribuibles a riesgos ocupacionales según enfermedad profesional en Australia. Estudio de Carga de Enfermedad de Australia, 2011	83
Tabla 20. Carga atribuible a los tipos de cáncer con mayor riesgo ocupacional según sexo. Gran Bretaña, 2004-2005	85
Tabla 21. Comparación de FAPs y carga atribuible a riesgos ocupacionales en diferentes estudios internacionales.....	87
Tabla 22. Ranking de AVISA atribuible a riesgos ocupacionales según enfermedad en diferentes estudios internacionales	88
Tabla 23. Características de los estudios de los cuales se extrajo los riesgos relativos.....	115
Tabla 24. Distribución y valores seleccionados para la estimación intervalos de credibilidad de FAP según potenciales fuentes de sesgo	117
Tabla 25. Niveles de riesgo exposición a sílice según el Protocolo para la Vigilancia del Riesgo de Sílice en el lugar de trabajo	122

GRÁFICOS

Gráfico 1. Cantidad y tasa de enfermedades profesionales notificadas en mutualidades. Chile, 2012-2016	34
Gráfico 2. Cantidad y tasa de enfermedades profesionales denunciadas y calificadas en ISL. Chile, 2014-2016	34
Gráfico 3. Cantidad y tasa de enfermedades profesionales notificadas en mutualidades según región. Chile, 2016.....	35
Gráfico 4. Cantidad de enfermedades profesionales notificadas en mutualidades según actividad económica. Chile, 2016	36
Gráfico 5. Tasa de enfermedades profesionales notificadas en mutualidades según tamaño de la empresa. Chile, 2012-2016	39
Gráfico 6. Porcentaje de empresas que presentan problemas de salud entre sus trabajadores, según tipo de problema e informante. Chile, 2014.....	39
Gráfico 7. Monto (M\$) pagado por mutuales e ISL por concepto de subsidios por enfermedad profesional. Chile, 2014-2016.....	46
Gráfico 8. Total y promedio anual de días perdidos por enfermedad profesional en mutualidades. Chile, 2012-2016	46

Gráfico 9. Cantidad total y tasa anual de días perdidos por enfermedad profesional en mutualidades según tamaño de las empresas. Chile, 2016.....	47
Gráfico 10. Cantidad de AVISAs a nivel global estimados para Chile y a nivel global para 1990, 2006 y 2016. GBD 2016	58
Gráfico 11. Tasa de AVISA estandarizada por edad estimada para Chile y a nivel global, 1990-2016. GBD 2016	58
Gráfico 12. Cantidad de AVISAs por enfermedades que pueden tener origen ocupacional estimadas para 2016 en Chile. GBD 2016	61
Gráfico 13. Tasa de muertes y AVISA atribuibles a riesgos ocupacionales estimadas a nivel global para 2016, según tipo de factor de riesgo. GBD 2016	79
Gráfico 14. Tasa de muertes atribuibles a riesgos ocupacionales estimadas a nivel global para 2016, según enfermedad profesional. GBD 2016	80
Gráfico 15. Tasa de AVISA atribuibles a riesgos ocupacionales estimadas a nivel global para 2016, según enfermedad profesional. GBD 2016	80
Gráfico 16. Distribución de población ocupada según rama de actividad económica. Chile, 2013-2018	96
Gráfico 17. Cambio lineal en el número de trabajadores por actividad económica en Chile entre 1986 y 2016, según sexo	111

FIGURAS

Figura 1. Promedio mensual de entidades empleadoras cotizantes del seguro de la Ley 16.774 según organismo administrador y tamaño de la entidad. Chile, 2016	16
Figura 2. Ciclo de “abandono” de la salud ocupacional en países en desarrollo	92

ABREVIATURAS

ACV	Accidente cerebrovascular
ALLA	Alta laboral Ley N° 16.744
ALME	Alta médica Ley N° 16.744
AMR-B	Región América B (clasificación de la Organización Mundial de la Salud)
AVD	Años de vida vividos con discapacidad
AVISA	Años de vida perdidos ajustados por discapacidad
AVPM	Años perdidos por muerte prematura
CAENES	Clasificador de Actividades Económicas Nacional para Encuestas Sociodemográficas
CAREX	Sistema Internacional de Información sobre Exposición Ocupacional a Carcinógenos
CASEN	Encuesta de Caracterización Socioeconómica Nacional
CCHEN	Comisión Chilena de Energía Nuclear
CIE-10	Clasificador Internacional de Enfermedades, décima versión
CIU4	Clasificador Industrial Internacional Uniforme Revisión 4
CUN	Código Único Nacional
DEIS	Departamento de Estadísticas e Información en Salud
DGAC	Dirección General de Aeronáutica Civil
DIAT	Denuncia Individual de Accidentes del Trabajo
DIEP	Denuncia Individual de Enfermedad Profesional
DIRECTEMAR	Dirección General del Territorio Marítimo y Marina Mercante
ECR	Evaluación comparativa de riesgos
EEPD	Estudio Europeo de Medición de Pesos de Discapacidad
ENCAVI	Encuesta Nacional de Calidad de Vida y Salud
ENCLA	Encuesta Laboral
ENE	Encuesta Nacional de Empleo
ENETS	Encuesta Nacional de Empleo, Trabajo y Salud
ENS	Encuesta Nacional de Salud
ENT	Enfermedades no transmisibles
EPD-GBD2010	Estudio de Medición de los Pesos de Discapacidad para el GBD 2010
EPOC	Enfermedad pulmonar obstructiva crónica
EVBS	Esperanza de vida en buena salud percibida
EVL D	Esperanza de vida libre de discapacidad
ETMNN	Enfermedades transmisibles, maternas, neonatales y nutricionales
FAP	Fracción atribuible poblacional
GBD	Estudio de Carga Global de Enfermedad
II	Intervalo de incertidumbre
INE	Instituto Nacional de Estadísticas
ISL	Instituto de Seguridad de Laboral
ISP	Instituto de Salud Pública
OCDE	Organización para la Cooperación y Desarrollo Económicos
OIT	Organización Internacional del Trabajo
OMS	Organización Mundial de la Salud
ONU	Organización de Naciones Unidas
OPS	Organización Panamericana de la Salud
MINSAL	Ministerio de Salud de Chile
SAG	Servicio Agrícola y Ganadero
SEC	Superintendencia de Electricidad y Combustibles
SEREMI	Secretaría Regional Ministerial
SERNAGEOMIN	Servicio Nacional de Geología y Minería
SISESAT	Sistema Nacional de Información de Seguridad y Salud en el Trabajo
SUSESO	Superintendencia de Seguridad Social
RECA	Resolución de calificación del origen del siniestro
REIP	Resolución de incapacidad permanente
RELA	Orden de reposo Ley N° 16.744
RR	Riesgo relativo

I. RESUMEN/ABSTRACT

Resumen

Antecedentes: Se estima que aproximadamente un 2,3% de los años de vida ajustados por discapacidad (AVISA) y un 3,6% de las muertes fueron a causa de enfermedades profesionales durante el año 2016 a nivel mundial, la mayoría vinculadas a la exposición a carcinógenos y vapores, gases, polvos y humos. Existe una gran heterogeneidad en la frecuencia de enfermedades ocupacionales entre países, principalmente debido a su nivel de desarrollo, así como también en la magnitud del reporte de estas a los organismos oficiales. **Objetivo:** Determinar el impacto en términos de morbilidad y mortalidad de los casos no registrados de cáncer y enfermedades respiratorias crónicas de origen ocupacional en Chile, durante el año 2016. **Método:** Se estimaron fracciones atribuibles poblacionales (FAP) para enfermedades seleccionadas a causa de riesgos ocupacionales, a partir del número de trabajadores alguna vez expuestos a cada riesgo y vivos en 2016 (estimados mediante matrices de exposición laboral) y de riesgos relativos para cada enfermedad extraídos de la literatura. Las FAP se utilizaron para estimar los AVISA atribuibles a riesgos ocupacionales esperados para el país mediante la metodología del Global Burden of Disease Study, utilizando valores de incidencia y mortalidad obtenidos de fuentes nacionales oficiales. Los AVISA esperados fueron comparados con los AVISA observados, estimados a partir de los casos de enfermedades profesionales

reconocidos en el país disponibles en el Sistema Nacional de Información de Seguridad y Salud en el Trabajo (SISESAT), previa revisión de la codificación de los registros. **Resultados:** En 2016 se reconocieron 7,511 enfermedades ocupacionales, de las cuales 187 fueron enfermedades respiratorias crónicas o cancer (3 casos por cada 100,000 asegurados). No fue reconocido ningún caso de cáncer de pulmón, cáncer de vejiga o leucemia. Se obtuvo una carga atribuible a riesgos ocupacionales esperada de 21.379 AVISA, principalmente producida por cancer de pulmón, EPOC y silicosis. Sin embargo, solo el 10,8% de esta carga se debe a casos que efectivamente fueron reconocidos, principalmente silicosis y mesotelioma. **Conclusiones:** Chile tiene una baja tasa de reconocimiento de enfermedades respiratorias crónicas y cánceres ocupacionales. Tanto el sistema de salud ocupacional como el de origen común deben aumentar el diagnóstico del origen ocupacional de las enfermedades, considerando la alta carga de enfermedad que producen, principalmente debida a muerte prematura.

Abstract

Background: It is estimated that 2.3% of disability-adjusted lost years (DALYs) and 3.6% of deaths worldwide, are due to occupational diseases, mainly related to carcinogens and vapors, gases, dust and fumes exposures. There is a large heterogeneity in occupational disease burden between countries, primarily because of differences in their level of development, but also due to the report magnitude by official institutions. **Aim:** To estimate the impact of non-registered cases of cancer and chronic respiratory diseases due to occupational risks in Chile during 2016. **Methods:** For each disease a population attributable fraction (PAF) was obtained based on the 2016 prevalence of the Chilean population ever exposed to each occupational exposure and the relative risk of the disease. PAFs were used to estimate expected attributable DALYs due to occupation risks in Chile through the Global Burden of Disease methodology, using official incidence and mortality data. Expected DALYs were compared with recognized DALYs, which were estimated from recognized cases of occupational diseases from the National Information of Occupational Safety and Health System (SISESAT) after codification review of registries. **Results:** A total of 7,511 occupational diseases were recognized in Chile during 2016. Only 187 of them were non-malignant respiratory diseases or cancers, equivalent to a rate for these diseases of 3 diseases per 100,000 insured. No cases of lung cancer, bladder cancer or leukemia were recognized. A total of 21,329 DALYs were obtained as expected attributable burden. However, only 10.8% of them derive from recognized cases, mainly silicosis and mesothelioma. **Conclusions:** Chile has a low recognition rate

of occupational non-malignant respiratory diseases and cancers. Improvements should be made in occupational health entities, but also in the national health system, to increase diagnosis and recognition of occupational diseases, allowing insured workers to make use of medical and economic benefits.

II. MARCO TEÓRICO

II.1. Enfermedades profesionales: desde su conceptualización hacia su enfrentamiento

II.1.1. Trabajo, salud y enfermedad profesional

La relación entre el trabajo y el estado de salud de la población ha sido una materia de estudio relevante en las sociedades modernas, considerando el rol otorgado al trabajo como motor de las economías nacionales y la diversificación de áreas productivas. En este contexto, el conocimiento sobre el impacto del trabajo en la población es abordado por la epidemiología ocupacional desde los múltiples riesgos que pueden generar procesos patológicos y/o accidentabilidad, enfoque que se diferencia de otras disciplinas que analizan la posición central del trabajo en el desarrollo del ser humano, como la antropología y la psicología (1).

Actualmente, la evidencia permite establecer una compleja red de exposiciones, mediadores y resultados que se ven involucrados en la relación entre trabajo y salud (2,3). Tanto el trabajo como la salud pueden provocar, independientemente, un impacto positivo o negativo en el bienestar individual y colectivo. A su vez, trabajo y salud pueden afectarse mutuamente, con un efecto que también puede presentar diferente direccionalidad. El estado de salud puede aumentar o disminuir la probabilidad de obtener un empleo o de tener un buen desempeño laboral, mientras que el trabajo, si bien puede implicar riesgos para la salud, también puede ser beneficioso en cuanto a salud física o mental (4).

Las posibles relaciones previamente descritas pueden ser ejemplificadas mediante el análisis entre la ausencia de trabajo y la salud de la población realizado por Bartley et al. (5). Desde un enfoque de determinantes sociales de la salud, estos autores concluyen que el desempleo se asocia a peores indicadores de salud en base a tres hipótesis: causalidad, selección directa y selección indirecta. La primera considera el desempleo como causa de los efectos negativos en la salud. Algunos de los factores propuestos como mediadores de esta asociación son la disminución de los ingresos y el carácter de evento vital estresante otorgado a la situación de desempleo, vinculándose este último al menoscabo de los beneficios no financieros otorgados por el trabajo, como autoestima, relaciones interpersonales o estatus social, entre otros. Esta hipótesis se contrapone con la de selección directa, la cual plantea que los problemas de salud serían los responsables de mayores tasas de desempleo, pues las personas con peor estado de salud tienen mayor probabilidad de perder su empleo y, en caso de estar desempleados, menor probabilidad de obtener un empleo. Finalmente, la hipótesis de selección indirecta propone la existencia de variables que actúan a modo de factores confusores, siendo estos los que explican la relación entre desempleo y mala salud. Por ejemplo, alguna característica de la personalidad podría estar asociada a ambos eventos de forma independiente, actuando eventualmente como variable de confusión.

La existencia de una enfermedad profesional implica que la población expuesta a cierto factor ocupacional –ya sea físico, químico, psicosocial, ergonómico u otro– tiene mayor riesgo de presentar una condición patológica.

Bajo este contexto, las enfermedades profesionales se caracterizan por dos elementos principales (6):

- a) La existencia de una relación causal entre una enfermedad y un factor de riesgo específico presente en la ocupación del trabajador o en su entorno laboral.
- b) La tasa de incidencia de la enfermedad en el grupo de trabajadores expuestos es mayor que en la población general.

Sin embargo, la distinción entre riesgos ocupacionales y no ocupacionales puede obstaculizar el enfrentamiento de las enfermedades profesionales, considerando que la presentación clínica de estas patologías generalmente no varía según agente causal, que ambos tipos de riesgos pueden actuar de manera conjunta en el proceso patológico y que la identificación de los riesgos puede verse dificultada por el tiempo de exposición, dosis del agente y latencia de la enfermedad (7).

II.1.2. Conceptos y recomendaciones internacionales sobre enfermedad profesional

El concepto “enfermedad profesional” es definido por la Organización Internacional del Trabajo (OIT) (8) como *“toda enfermedad contraída por la exposición a factores de riesgo que resulte de la actividad laboral”*. Existe una clara distinción entre este término y el de “accidente del trabajo”, entendido como aquel *“suceso ocurrido en el curso del trabajo o en relación con el trabajo, que causa lesiones profesionales mortales o lesiones profesionales no mortales”*.

Sobre la base que tanto las enfermedades profesionales como los accidentes del trabajo son causados por riesgos evitables, la OIT promueve la formulación de políticas nacionales de seguridad y salud en el trabajo con énfasis en la prevención de estos eventos¹.

La selección de las enfermedades consideradas profesionales es variable dependiendo de la legislación de cada país. Sin embargo, la OIT establece lineamientos generales mediante el Convenio 121 sobre las prestaciones en caso de accidentes del trabajo y enfermedades profesionales (1964), ratificado por Chile en 1999, el cual indica que todo miembro que lo ratifique deberá²:

“(a) prescribir una lista de enfermedades en la que figuren, por lo menos, las que se enumeran en el cuadro I del presente Convenio y que serán reconocidas como enfermedades profesionales cuando sean contraídas en las condiciones prescritas; o

(b) incluir en su legislación una definición general de las enfermedades profesionales, que deberá ser suficientemente amplia para que abarque, por lo menos, las enfermedades enumeradas en el cuadro I del presente Convenio; o

(c) establecer una lista de enfermedades en cumplimiento del apartado a), añadiendo, además, sea una definición general de enfermedades profesionales o bien otras disposiciones que permitan establecer el

¹ Artículo 4° del Convenio sobre la seguridad y salud de los trabajadores, 1981 (núm. 155), OIT.

² Artículo 8° del Convenio sobre las prestaciones en caso de accidentes del trabajo y enfermedades profesionales, 1964 [Cuadro I modificado en 1980] (núm. 121), OIT.

origen profesional de las enfermedades que no figuran en la lista o que se manifiestan bajo condiciones diferentes de las prescritas”.

El extracto anterior hace referencia a las distintas maneras en que se operacionalizan legalmente las enfermedades profesionales en un país. La descripción del párrafo (a) corresponde a un “sistema de listas” en el que se enumera una cierta cantidad de enfermedades profesionales. En la práctica, esto implica tener indicado, de antemano, las enfermedades que tienen un origen ocupacional. Estas listas pueden ser “abiertas” o “cerradas” dependiendo si la autoridad puede o no, respectivamente, agregar nuevas enfermedades con un origen ocupacional comprobado. El párrafo (b) indica un “sistema de definición genérica” (o “método abierto”), en el que se pueden incluir todas las enfermedades profesionales posibles en las que se logre demostrar el origen profesional. Por último, el párrafo (c) define un “sistema mixto” que incluye los elementos de los dos anteriores (6,9).

En 2002, la OIT realizó la Recomendación 194 sobre la lista de enfermedades profesionales, en la que se sugiere cuáles enfermedades deben ser incluidas por las autoridades competentes al momento de elaborar una lista nacional de estas patologías. Esta debe incorporar, al menos, las enfermedades indicadas en el cuadro I del Convenio 121 en su versión modificada de 1980³. Además, se recomienda agregar, en la medida de lo posible, otras enfermedades

³ Convenio sobre las prestaciones en caso de accidentes del trabajo y enfermedades profesionales, 1964 [Cuadro I modificado en 1980] (núm. 121), OIT.

de la lista de enfermedades profesionales de la Recomendación 194, la cual fue actualizada en 2010 (10) (Anexo 1).

II.1.3. Enfermedad profesional según la legislación chilena

En Chile, el marco legal de la seguridad y salud en el trabajo se encuentra establecido por la Ley N° 16.744 sobre accidentes del trabajo y enfermedades profesionales, promulgada en 1968. En ella se define como enfermedad profesional toda aquella “causada de una manera directa por el ejercicio de la profesión o el trabajo que realice una persona y que le produzca incapacidad o muerte”⁴. La Ley establece, además, la existencia del Reglamento para la calificación y evaluación de los accidentes del trabajo y enfermedades profesionales⁵, materializado a través del Decreto Supremo 109 del Ministerio del Trabajo y Previsión Social de 1968, en el que se enumera a las enfermedades que deben considerarse como profesionales. En este decreto se establece un listado de 30 agentes específicos vinculados con el origen de las enfermedades profesionales (tabla 1) y una lista de 20 enfermedades profesionales, con mención de los respectivos agentes se vinculan a su desarrollo (tabla 2). Sin embargo, la Ley otorga la posibilidad de acreditar el carácter profesional de una enfermedad que no exista en esta lista, siendo la Superintendencia de Seguridad Social (SUSESO) la que debe entregar una resolución al respecto⁶.

⁴ Artículo 7° de la Ley N° 16.744.

⁵ Artículo 7° de la Ley N° 16.744.

⁶ Artículo 7° de la Ley N° 16.744.

Tabla 1. Agentes que implican riesgo de enfermedad profesional según el D.S. 109

Agentes químicos	
1	Arsénico y sus compuestos, incluido el hidrógeno arseniado
2	Cadmio y sus compuestos
3	Cromo y sus compuestos
4	Fósforos, incluidos los pesticidas
5	Manganeso y sus compuestos
6	Mercurio y sus compuestos
7	Plomo y sus compuestos
8	Otros metales: antimonio, berilio, níquel, vanadio, talio, selenio y telurio
9	Flúor y sus compuestos
10	Derivados clorados y los hidrocarburos alifáticos y aromáticos, incluidos los pesticidas
11	Derivados halogenados de los hidrocarburos alifáticos.
12	Benceno y sus homólogos
13	Derivados nitrados y aminados del benceno
14	Alcoholes y ésteres nitrados (nitroglicerina, etc.)
15	Sulfuro de carbono
16	Asfixiantes químicos (ácido sulfhídrico, ácido cianhídrico y cianuros, monóxido de carbono)
17	Alquitrán y petróleo, sus similares y derivados
18	Plásticos y sus materias primas

Agentes físicos	
19	Radiaciones ionizantes, rayos X, radium y radioisótopos
20	Radiaciones no ionizantes: infrarroja, ultravioleta, microondas, radar y láser
21	Ruido y ultrasonido
22	Aumentos o disminución de la presión atmosférica
23	Movimiento, vibración, fricción y compresión continuos

Agentes biológicos	
24	Infectocontagiosos y parasitarios: anquilostoma, bacilo anthraxis, brucela, bacilo tuberculoso bovino, Leptospira interrogans, rabia, tétano, VIH, VHB, VHC, hantavirus, Coxiella burnetti
25	Insectos y arácnidos ponzoñosos
26	Vegetales: litre, hongos, fibras (algodón, lino y cáñamo)

Polvos	
27	Sílice libre (cuarzo, etc.)
28	Silicatos (asbestos, talco, etc.)
29	Carbón mineral (antracida, etc.)
30	Berilio y metales duros (cobalto, etc.)

Fuente: Artículo 18° del D.S. 109.

Tabla 2. Enfermedades profesionales según el D.S. 109

Enfermedad profesional	Agentes específicos de riesgo*
1. Intoxicaciones	1-18
2. Dermatitis profesionales	1-16-17, 18, 19, 20 y 26
3. Cánceres y lesiones precancerosas de la piel	17,19 y 20
4. Neumoconiosis: silicosis, asbestosis, talcosis, beriliosis, neumoconiosis del carbón, bisinosis, canabiosis	27, 28, 28, 30, 29, 26, 26, respectivamente
5. Bronquitis, neumonitis, enfisema y fibrosis pulmonar de origen químico	1-18
6. Asma bronquial	1-18, 26
7. Cáncer pulmonar y de las vías respiratorias	1-18, 19, 28
8. Cáncer y tumores de las vías urinarias	Aminas aromáticas
9. Leucemia, aplasia medular y otros trastornos hematológicos de origen profesional	12,19
10. Lesiones del sistema nervioso central y periférico; encefalitis, mielitis, neuritis y polineuritis	1-18-22,23,24
11. Lesiones de los órganos de los sentidos	1-18, 19, 20, 21
12. Lesiones de los órganos del movimiento (huesos, articulaciones y músculos; artrosis secundaria de rodilla, artritis, sinovitis, tendinitis, miositis, celulitis y trastornos de la circulación y sensibilidad	9, 19, 22, 23 y 24
13. Neurosis profesionales incapacitantes que pueden adquirir distintas formas de presentación clínica, tales como: trastornos de adaptación, trastorno de ansiedad, depresión reactiva, trastorno por somatización y por dolor crónico	Trabajos que expongan al riesgo de tensión psíquica y se compruebe relación de causa a efecto
14. Laringitis con disfonía y/o nódulos laríngeos	Trabajos que expongan al riesgo y se compruebe relación de causa a efecto con el trabajo
15. Enfermedades infectocontagiosas y parasitarias: anquilostomiasis; carbunco cutáneo, brucelosis, tuberculosis bovina y aviaria, rabia, tétano, leptospirosis, infección por Virus de la Inmunodeficiencia Adquirida, hepatitis B, hepatitis C, infección por hanta virus, fiebre Q	24
16. Enfermedades generalizadas por acción de agentes biológicos: mordedura o picadura de arácnidos o insectos (abejas, arañas, escorpiones)	25
17. Paradenciopatías	1-4-5-6-7-8-10-14-16-17-18-19-20-21-23-26-27-28
18. Mesoteloma pleural, mesotelioma peritoneal	28
19. Angiosarcoma hepático	11 (cloruro de vinilo)
20. Enfermedad por exposición aguda o crónica a altura geográfica. Enfermedad por descompresión inadecuada	22

*Numeración de agentes en relación con tabla 1. Fuente: Artículo 19° del D.S. 109.

II.1.4. Estructura general del sistema de salud laboral en Chile

La Ley N° 16.744 declara la obligatoriedad del seguro social contra riesgos de accidentes del trabajo y enfermedades profesionales⁷ para todos los trabajadores de cuenta ajena, independiente de la labor o naturaleza de la empresa, institución, servicio o persona para quien trabajen; los funcionarios públicos de la Administración Civil del Estado, municipales y de instituciones administrativamente descentralizadas del Estado; trabajadores independientes y los trabajadores familiares incorporados según la facultad del Presidente de la República; y estudiantes por los accidentes que sufran a causa o con ocasión de sus estudios o en la realización de la práctica profesional⁸.

La administración del seguro se encuentra a cargo de las Mutualidades de Empleadores, instituciones privadas y sin fines de lucro, y del Instituto de Salud Laboral (ISL), organismo público autónomo que reemplazó al Instituto Nacional de Previsión (INP). Adicionalmente, existen empresas con administración delegada del seguro, que en la actualidad son escasas (tabla 3).

Considerando la fuerza de trabajo total reportada por la Encuesta Nacional de Empleo de Chile (ENE) y el total de afiliados reportado por la SUSESO, la cobertura legal del seguro alcanza un 65,6%, siendo considerada alta por la OIT (11). Según datos de la Encuesta Nacional de Empleo, Trabajo, Salud y Calidad de Vida (ENETS) 2009-2010, solo un 41,7% de los trabajadores que debieran estar asegurados refiere estarlo, mientras que un 47% indican no estar asegurados y un 11,2% refiere desconocer su situación de aseguramiento. Esta

⁷ Artículo 1° de la Ley N° 16.744.

⁸ Artículo 2° y Artículo 3° de la Ley N° 16.744.

desprotección es mayor en mujeres, a mayor edad, en zonas rurales y en trabajadores independientes, informales o de servicio doméstico (12).

Tabla 3. Características de los distintos tipos de organismos administradores del seguro de la Ley N° 16.744

	Mutualidades de Empleadores	Instituto de Seguridad Laboral	Empresas con administración delegada
Instituciones	<ul style="list-style-type: none"> - Asociación Chilena de Seguridad (ACHS) - Mutual de Seguridad de la Cámara Chilena de la Construcción - Instituto de Seguridad del Trabajo (IST) 	<ul style="list-style-type: none"> - Instituto de Seguridad Laboral (ISL) 	<ul style="list-style-type: none"> - CODELCO (Divisiones Codelco Norte, Salvador, Andina y El Teniente) - Pontificia Universidad Católica de Chile (PUC)
Tipo de institución	Privada sin fines de lucro	Pública perteneciente al Ministerio del Trabajo y Previsión Social	Empresa de 2.000 o más trabajadores con delegación autorizada por SUSESO
Afiliados	<ul style="list-style-type: none"> - Trabajadores dependientes de entidades empleadoras adheridas - Trabajadores independientes afiliados expresamente 	<ul style="list-style-type: none"> - Trabajadores dependientes de entidades empleadoras no adheridas a una mutualidad - Trabajadores independientes no afiliados expresamente a una mutualidad 	<ul style="list-style-type: none"> - Trabajadores dependientes de empresas con administración delegada
Actividades de prevención	Mutualidad a la que se encuentra afiliado	ISL	Empresa con administración delegada
Prestaciones médicas	Servicios médicos de la mutualidad a la que se encuentra afiliado	Convenios con los servicios de salud*, mutualidades o centros privados	Servicios médicos de la empresa con administración delegada
Prestaciones económicas: subsidios	Mutualidad a la que se encuentra afiliado	ISL	Empresa con administración delegada
Prestaciones económicas: pensiones	Mutualidad a la que se encuentra afiliado	ISL	ISL
Fiscalización	SUSESO SEREMI de Salud Dirección del Trabajo		

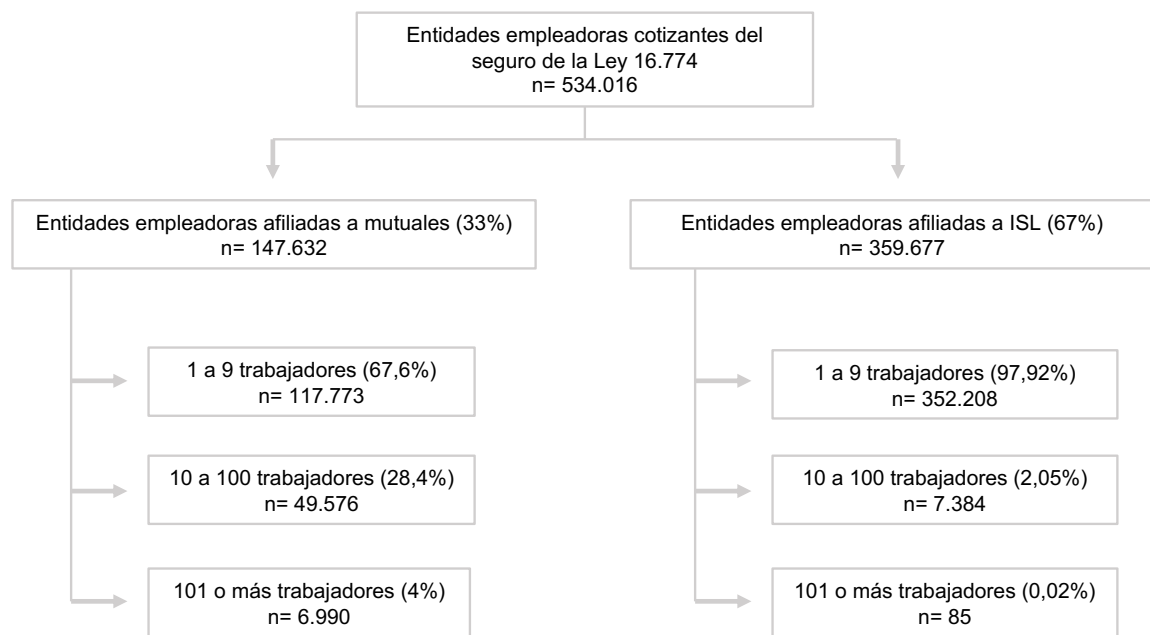
* La Ley N°21.054 publicada el 23 de diciembre de 2017, con entrada en vigencia diferida al 01 de enero de 2019, indica lo siguiente sobre obligatoriedad: "Para los servicios de salud señalados en el artículo 16 del decreto con fuerza de ley N° 1, de 2005, del Ministerio de Salud, que fija el texto refundido, coordinado y sistematizado del decreto ley N° 2.763, de 1979, y de las leyes N° 18.933 y N° 18.469, y para los establecimientos de salud experimental creados por los decretos con fuerza de ley Nos 29, 30 y 31, de 2000, todos del Ministerio de Salud, será obligatorio convenir el otorgamiento y proporcionar tales prestaciones cuando se lo solicite el Instituto de Seguridad Laboral, sujeto al pago de tarifas establecidas según los aranceles vigentes."
 Fuente: Elaboración propia en base a la Ley N°16.744.

Los trabajadores no cubiertos por el seguro de la Ley N°16.774 deben recurrir a los organismos administradores de fondos de salud común y sus respectivos prestadores en caso de requerir servicios médicos o subsidio por incapacidad temporal por alguna enfermedad de origen laboral. A su vez, deben recurrir al Instituto de Previsión Social (IPS) o a las administradoras de fondos de pensiones (AFP) en caso de presentar incapacidades permanentes de probable causa laboral, siempre que el trabajador cumpla con los requisitos legales y presente una discapacidad igual o mayor al 50%. Estos trabajadores no tienen establecido por ley un acceso directo a actividades preventivas de enfermedades laborales.

Según las estadísticas anuales de la SUSESO (13), en 2016 se registró un promedio mensual de 534.016 entidades empleadoras afiliadas al seguro, con un promedio mensual de 5.736.416 trabajadores protegidos. Del total de entidades empleadoras, un 67% se encuentra afiliada al ISL y a los organismos de administración delegada, pero en ellas se encuentran solo el 14% de los trabajadores protegidos por el seguro. Por el contrario, el 33% restante de las entidades empleadoras cotiza en las mutuales, en las cuales laboran el 86% de los trabajadores asegurados, lo que implica que las entidades empleadoras afiliadas a mutuales tienen en promedio una mayor cantidad de trabajadores que aquellas afiliadas al ISL. En efecto, del total de entidades empleadoras adheridas a las mutuales, el 4% se compone de 101 o más trabajadores, mientras que esta cifra llega solo al 0,02% para las entidades afiliadas al ISL (figura 1). Esta brecha podría explicarse por una diferencia en la cantidad de entidades empleadoras de la actividad económica “hogares privados con servicio doméstico”, considerando

que estas se componen mayoritariamente de un solo trabajador (un asesor o una asesora del hogar) y que un 40,1% de las entidades empleadoras del ISL pertenece a esta actividad económica, mientras que este valor alcanza solo el 4,8% en las mutuales. Sin embargo, si se excluye esta actividad económica de los análisis, se mantiene la brecha en la proporción de entidades con 101 o más empleadores entre mutuales e ISL (4,2% versus 0,04%, respectivamente) (13,14).

Figura 1. Promedio mensual de entidades empleadoras cotizantes del seguro de la Ley 16.774 según organismo administrador y tamaño de la entidad. Chile, 2016



Fuente: Elaboración propia en base a SUSESO (13).

El financiamiento del seguro, a cargo del empleador, consiste en una cotización básica general de 0,9% de las remuneraciones imponibles más una cotización adicional diferenciada en función de la actividad de la empresa y su

riesgo presunto, con un tope de 3,4% de las remuneraciones imponibles^{9,10}. Adicionalmente, las empresas pueden sufrir recargos, rebajas o exenciones a la cotización adicional, en base a su siniestralidad efectiva^{11,12}.

Las prestaciones médicas otorgadas por el seguro consisten en atención médica, quirúrgica y dental, hospitalización, medicamentos, prótesis y aparatos ortopédicos, rehabilitación física, reeducación profesional y gastos de traslado. Estas deben ser de carácter gratuito para el trabajador hasta su curación o mientras existan síntomas asociados a secuelas¹³.

Por su parte, las prestaciones económicas se entregan dependiendo del grado de pérdida de la capacidad para generar ingresos propios que presenten los trabajadores como consecuencia de accidentes del trabajo o enfermedades profesionales. Dependiendo de su duración, este déficit puede corresponder a incapacidad temporal, en el caso que sea transitorio, o invalidez, entendida como una disminución permanente de la capacidad de ganancia del trabajador. Esta última se puede clasificar, según la legislación chilena, en parcial, total o gran invalidez, en base al grado de pérdida de capacidad de ganancia y a la dependencia de terceros en sus actividades de la vida diaria. Dependiendo de la incapacidad, el trabajador tiene derecho a un subsidio (licencia médica), a una indemnización económica o a una pensión (tabla 4).

⁹ Artículo 15° de la Ley N°16.744.

¹⁰ El Decreto 110 del Ministerio del Trabajo y Previsión Social (1968) establece la escala para la determinación de la cotización adicional diferenciada.

¹¹ Artículo 16° de la Ley N°16.744.

¹² El Decreto 67 de Ministerio del Trabajo y Previsión Social (2000) aprueba el Reglamento para la aplicación de los Artículos 15° y 16° de la Ley N°16.744 sobre exenciones, rebajas y recargos de la cotización adicional diferenciada.

¹³ Artículo 29° de la Ley N°16.744.

Tabla 4. Prestaciones económicas según grado de invalidez o muerte a causa de accidente del trabajo o enfermedad profesional

Tipo de incapacidad	Definición operacional	Prestación económica
Incapacidad temporal	Disminución temporal de capacidad de ganancia	Subsidio por incapacidad temporal calculado en base a la remuneración mensual neta, del subsidio, o de ambos, de los tres meses calendario más próximos al mes en que se inicia la licencia.
Invalidez parcial	Disminución de capacidad de ganancia presumiblemente permanente $\geq 15\%$ y $< 70\%$	<p>$\geq 15\%$ y $< 40\%$ de incapacidad: Indemnización según grado de discapacidad, con un máximo no superior a 15 sueldos base*, a pagar de una sola vez o en mensualidades.</p> <p>$\geq 40\%$ y $< 70\%$ de incapacidad: Pensión mensual equivalente al 35% del sueldo base.</p>
Invalidez total	Disminución de capacidad de ganancia presumiblemente permanente $\geq 70\%$	Pensión mensual equivalente al 70% del sueldo base.
Gran invalidez	Individuo con invalidez requiere auxilio de otras personas para realizar los actos elementales de su vida	Suplemento de pensión equivalente a 30% del sueldo base mientras permanezca en esta condición.
Muerte	Muerte del trabajador a causa de accidente del trabajo o enfermedad profesional	<p>Pensión a terceros que equivale a porcentaje de la pensión básica de la víctima si se hubiese invalidado totalmente o de la pensión básica que recibía al momento de la muerte.</p> <p><i>Cónyuge mayor de 45 años o inválida de cualquier edad:</i> Pensión vitalicia equivalente al 50%.</p> <p><i>Cónyuge menor de 45 años:</i> Pensión equivalente al 50% por 1 año prorrogable mientras mantenga a su cuidado hijos que causen asignación familiar.</p> <p><i>Madre de los hijos, soltera o viuda, que hubiera estado viviendo a expensas de la víctima:</i> Pensión equivalente al 30% por 1 año prorrogable mientras mantenga a su cuidado hijos que causen asignación familiar.</p> <p><i>Hijos menores de 18 años, o entre 18 y 24 años que sigan estudios regulares o inválidos de cualquier edad:</i> Pensión equivalente al 20%.</p>

*Sueldo base se entiende como el promedio de las remuneraciones o rentas, sujetas a cotización, excluidos los subsidios, percibidas por el afiliado en los últimos seis meses inmediatamente anteriores al accidente o al diagnóstico médico en caso de enfermedad profesional (Artículo 26° de la Ley N°16.744).

Fuente: Elaboración propia en base a párrafos 3°, 4° y 5° de Título V de la Ley N°16.744 y a Decreto con Fuerza de Ley N° 44 del Ministerio del Trabajo y Previsión Social (1978).

De manera general, la fiscalización de los organismos administradores está a cargo de la SUSESO¹⁴; sin embargo, la Autoridad Sanitaria (SEREMI de Salud) tiene el rol fiscalizador de las instalaciones y servicios médicos y de la calidad de las actividades preventivas que realicen los organismos administradores¹⁵, debiendo dar cuenta sobre ello a la SUSESO a lo menos anualmente¹⁶. En relación con las entidades empleadoras, la Autoridad Sanitaria fiscaliza tanto las actividades preventivas como la higiene y seguridad en los lugares de trabajo¹⁷, teniendo la facultad de aplicar multas o sanciones indicadas en el Código Sanitario u otra disposición legal, incluyendo la eventual clausura de lugares de trabajo que representen un riesgo inminente para la salud de los trabajadores o la comunidad¹⁸. La Dirección del Trabajo, en su rol fiscalizador del cumplimiento de las legislaciones laborales por parte de las entidades empleadoras, puede indicar la suspensión inmediata de labores si durante sus inspecciones verifica que estas constituyen un peligro inminente para la salud o la vida de los trabajadores¹⁹.

Existe consenso que la función fiscalizadora en relación a la seguridad y salud en el trabajo es realizada por múltiples organismos de manera poco unificada y coordinada, con traslape de funciones entre ellos (15). Esto conlleva a la necesidad de una nueva estructuración de la institucionalidad y gestión provista para este fin, que es planteado como uno de los objetivos de la Política

¹⁴ Artículo 12° de la Ley N°16.744.

¹⁵ Artículo 65° de la Ley N°16.744.

¹⁶ Artículo 16° del Decreto 101 de Ministerio del Trabajo y Previsión Social (1968).

¹⁷ Artículo 68° de la Ley N°16.744 y Decreto 594 del Ministerio de Salud (2000), que aprueba el Reglamento sobre condiciones sanitarias y ambientales básicas en los lugares de trabajo, según lo dispuesto en el Libro III del Código Sanitario.

¹⁸ Artículo 68° de la Ley N°16.744.

¹⁹ Artículo 28° del Decreto con Fuerza de Ley 2 del Ministerio del Trabajo y Previsión Social (1967).

Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo²⁰.

II.1.5. Prevención de riesgos ocupacionales en Chile

La Política Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo, instaurada en 2016, tiene dentro de sus objetivos el desarrollo de una cultura preventiva dirigida a toda la sociedad en materia de seguridad y salud en el trabajo²¹. Como parte de sus principios, esta política prioriza la eliminación o el control de los riesgos laborales y una mejora continua de los procesos de gestión preventiva a nivel de las instituciones, sectores productivos y empresas²². La investigación sobre los diferentes riesgos laborales es una de las estrategias propuestas para lograr los objetivos de la política, materializándose a través de la entrega de recursos para realizar estudios epidemiológicos al respecto²³.

Según la legislación vigente, los organismos administradores deben incluir como parte de sus objetivos estratégicos aquellos relacionados con la prevención de riesgos ocupacionales y contar con una Política para la Prevención de Accidentes del Trabajo y Enfermedades Profesionales. En cuanto a la organización concreta de las actividades preventivas, los organismos administradores deben realizar un Plan Anual de Prevención de Accidentes del Trabajo y Enfermedades Profesionales, el cual debe ser desarrollado, aprobado, monitoreado y evaluado por cada organismo, incluyendo auditorías tanto internas como externas. En relación con su contenido, este plan debe incluir todas las

²⁰ Decreto 47 del Ministerio del Trabajo y Previsión Social (2006).

²¹ Decreto 47 del Ministerio del Trabajo y Previsión Social (2006).

²² Decreto 47 del Ministerio del Trabajo y Previsión Social (2006).

²³ Decreto 47 del Ministerio del Trabajo y Previsión Social (2006).

actividades y metas instruidas por la SUSESO, informándose cualquier cambio del plan a esta entidad²⁴.

Las actividades sistemáticas de prevención de accidentes del trabajo y enfermedades profesionales en las empresas afiliadas corresponden a una obligación para los organismos administradores del seguro; estos deben contar con una organización estable y con personal especializado para estos fines, disponiendo de estos últimos en una relación adecuada respecto a la cantidad de empresas adheridas. Además, los organismos administradores deben disponer de un registro de las actividades, incluyendo magnitud y naturaleza de los riesgos, acciones realizadas y resultados logrados, recayendo el rol fiscalizador de las actividades preventivas en la Autoridad Sanitaria²⁵. En relación con el rol de la empresa en la prevención, la Ley estipula la conformación de Comités Paritarios de Higiene y Seguridad en empresas con 25 o más trabajadores y de Departamentos de Prevención y Riesgos Profesionales en empresas mineras, industriales o de comercio con más de 100 trabajadores, debiendo este último estar a cargo de un experto en prevención²⁶.

Entre las actividades de prevención permanentes que deben realizar los organismos administradores se encuentran capacitaciones a trabajadores y empleadores sobre seguridad y salud en el trabajo, incluyendo asesorías en el diagnóstico de los riesgos de accidentes del trabajo y enfermedades profesionales y asistencia técnica en gestión de riesgos, en gestión del comité

²⁴ Libro VII, Título I, Letra E, Capítulo II del Compendio del Seguro Social de Accidentes del Trabajo y Enfermedades Profesionales (2018).

²⁵ Artículos 2°, 3° y 4° del Decreto 40 del Ministerio del Trabajo y Previsión Social (1969).

²⁶ Artículo 66° de la Ley 16.744.

paritario y en la implementación de sistemas de gestión de seguridad y salud en el trabajo²⁷.

Si se detecta que alguna de las empresas afiliadas no cumple con las normas o presenta riesgos para la seguridad y salud de sus trabajadores, el organismo administrador debe prescribir medidas de higiene y seguridad para solucionar el problema, estableciendo plazos de cumplimiento y una estrategia de seguimiento. Estas medidas pueden ser preventivas, en el caso de detectar riesgos o incumplimiento de normativas sin haber ocurrido un siniestro, o bien correctivas, en el caso que ya haya ocurrido un siniestro.

El objetivo de las medidas de prevención es disminuir la exposición al riesgo a un determinado nivel de control, el que dependerá principalmente del tipo riesgo laboral en cuestión. La implementación de las medidas se encuentra a cargo de la entidad empleadora, específicamente de los comités paritarios y/o departamentos de prevención de riesgos profesionales, según corresponda. La verificación del cumplimiento de las medidas preventivas debe ser realizada por el organismo administrador, el que debe aplicar las sanciones correspondientes en caso de incumplimiento, que incluyen recargos en las tasas de cotización de hasta un 100%, además de multas u otras sanciones²⁸.

II.1.6. Notificación y registro de enfermedades profesionales en Chile

Según la normativa vigente²⁹, si un trabajador ha sido diagnosticado o

²⁷ Libro IV, Título II, Letra A del Compendio del Seguro Social de Accidentes del Trabajo y Enfermedades Profesionales (2018).

²⁸ Libro IV, Título II, Letra G, Capítulo I, número 4 del Compendio del Seguro Social de Accidentes del Trabajo y Enfermedades Profesionales (2018).

²⁹ Párrafo basado en el Libro III, Título I, Letra A, Capítulo II del Compendio del Seguro Social de Accidentes del Trabajo y Enfermedades Profesionales (2018).

presenta síntomas compatibles con una enfermedad cuyo origen se presume ocupacional, debe informar a su empleador³⁰, quien tiene la obligación de notificar al organismo administrador. Este proceso de notificación se debe realizar a través de una Denuncia Individual de Enfermedad Profesional (DIEP), documento que puede ser presentado por el empleador, el trabajador o sus derechohabientes, el comité paritario de higiene y seguridad de la empresa, el médico tratante o cualquier persona que tenga conocimiento de los hechos. Además de esta vía, los organismos administradores pueden comenzar un proceso diagnóstico en base exámenes de oficio, según sean sus facultades.

La emisión de una DIEP implica que el trabajador debe recibir una evaluación clínica en un plazo máximo de 7 días. Cuando existan o hayan existido factores de riesgo en el lugar de trabajo, el organismo administrador debe realizar exámenes al trabajador para diagnosticar o descartar la enfermedad profesional³¹. El médico evaluador, si bien no tiene la facultad de calificar, presenta un rol decisivo en el proceso, pues decide a cuál de los profesionales que tienen facultad para calificar es derivado el paciente. Estos pueden corresponder a un médico del trabajo, al Comité de Calificación o a un médico de urgencias, dependiendo de la condición médica del paciente y del nivel de complejidad en la decisión sobre el origen de la enfermedad³².

Como parte fundamental del proceso, el organismo administrador debe emitir una Resolución de Calificación del origen del siniestro (RECA) del caso,

³⁰ En caso de trabajadores independientes afiliados al ISL, la DIEP debe ser realizada por el trabajador.

³¹ Párrafo basado en el Decreto 101 de Ministerio del Trabajo y Previsión Social (1968), Artículo 72°.

³² Libro III, Título III, Letra A, Capítulo II del Compendio del Seguro Social de Accidentes del Trabajo y Enfermedades Profesionales (2018).

debiendo esta ser notificada tanto al trabajador como al empleador dentro de tres días hábiles desde la fecha de emisión del documento. Las opciones posibles de calificación de origen a registrar en la RECA, en el contexto de una denuncia de enfermedad profesional, son las siguientes³³:

a) *enfermedad profesional*: toda aquella causada de una manera directa por el ejercicio de la profesión o el trabajo que realice una persona y que le produzca incapacidad temporal o permanente o muerte.

b) *enfermedad laboral sin incapacidad temporal ni permanente*: toda aquella causada de una manera directa por el ejercicio de la profesión o el trabajo que realice una persona, cuando el profesional competente determina que no le genera incapacidad temporal ni permanente al trabajador.

c) *enfermedad común*: toda aquella causada por situaciones, condiciones o factores no laborales, es decir, no atribuibles en forma directa a las condiciones de trabajo, independientemente de las consecuencias de dicha enfermedad. Se encuentran excluidos de esta clasificación, por tanto, aquellas que permitan su calificación como una enfermedad profesional o enfermedad laboral sin incapacidad temporal ni permanente, independientemente de las consecuencias de dicha enfermedad.

d) *siniestro de trabajador no protegido por la Ley N°16.744*: accidente o enfermedad que tiene su origen en el trabajo, sin embargo, el accidentado o enfermo no es un trabajador dependiente, o es un trabajador independiente que no se encuentra cubierto por el seguro de la Ley N°16.744.

³³ Libro IX, Título I, Letra B, Capítulo VI del Compendio del Seguro Social de Accidentes del Trabajo y Enfermedades Profesionales (2018).

e) *no se detecta enfermedad*: cuando el médico tratante, luego de analizar el caso considerando los resultados de las evaluaciones que estimó necesarios para determinar la existencia de una enfermedad, ya sea de origen laboral o común, así lo determina.

f) alguna opción relacionada con accidentes, si efectivamente corresponde a accidente del trabajo y no a enfermedad profesional como se indicó en la denuncia (*accidente del trabajo, accidente de trayecto, accidente ocurrido a causa o con ocasión del trabajo sin incapacidad, accidente ocurrido en el trayecto sin incapacidad, accidente común, accidente de dirigente sindical en cometido gremial, accidente debido a fuerza mayor extraña ajena al trabajo o incidente laboral sin lesión*).

g) *derivación a otro organismo administrador*, cuando la DIEP involucra a un trabajador de una empresa adherida o afiliada a un organismo administrador distinto al que se informó originalmente al SISESAT.

Durante la última década, la SUSESO ha desarrollado el Sistema Nacional de Información de Seguridad y Salud en el Trabajo (SISESAT), destinado a la recepción, almacenamiento, rescate y gestión de la información sobre accidentes del trabajo y enfermedades profesionales. El objetivo de este sistema es obtener un flujo de información eficiente entre los organismos administradores y la SUSESO en relación con las obligaciones que impone la legislación a las instituciones vinculadas con el seguro. Adicionalmente, el sistema permite sistematizar información para la formulación de políticas públicas en la materia,

para la mejora o generación de actividades preventivas y para la fiscalización³⁴. Con la finalidad de unificar la información, los datos a registrar en este sistema se encuentran clasificados en subgrupos relacionados con algún aspecto del accidente del trabajo, de la enfermedad profesional o de la denuncia misma, denominados “zonas de identificación” (tabla 5).

Tabla 5. Zonas de identificación posibles para los diferentes documentos a ingresar al SISESAT

Zona	Información contenida en la zona de identificación
A	Identificación del documento
B	Identificación del empleador
C	Identificación del trabajador
D	Identificación del accidente
E	Identificación de la enfermedad
F	Identificación del denunciante
G	Identificación del diagnóstico
H	Identificación de la resolución
I	Identificación de la incapacidad temporal
J	Identificación de indicaciones de alta laboral
K	Identificación de indicaciones de alta médica
L	Identificación del médico
M	Identificación de la incapacidad permanente
N	Identificación del ministro de fe y presidente de comisión
O	Seguridad

Fuente: Elaboración propia en base Libro IX, Título I, Letra B, Capítulo I del Compendio del Seguro Social de Accidentes del Trabajo y Enfermedades Profesionales (2018).

Entre la información que se debe consignar en la RECA se incluyen, además de las zonas de identificación del documento, del empleador y del trabajador (zonas A, B y C), la zona de identificación del diagnóstico (zona G) y la de resolución (zona H). En la primera, es obligatorio que todas las resoluciones contengan los datos sobre diagnóstico médico mediante su respectivo código en la décima versión del Clasificador Internacional de Enfermedades (CIE-10) y la

³⁴ Libro IX, Título I, Letra B, Capítulo I del Compendio del Seguro Social de Accidentes del Trabajo y Enfermedades Profesionales (2018).

ubicación de la lesión o enfermedad, debiendo ambos datos enviarse de manera cifrada. Por su parte, en la zona de resolución se debe incluir el número de la resolución, calificación de la enfermedad e indicaciones para el empleador y/o trabajador. La inclusión de la zona de identificación de la enfermedad (zona E) es opcional³⁵.

Tabla 6. Información por registrar en RECA en situaciones en que no se completa el proceso de calificación o no se puede atribuir enfermedad específica

Variable de RECA	Información por registrar en la variable de RECA
Situación: Trabajador no se presenta a evaluación clínica, después de haber sido citado hasta en dos oportunidades o rechaza evaluación	
Tipo patología	12. No se detecta enfermedad
Diagnóstico	"Abandono o rechazo de la atención"
Código CIE-10	Z03.9 (Observación por sospecha de enfermedad o afección no especificada)
Indicaciones	-
Situación: Trabajador rechaza continuar con el proceso de evaluación, posterior al diagnóstico, pero antes que el ente calificador disponga de elementos suficientes para calificar el origen de la enfermedad	
Tipo patología	-
Diagnóstico	Diagnóstico
Código CIE-10	Código del diagnóstico
Indicaciones	"Calificación realizada con antecedentes parciales por abandono del proceso de calificación"
Situación: El empleador se opone a la realización de la evaluación de las condiciones de trabajo o no acusa recibo de las citaciones, con posterioridad al diagnóstico, pero antes de la calificación.	
Tipo patología	-
Diagnóstico	Diagnóstico
Código CIE-10	Código del diagnóstico
Indicaciones	"Calificación realizada con antecedentes parciales por obstaculización del empleador a la realización de la evaluación de las condiciones de trabajo"
Situación: Sintomatología del trabajador no puede atribuirse a una enfermedad específica	
Tipo patología	12. No se detecta enfermedad
Diagnóstico	"Sin diagnóstico establecido luego de proceso de evaluación"
Código CIE-10	Z71.1 (Persona que teme estar enferma, a quién no se hace diagnóstico)
Indicaciones	-

Fuente: Elaboración propia en base Libro III, Título III, Letra A, Capítulo IV del Compendio del Seguro Social de Accidentes del Trabajo y Enfermedades Profesionales (2018).

Finalmente, si por motivos del trabajador o del empleador no se completa el proceso de calificación, o si luego del proceso no es posible determinar una

³⁵ Libro IX, Título I, Letra B, Capítulo IV del Compendio del Seguro Social de Accidentes del Trabajo y Enfermedades Profesionales (2018).

enfermedad específica, la RECA debe ser completada con ciertas especificaciones, indicadas en la tabla 6.

El análisis de la información disponible en SISESAT ha indicado que solo un porcentaje menor del total de denuncias es finalmente calificado como enfermedad profesional. De manera adicional, se ha detectado una variabilidad importante en los mecanismos de calificación tanto dentro como entre los organismos administradores³⁶.

³⁶ Circular N°3241, Superintendencia de Seguridad Social, Gobierno de Chile (2016).

II.2. Aproximaciones a la magnitud de enfermedades profesionales en Chile

II.2.1. Panorama global sobre la magnitud de enfermedades profesionales

La OIT estima que se producen alrededor de 160 millones de casos de enfermedades profesionales no fatales anualmente, de las cuales un tercio producen una pérdida de 4 o más días laborales (16). En términos de mortalidad relacionada con el trabajo, las enfermedades profesionales son responsables de aproximadamente 2,3 millones de casos fatales al año, cifra que equivale a 6.300 muertes por enfermedad profesional al día y que supera en aproximadamente 6 veces la cantidad de muertes producidas por accidentes del trabajo fatales (16–18). En efecto, las tres principales causas de muertes relacionadas con el trabajo son el cáncer, las enfermedades circulatorias y las enfermedades transmisibles relacionadas con el trabajo, a las que se les atribuye un 32%, 23% y 17% del total muertes, respectivamente. En contraste, los accidentes representan solo un 19% de estas muertes (16). En términos económicos, la OIT estima que aproximadamente el 4% del producto interno bruto mundial se pierde debido a los costos directos e indirectos de las enfermedades profesionales y los accidentes del trabajo. Sin embargo, en países en vías de desarrollo de América Latina y el Caribe esta cifra podría llegar incluso a un 10% (16). A pesar de la magnitud de estas cifras, la OIT reconoce que el impacto de las enfermedades profesionales no ha logrado permear en los tomadores de decisión en salud, incluso sugiriendo que estas patologías corresponden a una “epidemia silenciosa” (17,18).

En relación con este panorama, la literatura reconoce al menos dos paradojas sobre la investigación relacionada con las enfermedades profesionales. La primera sugiere que, a pesar de que la cantidad de enfermedades profesionales fatales supera con creces la cantidad de accidentes del trabajo fatales, la investigación sobre estos últimos es mucho mayor y más detallada, debido en parte a una mayor visibilidad de los accidentes en comparación a las enfermedades profesionales. La segunda paradoja hace referencia a que la gran mayoría de la investigación sobre enfermedades profesionales se realiza en países desarrollados, aun cuando la evidencia sugiere que los países en vías de desarrollo estarían más afectados por riesgos vinculados con la seguridad y salud en el trabajo (19).

II.2.2. Fuentes de información sobre enfermedades profesionales en Chile

Tanto las mutuales como el ISL tienen el deber de enviar a la SUSESO la información correspondiente a los registros de accidentes del trabajo y enfermedades profesionales calificados como tales, lo cual es sistematizado en el SISESAT³⁷. Basada en esta fuente de información, la SUSESO revela anualmente estadísticas sobre seguridad y salud en el trabajo como parte de sus informes estadísticos anuales (13,20–23).

Entre los datos sobre enfermedades profesionales aportados por la SUSESO se encuentran la cantidad de casos para el año en cuestión según sexo,

³⁷ Libro IX, Título I, Letra a del Compendio del Seguro Social de Accidentes del Trabajo y Enfermedades Profesionales (2018).

región del país, actividad económica y tamaño de la entidad empleadora. Además, se informan el monto pagado en subsidios por enfermedad profesional durante el año, la cantidad de días perdidos por enfermedades profesionales y el promedio anual de días perdidos por caso de enfermedad profesional, los dos últimos desglosados por actividad económica y tamaño de la entidad empleadora (13,20–23). Sin embargo, esta información sobre enfermedades profesionales liberada por la SUSESO corresponde solo a la entregada por las mutualidades de empleadores. En efecto, se excluye la información respectiva al ISL, indicándose como motivo que “no se cuenta con información completa de enfermedades profesionales para este organismo” (13). Contradictoriamente, el ISL tiene a libre disposición estadísticas sobre enfermedades profesionales, las que si bien reportan información más limitada, incluyen la cantidad de denuncias por enfermedad profesional, la cantidad de enfermedades profesionales calificadas y el monto pagado por subsidios por enfermedad laboral (14).

Las enfermedades profesionales que causan incapacidad permanente o muerte sin tiempo perdido se han incorporado recientemente en los cálculos oficiales tanto de la cantidad de enfermedades profesionales como de la cantidad de días perdidos por estas. En el caso de la cantidad de enfermedades profesionales, este cambio se incorporó en las estadísticas del año 2015, modificándose los valores desde el año 2014 en adelante. En efecto, la cantidad de enfermedades profesionales reportada para el año 2014 varía entre el informe estadístico oficial del año 2014 (4.411 casos) y el informe del año 2015 (6.452 casos). Para la cantidad de días perdidos, el cambio se realizó en el año 2014, modificándose los valores desde este año en adelante (22,24,25).

Concretamente, estas variaciones tienen como consecuencia que la cantidad de enfermedades profesionales del año 2014 en adelante no puede ser directamente comparada con la de años anteriores desde el informe del año 2015, mientras que la cantidad de días perdidos por enfermedades profesionales del año 2014 en adelante no puede ser comparada directamente con años anteriores desde el informe del año 2014.

Además de las estadísticas oficiales, se encuentra disponible una escasa cantidad de publicaciones académicas sobre la magnitud de las enfermedades profesionales en el total de la población trabajadora, reflejando limitadas líneas de investigación sobre el tema en la academia chilena (26–32). En relación a las fuentes internacionales, una buena aproximación a diferentes enfermedades que tienen factores de riesgo de origen profesional corresponde al Estudio de Carga Global de Enfermedad (GBD), el cual realiza estimaciones a niveles global, regional y nacional, incluyendo estimaciones para nuestro país (3,33). Sin embargo, por corresponder a una medida de impacto y por el uso de una metodología estandarizada para estimar medidas de resumen a nivel poblacional, la carga de enfermedad será tratada en extenso en el capítulo siguiente.

II.2.3. Cantidad de enfermedades profesionales en el país

Durante el año 2016, fueron notificados un total de 7.232 casos de enfermedades profesionales en las mutualidades, ocurriendo un 56% de estos en el sexo femenino (13). En los últimos 5 años con datos disponibles, se

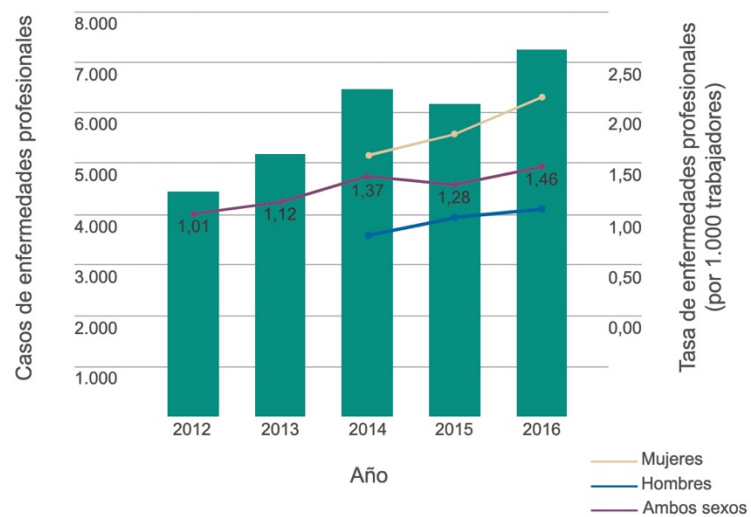
evidencia una tendencia al aumento de la tasa anual de enfermedades profesionales notificadas, con un valor de 1,46 enfermedades notificadas por cada 1.000 trabajadores protegidos en el año 2016. Este mismo año, las mujeres presentaron una tasa anual que duplicó la de los hombres, alcanzando un valor de 2,15 enfermedades profesionales por cada 1.000 trabajadoras aseguradas, diferencia que se mantuvo los últimos 3 años en los que existe información disponible por sexo (gráfico 1) (13). A su vez, el ISL reporta tasas de enfermedades profesionales calificadas menores a las de las mutuales, con una disminución desde 0,46 casos por cada 1.000 trabajadores protegidos en 2015 a 0,28 casos por cada 1.000 trabajadores en 2016 (gráfico 2) (14).

A diferencia de las cifras de incidencia aportada por los organismos administradores, la ENETS intentó acercarse a las prevalencias de enfermedades profesionales, revelando un autorreporte de enfermedades agravadas o provocadas por el trabajo de 13,2% en mujeres y 10% en hombres trabajadores del país. De estas enfermedades, un 13,9% en mujeres y un 15,5% en hombres habrían sido reconocidas como enfermedad profesional, según lo referido por los trabajadores. Dado que la pregunta consistió en tener o haber tenido alguna enfermedad, los resultados sugieren una prevalencia de vida de enfermedades profesionales autorreportadas por trabajadores equivalente a un 1,8% en mujeres y 1,6% en hombres (12).

Según distribución geográfica, las regiones de Magallanes y la Antártica Chilena y de Los Lagos son las que presentaron una mayor tasa anual de enfermedades profesionales en el año 2016, con valores de 3,84 y 3,45 enfermedades profesionales por cada 1.000 trabajadores asegurados,

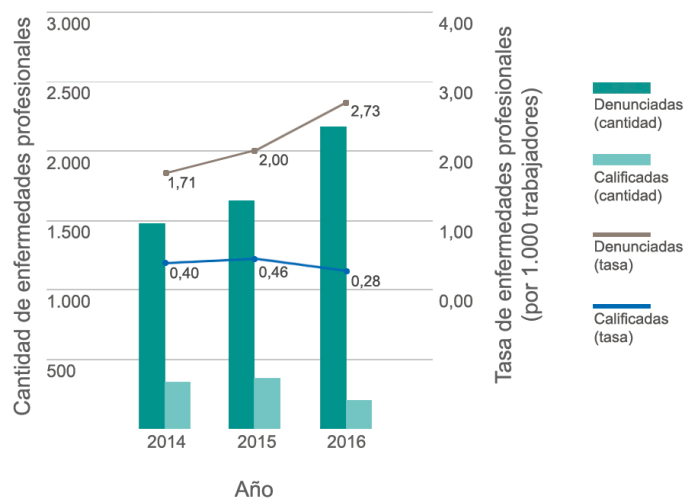
respectivamente, los cuales superan la tasa promedio nacional en más del doble. Por el contrario, las regiones de Coquimbo y del BíoBío son las que presentaron las menores tasas, con 0,7 y 1,22 enfermedades profesionales por cada 1.000 trabajadores asegurados.

Gráfico 1. Cantidad y tasa de enfermedades profesionales notificadas en mutualidades. Chile, 2012-2016



Fuente: Elaboración propia en base a SUSESO (13).

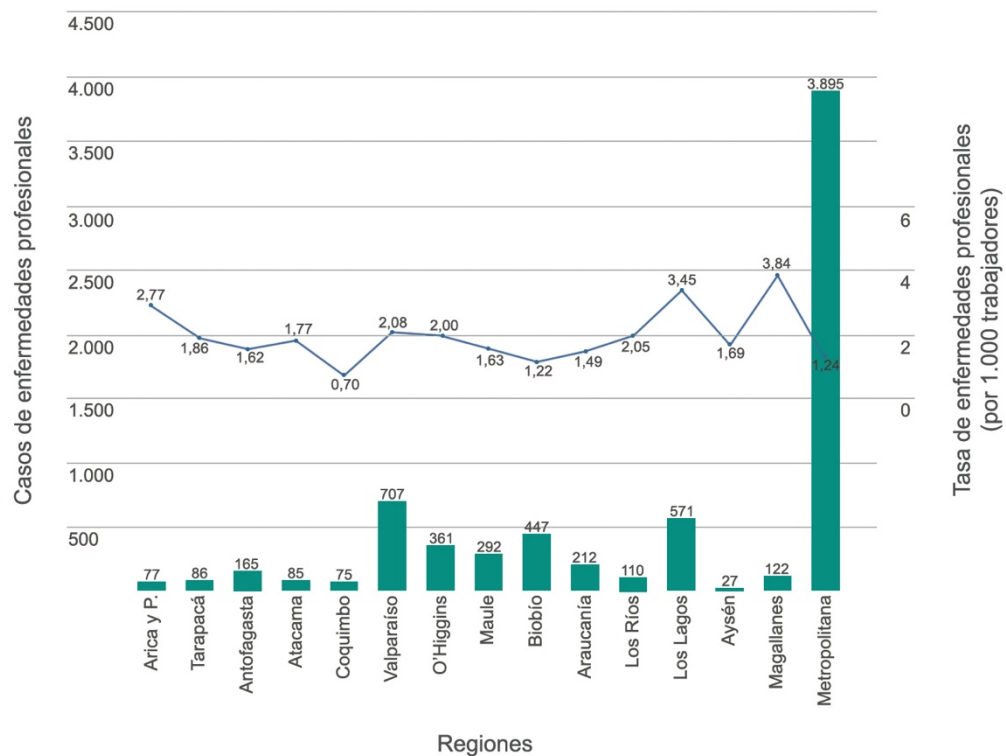
Gráfico 2. Cantidad y tasa de enfermedades profesionales denunciadas y calificadas en ISL. Chile, 2014-2016



Fuente: Elaboración propia en base a ISL (14).

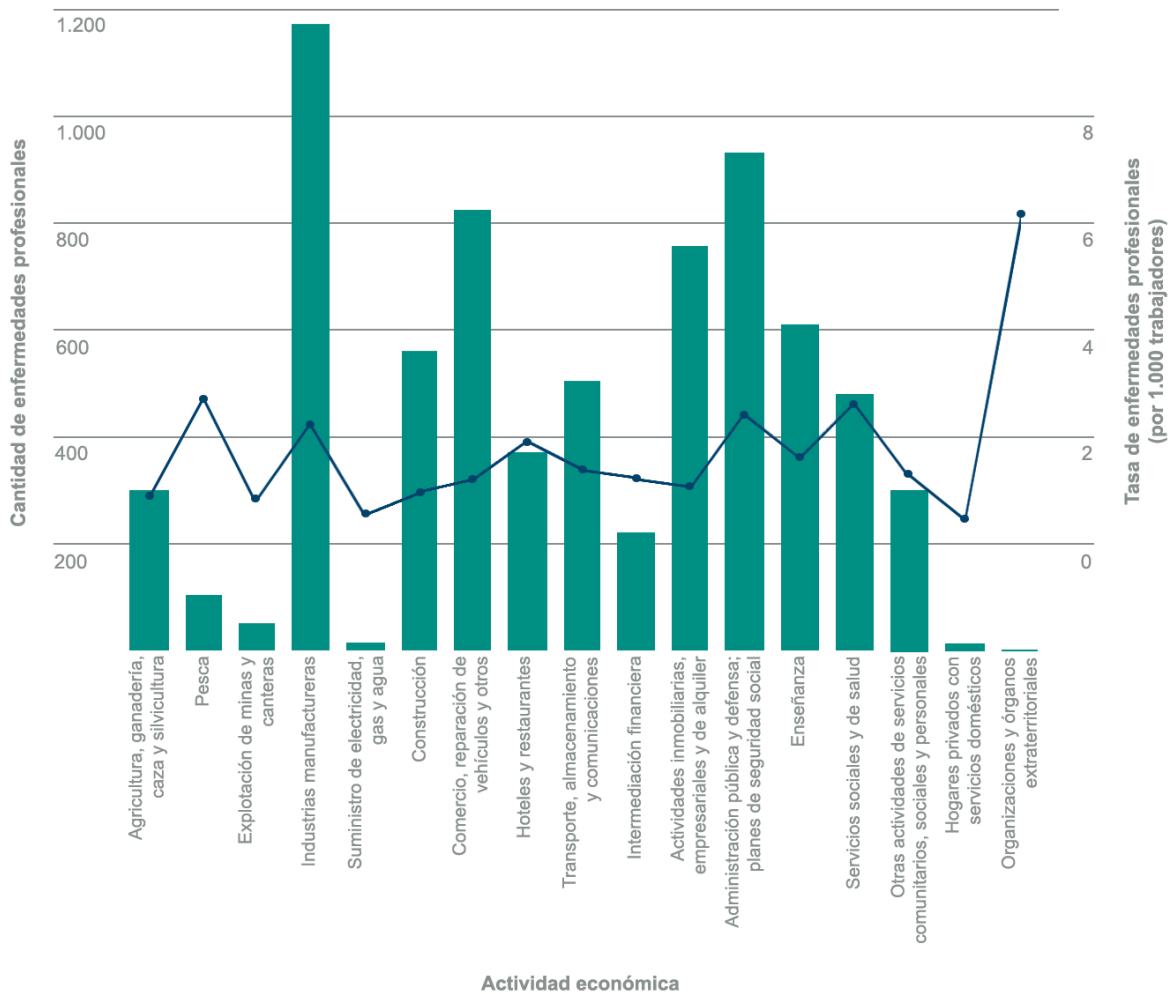
A nivel nacional, 12 de las 15 regiones del país sobrepasaron la tasa promedio anual de enfermedades profesionales en 2016, equivalente a 1,46 enfermedades profesionales por cada 1.000 trabajadores protegidos (gráfico 3) (13). Sin embargo, se debe considerar que la región Metropolitana, en la que se encuentran más de la mitad de los trabajadores del país afiliados a mutualidades, presentó la tercera tasa más baja de enfermedades profesionales, lo que disminuye la tasa promedio nacional con respecto a otras regiones. A pesar de ello, si se excluye a la región Metropolitana del cálculo, la tasa promedio anual del resto de las regiones aumenta a 1,85 por 1.000, persistiendo aún 7 regiones sobre este valor (13).

Gráfico 3. Cantidad y tasa de enfermedades profesionales notificadas en mutualidades según región. Chile, 2016



Fuente: Elaboración propia en base a SUSESO (13).

Gráfico 4. Cantidad de enfermedades profesionales notificadas en mutualidades según actividad económica. Chile, 2016



Fuente: Elaboración propia en base a SUSESO (13).

Existe una esperable variación en las tasas de enfermedades profesionales según actividad económica. La pesca, los servicios sociales y de salud, la administración pública y defensa y la industria manufacturera fueron las actividades que presentaron mayores tasas anuales tanto en el año 2015 como en 2016, todas con valores sobre 2 enfermedades profesionales cada 1.000 trabajadores protegidos (gráfico 4) (13,23); no se consideraron años previos pues

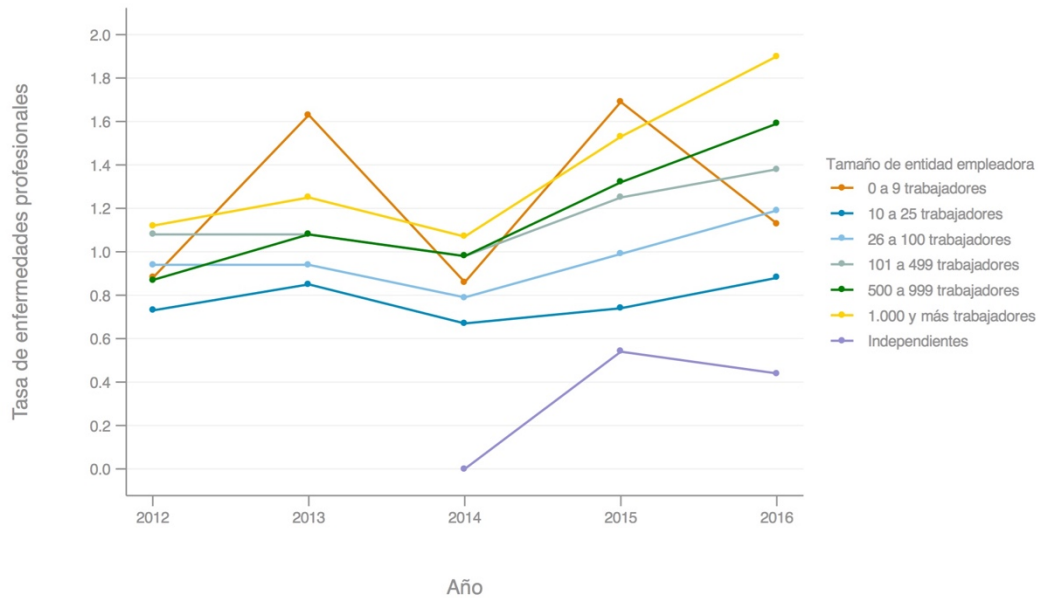
las categorías de actividades económicas presentadas en los informes estadísticos oficiales no son coincidentes. A pesar del elevado valor de su tasa en 2016, no es posible considerar el trabajo en organizaciones y órganos extraterritoriales como una actividad con alta magnitud de enfermedades profesionales. Esta actividad económica se encuentra compuesta por menos de 1.000 trabajadores a nivel nacional, por lo que pequeños cambios en la cantidad de casos de enfermedades profesionales producen grandes variaciones en la tasa, necesitándose un seguimiento mayor en el tiempo para verificar alguna tendencia. De hecho, en 2015 no se presentaron casos de enfermedades profesionales, mientras que en 2016 se notificaron solo 4 casos, aumentando la tasa de 0 a 6,2 enfermedades profesionales por cada 1.000 trabajadores asegurados (13,23).

La tasa de enfermedades profesionales aumenta a medida que también lo hace el tamaño de la empresa. En el año 2016, las empresas de 1.000 o más trabajadores duplicaron la tasa de las empresas que cuentan con 10 a 25 trabajadores. Las excepciones fueron las empresas con menos de 10 trabajadores, que presentaron un valor mayor que algunas de las categorías con mayor tamaño, y los independientes, cuya tasa de enfermedades profesionales notificadas fue menor que cualquiera de las categorías de tamaño de la empresa. Este patrón se ha mantenido al menos en los últimos 5 años con estadísticas disponibles, con una tendencia al aumento de las tasas en cada categoría durante el periodo. Este incremento ha sido más acentuado en las empresas de mayor tamaño, lo que produjo que la razón entre la tasa en las empresas con más de 1.000 trabajadores y la tasa en las empresas de entre 10 y 25

trabajadores aumentara de 1,5 a 2,2 veces el valor de la primera en relación con la segunda entre los años 2012 y 2016, respectivamente. Las empresas con menos de 10 trabajadores han presentado una mayor variabilidad en la tasa a lo largo del tiempo, transitando entre 0,88 y 1,69 enfermedades profesionales por cada 1.000 trabajadores protegidos (gráfico 5) (13,23). Según la Encuesta Laboral 2014 (ENCLA 2014), un 3,7% de las empresas en Chile reportó tener trabajadores que presentan enfermedades profesionales, porcentaje que también aumenta a medida que el tamaño de la empresa es mayor, alcanzando un 16,7% en las grandes empresas. Sin embargo, se debe considerar que la unidad de análisis de estos datos fueron las empresas formales con 5 o más trabajadores y no la cantidad de trabajadores con enfermedad profesional (34).

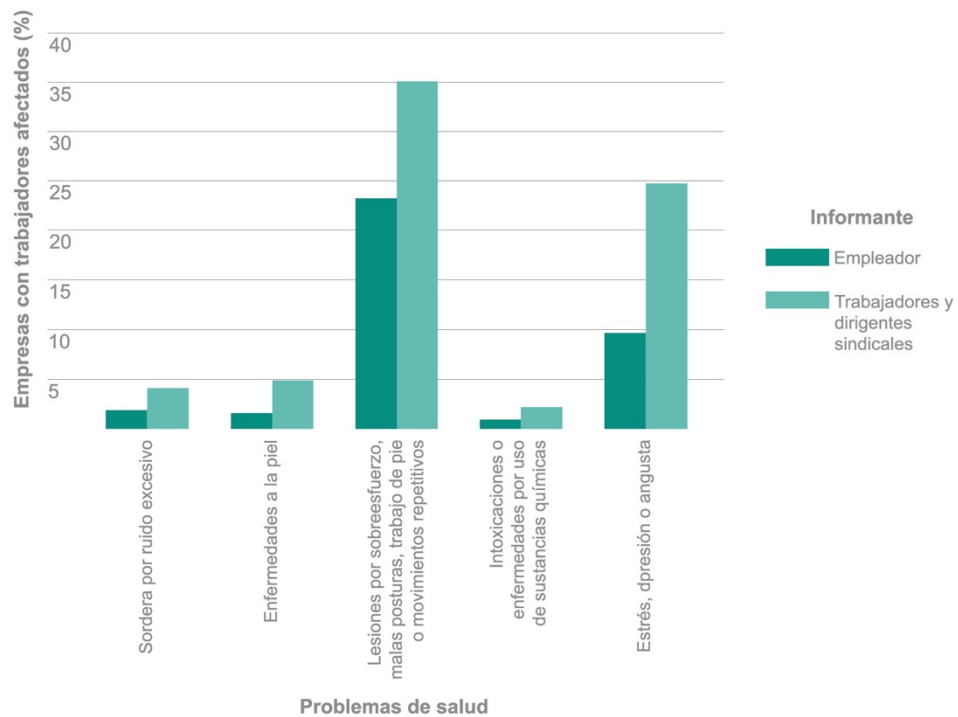
En relación con los diagnósticos asociados a las enfermedades profesionales notificadas, este dato no es entregado por la SUSESO en sus informes estadísticos anuales. Una aproximación a este dato es aportada por la ENCLA 2014, en la que se obtuvo la proporción de empresas con ciertos problemas de salud entre sus trabajadores, entre los que se encuentran algunas enfermedades con factores de riesgo ocupacional. Según el reporte tanto del empleador como de los trabajadores y dirigentes sindicales, los problemas musculoesqueléticos asociados a factores ergonómicos y los problemas de salud mental fueron los que se presentaron en una mayor proporción de empresas. El reporte realizado por los trabajadores y dirigentes sindicales fue mayor en todos los problemas preguntados, superando hasta en 15 puntos porcentuales al reporte de los empleadores (gráfico 6) (34).

Gráfico 5. Tasa de enfermedades profesionales notificadas en mutualidades según tamaño de la empresa. Chile, 2012-2016



*Para los trabajadores independientes, solo se cuenta con datos por separado desde el año 2014.
Fuente: Elaboración propia en base a SUSESO (13,20-23).

Gráfico 6. Porcentaje de empresas que presentan problemas de salud entre sus trabajadores, según tipo de problema e informante. Chile, 2014



Fuente: Elaboración propia en base a ENCLA 2014 (34).

Las cifras anteriores se condicen con las obtenidas en la ENETS 2009-2010, en la que un 61,8% de los trabajadores refiere haber presentado, en los últimos 12 meses, un dolor permanente o recurrente en extremidades inferiores, extremidades superiores, zona lumbar o cuello, lo que podría sugerir, aunque de manera amplia, una alta magnitud de enfermedades músculo-esqueléticas (12). En el caso de problemas de salud mental, el 18,2% de los hombres y un 28,2% de las mujeres activos laboralmente en Chile tienen riesgo de presentar trastornos de salud mental, según el análisis de Rocha et al. (30) sobre los resultados del 12-item General Health Questionnaire (GHQ-12) aplicado en la ENETS. Este riesgo se encuentra asociado en ambos sexos a factores psicosociales en el trabajo como el nivel de demanda física y sensorial, la existencia de discriminación, acoso y malos tratos, la doble presencia en el hogar y el trabajo, la posibilidad de desarrollar habilidades y la calidad del liderazgo, principalmente del jefe directo. Adicionalmente, Anseolaga et al. (29) detectaron un 8,7% de trabajadores chilenos entre 20 y 65 años con sintomatología depresiva. Sin embargo, la presencia de síntomas se basó en los criterios mayores para episodio depresivo establecidos por el DSM-IV, a diferencia del GHQ-12, que mide distrés psicológico.

Los estudios académicos que indagan sobre la magnitud de las enfermedades profesionales en Chile son limitados. De estos, solo una menor parte entrega estimaciones para el total de trabajadores a nivel nacional, las cuales corresponden por lo general a prevalencias de síntomas o incidencias de enfermedades (tabla 7) (26–32). En esta línea, Concha et al. (26) estimaron la cantidad de casos incidentes de las principales enfermedades profesionales

discapacitantes, mediante la aplicación de tasas de incidencia de Estados Unidos y Australia a la fuerza de trabajo en Chile. El lumbago resultó ser la enfermedad con mayor cantidad de casos incidentes al año, estimándose en 24.211 casos, seguida por enfermedades mentales por estrés, con 5.315 casos incidentes.

Tabla 7. Estudios relacionados con la magnitud de enfermedades profesionales en el total de la población trabajadora de Chile

Autor	Año	Población y/o Metodología	Outcome	Resultado
Concha et al. (26)	2007	Aplicación de tasas de incidencia de Estados Unidos y Australia a la fuerza de trabajo en Chile	- Casos incidentes de enfermedad mental por estrés - Casos incidentes de dermatitis - Casos incidentes de STC - Casos incidentes de lumbago - Casos incidentes de tendinitis - Casos incidentes de sordera - Casos incidentes de asma	5.315 (0,9/10.000) 2.953 (5,0/10.000) 1.772 (3,0/10.000) 24.211 (41/10.000) 945 (1,6/10.000) 3.248 (5,5/10.000) 177 (0,3/10.000)
Bernales et al. (27)	2008	Construcción de matriz de exposición ocupacional y aplicación a fuerza de trabajo ocupada en Chile	- Prevalencia de exposición a altos niveles de sílice	5,4% de la fuerza de trabajo ocupada (datos 2005)
Hernández et al. (28)	2011	Revisión de fichas clínicas en un centro asistencial del país especializado en enfermedades laborales (504.109 trabajadores afiliados al centro)	- Incidencia anual de dermatitis de contacto profesional	1,3 casos cada 10.000 trabajadores
Ansoleaga et al. (29)	2014	Diseño transversal. Muestra probabilística de trabajadores asalariados dependientes de 20 a 65 años, con representatividad nacional (n=3.010, 50,6% hombres)	- Prevalencia de sintomatología depresiva (criterios de depresión en DSM-IV)	8,7% en el total 15,3% en mujeres 5,3% en hombres
Rocha et al. (30)	2014	Muestra probabilística de mayores de 15 años ocupados o que tuvieron trabajo los últimos 12 meses, con representatividad nacional (ENETS 2009-2010, n=9.503)	- Riesgo de presentar trastornos de salud mental (evaluado mediante GHQ-12)	28,2% en mujeres 18,2% en hombres
Galleguillos et al. (31)	2015	Construcción de matriz de exposición ocupacional y aplicación a fuerza de trabajo ocupada en Chile	- Prevalencia de exposición a altos niveles de sílice	5,46% de la fuerza de trabajo ocupada (datos 2011)
Vidal et al. (32)	2016	Muestra probabilística de mayores de 15 años ocupados o que tuvieron trabajo los últimos 12 meses, con representatividad nacional (ENETS 2009-2010, n=9.503)	Dolor musculoesquelético vinculado con trabajo: - Prevalencia en al menos una localización corporal - Media del número de localizaciones de dolor	49,8% (IC95%: 47,5-52,1) 1,7 (IC95%:1,5-1,8)

STC: Síndrome de túnel carpiano. Fuente: Elaboración propia en base a (26–32).

Tabla 8. Estudios relacionados con la magnitud de enfermedades profesionales en grupos de trabajadores (según ocupación o profesión) en Chile

Autor	Año	Población/Muestra	Outcome	Resultado
Guzmán et al. (35)	2005	Personal de pabellón de HCUCH (n=95)	- Prevalencia de sensibilidad al látex	25,3% (IC95%: 16,9-35,2)
Ferrés et al. (36)	2006	Médicos y auxiliares veterinarios de Santiago y Valdivia (n=107, 58,8% hombres, edad promedio 29 años)	- Seroprevalencia de IgG anti Bartonella henselae	6,6% (médicos vet.) 19,4% (técnicos vet.)
Gutiérrez et al. (37)	2012	TCP de cirugía h. público (n=21) Bodegueros de supermercado (n=9) Auxiliar de aseo h. público (n=7) Lavado y cosecha de plantas (n=7) Empaque de salmón (n=18) TCP de pensionado h. público (n=8) TCP de emergencia h. público (n=22)	- Prevalencia de trastornos ME (lumbago y lumbago con ciática que en los últimos 12 meses generaron al menos 1 día de reposo laboral)	9,5% 11,1% 14,3% 14,3% 6,7% 25,0% 27,3%
Valencia et al. (38)(38)	2014	Trabajadores contratados por agencia de empleo temporal en Concepción (n=112, 50,9% mujeres, edad promedio 34,5 años) Muestra intencionada.	- Prevalencia de malestar psicológico según nivel bajo, medio o alto (evaluado mediante GHQ-30)	Nivel bajo: 24% Nivel medio: 51% Nivel alto: 25%
Ansoleaga et al. (39)	2015	Trabajadores hospital pediátrico público de alta complejidad, Santiago (n=782, 77% mujeres). Censo (tasa de rechazo: 30%).	- Prevalencia de sintomatología depresiva (criterios de depresión en DSM-IV)	23% en total 25% en mujeres 17% en hombres
Castillo et al. (40)	2015	Profesores pertenecientes a establecimientos de educación municipales de Santiago (n=402, 80,9% mujeres)	- Prevalencia de disfonía (evaluado por especialistas)	75,5% en total 76% en mujeres 74% en hombres
Troncoso et al. (41)	2016	Médicos veterinarios y criadores de gatos de Chillán y Concepción (n=76, 51,3% hombres)	- Seroprevalencia de IgG anti Bartonella henselae	60,5%
Rodríguez et al. (42)	2017	Embarazadas con al menos media jornada laboral, atendidas en HCUCH (n=80). Muestra por conveniencia	- Prevalencia de molestias ME (Cuestionario Nórdico Estandarizado)	90%
Bacaloni et al. (43)	2018	Mineros de Codelco Andina que trabajan en 3 altitudes diferentes (1.500, 3.600 y 4.300 msnm) y en turnos 4x4, equivalentes a 2 turnos día de 12 horas, 2 turnos noche de 12 horas y 4 días de descanso (n=260, edad media 40,7 años)	- Saturación de hemoglobina (%) promedio turno día / turno noche - Frecuencia cardíaca (lat/minuto) promedio turno día / turno noche	1.500 m: 95,5 / 96,0 3.600 m: 89,8 / 91,2 4.300 m: 91,0 / 90,0 1.500 m: 74,7 / 79,3 3.600 m: 77,1 / 76,2 4.300 m: 76,8 / 76,5
Grillo et al. (44)(44)	2018	Trabajadores agrícolas (n=55) y no agrícolas (n=58) de la región del Maule (n=113, 52% hombres) Muestreo probabilístico	- Prevalencia de PNP distal extremidad inferior de tipo sensorial (método on-off) - Riesgo de PNP debido a exposición a plaguicidas OF	26% en total 38% en exp. a OF 14% en no exp. OF OR= 3,6 (IC95%: 1,22-10,5)
Mora et al. (45)(45)	2018	Profesores de establecimientos municipalizados de educación básica de Iquique (n=70, 80% mujeres) Muestra intencionada	- Sequedad en laringe - Cansancio en laringe - Picazón cuerdas vocales - Sensación cuerpo extraño	64,2% 42,8% 40,0% 37,1%

*HCUCH: Hospital Clínico de la Universidad de Chile, TCP: Técnicos en cuidado de pacientes, ME: musculoesqueléticas, PNP: polineuropatía periférica, OF: organofosforados. Fuente: Elaboración propia en base a (35–45).

La relevancia de las enfermedades profesionales musculoesqueléticas también es avalada por Vidal et al. (32), quienes determinaron que un 49,8% de los trabajadores chilenos presenta dolor musculo-esquelético vinculado al trabajo en al menos una localización corporal.

La información académica a nivel nacional es aun más escasa para enfermedades profesionales diferentes a los trastornos musculoesqueléticos o de salud mental. A partir de la revisión de fichas clínicas, Hernández et al. (28) detectaron 2.193 diagnósticos de dermatitis de contacto, en un periodo de 5 años, para un universo de 504.109 trabajadores afiliados a un centro asistencial especializado en enfermedades laborales. Del total de casos, 329 fueron acogidos como enfermedad profesional por el seguro, lo que equivale a una tasa de incidencia anual promedio de 1,3 casos por cada 10.000 trabajadores. La tasa obtenida es inferior a la indicada por Concha et al. (26) en base a literatura internacional, correspondiente a 5 casos cada 10.000 trabajadores. En el caso de la silicosis, los estudios disponibles se orientan a la estimación de población trabajadora expuesta. Es así como Bernales et al. (27) estimaron, en base al desarrollo de una matriz de exposición ocupacional con datos del año 2005, que el 5,4% de la fuerza de trabajo en Chile se encuentra expuesta a altos niveles de sílice en sus actividades laborales, cifra que fue actualizada a un valor de 5,46% con datos del año 2011 por Galleguillos et al. (31). Estos últimos autores evidencian el contraste entre la cantidad de trabajadores expuestos a sílice indicada por entidades oficiales y la obtenida a partir de su estudio. Según cifras de los organismos administradores, 36.790 trabajadores estaban expuestos a sílice en Chile en el año 2013, lo que corresponde a menos de un 10% de la cifra

estimada por los autores, que alcanza los 400.000 trabajadores expuestos. Adicionalmente, el estudio indicado reporta una cantidad de 46.027 trabajadores en vigilancia de silicosis y 1.022 trabajadores con silicosis en el país para el año 2013 (31).

Si bien existen otros estudios sobre enfermedades profesionales en el país, estos se limitan a estudiar la magnitud de la enfermedad en grupos específicos de trabajadores según ocupación o bien en áreas geográficas no representativas a nivel nacional (35–45) (tabla 8). Aunque permiten tener una idea general en relación con la prevalencia de enfermedades en algunas profesiones, estos estudios no permiten realizar estimaciones sobre la cantidad de enfermedades profesionales en el total de la población trabajadora de Chile.

II.2.4. Costos asociados a las enfermedades profesionales

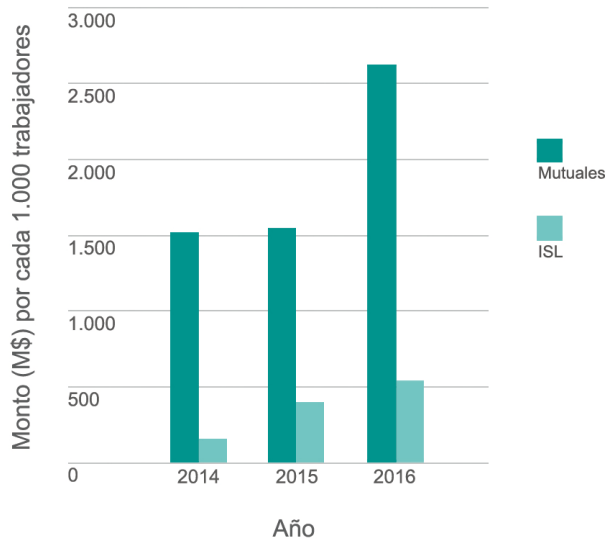
Además de los costos directos de las enfermedades profesionales, como los pagos por consultas ambulatorias, hospitalizaciones y los subsidios por incapacidad temporal, se debe tener en consideración la existencia de costos indirectos, que incluyen la pérdida de productividad tanto del trabajador como del empleador. Mientras que en el trabajador esta merma productiva puede producir una eventual disminución de los ingresos en el grupo familiar, el empleador puede verse en la necesidad de contratar y entrenar a personal de reemplazo para mantener sus niveles productivos (46). En Australia, el costo de las enfermedades profesionales fue estimado en 33,6 billones de dólares anuales en el periodo 2012-2013. Se estima que este valor, que equivale aproximadamente

a un 2,2% del producto interno bruto de dicho país, fue asumido en un 77% por los trabajadores, un 5% por los empleadores y un 18% por la sociedad (47). En relación a enfermedades específicas, el asma ocupacional produjo en Europa un costo de 1,2 billones de euros durante el 2008, de los cuales un 72% fueron costos indirectos (34% para el individuo, 32% para la sociedad y 6% para el empleador) (48).

En 2016, las mutuales registraron el inicio de un total de 19.088 subsidios por incapacidad temporal a causa de enfermedades profesionales, pagándose un monto aproximado de 13.027 millones de pesos (13). Durante el mismo año, en el ISL estas cifras alcanzaron los 1.156 subsidios y un desembolso de 418 millones de pesos (14), presentando una tendencia al aumento en relación a los años previos tanto en las mutuales de empleadores como en el ISL. Considerando el total de afiliados en cada organismo, estos valores se traducen en que las mutuales pagaron en total un monto 5 veces superior al pagado por el ISL por concepto de subsidio por enfermedad profesional (13,14) (gráfico 7).

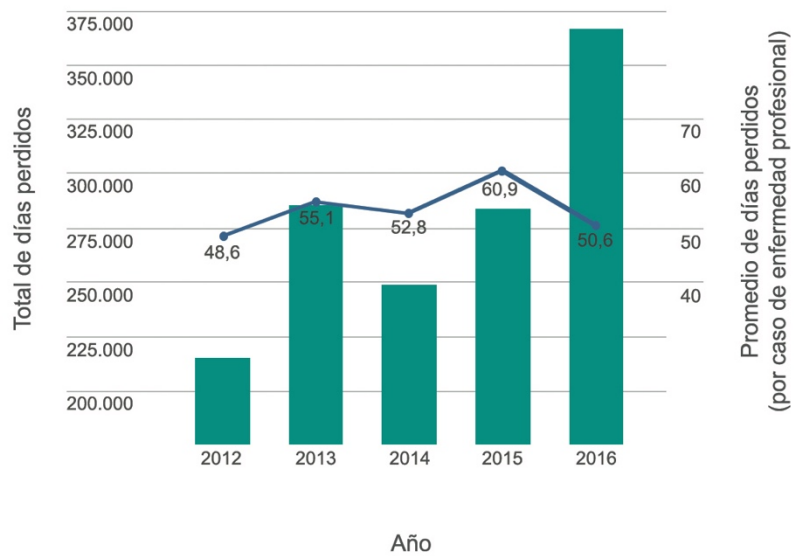
Una manera de aproximarse al efecto de las enfermedades profesionales en la productividad de las entidades empleadoras es la medición de la cantidad de días perdidos al año a causa de estas patologías. El año 2016 se registró un promedio anual de 50,6 días perdidos por cada caso de enfermedad profesional, cifra menor a la de los tres años previos, pero con tendencia temporal a mantenerse en torno a los 55 días por caso de enfermedad (13) (gráfico 8). La tasa anual de días perdidos presenta una variación según el tamaño de la empresa que es similar a la que presenta la tasa de enfermedades profesionales.

Gráfico 7. Monto (M\$) pagado por mutuales e ISL por concepto de subsidios por enfermedad profesional. Chile, 2014-2016



Fuente: Elaboración propia en base a SUSESO (13) e ISL (14)

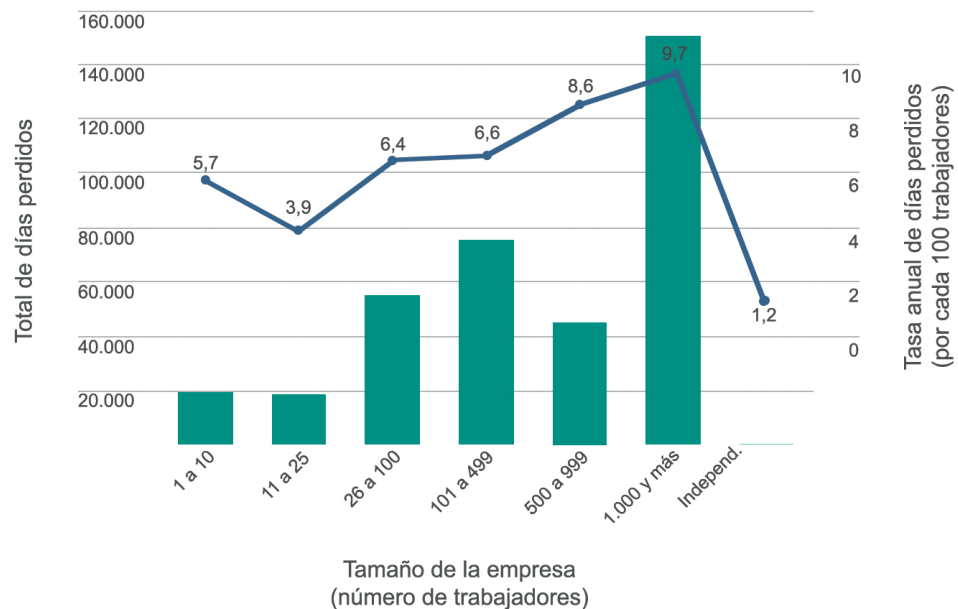
Gráfico 8. Total y promedio anual de días perdidos por enfermedad profesional en mutualidades. Chile, 2012-2016



Fuente: Elaboración propia en base a SUSESO (13).

En efecto, aumenta a medida que también lo hace la cantidad de trabajadores, excepto en las empresas con menos de 10 trabajadores y en los independientes. La mayor tasa anual de días perdidos se encuentra en las empresas de 1.000 y más trabajadores, con 9,7 días perdidos al año por cada 100 trabajadores (13) (gráfico 9).

Gráfico 9. Cantidad total y tasa anual de días perdidos por enfermedad profesional en mutualidades según tamaño de las empresas. Chile, 2016



Fuente: Elaboración propia en base a SUSESO (13).

En relación con las instituciones financiadoras, existe evidencia que sugiere que los aseguradores de enfermedades de origen común estarían cubriendo gastos que le corresponden a los aseguradores de enfermedades de origen profesional, existiendo un subsidio cruzado. Del total de trabajadores dependientes que autorreportan una enfermedad agravada y/o producida por el trabajo, un 45,9% refiere que esta ha sido principalmente atendida en un

establecimiento público de salud; en los trabajadores independientes, esta cifra llega a un 65,7%, con la consideración que no tienen la obligación de ser parte del seguro contra accidentes del trabajo y enfermedades profesionales (12).

II.2.5. Subregistro y subreporte de enfermedades profesionales

El subregistro de enfermedades profesionales es entendido como la situación en la que una cantidad de estas patologías no se encuentra incorporada en los registros correspondientes, aun cuando deberían haber sido consignadas (49). En la práctica, el subregistro tiene como consecuencia que la cantidad de enfermedades profesionales dada a conocer a las autoridades correspondientes sea menor a la real, situación conocida como subreporte (49). Esto se hace trascendente en la medida que los tomadores de decisión se apoyen en estos datos para generar e implementar cursos de acción efectivos para enfrentar las enfermedades profesionales. Adicionalmente, el reporte de las enfermedades profesionales toma particular relevancia para fines administrativos, legales y de compensación económica (49,50). Pese a ello, la Organización Panamericana de la Salud (OPS) estima que solo entre el 1 y el 5% de las enfermedades profesionales se notifican en la región de las Américas (51,52), subregistro descrito como un hecho habitual en los estudios de investigación de diversos países (53–56). Por ejemplo, en el caso de Estados Unidos, se estima entre un 20 y un 70% de enfermedades profesionales no registradas (49,57).

Entre las múltiples causas del subregistro, se encuentran aquellas vinculadas con un subdiagnóstico de las enfermedades profesionales. Estas se

relacionan con aspectos como la institucionalidad del sistema de salud y seguridad laboral, las características propias de las enfermedades profesionales, falta de conocimientos por los profesionales de la salud y el nivel de conocimientos de los trabajadores (50–52,54,56,58).

Desde la perspectiva de la institucionalidad, entre las causas de subdiagnóstico de enfermedades profesionales se encuentran una baja cobertura de los sistemas de aseguramiento laboral, servicios de salud ocupacional limitados o deficientes y la falta de visibilidad de grupos específicos de trabajadores, tales como aquellos pertenecientes al sector informal y quienes ejercen sus labores en sectores rurales (51).

Adicionalmente, el subdiagnóstico puede estar vinculado con características propias de la mayoría de las enfermedades profesionales, como lo son un largo periodo de latencia en su aparición y una etiología compartida entre riesgos ocupacionales y no ocupacionales (51,52). Esto conduce a que la identificación de enfermedades profesionales sea compleja, en la que tienen un rol activo los profesionales de la salud tanto de los sistemas de salud laboral como de enfermedad común, quienes deben considerarlas dentro de sus procesos diagnósticos (50,51,54). Sin embargo, la OPS reconoce que los profesionales de la salud carecen de los conocimientos necesarios sobre enfermedades profesionales, principalmente en América Latina y el Caribe (51). Ante este antecedente, han surgido diferentes intervenciones cuyo propósito ha sido aumentar el diagnóstico y registro de enfermedades profesionales, principalmente basadas en material y/o reuniones educativas para incentivar a médicos a registrar los casos. Los estudios experimentales o

cuasiexperimentales sobre estas intervenciones no han avalado un aumento en la tasa o cantidad de casos de enfermedades profesionales registrados. Por el contrario, sí han tenido resultados positivos en la cantidad de médicos que registran casos cuando estos reciben mensajes recordatorios sobre la obligatoriedad legal de notificar. Sin embargo, estos estudios presentan calidad metodológica que ha sido calificada como muy baja a moderada (56).

Finalmente, el subdiagnóstico puede tener relación con el nivel de conocimientos y las percepciones que tienen los trabajadores sobre el sistema que resguarda la seguridad y salud en el trabajo. Es así como la falta de diagnóstico puede estar influida por un desconocimiento por parte de los usuarios sobre la afiliación, los beneficios y los procesos del sistema, así como también sobre la relación entre factores de riesgo ocupacionales y ciertas enfermedades (54,58). Estas causas de subdiagnóstico podrían no ser ajenas a nuestro país, considerando que más de un tercio de los trabajadores chilenos con una enfermedad vinculada con el trabajo no recibieron atención pues “no lo consideraron necesario, no hicieron nada o utilizaron remedios por su cuenta” (12).

Aun cuando las enfermedades sean diagnosticadas, estas pueden no ser finalmente registradas como enfermedades profesionales; en este caso el subregistro se puede deber a deficiencias del sistema de vigilancia, a los estándares del proceso de calificación de origen o a motivaciones del trabajador o del empleador (49,54,58–60).

La información sobre cantidad de enfermedades profesionales que ocurren en un país se obtiene habitualmente desde los registros de los

aseguradores o de las entidades empleadoras, o bien mediante encuestas aplicadas a la fuerza de trabajo (19,53). Estos sistemas pueden vincularse parcial o totalmente a la compensación de los trabajadores, aunque también pueden corresponder a sistemas no relacionados con la compensación, con el objetivo de registrar cualquier enfermedad ocupacional o bien ciertos grupos o enfermedades específicas (53). Debido a la evidencia sobre el subregistro existente en las fuentes oficiales, se han propuesto alternativas como sistemas de vigilancia activa a muestras de instituciones de salud laboral (59) o vigilancia centinela a través de médicos comprometidos con el registro de estas enfermedades, logrando esta última registrar hasta 7 veces más enfermedades que los sistemas oficiales, con evidencia de una mejor calidad de registro (60).

Adicionalmente, el subregistro se puede vincular al rechazo del origen ocupacional que aquellas enfermedades denunciadas como profesionales a los organismos administradores. En 2016 solo un 10% de las denuncias de enfermedad profesional en el ISL fueron calificadas como enfermedades profesionales (14), mientras que en países con mayor nivel de desarrollo aproximadamente entre un 30 y un 40% de las denuncias se confirma el origen profesional de la enfermedad (61,62).

Por otra parte, los trabajadores con sospecha o diagnóstico de enfermedades profesionales pueden no querer reportar la situación a sus supervisores. Entre los motivos para no informar se encuentra el miedo a una eventual percepción negativa del trabajador debido su ausencia, así como también la incertidumbre sobre la cantidad o fecha de pago de las compensaciones asociadas a los días no trabajados (49,54,58). Observando la

otra cara de la moneda, el subregistro también puede recaer en motivaciones del empleador, como querer evitar mayores costos económicos para la empresa como consecuencia de mayores tasas de enfermedades profesionales (49,54,58). Los trabajadores chilenos que reportan no haber recibido atención para alguna enfermedad agravada y/o provocada por el trabajo, indican entre los principales motivos no haber tenido facilidades en el trabajo para acudir (12), lo cual debe ser sometido a mayor análisis para verificar los motivos detrás de estos impedimentos.

Como se discutirá en el capítulo siguiente, la estimación de la carga no fatal de enfermedad requiere como indicador principal la incidencia de la enfermedad. En este contexto, un subregistro de casos de enfermedades profesionales se traduce en una subestimación de la carga no fatal y, por tanto, del impacto de estas enfermedades en la morbilidad de la población.

II.3. Un acercamiento al impacto de enfermedades profesionales: la carga de enfermedades con factores de riesgo ocupacional

II.3.1. Indicadores de carga de enfermedad: medidas resumen de salud poblacional

Las medidas resumen de salud poblacional, desarrolladas en su mayoría por Murray et al. (63), corresponden a indicadores de datos agregados creados para estimar la carga de enfermedad a nivel global, adaptándose su uso para estudios nacionales y subnacionales posteriormente. Estas medidas surgen ante las limitaciones prácticas que presentan las estadísticas en salud para los tomadores de decisión, como lo son la parcialidad o fragmentación de la información, la sobreestimación de indicadores ante la falta de consistencia de los datos o la separación entre medidas de mortalidad y de morbilidad. Estas situaciones dificultan la comparación de indicadores de diferentes condiciones de salud, necesarias para el desarrollo y evaluación de políticas en el área (63,64).

De manera general, las medidas resumen de salud poblacional se basan en una comparación entre el estado de salud actual de los individuos y el estado de salud futuro, siendo divididas en dos grupos (64):

a) *Esperanzas de salud (health expectancies)*: Amplían el concepto de esperanza de vida hacia esperanzas vinculadas a un concepto amplio de salud, el cual no se limita solo a la cantidad de años de vida. Por ejemplo, se considera la ausencia de discapacidad o la autopercepción de la salud, representadas por la esperanza de vida libre de discapacidad (EVLD) y la esperanza de vida en buena salud percibida (EVBS), respectivamente.

b) *Brechas de salud (health gaps)*: Miden la cantidad de años perdidos en relación con un ideal de salud establecido. Dentro de este grupo se encuentran los años de vida perdidos por muerte prematura (AVPM), los años de vida vividos con discapacidad (AVD) y los años de vida perdidos ajustados por discapacidad (AVISA).

Las medidas de esperanza, dada su operacionalización, no permiten la desagregación del dato por categorías de enfermedades o lesiones, limitando su uso en los estudios de carga de enfermedad. Por el contrario, las medidas de brecha como los AVISA, que incorporan tanto carga fatal como no fatal de enfermedad, permiten desagregar la estimación según categorías de enfermedades, lesiones o factores de riesgo, permitiendo comparabilidad. Por lo anterior, estos son los indicadores preferentemente utilizados en los estudios globales, nacionales y locales de carga de enfermedad (64).

Los AVPM corresponden a la brecha entre la edad de muerte por una causa específica y una edad estándar bajo la cual la muerte es considerada prematura. Esta edad estándar puede ser arbitraria o basarse en las esperanzas de vida por edad y sexo según tablas de vida. Como regla general, su estimación se basa en el producto entre la cantidad de muertes (N) por una enfermedad c , para una determinada edad e y sexo s , y los años de vida perdidos en relación a la edad a la que ocurrió la muerte (L) para esa misma edad y sexo (63,64):

$$AVPM_{(c,e,s)} = N_{(c,e,s)} \times L_{(e,s)} \quad (1)$$

A su vez, los AVD hacen referencia a la brecha entre la edad en la que comienza una enfermedad que produce discapacidad y la edad en que se recupera la funcionalidad, si la enfermedad remite, o la edad en que el individuo muere, si la enfermedad no remite o el individuo muere antes de la remisión de la enfermedad. Debido a los diferentes niveles de discapacidad que puede producir una enfermedad determinada o sus secuelas, la brecha de años debe ser ajustada por un valor que represente el grado de discapacidad. En consecuencia, los AVD para la enfermedad c , la edad e y el sexo s están determinados, de manera general, por la cantidad de casos incidentes de una enfermedad (I), la duración de la enfermedad (L) y el peso de discapacidad para la enfermedad (DW) (63,64):

$$AVD_{(c,e,s)} = I_{(c,e,s)} \times DW_{(c)} \times L_{(c,e,s)} \quad (2)$$

Los impactos fatal y no fatal de una enfermedad o condición determinada se encuentran conjuntamente representados en los AVISA, la medida resumen de salud poblacional con mayor uso en la literatura de carga de enfermedad. Dada su conceptualización, su estimación general se encuentra representada por:

$$AVISA_{(c,e,s)} = AVPM_{(c,e,s)} + AVD_{(c,e,s)} \quad (3)$$

Los detalles específicos sobre la estimación de los AVISA, incluyendo sus ventajas y limitaciones, se encuentran detalladas en el anexo 2 (33,63,65–73).

II.3.2. Estudio global de carga de enfermedad

El GBD corresponde a una estimación sistemática de medidas resumen de salud de la población a nivel mundial, cuya primera versión se realizó estimando los AVPM, AVD y AVISA para el año 1990. Desde entonces, se han realizado actualizaciones para los años 2000, 2004, 2010, 2013, 2015 y 2016 (33,65,72–74), en las que progresivamente se han perfeccionado y estandarizado los procesos metodológicos de carga de enfermedad. Además, se ha incorporado la medición de carga atribuible para una cantidad cada vez mayor de factores de riesgo, lo que será revisado en detalle en el capítulo siguiente.

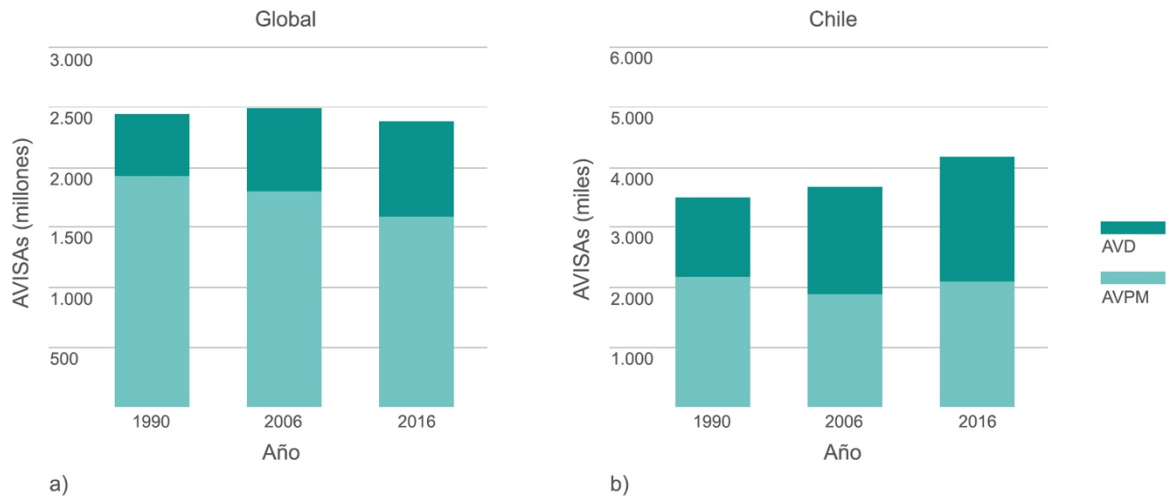
En cada versión del GBD se han revisado las fuentes de información, con el objetivo de incorporar, reemplazar y/o actualizar datos para las estimaciones del año objetivo y de los años previos, por lo que los resultados de una versión reemplazan los de las versiones anteriores. Efectivamente, el GBD 2016 actualizó datos de mortalidad, causas de muerte y pérdida de salud por causas no fatales, realizando reestimaciones para los AVISA desde 1990 a 2016 (3,33,75–77). En esta última versión disponible, se estimó la carga de enfermedad para 333 causas específicas, incluyendo enfermedades y lesiones, de las cuales 260 causan mortalidad y morbilidad, 68 solo morbilidad y 5 solo mortalidad. Además de una estimación mundial, los resultados se encuentran jerarquizados en 7 super-regiones, 21 regiones y 195 países. La metodología se basa en la estimación de AVISA según los datos y las fórmulas descritas en el anexo 2, utilizando una tasa de descuento del 3%, un peso por edad no uniforme y los pesos de discapacidad desarrollados para GBD 2013, ocupando como

variables de subgrupos la edad, el sexo y la zona geográfica (3,33). Los datos utilizados como inputs para cada enfermedad varían según su disponibilidad y calidad en cada país. En el caso de Chile, se han utilizado principalmente datos censales, registros vitales, egresos hospitalarios y encuestas como la Encuesta Nacional de Salud (ENS), la Encuesta de Calidad de Vida y Salud (ENCAVI) o la Encuesta de Caracterización Socioeconómica Nacional (CASEN), entre otras (78).

Para el año 2016, se estimó a nivel global una cantidad absoluta de 2,39 billones de AVISAs (intervalo de incertidumbre (II): 2,18-2,63 billones) para todas las causas, edades y para ambos sexos, sin una variación significativa durante el periodo 1990-2016 (gráfico 10 a). Por el contrario, en Chile el valor total de AVISA estimado por el GBD 2016 muestra un aumento desde 3,51 millones en 1990 a 4,19 millones en 2016 (gráfico 10 b). La proporción de AVISA que corresponden a AVD ha crecido con el tiempo, aumentando desde 21,7% del total de AVISA en 1990 a 33,7% en 2016 a nivel mundial y desde 37,9% del total de AVISA en 1990 a 50% en 2016 en el caso de Chile (gráfico 10 a y b).

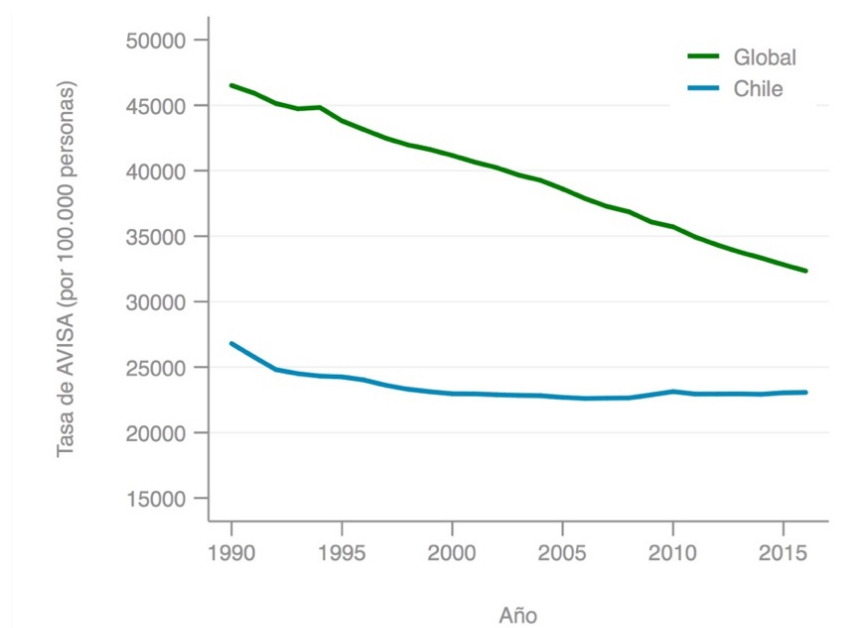
La tasa de AVISA estandarizada por edad a nivel global ha disminuido un 30,4% en el periodo, alcanzando un valor de 32.348 AVISAs por 100.000 personas en el año 2016, mientras que en Chile el descenso representa un 13,9%, con una tasa de 23.065 AVISAs por 100.000 personas en 2016 (gráfico 11) (33,78). Del total global de AVISA, 27,9% son causados por enfermedades transmisibles, maternas, neonatales y nutricionales (ETMNN), 61,4% por enfermedades no transmisibles (ENT) y 10,7% por lesiones. Durante

Gráfico 10. Cantidad de AVISAs a nivel global estimados para para Chile y a nivel global para 1990, 2006 y 2016. GBD 2016



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Institute for Health Metrics and Evaluation, University of Washington (78).

Gráfico 11. Tasa de AVISA estandarizada por edad estimada para Chile y a nivel global, 1990-2016. GBD 2016



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Institute for Health Metrics and Evaluation, University of Washington (78).

el periodo comprendido entre 1990 y 2016, la cantidad de AVISA registró una disminución de 40,1% para las ETMNN y de 1,6% para lesiones, mientras que en las ENT existió un aumento de 36,3%. A nivel mundial, las tres principales causas específicas de AVISA corresponden a la enfermedad coronaria isquémica, las infecciones respiratorias bajas y las enfermedades diarreicas, representando en conjunto un 14,3% de los AVISA (tabla 9). Sin embargo, si se consideran el accidente cerebrovascular (ACV) isquémico y el ACV hemorrágico como una sola causa específica –la enfermedad cerebrovascular–, esta categoría ocupa el segundo lugar en el ranking de AVISA a nivel mundial (33,78).

En comparación con los resultados globales, en Chile las enfermedades musculoesqueléticas aumentan su importancia como causa de AVISA, siendo las tres primeras causas la lumbalgia, la enfermedad coronaria isquémica y otras enfermedades musculoesqueléticas (distintas a la artritis reumatoide, osteoartritis, lumbalgia, cervicalgia o gota), representando en conjunto un 14,5% de los AVISA del país. Adicionalmente, destacan entre las primeras 10 causas de AVISA las enfermedades de la salud mental, representadas por los trastornos ansiosos y depresivos (33,78) (tabla 9).

Con relación a las variaciones por sexo destaca, tanto a nivel global como en Chile, una mayor importancia de las enfermedades cerebrovasculares en hombres y de la lumbalgia y migraña en mujeres. Además, en Chile toman especial relevancia en hombres las enfermedades musculoesqueléticas, las lesiones autoinflingidas por medios distintos a las armas de fuego, el cáncer gástrico, los trastornos por consumo de alcohol y la hipoacusia relacionada con

Tabla 9. Ranking de las 10 primeras causas de AVISA a nivel global y en Chile, ambos sexos, 2016

Global				Chile			
N°	Causa	AVISAs		Causa	AVISAs		
		n (miles)	Tasa*		n (miles)	Tasa*	
1°	Enf. coronaria isquémica	176.611,1	2.362,1	Lumbalgia	264,0	1.452,8	
2°	Inf. respiratorias bajas	91.844,6	1.242,1	Enf. coronaria isquémica	212,5	1.169,5	
3°	Enfermedades diarreicas	74.414,7	1.006,1	Otras musculoesqueléticas	129,0	710,2	
4°	ACV hemorrágico	64.547,7	873,2	Migraña	126,4	695,7	
5°	EPOC	63.434,3	858,1	Trastornos ansiosos	107,2	590,0	
6°	Prematurez neonatal	62.031,6	839,1	Diabetes	106,9	588,3	
7°	Lumbalgia	57.648,2	779,8	Depresión mayor	102,7	565,1	
8°	Diabetes	57.233,7	774,2	ACV hemorrágico	90,6	498,7	
9°	Malaria	56.201,2	760,3	ACV isquémico	88,5	487,3	
10°	ACV isquémico	51.897,4	702,1	Autolesiones por otros medios	87,7	482,9	

*Tasa por 100.000 habitantes y estandarizada por edad.

Elaboración propia a partir de datos de Institute for Health Metrics and Evaluation, University of Washington (78).

Tabla 10. Ranking de las 10 primeras causas de AVISA a nivel global y en Chile, hombres, 2016

Global				Chile			
N°	Causa	AVISAs		Causa	AVISAs		
		n (miles)	Tasa*		n (miles)	Tasa*	
1°	Enf. coronaria isquémica	106.822,6	2.867,0	Enf. coronaria isquémica	139,1	1.551,8	
2°	Inf. respiratorias bajas	50.213,4	1.347,7	Lumbalgia	125,4	1.399,1	
3°	ACV hemorrágico	38.111,4	1.022,9	Autolesiones por otros medios	72,1	804,0	
4°	Enfermedades diarreicas	38.107,8	1.022,8	Otras musculoesqueléticas	69,2	771,2	
5°	EPOC	37.784,7	1.014,1	Diabetes	55,1	614,3	
6°	Prematurez neonatal	35.010,4	939,7	Cáncer gástrico	52,7	587,7	
7°	Diabetes	29.192,6	783,5	ACV hemorrágico	49,9	556,8	
8°	Malaria	28.401,6	762,3	ACV isquémico	44,6	497,0	
9°	ACV isquémico	27.528,7	738,9	Trastornos por consumo OH	42,7	475,8	
10°	Encefalopatía neonatal	27.313,0	733,1	Hipoacusia en relación a edad	42,3	471,2	

*Tasa por 100.000 habitantes y estandarizada por edad. OH: alcohol.

Elaboración propia a partir de datos de Institute for Health Metrics and Evaluation, University of Washington (78).

Tabla 11. Ranking de las 10 primeras causas de AVISA a nivel global y en Chile, mujeres, 2016

Global				Chile			
N°	Causa	AVISAs		Causa	AVISAs		
		n (miles)	Tasa*		n (miles)	Tasa*	
1°	Enf. coronaria isquémica	68.788,4	1.848,9	Lumbalgia	138,5	1.505,3	
2°	Inf. respiratorias bajas	41.631,2	1.135,5	Migraña	84,2	915,4	
3°	Enfermedades diarreicas	36.306,9	990,3	Trastornos ansiosos	78,2	849,5	
4°	Lumbalgia	31.584,7	861,5	Enf. coronaria isquémica	73,3	796,9	
5°	Migraña	29.080,9	793,2	Depresión mayor	65,5	711,5	
6°	Diabetes	28.041,1	764,8	Otras musculoesqueléticas	59,9	650,6	
7°	Malaria	27.797,7	758,2	Diabetes	51,8	563,0	
8°	Prematurez neonatal	27.021,2	737,0	Cervicalgia	48,0	521,3	
9°	ACV hemorrágico	26.436,3	721,1	Enfermedad de Alzheimer	45,1	489,8	
10°	EPOC	25.649,7	699,6	ACV isquémico	44,0	477,8	

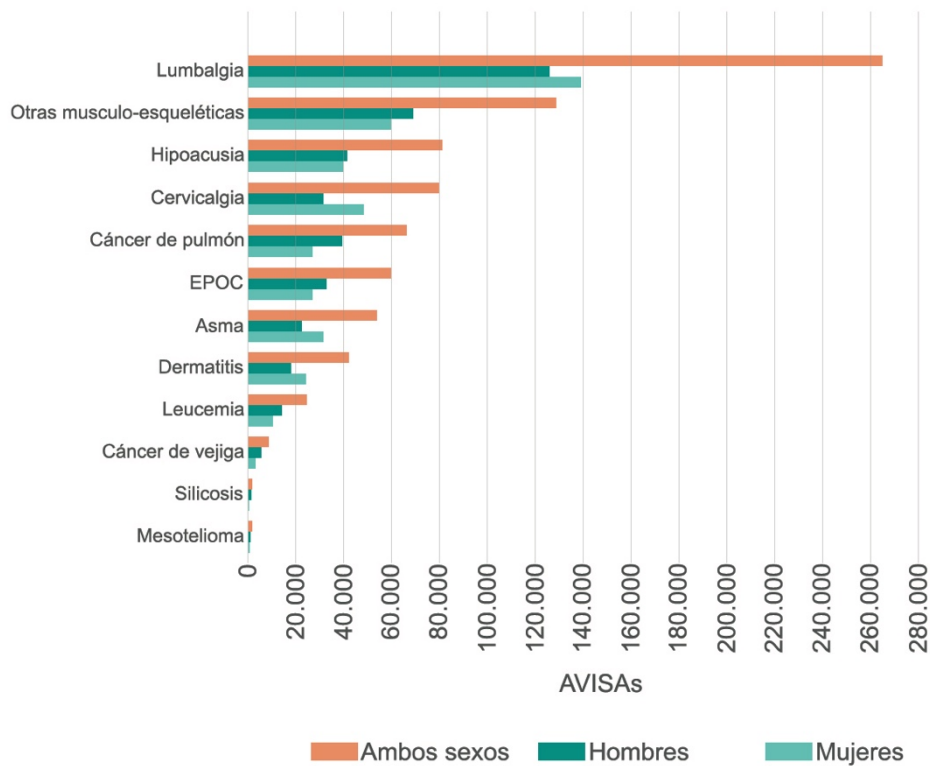
*Tasa por 100.000 habitantes y estandarizada por edad.

Elaboración propia a partir de datos de Institute for Health Metrics and Evaluation, University of Washington (78).

la edad, mientras que en mujeres se incluyen las enfermedades musculoesqueléticas, las enfermedades de la salud mental y la enfermedad de Alzheimer (78) (tablas 10 y 11).

La carga de enfermedad que se produce a consecuencia de patologías catalogadas como enfermedades profesionales, debe ser analizada bajo el contexto de su multicausalidad. Por ejemplo, las enfermedades musculoesqueléticas, la hipoacusia relacionada con la edad y el cáncer de pulmón, todas enfermedades con factores de riesgo ocupacional, producen una alta cantidad de AVISA en Chile (33) (gráfico 12). Sin embargo, los AVISA

Gráfico 12. Cantidad de AVISAs por enfermedades que pueden tener origen ocupacional estimadas para 2016 en Chile. GBD 2016



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Institute for Health Metrics and Evaluation, University of Washington (78).

obtenidos para estas enfermedades representan la carga de enfermedad asociada a todas sus causas y no solo aquellas vinculadas con el trabajo. Para determinar la carga de enfermedad asociada exclusivamente al origen laboral, es necesario realizar un análisis de carga atribuible a riesgos ocupacionales, explicado en detalle más adelante.

II.3.3. Estudios nacionales de carga de enfermedad

A pesar de que el desarrollo de la investigación sobre carga de enfermedad a niveles nacionales o subnacionales se ha expandido, gran parte de esta literatura no hace referencia a medidas resumen de salud poblacional (79). Entre los países que han realizado estudios a nivel nacional, destacan por su calidad metodológica los estudios australianos, siendo su última versión el Estudio de Carga de Enfermedad de Australia 2011 (80,81), en el cual se utilizó el método estandarizado por el GBD y recomendado por la Organización Mundial de la Salud (OMS). Para el total de la población de Australia, se estimó un total de 4,5 millones de AVISAs en el año 2011, equivalente a una tasa de 201 AVISAs por cada 1.000 personas. Las condiciones con factores de riesgo ocupacional que se ubicaron entre las principales causas de AVISA fueron el dolor y los problemas lumbares, enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC), cáncer de pulmón, trastornos ansiosos, asma e hipoacusia. Estas presentaron variaciones en su posición dentro del ranking de AVISA según sexo (81) (tabla 12).

Tabla 12. Posición de enfermedades con factores de riesgo ocupacional en ranking de las primeras 20 causas de AVISA, según sexo. Australia, 2011

Nº	Hombres	Nº	Mujeres
2º	Cáncer de pulmón	4º	Trastornos ansiosos
5º	Dolor y problemas lumbares	5º	Dolor y problemas lumbares
6º	EPOC	6º	EPOC
9º	Trastornos ansiosos	10º	Cáncer de pulmón
15º	Asma	11º	Asma
19º	Hipoacusia	17º	Hipoacusia

Fuente: Elaboración propia a partir de Estudio de Carga de Enfermedad de Australia 2011 (81).

En Latinoamérica, países como Brasil, Colombia, Costa Rica, México y Perú han realizado estudios de carga de enfermedad nacionales. De manera general, entre las primeras diez causas específicas de AVISA de estos países se encuentran las enfermedades crónicas respiratorias, específicamente EPOC y asma, las cuales presentan entre sus factores de riesgo la exposición a agentes ocupacionales (82). En efecto, la EPOC ocupa el 6º y 7º lugar como causa de AVISA en Brasil y Colombia, respectivamente, mientras que el asma ocupa el 6º lugar en Costa Rica, el 7º en México y el 8º en Colombia. En el estudio peruano, destaca que las neumoconiosis/neumonitis ocupan el cuarto lugar a nivel nacional como causa de AVISA, siendo el único país en que estas forman parte de las 10 primeras causas (82,83).

II.3.4. Estudios de carga de enfermedad en Chile

A la fecha, se han realizado dos estudios de carga de enfermedad a nivel nacional. En el primer estudio de carga de enfermedad (84), que formó parte del Estudio de Prioridades de Inversión en Salud de 1996, se estimó la carga de aproximadamente 100 enfermedades en base a datos del año 1993. Con relación

a las enfermedades que presentan riesgos ocupacionales, destaca en los resultados que el asma bronquial ocupó el sexto lugar como causante de la mayor cantidad de AVISA, con una estimación de 4 AVISAs cada 1.000 habitantes. Sin embargo, no se estimó cuánta proporción de este valor se vincula con un origen ocupacional, pues el estudio no incluyó ningún análisis de carga atribuible a riesgos. Por su parte, el Estudio de Carga de Enfermedad y Carga Atribuible de Chile 2007 (85) estimó la carga de enfermedad de 132 causas específicas y la carga atribuible a 17 factores de riesgo, vinculados en total a 47 causas, utilizando datos correspondientes al año 2004. A pesar de haber estimado la contribución de ciertos factores de riesgo a la carga de enfermedad, ninguno de estos correspondió a un riesgo ocupacional. Por lo tanto, al igual que en el primer estudio, solo se cuenta con información de la carga total de las enfermedades vinculadas a origen profesional, sin saber cuánta de esta carga se puede atribuir a una exposición ocupacional.

En el estudio de 2007, las principales fuentes de datos utilizadas para el análisis de carga fueron el registro de defunciones del Departamento de Estadísticas e Información en Salud (DEIS) correspondiente al año 2004, las proyecciones de población del Instituto Nacional de Estadísticas (INE) para el mismo año en base al censo de 2002 y encuestas nacionales como la ENS 2003 o la ENCAVI 2000 y 2006 para estimar la incidencia de enfermedad. En caso de no disponer de datos de incidencia, esta fue estimada en base a la prevalencia mediante modelización con el programa DisMod 2.0 (85).

Entre las 25 causas específicas con mayor cantidad de AVISA para el total de la población chilena, se posicionaron los trastornos de la audición de aparición

en la adultez, los trastornos ansiosos, la EPOC y la hernia del núcleo pulposo. Estas causas variaron su posición en el ranking de AVISA según sexo y edad, sumándose el asma y el cáncer de pulmón en algunos tramos de etarios (85) (tabla 13). Como se mencionó previamente, todas estas enfermedades presentan factores de riesgo ocupacional, por lo que es posible atribuir una parte de sus AVISA a un origen laboral. Sin embargo, esta estimación no ha sido realizada en Chile; en efecto, se desconoce hasta la fecha la contribución de las enfermedades profesionales a la carga de enfermedad en el país.

Tabla 13. Posición de enfermedades con factores de riesgo ocupacional en ranking de las primeras 25 causas de AVISA, según sexo y tramo de edad. Chile, 2004

Edad (años)	Nº	Hombres	Nº	Mujeres
20-44	8º	Trastornos de audición (aparición en adultez)	7º	Trastornos ansiosos
	13º	Hernia de núcleo pulposo	11º	Trastornos de audición (aparición en adultez)
	17º	Trastornos ansiosos	15º	Hernia de núcleo pulposo
	20º	Asma	20º	Asma
	22º	EPOC	-	-
45-59	8º	Trastornos de audición (aparición en adultez)	7º	Trastornos ansiosos
	12º	EPOC	12º	Trastornos de audición (aparición en adultez)
	20º	Hernia de núcleo pulposo	15º	EPOC
	22º	Cáncer de tráquea, bronquio y pulmón	20º	Hernia de núcleo pulposo
60-74	12º	Cáncer de tráquea, bronquio y pulmón	12º	Trastornos de audición (aparición en adultez)
	13º	EPOC	16º	EPOC
	14º	Trastornos de audición (aparición en adultez)	21º	Cáncer de tráquea, bronquio y pulmón
75+	8º	EPOC	9º	Trastornos de audición (aparición en adultez)
	13º	Trastornos de audición (aparición en adultez)	10º	EPOC
	14º	Cáncer de tráquea, bronquio y pulmón	21º	Cáncer de tráquea, bronquio y pulmón

Fuente: Elaboración propia a partir de Estudio de Carga de Enfermedad y Carga Atribuible, Chile 2007 (85).

Se encontró solo un estudio que estimó directamente la carga de enfermedad de una enfermedad profesional, lo cual fue realizado en el contexto de la evaluación de costo-efectividad de la cobertura de la vigilancia de la silicosis en Chile realizada por Galleguillos et al (86). En base a la metodología de carga de enfermedad descrita previamente, se estimó que en el año 2011 la silicosis

produjo 1.558 AVPMs y 3.898 AVDs en Chile. Esto equivale a un total de 5.456 AVISAs, de los cuales un 71,4% correspondieron a AVD, proporción que varió según grupo de edad. Los AVD representaron un 100% de los AVISAs en la población entre 15 y 44 años, debido a que no se registró mortalidad por silicosis en este grupo. Este porcentaje disminuyó a 80% en la población entre 45 y 59 años, mientras que en el grupo de 60 años y más los AVD representaron solo un 27,1% de los AVISAs, como consecuencia de un aumento de la carga de enfermedad debida a muerte prematura.

II.4. Carga de enfermedad atribuible a riesgos ocupacionales

II.4.1. Evaluación comparativa de riesgos

A la hora de tomar decisiones sobre promoción y prevención de la salud a nivel poblacional, es clave conocer, de manera confiable, la magnitud en que los factores de riesgo son responsables de la carga de enfermedad (87). La mayoría de las enfermedades profesionales tienen múltiples factores de riesgo, los cuales interactúan entre sí formando complejas redes de multicausalidad. A partir de estas relaciones, es posible determinar la proporción en que cada riesgo es responsable de la enfermedad, obteniendo información que permite comparar el impacto de diferentes riesgos en salud (2,88).

La mayoría de los factores de riesgo que producen una enfermedad no son independientes entre sí, por lo que cambios en uno puede afectar a otros, situación conocida como riesgos competitivos. De hecho, si se suman las proporciones de la enfermedad atribuidas a cada factor de riesgo, se puede obtener un resultado mayor a 1 (o mayor a 100%), debido a que cada factor puede estar involucrado en diferentes vías causales. Sin embargo, esto no significa que si se modificaran los factores de riesgo exista la posibilidad de eliminar más de un 100% de la enfermedad, puesto que –además de no ser factible– al modificar o eliminar uno de los riesgos, cambian las proporciones en las que el resto de los factores de riesgo son responsables de la enfermedad (89,90).

Desde los inicios del GBD, se han desarrollado intentos para estimar la carga de enfermedad atribuible a factores de riesgo, es decir, determinar qué cantidad de la carga de enfermedad de una o varias enfermedades o lesiones se debe a un factor de riesgo específico o a un grupo de factores de riesgo (91). En términos técnicos, la carga atribuible ha sido definida por Murray y López (91) como aquella “diferencia entre la carga de enfermedad observada actualmente y la carga de enfermedad que podría haber sido observada bajo una distribución de exposición alternativa”. Considerando que las enfermedades profesionales son producidas por riesgos ocupacionales prevenibles parcial o totalmente, se torna fundamental la revisión tanto de los aspectos metodológicos como de los resultados existentes sobre la carga atribuible a riesgos ocupacionales.

Se han descrito en la literatura dos formas principales de asignar atribución causal a un factor de riesgo sobre un evento de salud. La primera, correspondiente a la atribución categórica, consiste en asignar a un evento de salud un solo factor de riesgo o grupo de factores de riesgo como causa, lo que conlleva a una atribución de 100% para ese factor o grupo. Considerando que la etiología de las enfermedades es generalmente multifactorial, la segunda alternativa, denominada análisis contrafactual, compara la distribución actual de la exposición a un factor de riesgo versus una distribución hipotética que considera la reducción o disminución del factor de riesgo en la población (74,91,92).

Desde el GBD 2000 (87,93), para la estimación de carga atribuible a factores de riesgo se utiliza una metodología estandarizada conocida como evaluación comparativa de riesgos (ECR o en inglés *comparative risk*

assessment). Este método, propuesto por Murray y Lopez (91), consiste en una evaluación sistemática de los cambios en la salud de la población que podrían resultar si se modifica la distribución de exposición a un factor de riesgo o a un grupo de factores de riesgo. Este análisis contrafactual compara la carga de enfermedad debida a un factor de riesgo bajo la distribución actual de exposición versus la carga obtenida bajo una distribución hipotética de exposición (74,91).

La generación de la ECR permitió superar algunas de las limitaciones en la evaluación de riesgos, como la comparación con un único nivel de exposición, que por lo general correspondía a población no expuesta. Además, incorpora un contexto temporal que permite considerar exposiciones acumulativas en el pasado en los casos de latencia significativa entre la exposición y la aparición del evento. Finalmente, si bien el análisis se basa en la relación entre un factor de riesgo y un evento, se considera la complejidad de las redes de multicausalidad al incorporar los efectos de otros factores de riesgo relevantes. Estos pueden estar considerados en la estimación epidemiológica tanto de los riesgos relativos como de las distribuciones de exposición (74,91).

En términos prácticos, la comparación entre las distribuciones de exposición actual y contrafactual se condensa en la fracción atribuible poblacional a la exposición (FAP), que corresponde a la proporción de riesgo que se podría haber disminuido si la exposición a un factor de riesgo se hubiera reducido a la distribución contrafactual. En base a esta definición, la FAP se operacionaliza en base a tres factores: a) la relación causal entre la exposición y el evento, representado por el riesgo relativo (RR) de muerte o de enfermar, b) la distribución actual de la exposición en la población y c) la distribución

contrafactual de la exposición en la población (74,91) (fórmulas matemáticas se detallan en el anexo 3).

Lo ideal es poder estimar el RR y la distribución de exposición en la población de manera directa, opción para la que generalmente no existe adecuada información disponible. Como alternativa propuesta en la literatura, se encuentra extrapolar valores de RR o distribuciones de exposición de una población a otras, lo que asume que ambos valores son idénticos en las diferentes poblaciones. Este supuesto no es correcto en gran parte de las ocasiones, por lo que los resultados deben ser interpretados considerando los eventuales sesgos asociados. Al ser valores obtenidos y extraídos directamente desde la literatura, los RR deben estar en continua revisión y actualización (91).

Tabla 14. Tipos de distribución contrafactual para el análisis comparativo de riesgos

Distribución contrafactual	Definición	Desventajas
Distribución del riesgo mínimo teórico	Distribución con el menor riesgo poblacional asociado, generando la mayor estimación de carga atribuible, independiente si se puede lograr en la práctica. En general es independiente de la región o población.	En muchos casos no es posible tener la distribución en la realidad, pues asume que el nivel mínimo de exposición es el mismo para toda la población.
Distribución del riesgo mínimo plausible	Distribución con el menor riesgo poblacional imaginable, es decir, que podría existir realmente en alguna población.	Que sea posible no implica que pueda ser factible en la población a corto o a largo plazo.
Distribución del riesgo mínimo factible	Distribución con el menor riesgo poblacional que existe o ha existido en alguna población.	Varía según la población, en base a la distribución actual y a los recursos e instituciones disponibles para la disminución de la exposición.
Distribución del riesgo mínimo costo-efectivo	Distribución con el menor riesgo poblacional si todas las intervenciones factibles de implementar costaran menos que el valor de los años de vida saludable evitados.	Varía según la población, pues tanto el umbral de costo de los años de vida saludables evitados como la factibilidad que la intervención pueda cambiar la distribución de exposición dependen de la comunidad.

Fuente: Elaboración propia en base a Ezzati y cols. (74) y Murray y cols (91).

El valor de la carga atribuible es dependiente de la distribución contrafactual utilizada, por lo que la selección de esta corresponde a un hito particularmente relevante en la ECR. Como distribuciones contrafactuales posibles, se han descrito las distribuciones del riesgo mínimo teórico, del riesgo mínimo plausible, del riesgo mínimo factible y del riesgo mínimo costo-efectivo (74,91), cuyas características se describen en la tabla 14.

Desde el GBD 2000, la distribución contrafactual usada en la ECR corresponde a la distribución del riesgo mínimo teórico (3,87,94–97). Esta distribución tiene la ventaja de ser un insumo particularmente importante en los contextos que presentan mecanismos de reducción del riesgo poco desarrollados. Si existen este tipo de mecanismos implementados, la distribución del mínimo teórico tendrá valores cercanos a las distribuciones plausible o factible. Por el contrario, si estos mecanismos se encuentran poco desarrollados, la diferencia entre estas distribuciones será relevante, presentando mayor utilidad la distribución del mínimo teórico, pues arrojará una carga de enfermedad atribuible mayor en relación a la distribución actual de exposición. Además, permite una panorámica consistente de las potenciales ganancias en la salud de la población a través de la reducción de todos los niveles subóptimos de exposición en relación al mínimo. Dependiendo del tipo de factor de riesgo y de la evidencia existente, la distribución del mínimo teórico puede tomar un valor cero, como en el caso del tabaquismo; un límite inferior aceptado que no produce riesgo, como en el caso del ruido o partículas en suspensión; o valores observados en poblaciones determinadas o estudios epidemiológicos con buen nivel de evidencia, en el caso de factores que fisiológicamente no pueden ser

cero, como la glicemia o la presión arterial. En la situación específica de los riesgos ambientales u ocupacionales vinculados a la toxicidad de compuestos, estos son mejor descritos con funciones monótonas, siendo la distribución del riesgo mínimo teórico aquella que represente el menor nivel físicamente alcanzable (74,87).

Para aquellas relaciones riesgo-enfermedad en las que existe una latencia considerable desde el momento de la exposición hasta a la aparición de la enfermedad, es relevante considerar la exposición que los trabajadores o jubilados tuvieron en el pasado. Esta dificultad se ha resuelto en la literatura incluyendo factores de ajuste en la estimación de la distribución de exposición actual, los cuales se basan en la exposición acumulativa del pasado (91,98).

Además de la incertidumbre inherente a la estimación de cualquier parámetro, la precisión y validez de las estimaciones obtenidas en una ECR dependen en gran medida de la incertidumbre del modelo, entendida como aquella que se produce debido a las brechas en el conocimiento teórico, los métodos y los datos de la evaluación de riesgos. Entre sus fuentes se encuentran aquellas relacionadas con la distribución de la exposición, como el uso de proxies para medir la exposición, la extrapolación a otras poblaciones o el uso indicadores de acumulación de riesgos; las vinculadas a la relación exposición-efecto, como el conocimiento sobre el tamaño del efecto y la extrapolación a otras poblaciones; y aquellas asociadas al modelo de estimación de carga de enfermedad, explicadas anteriormente (74).

El GBD 2010 corresponde a un hito de gran relevancia en la historia de la evaluación de riesgos a nivel global. En esta versión del estudio se reanalizaron

los datos entre 1990 y 2010 mediante ECR, permitiendo tener por primera vez una comparación directa en el tiempo de la carga atribuible a ciertos factores de riesgo. Desde GBD 2010, la metodología de la ECR se ha sistematizado en 5 pasos (95), los cuales se describen en detalle en el anexo 4.

II.4.2. Estudios globales de carga de enfermedad debida a riesgos ocupacionales

La exposición a riesgos ocupacionales y las enfermedades profesionales derivadas de ellos representan una importante causa de morbilidad y mortalidad a nivel mundial, problemática tratada con mayor detalle en el capítulo II.2. Estimaciones tanto de la OIT como de la OMS indican que entre un 5 y un 7% de la mortalidad en los países industrializados se relaciona con enfermedades profesionales y accidentes del trabajo (99), existiendo una tendencia global al aumento del número de casos de enfermedades profesionales con resultado de muerte (100). En este contexto, se han realizado estudios de estimación de la carga atribuible a riesgos ocupacionales a nivel global, tanto por grupos de investigadores de salud ocupacional como por la iniciativa GBD.

Nelson et al. realizaron un análisis de la carga de enfermedades y lesiones atribuible a riesgos ocupacionales a nivel global, estimada para el año 2000 (98,101–104). Entre las enfermedades profesionales estudiadas se encuentran: cáncer de pulmón, leucemia y mesotelioma atribuibles a carcinógenos ocupacionales; enfermedades respiratorias no malignas atribuibles a partículas en suspensión; hipoacusia relacionada con ruido ocupacional; y lumbalgia

atribuible a la combinación de diferentes riesgos vinculados con el trabajo. La carga atribuible fue estimada mediante ECR, calculando la FAP a factores de riesgo ocupacional para cada enfermedad, con variaciones metodológicas tanto en la estimación de la proporción de población expuesta al riesgo como en la obtención del RR de enfermar o morir por la enfermedad (tabla 15). Adicionalmente, se determinaron coeficientes de partición en los casos con varios niveles de exposición al factor de riesgo, de tal manera de distribuir adecuadamente a la población entre estos niveles, considerando variaciones en los coeficientes según regiones del mundo u ocupación. En el caso de los carcinógenos, se utilizó un factor de recambio ocupacional para considerar la exposición acumulativa, debido a la latencia en la fisiopatología del cáncer.

Una metodología diferente fue utilizada para las enfermedades consideradas de origen ocupacional en su totalidad, como es el caso del mesotelioma y las neumoconiosis, pues no es posible estimar un RR si no existen casos en individuos no expuestos. A causa de ello, la carga atribuible se estimó en base a la exposición acumulativa del agente de riesgo en la población expuesta y al riesgo absoluto por unidad de exposición acumulativa. Esto permite obtener la cantidad de muertes estimadas para la enfermedad, insumo utilizado a su vez para la estimación de los AVISA, en base a la metodología para estimar carga de enfermedad sugerida por la OMS (98,101,102).

Entre las limitaciones metodológicas del estudio, se encuentran los eventuales sesgos derivados de la aplicación de algunos supuestos en la estimación de las FAP. Algunos ejemplos de estos supuestos son la asunción de una proporción similar de trabajadores expuestos por sexo, edad y región del

mundo y el hecho de considerar un RR similar por sexo y edad, además de usarlo de manera intercambiable como riesgo de morir y como riesgo de incidencia. Otra limitación relevante del estudio fue la escasa disponibilidad de información sobre la exposición de algunos agentes de riesgo, lo que puede resultar en una subestimación de la carga de enfermedad al incluir solo los agentes para los que se disponen datos (98,101–104).

En relación con los resultados del estudio, las FAP totales presentaron un rango de variación entre un 2% para leucemia y un 37% para lumbalgia. Los valores fueron mayores para el sexo masculino en casi todas las enfermedades estudiadas, probablemente debido a la mayor fuerza de trabajo masculina y a la mayor proporción de hombres en ocupaciones más riesgosas, según lo indicado por los autores (98). En relación con la edad, destaca que la hipoacusia presentó mayores valores de FAP a edades tempranas, conllevando a un mayor tiempo de discapacidad en estos casos y, por tanto, un alto impacto a edades jóvenes. Si bien la lumbalgia presentó la mayor fracción atribuible (37%), la mayor cantidad de muertes atribuibles por riesgos ocupacionales fueron producidas por la EPOC y el cáncer de pulmón, con un total de 317,9 y 102,3 miles de muertes, respectivamente. Por su parte, la hipoacusia y la EPOC presentaron la mayor cantidad de AVISA atribuibles a un origen ocupacional, con 4,2 y 3,7 millones de AVISAS, respectivamente (98,101–104) (tabla 16). Estos resultados, junto con los del GBD actualizados a 2016 (3), posicionan a los factores de riesgo ocupacionales como agentes prevenibles que producen una carga de enfermedad de alta magnitud a nivel mundial.

Tabla 15. Resumen metodológico de estimación de FAP a riesgos ocupacionales en estudio de Nelson et al.

Enfermedad	Proporción de fuerza de trabajo	Proporción de fuerza de trabajo por AE	Proporción de trabajadores expuestos por AE	Niveles de exposición	Riesgo relativo
Cáncer de pulmón	Tasa de participación en actividad económica. <i>Fuente: OIT.</i>	Distribución de fuerza de trabajo por sector económico. <i>Fuente: OIT.</i>	Dato para cada carcinógeno. <i>Fuente: Base de datos CAREX.</i>	- No expuestos - Baja - Alta Basados en LEP. <i>Fuente: OSHA.</i>	Se obtuvo por carcinógeno. <i>Fuente: Literatura.</i>
Leucemia	Tasa de participación en actividad económica. <i>Fuente: OIT.</i>	Distribución de fuerza de trabajo por sector económico. <i>Fuente: OIT.</i>	Dato para cada carcinógeno. <i>Fuente: Base de datos CAREX.</i>	- No expuestos - Baja - Alta Basados en LEP. <i>Fuente: OSHA.</i>	Se obtuvo por carcinógeno. <i>Fuente: Literatura.</i>
Asma	Tasa de participación en actividad económica. <i>Fuente: OIT.</i>	Distribución de fuerza de trabajo por ocupación. <i>Fuente: OIT.</i>	Se utilizó ocupación como proxy.	- No expuestos - Expuestos	Se obtuvo por ocupación, que representa el conjunto de factores de riesgo. <i>Fuente: Literatura.</i>
EPOC	Tasa de participación en actividad económica. <i>Fuente: OIT.</i>	Distribución de fuerza de trabajo por ocupación y sector económico. <i>Fuente: OIT y Banco Mundial.</i>	Se utilizó actividad económica como proxy.	- No expuestos - Baja - Alta Basado en actividad económica. <i>Fuente: Literatura.</i>	Se obtuvo por nivel de exposición, que representa el conjunto de factores de riesgo. <i>Fuente: Literatura.</i>
Hipoacusia	Tasa de participación en actividad económica. <i>Fuente: OIT.</i>	Distribución de fuerza de trabajo por ocupación y sector económico. <i>Fuente: OIT y Banco Mundial.</i>	Datos para cada grupo de ocupación. <i>Fuente: NIOSH.</i>	- No expuestos - Moderadamente alta - Alta Basados en LEP en diferentes países. <i>Fuente: Literatura.</i>	Estimado a partir de exceso de riesgo para cada nivel de exposición. <i>Fuente: modelamiento de datos de NIOSH.</i>
Lumbalgia	Tasa de participación en actividad económica. <i>Fuente: OIT.</i>	Distribución de fuerza de trabajo por ocupación. <i>Fuente: OIT y Banco Mundial.</i>	Se utilizó ocupación como proxy.	- No expuestos - Leve - Moderada - Alta Basados en el tipo de ocupación. <i>Fuente: Literatura.</i>	Se obtuvo por nivel de exposición, que representa el conjunto de factores de riesgo. <i>Fuente: Literatura.</i>

*AE: actividad económica. LEP: Límites de exposición permisibles. NIOSH: National Institute for Occupational Safety and Health de Estados Unidos. OSHA: Occupational Safety and Health Administration. Fuente: Elaboración propia en base a Nelson et al.(98,103), Driscoll et al. (101,102) y Punnett et al. (104).

Tabla 16. FAP y carga atribuible a enfermedades profesionales en estudio de Nelson y et al.

Enfermedad	Fracción atribuible (%)			Muertes atribuibles (miles)			AVISA atribuibles (miles)		
	Hombres	Mujeres	Ambos	Hombres	Mujeres	Ambos	Hombres	Mujeres	Ambos
Cáncer de pulmón	10	5	9	88,0	14,3	102,3	825	144	969
Leucemia	2	2	2	4,2	2,6	6,8	66	35	101
Mesotelioma	-	-	-	27,7	15,3	43	356	207	564
Asma	21	13	17	23,4	14,8	38,2	1.110	511	1.621
EPOC	18	6	12	240,3	77,6	317,9	3.020	713	3.733
Silicosis*	-	-	-	-	-	9,0	-	-	490
Asbestosis*	-	-	-	-	-	7,0	-	-	380
N. del carbón*	-	-	-	-	-	14,0	-	-	370
Hipoacusia	22	11	16	-	-	-	2.788	1.362	4.151
Lumbalgia	41	32	37	-	-	-	485	333	818

*Datos no disponibles por sexo. Fuente: Elaboración propia en base a Nelson y et al (98,103), Driscoll et al. (101,102,105), Punnett et al. (104) y Concha-Barrientos et al. (106).

Las diferentes actualizaciones del GBD han analizado un número cada vez mayor de factores de riesgo para estimar carga atribuible, clasificándolos en conductuales, ambientales u ocupacionales y metabólicos, además de definir grupos o “clusters” de factores de riesgo (3,87,94–97,107) (tabla 17). En el caso particular de riesgos ocupacionales, los factores estudiados han variado a lo largo de las sucesivas versiones del GBD, incluyendo carcinógenos, asmatógenos, material particulado, gases y humo, ruido, lesiones y factores ergonómicos (3,87,94–97,106) (tabla 18).

Tabla 17. Cantidad de factores de riesgo incluidos en las versiones de GBD para estimación de carga atribuible, según tipo de factor

Tipo de factor de riesgo	GBD 1990	GBD 2000	GBD 2004*	GBD 2010	GBD 2013	GBD 2015	GBD 2016
Conductuales	6	12	13	27	30	30	34
Ambientales u ocupacionales	3	11**	11**	25	27	27	27
Metabólicos	1	3	4	5	6	6	6
Grupos de factores de riesgo	0	0	0	10	16	16	17
Total	10	26	28	67	79	79	84

*Solo actualización. **Conjunto de carcinógenos considerados como un solo factor de riesgo. Fuente: Elaboración propia en base a GBD (3,87,94–97,107).

Tabla 18. Factores de riesgo ocupacionales incluidos en las versiones de GBD para estimación de carga atribuible

Factor de riesgo de exposición ocupacional	GBD 2000	GBD 2004*	GBD 2010	GBD 2013	GBD 2015	GBD 2016
Carcinógenos	X	X	X	X	X	X
Asbestos	X	X	X	X	X	X
Arsénico	X	X	X	X	X	X
Benzeno	X	X	X	X	X	X
Berilio	X	X	X	X	X	X
Cadmio	X	X	X	X	X	X
Cromo	X	X	X	X	X	X
Gases de escape diésel	X	X	X	X	X	X
Humo de tabaco pasivo			X	X	X	X
Formaldehído			X	X	X	X
Níquel	X	X	X	X	X	X
Hidrocarburos aromáticos policíclicos			X	X	X	X
Sílice	X	X	X	X	X	X
Ácido sulfúrico			X	X	X	X
Tricloroetileno				X	X	X
Oxido de etileno	X	X				
Radiación ionizante	X	X				
Asmatógenos			X	X	X	X
Material particulado, gases y humos	X**	X**	X	X	X	X
Ruido	X	X	X	X	X	X
Lesiones	X	X	X	X	X	X
Factores ergonómicos	X***	X***	X****	X	X	X

Nota 1: No se muestran datos de 1990 pues se consideró la ocupación como factor de riesgo único, estimándose la distribución de exposición en base a tasas de incidencia de fuentes de registro nacionales, siendo la distribución de exposición de referencia una población sin enfermedades o lesiones ocupacionales (107).

Nota 2: El conjunto de carcinógenos representa el factor de riesgo. Desde 2010 se considera cada carcinógeno como 1 factor de riesgo adicional.

*Solo actualización.

**Denominado "Material particulado".

***Denominado "estresores ergonómicos".

**** Denominado "lumbalgia ocupacional".

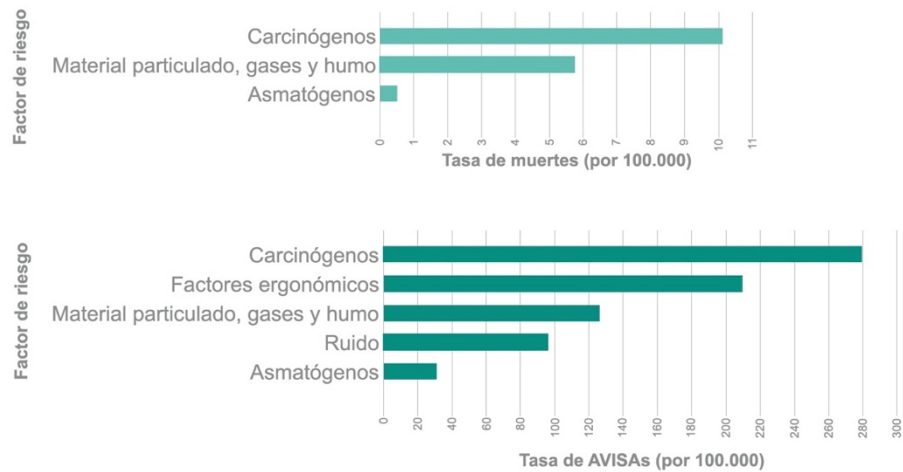
Fuente: Elaboración propia en base a GBD (3,87,94–97,106).

Considerando solo las enfermedades profesionales (excluyendo las lesiones), los resultados muestran que a los riesgos ocupacionales evaluados se les puede atribuir más de 1,2 millones de muertes durante el 2016, correspondientes a un 2,3% de las muertes totales en el mundo para ese año. Estas estuvieron vinculadas en más de un 95% al conjunto de carcinógenos y al material particulado, gases y humo, con una tasa de 10,1 muertes y 5,7 muertes

por cada 100.000 personas, respectivamente (gráfico 13). La EPOC y el cáncer de pulmón fueron las enfermedades con mayor número y tasa de muertes, seguidas por enfermedades cardiovasculares (gráfico 14) (78).

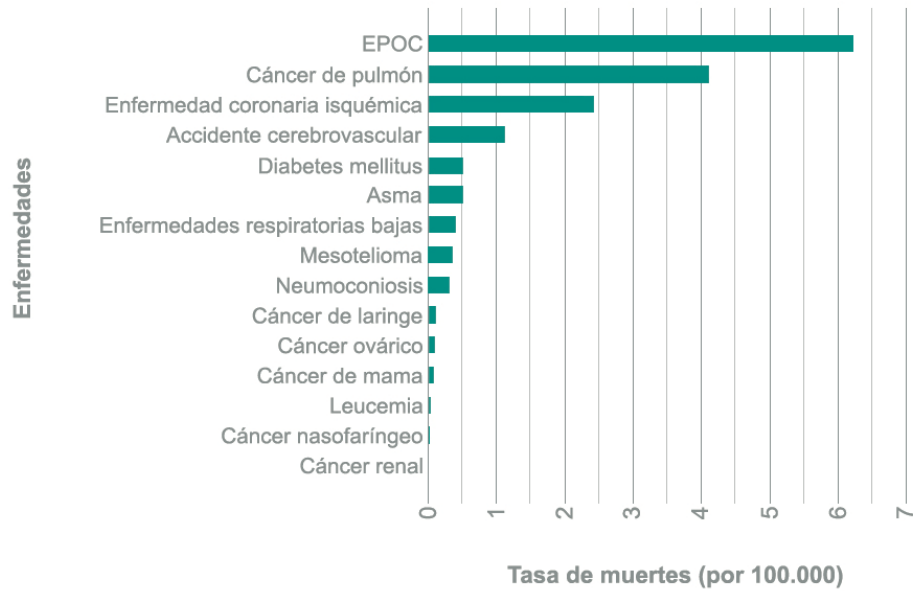
Además de la mortalidad atribuible indicada, los factores de riesgo ocupacional provocaron más de 55 millones de AVISAs en 2016, equivalentes a un 2,3% de todos los AVISA estimados para el año. De estos, dos tercios son atribuidos a carcinógenos y factores ergonómicos, con una tasa de 279,8 y 209,4 AVISAs cada 100.000 personas, respectivamente (gráfico 13). La lumbalgia, la EPOC y la hipoacusia resultaron ser las enfermedades con mayor número y tasa de AVISA atribuibles a riesgos ocupacionales, relegando a la cuarta posición al cáncer de pulmón (gráfico 15) (78).

Gráfico 13. Tasa de muertes y AVISA atribuibles a riesgos ocupacionales estimadas a nivel global para 2016, según tipo de factor de riesgo. GBD 2016



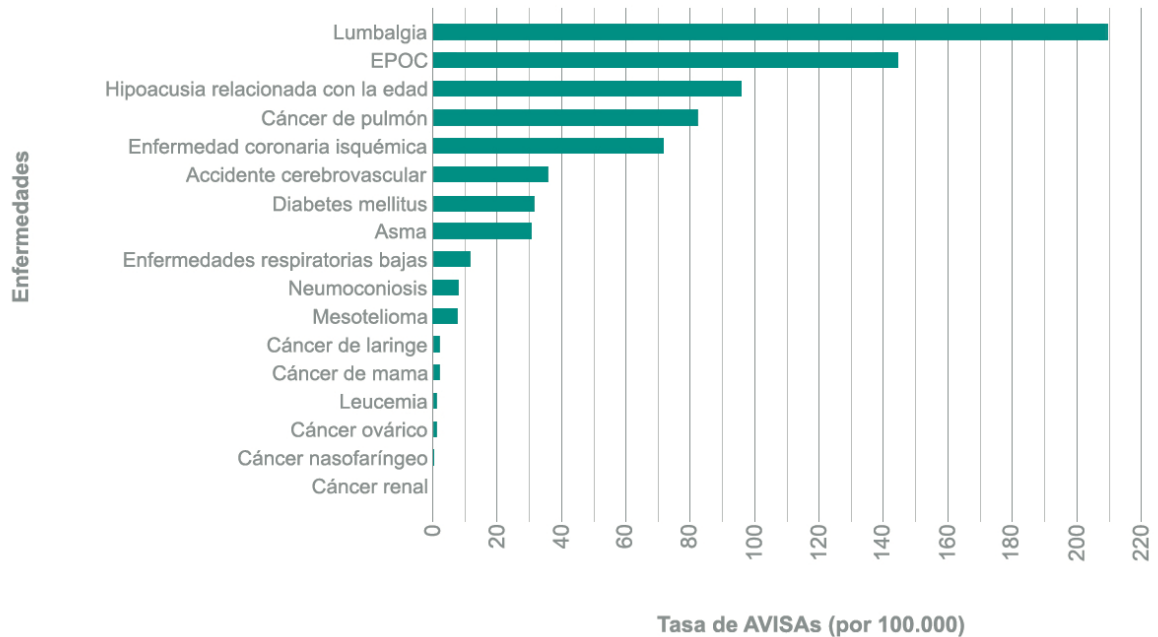
Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Institute for Health Metrics and Evaluation, University of Washington (78).

Gráfico 14. Tasa de muertes atribuibles a riesgos ocupacionales estimadas a nivel global para 2016, según enfermedad profesional. GBD 2016



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Institute for Health Metrics and Evaluation, University of Washington (78).

Gráfico 15. Tasa de AVISA atribuibles a riesgos ocupacionales estimadas a nivel global para 2016, según enfermedad profesional. GBD 2016



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Institute for Health Metrics and Evaluation, University of Washington (78).

Como se ha explicado anteriormente, la lumbalgia y la hipoacusia son enfermedades altamente discapacitantes en el ámbito laboral, lo que explica su alta magnitud de AVISA a pesar de no corresponder a causas directas de mortalidad. En relación a las enfermedades cardiovasculares, la alta carga atribuible se relaciona a su posición como una de las principales causas de carga de enfermedad a nivel mundial y no necesariamente con una atribución ocupacional mayor que otras enfermedades (108). En los anexos 5 y 6 se presentan las cantidades y tasas de muertes y de AVISA, respectivamente, por tipo de riesgo y por enfermedad profesional.

II.4.3. Estudios nacionales sobre carga de enfermedad atribuible a riesgos ocupacionales

Hasta el momento, la evidencia sobre carga de enfermedad atribuible a riesgos ocupacionales es limitada en la productividad científica de los países. Se pueden desprender datos desde estudios nacionales de carga de enfermedad, como en el caso del estudio australiano descrito anteriormente, o bien desde estudios sobre enfermedades profesionales específicas, como es el caso de estudios sobre cáncer ocupacional en Gran Bretaña (80,81,88).

El Estudio de Carga de Enfermedad de Australia 2011 (80,81) estimó la carga atribuible a 29 factores de riesgo, agrupados en factores de riesgo conductuales, metabólicos, asociados a la dieta y ambientales y ocupacionales. Estos fueron escogidos en base a los factores de riesgo considerados en el GBD 2010, seleccionando aquellos de relevancia para Australia y agregando la

exposición alta a radiación solar. En el caso de los riesgos ocupacionales evaluados, estos correspondieron a carcinógenos, asmatógenos, ruido, factores ergonómicos y material particulado, gases y humos, además de lesiones. Sin embargo, a diferencia de los estudios globales, estos factores fueron considerados en conjunto como 1 solo factor de riesgo en este estudio.

La estimación de carga atribuible fue realizada mediante ECR, según la estructura metodológica utilizada en el GBD 2010. Sin embargo, para la estimación de las proporciones de población expuesta se utilizó la distribución de la fuerza laboral del país, tanto por actividad económica como por ocupación, obtenida a partir de la Encuesta de Fuerza Laboral de Australia. La distribución según actividad económica fue utilizada para estimar la proporción de población trabajadora expuesta a carcinógenos, ruido y material particulado, gases y humo, mientras que para asmatógenos y factores esgonómicos se utilizó la distribución por ocupación (80,81).

De acuerdo con los resultados generales, al conjunto de todos los factores de riesgo estudiados se le atribuyó un 31% del total de AVISA estimado para Australia, mientras que a los riesgos ocupacionales en específico se les atribuyó un 1,9% de los AVISA. Según el grupo de enfermedad, los riesgos ocupacionales fueron responsables del 5,4%, 4,4% y 2,4% de los AVISA producidos por enfermedades músculoesqueléticas, enfermedades respiratorias y cáncer, respectivamente. A nivel de cada enfermedad estudiada, sin considerar la neumoconiosis y el mesotelioma, las FAP obtenidas variaron entre un 0,1% para cáncer de boca y faríngeo y 17,2% para dolor y problemas lumbares. Esta última condición, junto con asma y cáncer de pulmón, correspondieron a las tres

enfermedades con mayor número absoluto de AVISA atribuibles a riesgos ocupacionales (tabla 19). En el análisis por subgrupos de sexo y edad, los riesgos ocupacionales fueron responsables de una mayor carga atribuible en el sexo masculino (72% de los AVISA) y tuvieron un rol preponderante a edades tempranas. En efecto, entre los diez factores de riesgo con mayor contribución de carga de enfermedad en los hombres, los riesgos ocupacionales se ubican en tercer lugar entre los 25 y 44 años (4% de los AVISA, equivalentes a 18.100 AVISAs) y el séptimo lugar entre los 45 y 64 años (3,6% de los AVISA, equivalentes a 26.000 AVISAs); en mujeres, ocupan el sexto lugar entre los 25 y 44 años (2,2% de los AVISA, equivalentes a 8.100 AVISAs) y el séptimo lugar entre los 45 y 64 años (2% de los AVISA, equivalentes a 11.200 AVISAs).

En relación a la composición de los AVISA producidos por riesgos laborales, un 35,6% correspondió a carga fatal, aunque la relación entre carga fatal y no fatal varió de manera importante según cada enfermedad (80,81).

Tabla 19. FAP y AVISAs atribuibles a riesgos ocupacionales según enfermedad profesional en Australia. Estudio de Carga de Enfermedad de Australia, 2011

Enfermedad	Fracción atribuible (%)	AVISAs (n)
Dolor y problemas lumbares	17,2	28.107
Asma	9,5	10.146
Cáncer de pulmón	6,1	9.412
Mesotelioma	80,7	8.452
Hipoacusia	7,4	4.954
EPOC	2,9	4.664
Neumoconiosis	100	1.691
Leucemia	5,3	1.621
Cáncer laríngeo	5,3	215
Cáncer ovárico	0,3	64
Cáncer de boca y faríngeo	0,1	22

Fuente: Elaboración propia en base a Estudio de Carga de Enfermedad en Australia 2011 (81).

En Australia existen, adicionalmente, experiencias de estimaciones de carga atribuible para enfermedades específicas como cáncer de origen ocupacional. Sin embargo, en este caso no se estiman medidas resumen de salud poblacional, sino incidencia atribuible a exposición a carcinógenos en el trabajo (109).

El Estudio Británico de Carga de Cáncer Ocupacional (88) estimó el número de muertes y de casos registrados de cáncer atribuibles a riesgos ocupacionales. Se incluyeron diferentes tipos de cáncer según su sitio anatómico de origen, entre los que se encuentran: el cáncer de mama, de cuello uterino y de ovario; cáncer de origen gastrointestinal; cáncer de origen hematopoyético; cáncer nasofaríngeo y nasosinusal; cáncer de laringe, de pulmón y mesotelioma; cáncer de piel; cáncer de vejiga y de riñón, y otros sitios como cerebro, hueso, tejidos blandos y tiroides (110–117). Para gran parte de las estimaciones de proporción de población expuesta se ocupó la base de datos del sistema internacional de información sobre exposición ocupacional a carcinógenos (CAREX), la cual entrega el número de población expuesta por sector industrial a diferentes carcinógenos (118). Dada la fisiopatología del cáncer, se consideró la exposición acumulativa dentro de la fórmula de las FAP, para lo que se determinó un periodo de latencia de 10 a 50 años para los tumores sólidos y de 0 a 20 años para cáncer hematopoyético (119). Considerando todos los tipos cáncer estudiados y sus respectivos riesgos ocupacionales, se obtuvo una FAP promedio para las muertes por cáncer de 5,3% (II: 4,6-6,6), con un valor de 8,2% (II: 7,2-9,9) para los hombres y 2,3% (II: 1,7-3,2) para las mujeres (120). Las FAP

y la carga atribuible obtenidas en este estudio para los tipos de cáncer con mayor riesgo ocupacional se indican en la tabla 20.

Tabla 20. Carga atribuible a los tipos de cáncer con mayor riesgo ocupacional según sexo. Gran Bretaña, 2004-2005

Cáncer según localización	Fracción Atribuible		Muertes atribuibles*		Casos atribuibles**	
	%	II	n	II	n	II
Hombres						
Mesotelioma	97,0	96,0-98,0	1.699	1.681-1.717	1.699	1.681-1.717
Nasosinusal	43,4	27,3-74,0	27	17-47	95	60-162
Pulmón	21,1	19,2-24,7	4.020	3.659-4.696	4.627	4.212-5.406
Vejiga	7,1	4,6-9,7	215	139-296	496	321-684
Piel no melanoma	6,9	1,3-15,0	20	4-44	2.513	478-5.447
Mujeres						
Mesotelioma	82,5	75,0-90,0	238	216-260	238	216-260
Nasosinusal	19,8	14,4-31,6	10	8-16	31	23-50
Pulmón	5,3	4,3-6,9	725	592-946	815	666-1063
Mama	4,6	3,3-6,0	555	397-727	1.969	1.407-2.579
Nasofaríngeo	2,4	0,6-6,8	1	0-2	1	0-4

*Datos de 2005. **Datos de 2004. II: Intervalo de incertidumbre. Fuente: Elaboración propia en base a Slack y cols. (110,113), Brown y cols. (114,116) y Rushton y cols. (120).

Steenland et al. (108) realizaron una estimación de las muertes atribuibles a riesgos ocupacionales en Estados Unidos para el año 1997, para lo cual utilizaron FAP obtenidas de dos formas diferentes. Para algunos casos, fueron extraídas de manera directa desde la literatura, utilizándose el rango de valores encontrado en los diferentes estudios en vez de un dato puntual; en otros, las FAP fueron estimadas en base a la población expuesta, determinada según prevalencias reportadas en encuestas laborales del país, y al RR de morir, obtenido principalmente a partir de estudios realizados en Estados Unidos. A diferencia de otros estudios, además de factores de riesgo de enfermedades respiratorias y cáncer, se incorporaron riesgos ocupacionales asociados a

enfermedad coronaria: ruido, estrés laboral, trabajo en turnos y un ambiente de exposición a humo de tabaco en el trabajo. En el año de estudio, aproximadamente 49.000 muertes fueron atribuidas a riesgos ocupacionales en Estados Unidos, con un rango entre 26.000 a 72.000 muertes dependiendo de la FAP utilizada.

Como queda en evidencia a lo largo de este capítulo, una de las enfermedades más estudiadas en carga atribuible a riesgos ocupacionales es el cáncer. Con relación a la evidencia existente, se ha estimado que la FAP varía entre 2 a 8% para carcinógenos, con un rango entre 3 a 14% para hombres y 1 a 2% para mujeres, aunque se debe considerar que estos valores han sido obtenidos en países desarrollados como Finlandia, Estados Unidos y Gran Bretaña. No ha sido posible realizar una estimación puntual de la FAP en la literatura, pues los estudios no son del todo comparables como consecuencia de la variabilidad en la cantidad de carcinógenos estudiados y en las metodologías utilizadas (108,120–122).

Desde una perspectiva comparada, existe una gran variabilidad en los valores de las FAP de las enfermedades profesionales estimadas en la literatura. En los estudios analizados previamente, existen casi 20 puntos porcentuales de diferencia entre las distintas FAP de lumbalgia, más de 13 puntos de diferencia entre las FAP de EPOC y casi 10 puntos en las de hipoacusia (3,81,98,101–106,110,113,114,116,120) (tabla 21). Esto influye directamente en la cantidad de AVISA atribuibles a riesgos ocupacionales en cada enfermedad y, por tanto, en la importancia relativa de cada enfermedad en el total de AVISA atribuibles a estos riesgos. Es así como no existe un patrón totalmente claro entre las

enfermedades en el ranking de AVISA atribuible a riesgos ocupacionales resultante de los diferentes estudios internacionales. Sin embargo, la lumbalgia y las enfermedades respiratorias crónicas tienden a ocupar las primeras posiciones en los rankings y el cáncer posiciones más bajas, exceptuando el cáncer de pulmón (3,81,98,101–106) (tabla 22).

La variabilidad en las FAP y el ranking de AVISA atribuible puede estar explicado en parte por las limitaciones metodológicas en los estudios nacionales de carga atribuible a riesgos ocupacionales, vinculadas a la estimación tanto del RR como de la proporción de trabajadores expuestos. En relación con el primer caso, los países se enfrentan a la ausencia o escasez de estimaciones locales

Tabla 21. Comparación de FAPs y carga atribuible a riesgos ocupacionales en diferentes estudios internacionales

Enfermedad profesional	FAP			
	GBD 2016	Estudio de Carga Global de Riesgos Ocupacionales 2005 (Nelson et al.)	Estudio de Carga de Enfermedad de Australia 2011	Estudio de Cáncer Ocupacional en Gran Bretaña 2004-2005 (Rushton et al.)
Lumbalgia	26,8%	37%	17,2%	-
Hipoacusia	17,6%	16%	7,4%	-
Asma	9,1%	17%	9,5%	-
EPOC	15,2%	12%	2,9%	-
Silicosis	100%	-	100%	-
Mesotelioma	83,8%	-	80,7%	94,9%
Cáncer de pulmón	NE	9%	6,1%	14,5%
Leucemia	NE	2%	5,3%	0,7%
Cáncer laríngeo	NE	-	5,3%	2,6%
Cáncer ovárico	NE	-	0,3%	0,5%
Cáncer boca y faringe	NE	-	0,1%	8%
Cáncer de vejiga	NE	-	-	5,3%
Cáncer nasosinusal	NE	-	-	32,7%
Cáncer de mama	NE	-	-	4,6%

NE: Dato no encontrado. Fuente: Elaboración propia en base a GBD 2016 (3), Estudio de Carga de Enfermedad en Australia 2011 (81), Nelson y cols.(98,103), Driscoll y cols. (101,102,105), Punnett y cols (104), Concha-Barrientos (106), Slack y cols. (110,113), Brown y cols. (114,116) y Rushton y cols. (120).

Tabla 22. Ranking de AVISA atribuible a riesgos ocupacionales según enfermedad en diferentes estudios internacionales

Ranking	GBD 2016		Estudio de Carga de Enfermedad de Australia 2011		Estudio de Carga Global de Riesgos Ocupacionales 2005 (Nelson et al.)	
	Enfermedad	AVISA atribuibles (miles)	Enfermedad	AVISA atribuibles	Enfermedad	AVISA atribuibles (miles)
1°	Lumbalgia	15.480	Lumbalgia	28.107	Hipoacusia	4.151
2°	EPOC	10.688	Asma	10.146	EPOC	3.733
3°	Hipoacusia	7.108	Cáncer de pulmón	9.412	Asma	1.621
4°	Cáncer de pulmón	6.091	Mesotelioma	8.452	Cáncer de pulmón	969
5°	Asma	2.340	Hipoacusia	4.952	Lumbalgia	818
6°	Neumoconiosis	577	EPOC	4.664	Mesotelioma	564
7°	Mesotelioma	534	Silicosis	1.691	Silicosis	370
8°	Cáncer laríngeo	170	Leucemia	1.621	Leucemia	101
9°	Cáncer de mama	161	Cáncer laríngeo	215	-	-
10°	Leucemia	111	Cáncer ovárico	64	-	-

Fuente: Elaboración propia en base a GBD 2016 (3), Estudio de Carga de Enfermedad en Australia 2011 (81), Nelson y cols.(98,103), Driscoll y cols. (101,102,105), Punnett y cols (104) y Concha-Barrientos (106).

de riesgo en población trabajadora, lo que conlleva frecuentemente a una extrapolación de datos desde la literatura internacional. Sin embargo, las distribuciones de riesgo de otras poblaciones pueden no corresponder a las del propio país o no reflejar adecuadamente el efecto de factores confusores. Algunos investigadores han intentado disminuir este eventual sesgo utilizando datos obtenidos de revisiones sistemáticas o metaanálisis. Otras limitaciones en relación al RR son: una menor disponibilidad de información en la población trabajadora femenina, lo que habitualmente es resuelto aplicando valores obtenidos en base a población trabajadora masculina; un mayor nivel de evidencia para riesgo de morir que para riesgo de incidencia de enfermar, con la tendencia a utilizar ambos indistintamente; y, en el caso de obtener el riesgo desde estudios en población trabajadora, el eventual sesgo del trabajador sano,

provocando una subestimación en relación a población general. Por su parte, en relación con la proporción de población expuesta, generalmente existe un escenario local de escasez de información disponible. En el caso que existiese la información, esta habitualmente presenta limitaciones en la técnica o en el análisis de la medición tanto en el nivel de exposición como en la proporción de la población expuesta al factor de riesgo según actividad productiva (120).

II.4.4. Estudios de carga de enfermedad atribuible en Chile

A diferencia del primer estudio de carga de enfermedad de Chile realizado en 1993, el Estudio de Carga de Enfermedad y Carga Atribuible de Chile 2007 (85) realizó una estimación de la carga atribuible a 17 factores de riesgo en el país, ninguno de los cuales corresponde a un riesgo ocupacional. Sin embargo, este análisis fue realizado mediante la metodología de ECR promovida por la OMS, correspondiendo a la única experiencia en Chile que utiliza esta metodología, al menos según los conocimientos del tesista a la fecha. Para la obtención de la distribución de exposición se utilizaron como fuentes de información diferentes encuestas representativas a nivel nacional o estudios de subgrupos de población general, realizándose modelamientos de la información para disponer de los datos necesarios para cada grupo de edad y sexo definido por el estudio; en el caso de no disponer de información nacional, se recurrió a las estimaciones realizadas por la OMS para la región América B (AMR-B), zona a la que pertenece Chile en la división utilizada en el GBD. Para la definición de los RR a utilizar, se obtuvieron datos basados en revisiones realizadas por la

OMS y en búsqueda bibliográfica, por lo general provenientes de estudios de cohorte o caso control extranjeros, realizándose interpolaciones ponderadas para poder obtener el dato para cada grupo de edad y sexo. Al igual que en la mayoría de los estudios de carga atribuible analizados, se consideraron intercambiables los RR de enfermar y de muerte. Para la estimación de las FAP fueron utilizadas las fórmulas sugeridas por la OMS (anexo 3), aunque en algunos casos se utilizó una estimación directa de la FAP para Chile o para AMR-B, ya existente de manera previa. Estas FAP fueron aplicadas a los AVPM, AVD y AVISA producidos por las enfermedades vinculadas a cada riesgo, indicadores obtenidos previamente en el mismo estudio. Así como otros estudios de carga atribuible, la principal limitación, según sus autores, es la heterogeneidad en las fuentes de datos y la escasez de información disponible en algunos casos, con la presencia de eventuales sesgos y un aumento de la incertidumbre (85).

Probablemente el estudio más cercano a carga de enfermedad atribuible a riesgos ocupacionales en nuestro país corresponde al realizado por Concha M. (26), en el que se realiza la estimación de muertes atribuibles para el año 2004 en Chile. Mediante la aplicación de FAP obtenidas de la literatura, se estimó un total de 3.778 muertes atribuibles a un origen ocupacional (72% en hombres), correspondientes a casi el 5% de las muertes registradas en el año. Según grupo de causa, 55,9% de las muertes atribuibles corresponden a enfermedades cardiovasculares, 26,8% a cáncer y 11,1% a enfermedades respiratorias crónicas (26).

II.5. Desde la información hacia la acción: oportunidades y desafíos que entregan los datos sobre carga atribuible a riesgos ocupacionales

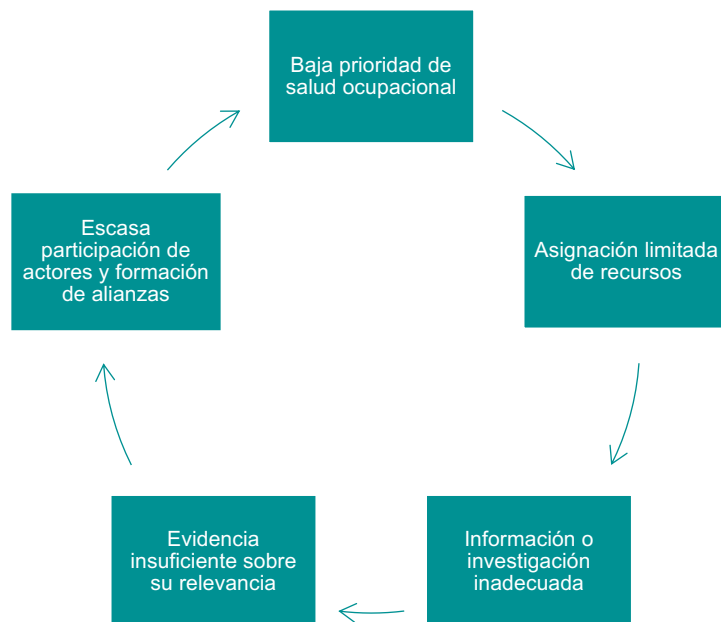
II.5.1. La visibilidad de las enfermedades con riesgos ocupacionales: una mirada necesaria para el desarrollo

Las consecuencias más evidentes de las enfermedades profesionales, como los efectos directos sobre la salud y la incapacidad laboral, se producen a nivel del trabajador. Sin embargo, también se generan repercusiones de distinta índole —físicas, psicosociales, funcionales, económicas y/o legales— en el grupo familiar, la comunidad, las instituciones empleadoras y la sociedad en su conjunto. A pesar de ello, las enfermedades profesionales son patologías habitualmente invisibilizadas a nivel social, hecho particularmente relevante en los países en desarrollo (123).

Una de las razones de la falta de visibilidad de las enfermedades profesionales es la baja inversión en la medición de carga de enfermedad en seguridad y salud en el trabajo, tanto en términos académicos como económicos. Esto se refleja en una limitada disponibilidad de datos para efectuar estudios de carga de enfermedad, lo que se traduce en una escasez de estudios locales (123). Estos factores son mencionados por Nuwayhid (124) como causas de un ciclo de “abandono” de la salud ocupacional en los países en desarrollo, el cual se muestra en la figura 2. El autor enfatiza que la ruptura de este ciclo debe ser realizada por medio de la participación de actores y la formación de alianzas, pues esto permite crear los consensos necesarios para hacer de la salud

ocupacional un tema preponderante en la agenda pública. En efecto, una inadecuada estimación de carga de enfermedades profesionales hace menos probable que los tomadores de decisión prioricen intervenciones focalizadas en riesgos ocupacionales. En el caso de que estas intervenciones se logren llevar a cabo, existen limitadas herramientas para su evaluación (123).

Figura 2. Ciclo de “abandono” de la salud ocupacional en países en desarrollo



Fuente: Elaboración propia en base a Nuwayhid (124) (Adaptación de figura 2).

Así como una mala salud general tiene impactos negativos en el proceso de desarrollo de los países, la falta de seguridad y salud en el trabajo no sería la excepción. El limitado reconocimiento de este vínculo también es un motivo que contribuye a que no se atienda adecuadamente la seguridad y salud en el trabajo (19). Se podría esperar que los países con baja inversión en seguridad y salud

en el trabajo tuvieran mayor competitividad debido a los menores gastos en este ítem. Sin embargo, la evidencia indica que estos países tienen baja competitividad, debido a que estos costos no desaparecen sino que son asumidos por la sociedad en su conjunto, deteriorando la competitividad general de la economía (19,125). Bajo esta premisa, la visibilidad del impacto de las enfermedades profesionales se torna fundamental para prevenir los efectos que estas puedan producir en el crecimiento económico de los países y en las familias vulnerables a la pobreza. Este fin requiere que la salud ocupacional se contextualice en términos de justicia social y desarrollo nacional (19,124).

En Chile, un 33% de la fuerza de trabajo no se encuentra asegurado contra accidentes del trabajo y enfermedades profesionales, y de los asegurados, un 47% desconoce su condición de afiliación (12,126). La falta de información sobre los riesgos de accidentarse o enfermarse por su trabajo es mayor en trabajadores de 65 o más años, sexo femenino y menor nivel educacional. Asimismo, la falta de acceso a la atención ante accidentes del trabajo es mayor en trabajadores con ingresos bajos y en trabajadores informales (12). Estos antecedentes sugieren que existen grupos de trabajadores en Chile, tanto asegurados como no afiliados al seguro, que vivencian este “abandono” de la salud ocupacional y sus consecuencias.

II.5.2. Distribución de actividades económicas y exposición a riesgos: el carácter local de las FAP

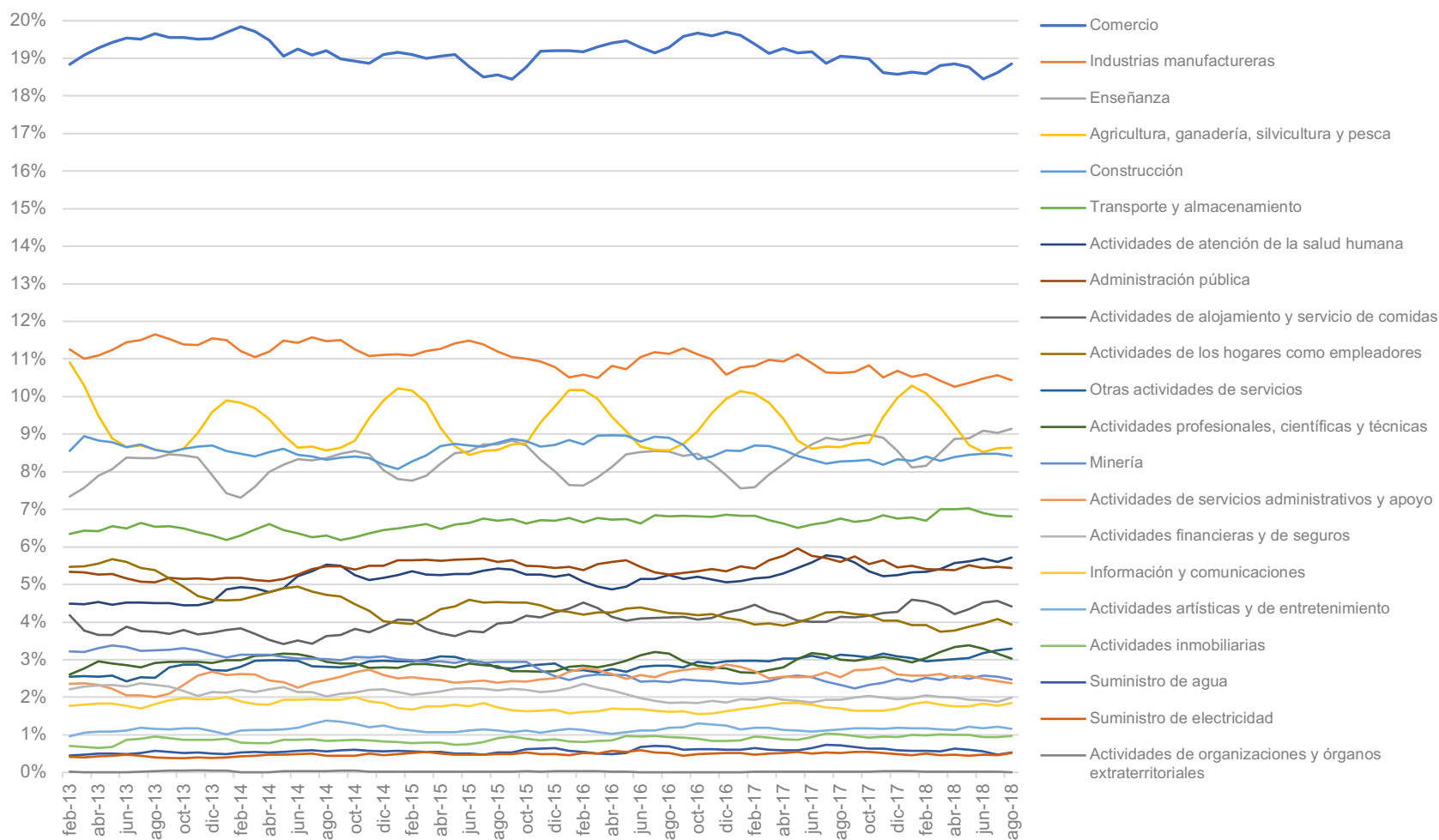
El valor de la FAP para un riesgo ocupacional específico presenta una alta variabilidad en la literatura, explicada principalmente por cambios en la proporción de población expuesta según el lugar de evaluación. En esta línea, la obtención de estimaciones precisas de las prevalencias de exposición a riesgos ocupacionales corresponde a uno de los principales desafíos de la epidemiología ocupacional actual (127). Aunque el juicio experto se mantiene como uno de los métodos principales para la estimación, progresivamente se han incorporado medidas cuantitativas. Estas han sido obtenidas de diversas fuentes, como mediciones realizadas por instituciones fiscalizadoras, reportes de la industria, encuestas realizadas por la academia o por instituciones gubernamentales, literatura académica e informes técnicos (128). Esta información ha contribuido a reforzar el juicio experto, pero también ha permitido la construcción de matrices de exposición que enlazan ocupaciones o actividades económicas con la magnitud de la exposición a diferentes riesgos ocupacionales (128–130). Considerando el carácter local de las estimaciones, algunas de estas matrices de exposición han sido adaptadas a la realidad de diferentes poblaciones (128).

La heterogeneidad en la exposición a riesgos ocupacionales se explica por la variabilidad en la matriz productiva tanto dentro como entre los países o localidades evaluados (121,131). En el caso de Chile, la distribución del empleo según sector económico presenta importantes diferencias con respecto al promedio de los países pertenecientes a la Organización para la Cooperación y

Desarrollo Económicos (OCDE), principalmente en el sector primario y en el sector de servicios. Del total de empleos en Chile en 2016, el porcentaje en el sector primario duplicó al promedio de la OCDE (9,3% versus 4,6%), mientras que en el sector de servicios fue inferior en 6 puntos porcentuales (67,4% versus 73,3%). En el sector industrial la diferencia fue más estrecha, con un porcentaje de empleos levemente superior en Chile (23,2% versus 22,1%) (132).

El comercio, la industria manufacturera y la enseñanza corresponden a las principales actividades económicas en Chile, con aproximadamente un 19%, 11% y 9% del total nacional de ocupados respectivamente, cifras que se han mantenido relativamente estables durante los últimos 5 años. En relación con las variaciones temporales de las actividades económicas en el país, la enseñanza y la agricultura, ganadería, silvicultura y pesca presentan cambios estacionales. La primera logra un peak de aumento durante el verano que supera en 1 punto porcentual a las otras estaciones, mientras que la segunda disminuye en aproximadamente 1 punto porcentual en la misma estación. La minería, si bien ha descendido su peso relativo desde 2013, se ha mantenido en torno al 2,5% del total de ocupados durante los últimos 2 años, cifra que supera los 200.000 trabajadores en el país (gráfico 16) (133).

Gráfico 16. Distribución de población ocupada según rama de actividad económica. Chile, 2013-2018



Fuente: Elaboración propia en base a Encuesta Nacional de Empleo de Chile (133). Nota: Cada mes indicado corresponde al mes central del trimestre móvil en el que se aplicó la encuesta. Desde febrero de 2013 se utiliza la clasificación de rama de actividad económica vigente en la encuesta, por lo que fechas anteriores no son comparables.

II.5.3. Carga atribuible: el paso necesario para las estimaciones de costos y la toma de decisiones sobre enfermedades profesionales

El principal nexo entre los estudios de carga atribuible a riesgos ocupacionales y su uso por parte de los tomadores de decisión corresponden a los estudios económicos sobre seguridad y salud en el trabajo. Entre sus utilidades, estos estudios permiten describir los costos asociados a enfermedades profesionales y conocer qué intervenciones son efectivas o beneficiosas en relación a estos (134,135). Los estudios económicos sobre descripción de costos, como los estudios de costo de enfermedad (cost-of-illness), tienen dos pasos principales: a) determinar la magnitud del problema de salud en términos epidemiológicos y b) determinar el costo económico en base a esta magnitud. Para lograr el primer paso, uno de los principales indicadores utilizados corresponde a los AVISA, los cuales brindan una ventaja a la hora de comparar riesgos ocupacionales con otros tipos de riesgo. Esto hace necesaria su estimación como requisito previo a una evaluación de costos (19,135).

Entre los principales roles de los estudios económicos en el desarrollo de políticas y la toma de decisiones sobre seguridad y salud en el trabajo, se encuentran (19,125):

- Conocer la distribución de los costos entre las partes involucradas, con énfasis en la externalización de costos. El costo de las enfermedades profesionales para la sociedad puede ser definido como la suma entre el costo para el Estado, el costo para las empresas y el costo para los trabajadores. Existe evidencia de que parte de los costos que le

corresponden a las empresas son externalizados a los trabajadores afectados o al Estado. Entre las causas de esta situación se encuentran el subreporte de enfermedades profesionales y la existencia de una prima fija que no depende del desempeño de la empresa en términos de la seguridad y salud de sus trabajadores. Adicionalmente, las empresas pueden externalizar parte de sus costos a otras empresas, como en el caso de aplicar subcontratación de ciertas actividades o en el supuesto de que una vacante por enfermedad profesional sea ocupada por un trabajador que renuncie a su actual empresa empleadora.

- Comparar los costos de la acción y la inacción. Implica estimar el costo de implementar medidas para la reducción de enfermedades profesionales y contrastarlo con el costo que estas generan, cuya diferencia equivale al costo neto.
- Considerar la variabilidad de exposición a riesgos ocupacionales, identificando cuáles enfermedades profesionales y actividades económicas son prioritarias, en base a la posibilidad de desagregación de los costos por estas variables.
- Integrar la seguridad y salud en el trabajo en las diferentes decisiones políticas de los países, a través de un lenguaje común en términos de costos económicos.

En base a esta información, las autoridades pueden instaurar políticas vinculadas, por ejemplo, a la regulación e inspección de riesgos ocupacionales y a incentivos en el aseguramiento, entre otros (134,135).

III. HIPÓTESIS

En base a lo expuesto previamente, se pueden identificar dos grupos de enfermedades que, en conjunto, son responsables de la mayor parte de la carga de enfermedad atribuible a riesgos ocupacionales: cáncer y enfermedades respiratorias crónicas. A su vez, se puede afirmar que existen dos formas de aproximación a la carga de enfermedades profesionales. La primera aproximación consiste en estimar el total de carga de enfermedad esperada para las enfermedades que presentan riesgos de origen ocupacional, para luego determinar cuánta de esta carga de enfermedad es atribuible a estos riesgos. La evidencia indica que esta carga atribuible a riesgos ocupacionales representa un porcentaje, del total de la carga de enfermedad, que es variable según el tipo de enfermedad y según la matriz productiva de la zona estudiada. El segundo acercamiento corresponde a la estimación directa de carga de enfermedades profesionales registradas por los sistemas de salud laboral, que puede ser entendida como carga de enfermedad obtenida de casos observados. Sin embargo, como fue planteado en el marco teórico, la evidencia indica un subregistro de casos de enfermedades profesionales de alta magnitud, incluso en países desarrollados, conllevando a una invisibilidad del impacto de los riesgos ocupacionales. En base a estos antecedentes, se plantea la siguiente hipótesis de investigación:

H1: La carga de enfermedad de los casos de cáncer y enfermedades respiratorias crónicas no registrados representa al menos un 50% de la carga de enfermedad atribuible a riesgos ocupacionales esperada para Chile durante el año 2016.

Aceptar la hipótesis planteada implicaría asumir que, para los grupos de enfermedades indicados, la carga de enfermedad estimada a partir de datos oficiales es la mitad o menos que la carga de enfermedad que se espera para el país a causa de los riesgos ocupacionales. Se postula el valor indicado en la hipótesis en base a las estimaciones de subregistro de enfermedades profesionales en países desarrollados, asumiendo que es altamente probable que un resultado de esta magnitud tenga un impacto en la toma de decisiones sobre seguridad y salud en el trabajo. En este sentido, el resultado haría patente que el seguro de la Ley 16.744 no se hace responsable de al menos la mitad de la morbilidad por enfermedades profesionales. Esto representaría un punto de partida para nuevas investigaciones, como evaluaciones sobre el impacto económico o estudios analíticos sobre las posibles causas de los resultados. Adicionalmente, se esperarían cambios o innovaciones en la prevención de riesgos ocupacionales, así como en el funcionamiento de los sistemas de atención de salud laboral existentes en el país.

IV. OBJETIVOS

IV.1. Objetivo General

Determinar el impacto en términos de morbilidad y mortalidad de los casos no registrados de cáncer y enfermedades respiratorias crónicas de origen ocupacional en Chile, durante el año 2016.

IV.2. Objetivos Específicos

1. Estimar la carga de enfermedad producida por cáncer y enfermedades respiratorias crónicas que tienen factores de riesgo ocupacional en Chile para el año 2016, según sexo y edad.
2. Establecer la carga de enfermedad de cáncer y enfermedades respiratorias crónicas atribuible a riesgos ocupacionales en Chile para el año 2016, según sexo y edad.
3. Estimar la carga de enfermedad originada por casos observados de cáncer y enfermedades respiratorias crónicas de origen ocupacional en Chile durante el año 2016, según sexo y edad.
4. Evaluar la brecha entre la carga de enfermedad atribuible a riesgos ocupacionales y la carga de enfermedad observada de cáncer y enfermedades respiratorias crónicas de origen ocupacional en Chile durante el año 2016.

V. MÉTODO

V.1. Contexto de ejecución del estudio

Este estudio se enmarca en el proyecto de investigación “Impacto sanitario y social de enfermedades profesionales seleccionadas y de lesiones por accidentes del trabajo en Chile”, adjudicado por la Escuela de Salud Pública de la Universidad Mayor. Este proyecto fue financiado por la Superintendencia de Seguridad Social y tuvo como contraparte técnica a la Asociación Chilena de Seguridad (proyecto SUSESO-ACHS). El proyecto propuso como objetivo general estimar la carga de enfermedad por accidentes de trabajo y enfermedades profesionales seleccionadas en Chile, encuadrándose la presente tesis en la sección sobre enfermedades profesionales.

Los valores de los indicadores epidemiológicos utilizados en el proyecto SUSESO-ACHS correspondieron aquellos utilizados para Chile por el Global Burden of Disease o a datos internacionales, usando como criterio principal la calidad del dato por sobre la aplicación de esos valores a la realidad chilena. En la presente investigación, los valores para los indicadores epidemiológicos fueron obtenidos del análisis de estadísticas o encuestas nacionales, considerando que la estimación de los AVD se basa en la incidencia de la enfermedad (o en su estimación a partir de la prevalencia) y en la consistencia interna con los demás indicadores epidemiológicos.

V.2. Diseño del estudio

Estudio de tipo descriptivo de medidas sintéticas de salud de la población, específicamente de carga de enfermedad (AVPM, AVD y AVISA) atribuible a riesgos ocupacionales que producen cáncer y enfermedades respiratorias crónicas, estimada para la población chilena en el año 2016.

Según el GBD, de las 10 enfermedades que producen una mayor cantidad de AVISA a causa de riesgos ocupacionales en el mundo, 5 son cánceres y 3 son enfermedades respiratorias crónicas (3), que fueron las escogidas para este estudio. En el grupo de cánceres, se seleccionaron mesotelioma, cáncer de pulmón, leucemia y cáncer de vejiga, mientras que EPOC, asma y silicosis fueron las enfermedades respiratorias crónicas estudiadas.

La metodología fue desarrollada en tres pasos sucesivos:

1. Estimación de las FAP a riesgos ocupacionales para las enfermedades seleccionadas.
2. Estimación de la carga de enfermedad atribuible a riesgos ocupacionales esperada para las enfermedades seleccionadas.
3. Estimación de la carga de enfermedad atribuible a riesgos ocupacionales observada para las enfermedades seleccionadas y de su brecha con la carga atribuible esperada.

V.3. Estimación de FAP para las enfermedades profesionales seleccionadas

V.3.1. Fórmula general de estimación de FAP

La FAP para cada enfermedad ocupacional (FAP_d) se obtuvo a partir del riesgo relativo (RR) de presentar la enfermedad al estar expuesto a riesgos ocupacionales y de la prevalencia de la población alguna vez expuesta a cada uno de los agentes de riesgo ocupacional según ocupación (i) y nivel de exposición (h), usando la siguiente fórmula (119):

$$FAP_d = \frac{\sum_h \sum_i \Pr(E_{hi}) (RR_h - 1)}{1 + \{\sum_h \sum_i \Pr(E_{hi}) (RR_h - 1)\}} \quad (4)$$

donde:

$\Pr(E_{hi})$: Prevalencia de población alguna vez expuesta a un riesgo ocupacional en el nivel de exposición h y la categoría ocupacional i

RR_h : Riesgo relativo de desarrollar la enfermedad debido a la exposición a un riesgo ocupacional en un nivel de exposición h

Fueron estimadas las FAP a causa de exposiciones ocupacionales para asma, EPOC, cáncer de pulmón, leucemia y cáncer de vejiga. Tanto para asma como para EPOC, la definición de exposición a asmatógenos y a vapores, gases, polvos y humos (VGDF, por sus siglas en inglés), respectivamente, estuvo dada por la categoría ocupacional, mediante la aplicación de matrices de exposición laboral. Para cada cáncer, se seleccionaron carcinógenos ocupacionales con un

alto nivel de evidencia según los reportes de la IARC (Grupo 1, cancerígeno para el ser humano) escogiendo aquellos que muestran un mayor impacto como causa de cáncer (arsénico, asbestos, cromo, humo de diesel, níquel, sílice, benceno, hidrocarburos policíclicos aromáticos o PAH, por su sigla en inglés). Las prevalencias de exposición a estos carcinógenos fueron estimadas a partir de CAREX Canada (9–12, 19).

V.3.2. Prevalencia de población alguna vez expuesta

La prevalencia de la población alguna vez expuesta a cada agente en 2016 incluye, además de los trabajadores expuestos en este año, a aquellos expuestos en el pasado durante un periodo de exposición al riesgo (REP), el cual varía según la latencia de cada enfermedad. Las prevalencias fueron obtenidas dividiendo el número de trabajadores alguna vez expuestos durante el REP ($N_{e(REP)}$) y que están vivos en 2016 por el total de población de 15 o más años en 2016, este último obtenido de la estimación actualizada según el censo de población de 2017 (140).

El $N_{e(REP)}$ fue estimado en base a la metodología propuesta por Hutchings & Rushton (119). Como se detalla más adelante, esta consiste en estimar la cantidad de población expuesta en el año medio del REP (n_0) corregida por el recambio ocupacional y la mortalidad durante el periodo. El uso de la población expuesta a la mitad del periodo como punto de partida para estimar la población alguna vez expuesta se fundamenta en el uso de una tasa de recambio fija para el periodo, aplicada según:

$$N_{e(REP)} = n_0 + (n_0 * TO * t) \quad (5)$$

donde:

n_0 : número de trabajadores el año medio del REP

TO : tasa de recambio ocupacional anual

t : rango de años del REP

Por tanto, ocupar la población expuesta a la mitad del periodo previene la subestimación que podría ocurrir si se utilizara la población al inicio del periodo.

El REP para cada enfermedad fue seleccionado en base a su periodo de latencia, considerando el año 2016 como el año objetivo. Para tumores sólidos y EPOC, se consideró un periodo de latencia entre 10 y 50 años (REP: 1966-2006), mientras que para leucemia este fue entre 0 y 20 años (REP: 1996-2016) (98,119). En el caso de asma, fueron considerados en riesgo los trabajadores expuestos los últimos 5 años (REP: 2011-2016) (141). Como consecuencia, el n_0 en cada categoría de ocupación (cantidad de expuestos en el año medio del REP) fue estimado para los años 1986 para tumores sólidos y EPOC, 2006 para leucemia y 2013 para asma. El valor de n_0 se obtuvo extrapolando la cantidad de trabajadores durante 2009-2010 a cada uno de estos años, tomando en cuenta el cambio de población trabajadora en cada actividad económica, proceso realizado en tres pasos sucesivos.

Primero, el número de trabajadores en cada categoría ocupacional fue obtenido de la ENETS 2009-2010 (12). Esta encuesta tiene representatividad nacional y su muestra estuvo conformada por 9.503 encuestados, cuyas ocupaciones fueron clasificadas según la Clasificación Internacional Uniforme de Ocupaciones 1988 (CIUO-88).

Luego, el número de trabajadores expuestos en 2009-2010 fue estimado aplicando la proporción de trabajadores expuestos en cada ocupación al número de trabajadores por categoría ocupacional obtenido de la ENETS. Para los carcinógenos, estas proporciones fueron obtenidas de la base de datos Carcinogen Exposure (CAREX) Canada, la cual fue construida en base a un amplio conjunto de mediciones de exposición a agentes de riesgo en el lugar de trabajo, además de evaluación por expertos (129). Las categorías ocupacionales en CAREX Canada se encuentran codificadas según la Clasificación Nacional de Ocupaciones para Estadísticas 2006 de Canadá (NOC-S) (142), por lo que las categorías fueron traspasadas a CIUO-88 a través de tablas de concordancia. Dentro del grupo de los carcinógenos, la única excepción a esta metodología fue la exposición a radiación ionizante, no disponible en CAREX Canada, por lo que se utilizó la estimación de expuestos reportada por el sistema de vigilancia radiológica del Instituto de Salud Pública (ISP) (143).

En el caso de las ocupaciones expuestas a vapores, gases, polvos y humos (VGDF, por sus siglas en inglés) y asmatógenos, todos los trabajadores en una ocupación fueron considerados como potencialmente expuestos. En el caso de VGDF, la exposición ocupacional fue estimada utilizando una matriz de exposición ocupacional creada por Matheson et al. (144) denominada ALOHA

JEM, la cual clasifica cada categoría ocupacional según CIUO-88 en exposición alta, baja o sin exposición. Para este estudio, solo las ocupaciones con una exposición alta a VGDF fueron consideradas expuestas. Para asmatógenos, las ocupaciones que tienen un alto riesgo de asma ocupacional en comparación con trabajo administrativo y de oficina fueron seleccionadas como expuestas, a partir de un estudio de seguimiento por 13 años en población trabajadora de Finlandia (145). Solo las ocupaciones con un riesgo relativo de desarrollar asma igual o mayor a 1,5 fueron consideradas expuestas. Los códigos de las ocupaciones fueron transformadas desde la clasificación finlandesa original a CIUO-88 utilizando la conversión propuesta por Erola (146).

Finalmente, el n_0 para cada REP se obtuvo mediante la extrapolación de los trabajadores expuestos en 2009-2010 al respectivo año medio del periodo. Para ello se utilizaron factores de ajuste basados en los coeficientes del cambio lineal del número de trabajadores en cada grupo de actividad económica según sexo. Estos coeficientes fueron estimados a partir de las bases de datos mensuales de la Encuesta Nacional de Empleo de Chile entre 1986 y 2016 (gráfico 17). Por ejemplo, el número de trabajadores hombres en ventas, retail, restaurantes y hoteles en 2009-2010 fue de aproximadamente 923.000, mientras que en 1986 era de 390,000 trabajadores. Asumiendo un aumento lineal, el número de trabajadores en 1986 corresponde a un 42% de la cifra en 2009-2010.

El $N_{e(REP)}$ para cada agente de riesgo en 2016 fue estimado mediante la suma de la cantidad de trabajadores de n_0 que se encuentran vivos en 2016 y la cantidad de trabajadores que ingresaron a la fuerza de trabajo durante el REP

(recambio ocupacional) y que también se encuentran vivos en 2016. Ambos componentes se encuentran representados mediante la fórmula (119):

$$N_{e(REP)} = \sum_{i=a}^{i=b} \left\{ l_{(adj15)i} * \frac{n_0}{R - 15} \right\} + \sum_{k=0}^{k=age(u)-age(l)} \sum_{j=c+k}^{j=d+k} \left\{ \frac{l_{(adj15)i} * n_0 * TO}{age(u) - age(l) + 1} \right\} \quad (6)$$

donde:

R : edad de retiro

TO : tasa de recambio anual

$l_{(adj15)i}$: proporción de sobrevivientes a la edad i (l_i) ajustado para incluir solo la población viva mayor a 15 años de edad ($l_{(adj15)i} = l_i / l_{15}$)

a : límite inferior del rango de edad alcanzado por la cohorte inicial en 2016

b : límite superior del rango de edad alcanzado por la cohorte inicial en 2016

$age(u)$: límite superior de rango de edad de reclutamiento

$age(l)$: límite inferior de rango de edad de reclutamiento

c : límite inferior del rango de edad alcanzado en 2016 por la última cohorte de recambio reclutada

d : límite inferior del rango de edad alcanzado en 2016 por la primera cohorte de recambio reclutada

En la primera parte de la ecuación, el n_0 estimado fue ajustado por tasas de sobrevivencia por sexo y edad obtenidas de las tablas de vida para población chilena (147), con el objetivo de considerar solo aquellos vivos en 2016. Fue

asumida una distribución de edad uniforme para los trabajadores del año medio del periodo, por lo que n_0 fue dividido por la duración de la vida laboral por sexo (edad de jubilación menos 15, correspondiente a 50 años en hombres y 45 años en mujeres) para obtener el número de trabajadores por edad. Por ejemplo, para el caso de los tumores sólidos y EPOC (REP:1966 a 2006), los trabajadores de 15 años de edad en la cohorte inicial del REP tienen 65 años en 2016. La cantidad de estos trabajadores fue multiplicada por 0,916 en hombres y 0,952 en mujeres, que corresponden a las tasas de supervivencia para el intervalo de 65 a 69 años de edad, ajustada por el valor para el intervalo de 15 a 19 años de edad. Este proceso fue repetido para la cantidad de trabajadores de cada edad de la cohorte inicial del REP, obteniéndose la suma total por sexo.

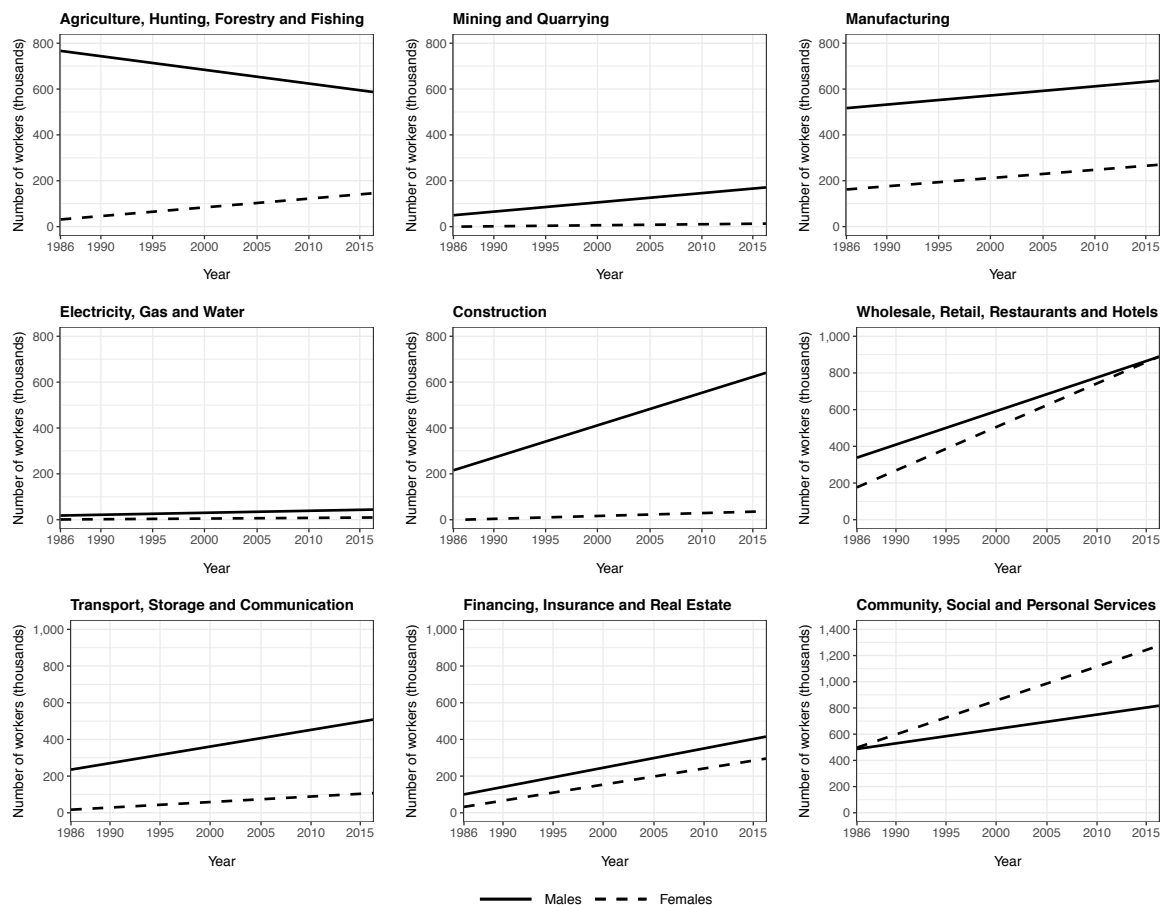


Gráfico 17: Cambio lineal en el número de trabajadores por actividad económica en Chile entre 1986 y 2016, según sexo

La segunda parte de la ecuación considera el recambio ocupacional y agrega el número de nuevos trabajadores expuestos durante el REP que están vivos en 2016. Se asumió un rango de edad para la cohorte de reclutamiento de nuevos trabajadores entre 15 años ($age(l)=15$) y 24 años ($age(u)=24$) solamente. Por tanto, el número de nuevos trabajadores expuestos de una edad específica durante cada año del REP fue estimado multiplicando el n_0 por una tasa de recambio anual de 0,1 (148) y dividiendo por la cantidad de años del intervalo de edad, que en este caso fue 10. Posteriormente, este número fue ajustado por la tasa de sobrevivencia de la edad de la cohorte en 2016. Por ejemplo,

para los tumores sólidos y EPOC, si el n_0 fue 100.000 trabajadores, habría 10.000 nuevos trabajadores por año en el REP (400,000 en total). En cada año, de estos 10.000 trabajadores, hay 1.000 trabajadores de cada una de las edades de recambio ocupacional (1.000 tienen 15 años, 1.000 tienen 16 años y así sucesivamente hasta los 24 años). Los trabajadores hombres que tenían 15 años en 1967 tienen 64 años de edad en 2016, de los cuales se espera que 995 estén vivos en 2016 (tasa de sobrevivencia de 0.995 para hombres de esta edad). Este procedimiento fue realizado para cada edad de la cohorte de recambio reclutada (15 a 24 años) durante cada año del periodo, lo que permitió estimar el número total de trabajadores nuevos que se espera que estén vivos en 2016.

V.3.3. Selección de riesgos relativos

Debido a la prácticamente nula existencia de estudios sobre riesgo de enfermedades debido a exposiciones ocupacionales en Chile, los RR fueron extraídos de la literatura, asumiendo similitud entre los riesgos de desarrollar la enfermedad o de morir por esta y utilizando el mismo valor para ambos sexos y diferentes edades (137,149–160) (tabla 1).

El RR para EPOC fue obtenido de la revisión sistemática y metanálisis de Sathra et al. (149), quienes midieron el riesgo de EPOC diagnosticado por médico y basado en espirometría. Todos los estudios incorporados en el metanálisis incluyeron ajuste por tabaquismo como variable confusora en el análisis. Los RR de asma en cada ocupación fueron directamente obtenidos desde el estudio del cual las ocupaciones fueron seleccionadas (145).

En el caso de los carcinógenos, los RR fueron extraídos en su mayor parte desde metanálisis (es el caso de asbestos, sílice, benceno, radiación ionizante y PAH) (tabla 23). Para el resto de los carcinógenos, los RR se obtuvieron del resultado de cohortes específicas. En el caso de la exposición a arsénico, el RR de cáncer de pulmón fue obtenido de los resultados de la cohorte Lee-Fraumeni publicada por Lubin et al. (153), que es probablemente el estudio de cohorte con el mayor periodo de seguimiento y la mayor cantidad de casos de exposición ocupacional a arsénico. Un criterio similar fue utilizado para la exposición a cromo, seleccionando los resultados actualizados de los trabajadores de una planta de producción de cromo en Baltimore (155), y para la exposición a níquel, utilizando los resultados de una cohorte de trabajadores en una refinería de níquel en Noruega (156). En el caso de humo de motor de diésel, un RR combinado fue estimado desde un metanálisis actualizado y un análisis específico en mineros y choferes profesionales (161–163). Un RR combinado fue también usado para la exposición a PAH, extrayendo los datos sobre riesgo de cáncer de pulmón y cáncer de vejiga en diferentes ocupaciones reportado por Rota et al. (150).

V.3.4. Estimación de niveles de exposición

La estimación de los niveles bajos y altos de exposición fue realizada mediante factores de partición de la exposición aplicados a la prevalencia de trabajadores alguna vez expuestos. Debido a la escasa información sobre exposición ocupacional a asmatógenos, VGDF y carcinógenos en Chile, se

utilizó un factor de partición de 0,5 para ambos niveles, de acuerdo con la partición previamente utilizada para la región B de las Américas según la clasificación de la OMS (101). Esto se traduce en que la mitad de la población alguna vez expuesta lo estuvo a bajos niveles y la otra mitad a altos niveles de cada agente.

Solo un nivel de exposición fue considerado para humo de motor de diésel y para radiación ionizante, la primera porque la exposición es usualmente baja en la mayoría de las ocupaciones (164) y en la segunda porque solo una exposición mayor o igual a 100 mSv fue considerada como expuesta.

Cuando se aplicó factores de partición, los RR obtenidos de la literatura también fueron fraccionados, asumiendo una distribución log-normal para cada RR. Por ejemplo, un factor de partición de 0,5 fue aplicado para la exposición a cromo, por lo que el $RR=1,63$ fue multiplicado por 0,5 y 1,5 en escala logarítmica para obtener los valores de $RR=1,28$ para el nivel de baja exposición y $RR=2,01$ para el nivel de alta exposición, respectivamente.

Tabla 23: Características de los estudios de los cuales se extrajo los riesgos relativos

Riesgo ocupacional	Enfermedad profesional	Autor, año	Diseño de estudio	País	Industria/Ocupación	Outcome	Medida de riesgo	Efecto estimado (IC95%)
VGDF	EPOC	Sadhra et al., 2017 (149)	Metanálisis	Múltiples	Múltiples	Incidencia	OR	1,22 (1,18-1,27)
Arsénico	Cáncer de pulmón	Lubin et al., 2000 (153)	Cohorte	USA (Montana)	Fundición de cobre	Mortalidad	RME	1,58 (1,44-1,74)
Asbestos	Cáncer de pulmón	Ngamwong et al., 2015 (154)	Metanálisis	Múltiples	Múltiples	Incidencia/mortalidad	RR	2,72 (1,67-4,40)
Cromo	Cáncer de pulmón	Gibb et al., 2015 (155)	Cohorte	USA (Baltimore)	Producción de cromo	Mortalidad	RME	1,63 (1,42-1,86)
Níquel	Cáncer de pulmón	Grimsrud et al., 2003 (156)	Cohorte	Noruega	Refinería de níquel	Incidencia	RIE	2,60 (2,30-2,90)
Sílice	Cáncer de pulmón	Poinen-Rughooputh et al., 2016 (157)	Metanálisis	Múltiples	Múltiples	Incidencia	RIE	1,68 (1,45-1,96)
Humo de escape de motor diésel	Cáncer de pulmón	Attfield et al., 2012 (161) Olsson et al., 2011 (162) Tsoi & Tse, 2012 (163)	Cohorte Metanálisis Metanálisis	USA Múltiples Múltiples	Minería no metálica Múltiples Choferes profesionales	Mortalidad Incidencia Incidencia/mortalidad	RME OR RR	1,15 (1,08-1,23)
Benceno	Leucemia	IARC Monographs Working Group, 2018 (137)	Metanálisis	Múltiples	Múltiples	Incidencia/mortalidad	OR	1,54 (1,16-2,05)
Radiación ionizante	Leucemia	Daniels & Schubauer-Berigan, 2011 (165)	Metanálisis	Múltiples	Múltiples	Incidencia/mortalidad	RR	1,16 (1,07-1,26)
PAH	Cáncer de vejiga	Rota et al., 2014 (150)	Metanálisis	Múltiples	Producción de aluminio, fundición de hierro y acero, trabajo con asfalto, producción de carbón	Incidencia/mortalidad	RR	1,18 (1,01-1,37)
PAH	Cáncer de pulmón	Rota et al., 2014 (150)	Metanálisis	Múltiples	Producción de aluminio, fundición de hierro y acero, trabajo con asfalto, producción de carbón	Incidencia/mortalidad	RR	1,16 (1,04-1,30)

PAH: hidrocarburos aromáticos policíclicos. RR: Riesgo relativo. OR: Odds ratio. RME: razón de mortalidad estandarizada. RIE: Razón de incidencia estandarizada.

Se estimaron intervalos de incertidumbre para las estimaciones de FAP mediante el método de simulación de Monte Carlo, asumiendo una distribución log-normal para los RR. Los puntos de corte fueron los percentiles 2,5 y 97,5 de los resultados de 1.000 iteraciones.

Adicionalmente, se evaluó el eventual sesgo de los supuestos asumidos para la estimación de la prevalencia de población alguna vez expuesta. Para ello, se realizó un análisis de sensibilidad de las PAF basado en la estimación de intervalos de credibilidad a través de simulación de Montecarlo. Se consideraron como potenciales fuentes de sesgo el número de trabajadores expuestos en el año medio del REP (n_0), la tasa de recambio anual de trabajadores (TO) y la duración del periodo de latencia de enfermedad (t). Para cada uno de estos parámetros se determinó una distribución uniforme como distribución a priori, seleccionándose los valores mínimos y máximos indicados en la tabla 24. Para n_0 se seleccionó como mínimo un valor 20% menor y como máximo un valor 20% mayor al n_0 estimado para cada exposición, mientras que para TO se utilizó como mínimo la mitad y como máximo el doble del valor de TO utilizado para estimar las FAP. En el caso de t , se usaron diferentes valores mínimos y máximos dependiendo de la enfermedad (1 y 10 años para asma, 10 y 50 años para EPOC y tumores sólidos y 10 y 30 años para leucemia). En base a las distribuciones seleccionadas, se realizaron 10.000 simulaciones para obtener los intervalos de credibilidad, utilizando como puntos de corte los percentiles 2,5 y 97,5.

Todos los análisis fueron realizados mediante el programa Rstudio versión 1.1.456.

Tabla 24. Distribución y valores seleccionados para la estimación intervalos de credibilidad de FAP según potenciales fuentes de sesgo

Fuente de sesgo	Distribución	Valores mínimo y máximo		
		Asma	EPOC y tumores sólidos	Leucemia
n_0	$n_0 \sim \text{uniforme} (n_{min}, n_{max})$	$n_{min} = 0,8 * n_0$ $n_{max} = 1,2 * n_0$	$n_{min} = 0,8 * n_0$ $n_{min} = 1,2 * n_0$	$n_{min} = 0,8 * n_0$ $n_{min} = 1,2 * n_0$
TO	$TO \sim \text{uniforme} (TO_{min}, TO_{max})$	$TO_{min} = 0,05$ $TO_{max} = 0,15$	$TO_{min} = 0,05$ $TO_{max} = 0,15$	$TO_{min} = 0,05$ $TO_{max} = 0,15$
t	$t \sim \text{uniforme} (t_{min}, t_{max})$	$t_{min} = 1$ $t_{max} = 10$	$t_{min} = 10$ $t_{max} = 50$	$t_{min} = 10$ $t_{max} = 30$

V.4. Estimación de la carga de enfermedad atribuible a riesgos ocupacionales observada

La estimación de carga de enfermedad a causa de riesgos ocupacionales se basó en una evaluación comparativa de riesgos. En una primera fase, se estimó la carga de enfermedad total para las patologías seleccionadas, independiente de los riesgos que las producen, para luego determinar cuánta de esta carga total se debe a riesgos ocupacionales, aplicando las FAP estimadas previamente para la población chilena.

La estimación de los AVISA totales por enfermedad fue realizada mediante una fórmula que permite estimar tanto AVPM como AVD, incluyendo los ajustes por un peso de la edad no uniforme y por la tasa de descuento en base al tiempo futuro. Esta fórmula esta se encuentra dada por (166):

$$AVISA[r, K] = ND \left\{ \frac{KC e^{ra}}{(r + \beta)^2} \left[e^{-(r+\beta)(L+a)} [-(r + \beta)(L + a) - 1] - e^{-(r+\beta)a} [-(r + \beta)a - 1] \right] + \frac{1 - K}{r} (1 - e^{-rL}) \right\} \quad (7)$$

donde:

N: Número de muertes (para AVMP) o número de casos incidentes (para AVD)

a: edad de muerte (para AVMP) o edad de inicio de la discapacidad (para AVD)

L: diferencia entre esperanza de vida y edad de muerte (para AVPM) o duración promedio de la enfermedad (para AVD)

β: parámetro de la función de peso por edad no uniforme

C: constante de la función de peso por edad

r: tasa de descuento

D: peso de discapacidad, con un valor entre 0 y 1

K: constante de uniformidad del peso de la edad, con valor 0 si peso de la edad es uniforme y 1 si el peso de la edad no es uniforme

Para todas las estimaciones se utilizó una función de peso por edad no uniforme dada por $\beta=0,04$ y $C=0,16243$, y una tasa de descuento de un 3% ($r=0,03$), en base a la metodología utilizada por GBD (66). Para la estimación de los AVD, fueron utilizados los pesos de discapacidad desarrollados por Salomon et al. (69), con el objetivo de ajustar la estimación según el nivel de discapacidad que produce cada enfermedad. Estos factores toman valores entre 0 (perfecto estado de salud) y 1 (muerte) y su construcción estuvo basada en la comparación

de descripciones de síntomas y alteraciones en la funcionalidad por muestras de población a nivel mundial (67–69).

Para la estimación de los AVPM, tanto la cantidad de muertes (N) como la edad promedio de muerte (a) causada por la enfermedad dentro de cada grupo de edad y sexo, fue obtenido a partir de los registros de defunciones del DEIS, en base a los códigos CIE-10 asignados para cada enfermedad (167). Con el objetivo de aumentar la consistencia del dato para el año 2016, el cálculo se realizó en base a la media ponderada de la información de los años 2015, 2016 y 2017. En relación a la calidad de los registros, en el año 2016 existió un 99,87% de certificación médica y un 2,7% de registros calificados como síntomas, signos o hallazgos anormales clínicos (códigos R00-R99 de la CIE-10) (168). La cifra de causas mal definidas, si bien es menos que en otros países de Latinoamérica y el Caribe, no ha logrado acercarse al 1% que mantienen los países desarrollados (169). La esperanzas de vida ($a + L$) usadas como valor ideal de longevidad con el cual se compararon las edades de las muertes consideradas prematuras, se obtuvieron de las tablas de vida generadas por el equipo del GBD (170,171). Estas fueron construidas en base a las tasas de mortalidad más bajas registradas para cada grupo de edad entre los países que tienen más de 5 millones de habitantes, estimando una esperanza de vida al nacer de 86 años tanto para hombres como para mujeres.

Para la estimación de los AVD, las incidencias de las enfermedades fueron obtenidas desde diversas fuentes. En el caso de asma y EPOC, la incidencia fue estimada a partir de la prevalencia de cada enfermedad. La prevalencia de asma se obtuvo de la Encuesta Nacional de Salud de Chile 2016-2017 en base al

autorreporte de la enfermedad, mientras que la prevalencia de EPOC se obtuvo de la información reportada por el Proyecto Latinoamericano en Obstrucción Pulmonar (PLATINO), el cual tuvo por objetivo estimar la prevalencia y los factores asociados a EPOC en diferentes ciudades de Latinoamérica, incluyendo Santiago de Chile. En el estudio PLATINO, el diagnóstico de EPOC fue realizado mediante espirometría a través de los criterios establecidos por la Iniciativa Global para la Enfermedad Pulmonar Obstructiva (GOLD) (172,173). La incidencia fue estimada mediante un análisis de consistencia interna de la prevalencia, mortalidad y remisión de cada enfermedad, efectuado en el programa DisMod II Version 1.04. La información sobre la remisión de la enfermedad fue obtenida de las estimaciones para Chile del GBD (78).

En el caso de los cánceres seleccionados, la incidencia fue obtenida desde los registros poblacionales de cáncer (RPC) de Chile, siendo la última información disponible aquella correspondiente al quinquenio 2008-2012 de 4 registros (RPC de la región de Antofagasta, RPC de la provincia de Concepción, RPC de la provincia del Biobío y RPC de la región de los Ríos), que en conjunto cubren al 13,5% de la población adulta de acuerdo a los datos censales de 2017 (140,174). Debido a que no se cuenta con las proyecciones nacionales para la incidencia, esta fue estimada a partir de la razón entre la incidencia y la mortalidad (RIM). La RIM para cada cáncer fue estimada mediante modelos lineales generalizados, asumiendo una distribución de Poisson para los casos incidentes, ocupando la mortalidad como offset y considerando sexo y edad como variables explicativas. Debido a la baja cantidad de casos, la RIM para mesotelioma fue obtenida directamente desde la cantidad de casos incidentes y

las muertes. La RIM fue aplicada a la mortalidad de cada provincia del país para obtener la cantidad de casos incidentes a nivel nacional. Para asegurar la consistencia de las tasas de incidencia, también se realizó un análisis de consistencia interna, considerando la incidencia, mortalidad y remisión de cada enfermedad. La edad de inicio y la duración de cada enfermedad fueron obtenidas a partir de este análisis.

En el caso particular de la silicosis, la incidencia fue estimada mediante el riesgo absoluto de presentar la enfermedad 15 años después de finalizada la exposición ocupacional a cuarzo respirable, estimado por Buchanan et al (175) en una cohorte de trabajadores de una mina de carbón en Escocia entre 1964 y 1981. Los autores determinaron que el riesgo de silicosis, definida operacionalmente como la presencia de profusión 2/1 o mayor en radiografía de tórax anteroposterior según la edición de 1980 de la Clasificación Internacional de la OIT para radiografías de neumoconiosis, depende del efecto combinado de la exposición a largo plazo de bajas concentraciones de cuarzo y de la exposición a corto plazo a altas concentraciones de cuarzo, según la siguiente ecuación:

$$\log (p_2/(1 - p_2)) = -4.83 + 0.443 \times CE_{<2} + 1.323 \times CE_{>2} \quad (8)$$

donde:

p_2 : probabilidad de presentar categoría 2/1 o mayor según clasificación OIT 1980

$CE_{<2}$: exposición acumulativa de cuarzo a concentraciones menores a 2 mg/m³

$CE_{>2}$: exposición acumulativa de cuarzo a concentraciones mayores a 2 mg/m³

Para la presente investigación solo fue considerada la exposición a largo plazo, debido a la escasa información sobre las características de la exposición a altos niveles de sílice en el lugar de trabajo. En Chile, el límite permisible ponderado (LPP) para cuarzo en el lugar de trabajo es de 0,08 mg/m³, existiendo un protocolo para la vigilancia del riesgo de sílice que establece 4 niveles de riesgo de exposición en el lugar de trabajo (tabla 25). Una muestra de 2.070 lugares de trabajo, basada en información reportada por los organismos administradores durante el año 2015, mostró que la mayoría de los lugares de trabajo presentaron un nivel de riesgo 4 (44%), mientras que para los niveles 1, 2 y 3 se registraron un 19%, 18% y 19% de las mediciones, respectivamente (176). Sin embargo, al no ser posible asegurar que la muestra fue representativa a nivel nacional, se decidió considerar una distribución uniforme entre los diferentes niveles de riesgo, considerando que en cada uno de estos niveles se encuentra un 25% de la población alguna vez expuesta. Se consideró como concentración de cuarzo en cada nivel el valor medio del rango de concentración (0,01 mg/m³, 0,03 mg/m³ y 0,06 mg/m³ para los niveles de riesgo 1, 2 y 3, respectivamente) y una concentración de 0,1 mg/m³ para el nivel de riesgo 4.

Tabla 25: Niveles de riesgo exposición a sílice según el Protocolo para la Vigilancia del Riesgo de Sílice en el lugar de trabajo

Nivel de riesgo	Definición	Concentración de cuarzo en el lugar de trabajo
1	<25% de LPP	<0.02 mg/m ³
2	≥25% y <50% de LPP	≥0.02 mg/m ³ y <0.04 mg/m ³
3	≥50% y ≤100% de LPP	≥0.04 mg/m ³ y ≤0.08 mg/m ³
4	>100% de LPP	>0.08 mg/m ³

Fuente: Protocolo para la Vigilancia de Sílice en el Lugar de Trabajo.

Para estimar la exposición acumulada a cuarzo, la cantidad estimada de años trabajados por cada persona alguna vez expuesta hasta el año 2001 (15 años antes de 2016) fue multiplicada por la concentración de cuarzo para cada nivel de riesgo. Aplicando la ecuación de riesgo propuesta por Buchanan et al (175), fue posible estimar el riesgo de silicosis luego de 15 años del cese de la exposición, el cual fue dividido por 15 para obtener el riesgo anual. El riesgo anual fue multiplicado por el número de trabajadores alguna vez expuestos para obtener la cantidad de casos incidentes en el año 2016.

Finalmente, para estimar la carga atribuible a riesgos ocupacionales esperada para asma, EPOC y cáncer, excepto mesotelioma, a la carga total de cada enfermedad se le aplicó la FAP debida a riesgos ocupacionales obtenida previamente para la población chilena. En el caso de mesotelioma, la FAP debido a exposición ocupacional es consistente en la literatura, por lo que, de forma conservadora, se aplicó una FAP de 83,1% para hombres y 22% para mujeres, que corresponden a los menores valores reportados en la literatura a partir de estudios caso-control o de cohorte (177,178). Por último, toda la carga de enfermedad obtenida para silicosis fue considerada ocupacional.

V.5. Estimación de la carga de enfermedad atribuible a riesgos ocupacionales esperada y brecha con la carga esperada

La carga de enfermedad producida por los casos reconocidos de enfermedad profesional fue estimada en base a la metodología de cálculo de

AVISA descrita previamente, pero utilizando la incidencia de enfermedades profesionales oficialmente reconocidas en Chile. La cantidad de AVISA obtenida fue considerada como la carga de enfermedades ocupacionales observada, la cual fue comparada con la carga de enfermedad atribuible a riesgos ocupacionales esperada para el país.

La incidencia de los casos de enfermedades ocupacionales reconocidas como tales por los organismos administradores fue obtenida de los registros del SISESAT correspondientes al año 2016. Los organismos administradores, que tienen como afiliados a un 65,6% de la fuerza laboral chilena (126,179), reciben las denuncias de enfermedad ocupacional y son las encargadas emitir una calificación sobre el origen común o laboral del caso. Adicionalmente, tienen el deber de informar anualmente sobre los casos calificados como enfermedades profesionales en el SISESAT, incluyendo el diagnóstico y su código CIE-10, la localización de la enfermedad y una breve descripción del cuadro clínico registrado por el médico que diagnosticó la enfermedad profesional.

Los códigos CIE-10 de la base de datos del SISESAT no correspondientes a una enfermedad profesional fueron revisados por dos profesionales previamente entrenados y supervisados por un experto en codificación de enfermedades, para corroborar o descartar su calidad de enfermedad profesional. Los revisores tuvieron acuerdo en un 82% de los casos y los desacuerdos fueron resueltos por el experto en codificación. Para el análisis, se excluyeron aquellos registros sin código ni descripción sobre el diagnóstico y aquellos en que la información disponible permitió clasificarlos como enfermedades no ocupacionales, lesiones o síntomas. En los casos en que

asignar un diagnóstico no fue posible, el caso fue registrado como indeterminado. Para obtener las tasas de enfermedades ocupacionales seleccionadas, las cantidades de casos de asma (J45-J46), EPOC (J41-J44), silicosis (J62), cáncer de pulmón (C33-C34), mesotelioma (C45), leucemia (C91-C95) y cáncer de vejiga (C67) fueron divididos por la población asegurada en 2016, obtenida de las estadísticas de la Superintendencia de Seguridad Social (179).

VI. CONSIDERACIONES ÉTICAS

Existe consenso en la literatura que los indicadores de carga de enfermedad conllevan una dimensión ética, pues su uso en la distribución de recursos en la población permite definir prioridades tanto para los servicios como para la investigación en salud, lo que ha sido motivo de debate académico (63,70). La controversia de basa en los denominados “valores sociales”, que en la metodología de carga de enfermedad corresponden a la asignación de un valor diferencial al tiempo vivido en diferentes edades y en la preferencia del tiempo actual en relación con tiempos futuros, representados por el peso de la edad y la tasa de descuento, respectivamente. En el primer caso, las edades de los extremos de la vida tienen un menor valor que las edades adultas, lo cual ha sido interpretado por algunos críticos como una valoración de la vida en términos de productividad y, por tanto, en términos monetarios (70). Murray y cols. (63) han justificado su posición en base a la diferencia de roles sociales según la edad, con un consecuente mayor nivel de dependencia de los individuos en edades cercanas a los extremos de la vida en relación a los individuos de edades medias. Sin embargo, esta postura ha sido criticada como una valoración instrumental más que un valor intrínseco que tenga algún sustento ético (70). En el caso de la desvalorización en tiempos futuros, los críticos han postulado que no es correcto aplicar los argumentos que sostienen el descuento del valor del dinero a la salud del ser humano, esta última representada por los AVISA; sin embargo, los autores contraargumentan indicando que el descuento permite capturar el aumento de incertidumbre producido por el paso del tiempo, además de reducir el eventual

problema de un excesivo “sacrificio” de ciertas generaciones sobre otras. Este último argumento se basa en que la ausencia de descuento permite que la carga de enfermedades con incidencia estable sea infinita, por lo que, si existen programas con una probabilidad de erradicación finita de la enfermedad, entonces los beneficios serían infinitos. Como consecuencia, se ocuparían todos los recursos en programas de erradicación de enfermedad, que beneficia en mayor medida a generaciones futuras, mientras que los recursos para programas preventivos y curativos, que benefician a la generación actual, se reducirían a cero (63).

En relación con los aspectos éticos formales, esta propuesta de tesis se basa en el uso de múltiples bases de datos secundarias, accesibles por medio de convenios institucionales. Dado que no se trabaja de manera directa con seres humanos, no se requieren consentimientos informados ni la aprobación de un comité de ética para llevar a cabo la investigación propuesta.

VII. RESULTADOS

A continuación, se presentan tres manuscritos que contienen los resultados obtenidos en la presente investigación. En orden consecutivo, los títulos de cada manuscrito son los siguientes:

1. Population Attributable Fractions due to occupational exposures, for chronic respiratory diseases and cancer in Chile
2. Occupational-Attributable burden of chronic respiratory diseases and cancer in Chile
3. Are occupational respiratory diseases and cancers being diagnosed in Chile? A registry-based study

Population Attributable Fractions due to occupational exposures, for chronic respiratory diseases and cancer in Chile

Carlos Sandaña¹, Paulina Pino¹, Kyle Steenland²

¹School of Public Health, Universidad de Chile, Santiago, Chile.

²Rollins School of Public Health, Emory University, Atlanta, Georgia, USA.

Abstract

Background: Occupational exposures can death and disability, which are preventable. However, the burden of disease due to occupational exposures has rarely been studied in developing countries. **Aim:** To estimate the population attributable fractions (PAFs) of asthma, COPD and cancers in 2016 due to occupational exposures in the Chilean population. **Methods:** PAFs for each disease were obtained based on the 2016 prevalence of the Chilean population ever exposed to each occupational exposure and the relative risk of the disease. The ever-exposed population was estimated using standard methods applied in studies in other countries, taking into account the estimated number currently exposed at a specific point in time in the past, and applying to that number an estimated turnover rate per year, as well as taking into account mortality over time. The estimated number of currently exposed at a specific time was estimated via job-exposure matrices taken from the literature, as well as the estimated numbers of workers in specific occupations at that time based on Chilean census data. Relative risks of disease due to occupational exposures were extracted from literature. Uncertainty intervals were calculated using the Monte Carlo approach. **Results:** PAFs due to occupational exposures for asthma and COPD were 20.5% (UI95%: 11.7-30.6) and 15.2% (UI95%: 12.5-17.8), respectively. For neoplasms, the highest PAF due to occupation was 17.3% (UI95%: 11.2-24.7) for lung cancer, followed by 3.9% (UI95%: 1.2-7.2) for leukemia and 1.3% (UI95%: 0.1-2.6) for urinary bladder cancer. All estimates were higher in males. **Conclusions:** PAFs obtained for the Chilean population are considerably higher

than in developed countries for asthma, lung cancer and leukemia and similar to the reported for COPD. The results highlight the relevance of reinforcing prevention policies and the need for better local data on local occupational exposures.

Introduction

Cancer and chronic respiratory diseases may be caused by occupation, and they have high mortality and disability rates. The Global Burden of Disease 2016 has estimated that the occupational exposures account for 7.3% of disability of adjusted life year (years lived with disability), all of which are preventable (1). However, the importance of the occupational risk has not permeated sufficiently with decision-makers, especially in developing countries (2), where the economic costs of occupational diseases are estimated to be at least two times higher than the global average (3).

Estimates of the magnitude of a specific disease that could be avoided if the occupational exposures were controlled –the population attributable fraction (PAF)– vary considerably between countries (4). However, these values have usually been obtained in developed countries such as Finland, the United States and Great Britain (5–7). They may therefore be not entirely comparable to other countries, due to different levels of exposure and different proportions of the populations exposed (4,8).

The aim of this study is to estimate the PAFs of specific chronic respiratory diseases and cancers due to occupational exposures in the Chilean population, as of 2016.

Methodology

Of the ten main causes of disability-adjusted life years lost (DALYs) due to occupational exposures in the world, according to the Global Burden of Disease project, five are cancers and three are chronic respiratory diseases (1). We have focused on these. PAFs due to occupational exposures were estimated for asthma, COPD, lung cancer, leukemia and bladder cancer. For asthma and COPD, occupational category was used to define exposure to asthmagens and vapors, gases, dusts and fumes (VGDF), respectively, using job-exposure matrices. For each cancer, we selected occupational carcinogens with a high level of evidence (Group 1, definite carcinogen) according to the International Agency for Research on Cancer (IARC), choosing those with the most important impact (most widespread exposure), ie arsenic, asbestos, chromium, diesel exhaust, nickel, silica, benzene, PAHs, and ionizing radiation (9–13). Exposure prevalence to these carcinogens by occupation was estimated from Carcinogen Exposure (CAREX) Canada data (14).

The PAF for each occupational disease (PAF_d) was obtained using the relative risk (RR) of the disease due to occupational exposures, and the prevalence of the population ever-exposed to each occupational exposure by occupation (i) and exposure level (h), using the formula (15):

$$PAF_d = \frac{\sum_h \sum_i \Pr(E_{hi}) (RR_h - 1)}{1 + \{\sum_h \sum_i \Pr(E_{hi}) (RR_h - 1)\}}$$

$\Pr(E_{hi})$: Prevalence of population ever-exposed to an occupational risk factor at h exposure level and i occupational category

RR_h : Relative risk of developing disease due to exposure to an occupational risk factor at h exposure level

The prevalence of the ever-exposed population to each occupational agent in 2016, include those with past exposure during a risk exposure period (REP), a number of years before 2016 using the estimated latency period for the occupational exposures in question. These prevalences were estimated by dividing the number of workers ever-exposed during REP alive in 2016 ($N_{e(REP)}$) by the total population in this year, the latter obtained from the estimation of population greater than 15 years-old for 2016 updated through 2017 Chilean census data (16).

The $N_{e(REP)}$ was estimated through the methodology proposed by Hutchings & Rushton (15). As detailed below it consists on estimating the currently exposed population at the midpoint of the period (n_0) corrected by occupational turnover and mortality during the period. The number of people 'ever exposed' during the REP, $N_{e(REP)}$, taking into account turnover is as follows:

$$N_{e(REP)} = n_0 + (n_0 * TO * t)$$

where

n_0 : number of people employed at the midpoint of the REP

TO : staff turnover per year

t : number of years in the REP

Then in turn the $N_{e(REP)}$ was adjusted for mortality in the time between the midpoint and 2016, to subtract off those who have died. Given that a fixed estimation for turnover rate was used, the use of the midpoint of the REP as the starting point of this calculation enables us to prevent the underestimation that could derive from using those at the beginning.

Estimation of exposed workers at midpoint of the period (n_0)

REPs were selected based on latency period of each disease, considering 2016 as the target year. For solid cancers and COPD, a period between 10 and 50 years of latency was considered (REP: 1966 to 2006), while for leukemia it was 0 to 20 years (REP: 1996-2016) (15,17). In the case of asthma, workers exposed in the last 5 years were considered at risk (REP: 2011-2016) (18). Accordingly, the n_0 in each occupation category (current employed at mid-point) was estimated for years 1986, 2006 and 2013 for solid tumors and COPD, leukemia and asthma, respectively. This was done by extrapolating backwards the number of exposed workers during 2009-2010 to the respective midpoint year, taking into account the change of people employed in specific economic activities, as follows.

First, the number of workers in each occupation category was obtained from the First National Survey of Employment, Work, Health and Life Quality of workers in Chile (ENETS) 2009-2010 (19). The ENETS sample was made up of 9.503 respondents with national representativeness and the occupation of employed respondents were classified according to the International Standard Classification of Occupations 1988 (ISCO-88).

Second, number of exposed workers in 2009-2010 was estimated applying the proportion of workers exposed in given occupations to the number of workers per occupation category obtained from ENETS. For carcinogens, these proportions were obtained from the CAREX Canada database, which was constructed relying on a broad set of occupational exposure monitoring data and expert assessment (14). Occupational categories in CAREX Canada are coded according to the National Occupational Classification for Statistics (NOC-S) 2006 of Canada (20), thus occupational categories were translated to ISCO-88 categories through *ad-hoc* concordance tables. Within the group of carcinogens, the only exception to this methodology was ionizing radiation exposure, not available in CAREX Canada. Instead we used the only national data for an occupational exposure issued by the radiological surveillance system of the Public Health Institute of Chile (21).

In the case of occupations exposed to vapors, gases, dust and fumes (VGDF) and asthmagens, occupational exposure was estimated using a job-exposure matrix (JEM) created by Matheson et al. (22), called the ALOHA JEM, which classifies each ISCO-88 occupation category according to none, low or high exposure. For this study, only occupations with a high exposure level to VGDF

were considered as exposed. For asthmagens, occupations that have a high risk of exposure in comparison to administrative, managerial and clerical work were selected based on a 13 year-follow-up of the Finnish employed population (23). Only occupations with a relative risk of developing new-onset asthma (as per the Finnish study) greater than or equal to 1.5 were considered as exposed. The occupational codes were transformed from the original Finnish occupational classification into ISCO-88 using the conversion proposed by Erola (24).

Finally, n_0 for each REP was obtained through extrapolation of exposed workers in 2009-2010 to the respective midpoint year. It was done applying adjustment factors based on the coefficients of linear change of the number of workers by sex in large occupational groups. These coefficients were estimated from the monthly National Employment Survey of Chile databases between 1986 to 2016 (Figure 1) (25). For example, the number of male workers in wholesale, retail, restaurants and hotels in 2009-2010 was estimated to be 923,000, while the number in 1986 was estimated to have been 390,000. Hence, assuming a linear increase, we assume that the number in 1986 was 42% of those in 2009-2010.

Estimation of number of workers ever-exposed ($N_{e(REP)}$)

The $N_{e(REP)}$ for each risk agent in 2016 was estimated by adding both the amount of workers of n_0 which are still alive in 2016 and the workers who joined to labor force during the REP (ie, via turnover) and who are also still alive in 2016. Both components are represented by the formula (15):

$$N_{e(REP)} = \sum_{i=a}^{i=b} \left\{ l_{(adj15)i} * \frac{n_0}{R - 15} \right\} + \sum_{k=0}^{k=age(u)-age(l)} \sum_{j=c+k}^{j=d+k} \left\{ \frac{l_{(adj15)i} * n_0 * TO}{age(u) - age(l) + 1} \right\}$$

R: retirement age

TO: annual turnover rate

$l_{(adj15)i}$: proportion of survivors up to age *i* (l_i) adjusted to include only population still alive at 15 years-old ($l_{(adj15)i} = l_i / l_{15}$).

a: lower value of the age range reached in 2016 by the initial cohort

b: upper value of the age range reached in 2016 by the initial cohort

$age(u)$: upper recruitment age limit

$age(l)$: lower recruitment age limit

c: lower value of the age range reached in 2016 by the last turnover-recruited cohort

d: lower value of the age range reached in 2016 by the first turnover-recruited cohort

In the first part of the equation, the estimated n_0 (number of workers currently exposed at the midpoint of the REP) was adjusted by age- and sex-specific survival rates from Chilean life tables (26), in order to consider only those still alive in 2016. We assumed an even age distribution for those currently employed at midpoint, thus n_0 was divided into age categories using by the duration of working age by sex (retirement age less 15, corresponding to 50 years

in men and 45 years in women) to obtain the number of workers in specific age categories. For example, for the case of solid tumors and COPD (REP: 1966 to 2006), the 15 years old workers at the initial cohort of the REP (1966 to 2006) were 65 years old in 2016, thus the number of 15 years-old workers at the initial cohort of the REP was multiplied by 0.916 in men and by 0.952 in women, which are the survival rates for 65-69 years old interval adjusted by the 15-19 years old interval value. This was repeated for each age of the initial cohort and the sum by sex was obtained.

The second part of the equation accounts for turnover and adds the number of newly exposed workers during the REP who were alive in 2016. The age range of every annual turnover-recruited cohort was assumed to be between 15 ($age(l)=15$) and 24 years-old ($age(u)=24$) only. Thus, the number of new exposed workers of a specific age during each year of the REP was estimated by multiplying the n_0 by an annual turnover rate of 0.1 (27) and dividing by length of the age interval, which in this case was 10. Subsequently, this number was adjusted by the survival rate of the age of this cohort in 2016. For example, for solid cancers and COPD, if the n_0 were 100,000 workers, there would be 10,000 new workers per year of the REP (1966-2006) (400,000 total). In each year, of the 10,000 new workers, 1,000 would be aged 15 years old, 1,000 would be aged 16 years old and so on up to 1,000 aged 24 years old. New workers of 15 years old in 1967 would be 64 years old in 2016, of whom 995 would be expected to be alive in 2016 (survival rate of 0.95 for this age). This procedure was done for each age of the turnover recruited cohort (15 to 24 years old) during every year of the

period, and them to estimated to the number of new exposed workers due to turnover, who would be expected to be alive in 2016.

Due the possible bias from n_0 , TO y t selection, sensitivity analyses were made to know possible variations in PAFs if other values would have been selected (Supplementary appendix 1).

Relative risk measures

Due to the practically zero existence of studies about risk of disease through occupational exposures in Chile the RRs were extracted from the general literature and were assumed to be similar by sex and age, and to be equal for the risk of incidence and the risk of dying (12,28–39) (table 1). The RR of COPD was obtained from the systematic review and meta-analysis of Sadhra et al. (28), who measured the risk of COPD diagnosed by a physician or based on a spirometry. All the studies incorporated in the meta-analysis included adjustment for smoking as a confounder variable in the analyses. The RRs of asthma in each occupation were directly obtained from the study from which exposed occupations were selected (23).

In the case of carcinogens, RRs estimations were extracted for the most part from meta-analyses (for, asbestos, silica, benzene, ionizing radiation, and polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs)) (Table 2). For other carcinogens, specific cohorts were used. In the case of arsenic exposure, RR of lung cancer was obtained from results of the Lee-Fraumeni cohort published by Lubin et al. (32), which it is probably the cohort study with the longest follow-up period and the most lung cases for occupational arsenic exposure. Similar criteria were used

for chromium exposure, selecting the updated results of the chromate production plant's workers cohort in Baltimore (34), and for nickel exposure, using results from a cohort of nickel-refinery workers in Norway (35). In the case of diesel engine exhaust, a pooled RR was estimated from an updated meta-analysis and two miners- and drivers-oriented analyses (40–42) (supplementary appendix 2). A pooled RR was used either for PAHs exposure, extracting data about risk of lung and bladder cancer in different occupations from Rota et al (29).

Levels of exposure estimation

Estimation for low and high levels of exposure were made through exposure partition factors applied to each prevalence of exposure. Due to scarce information about asthmagens, airborne pollutants and carcinogens exposures at work in Chile, an exposure partition factor of 0.5 was considered for low and high levels of exposure (e.g. half exposed workers were exposed to high exposure), according to exposures partitions previously used for Americas-B region of World Health Organization's classification (43). Only one exposure level was considered to diesel engine exhaust and ionizing radiation exposures, in the former because exposure is usually low in most of occupations (11) and in the latter because only workers with an annual exposure greater than or equal to 100 mSv was considered as exposed.

When partition factors were used, the RR obtained from literature were also partitioned, assuming a log-normal distribution for the RR. For example, a partition factor of 0.5 was used for chromium exposure, then the RR=1.63 was multiplied

by 0.5 and 1.5 in logarithmic scale to obtain values of RR=1.28 for low exposure level and an RR=2.01 for high exposure level, respectively.

Uncertainty intervals for the PAF were estimated using the Monte Carlo approach, assuming a log-normal distribution for relative risks. Cutoffs were the 2.5 and 97.5 percentiles of 1.000 iterations.

All analyses were conducted with the RStudio Version 1.1.456 software.

Results

In 2016, 40.7% of the Chilean population were occupationally ever-exposed to VGDF or had been exposed in the past, while the prevalence reached 16.5% to asthmagens. In both cases the male proportion were higher, exceeding more than 10 times the female results. Among carcinogens, the highest ever-exposed proportions were 7.4% for silica, 6.4% for diesel engine exhaust and 4.9% for benzene. In contrast, ionizing radiation, arsenic and chromium had the lowest values, representing an ever-exposure of 0.01%, 1.1% and 2%, respectively. All carcinogens' ever-exposure proportions were higher in men, reaching 14.1% for silica and 10.7% for diesel engine exhaust exposures. In the case of the female population, the highest carcinogens' exposure proportion was 2.3% for diesel engine exhaust and 0.5% for polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) (table 2).

Chronic respiratory diseases had the highest PAF due to occupational exposures, reaching 20.5% for asthma and 15.2% for COPD for the total population. Among cancers, the highest PAF was 17.3% for lung cancer, followed

by 3.9% for leukemia. In the case of the male population, a PAF of 33.9% for asthma was the highest, followed by lung cancer and COPD. On the other hand, a PAF of 4.5% for asthma was the highest value for females, followed by lung cancer. PAFs for males were higher than for females in all cases. However, there were marked differences for COPD's PAF, which was almost 13 times greater in males compared to females, and also for asthma and lung cancer, whereby PAFs were more than 7 times higher (table 3).

Discussion

High proportions of the Chilean population have been exposed to occupational exposures for chronic respiratory diseases and for some carcinogens, such as silica and diesel engine exhaust. This resulted in high PAFs for chronic respiratory diseases and lung cancer. All exposures and disease PAFs due to occupational exposures were higher in the male population.

The PAFs estimated for respiratory chronic diseases are within the ranges described in the literature, but with a higher value for asthma. The review of Toren et al. found a median PAF for asthma of 16.3% across available longitudinal studies, with a range between 8.6% to 44% (44), in agreement with previous reviews (45,46). Our result was slightly higher, 20.5%. In the case of COPD, the median PAF described in the literature is 15%, similar to our result (46,47).

For lung cancer, our PAF of 17.3% is higher than the global estimation by Driscoll et al. of 9% (43,48), but it is within the range 4.6%-37.9% reported in international studies for PAFs based on JEMs or expert assessments (4).

Although less evidence is available for leukemia, our estimate of 3.9% is positioned between the 2% and 5.4% reported in literature (43,48,49).

In the case of urinary bladder cancer, our estimate of 1.3% was lower than reported elsewhere (7). This could be partially explained because some known carcinogens which increase the risk of bladder cancer as benzidine, 2-naphthylamine and ortho-toluidine (38,39) were not included in the analyses, due to scarce information about the magnitude of workers exposed to them.

This seems to be the first study that estimates fractions of chronic respiratory diseases and cancer due to occupational exposures in the Chilean population. Bias could exist because the main data about the proportion of workers exposed were obtained job-exposure matrices from other countries and then applied to the Chilean population. However, all estimations used came from developed countries with adequate standards in occupational health, and therefore the results of this study are probably conservative. Estimated proportions exposed were derived from workplace measurements and expert knowledge, and were estimated by occupational category (14,22,23). Additionally, the ever-exposed population were estimated based on Chilean employment data and not on simulated data as in other studies (17), so past exposure in Chile may be better represented.

Results are somewhat limited because of the availability of evidence regarding occupational exposures. Additionally, to the non-included urinary bladder carcinogens, some carcinogens such as cadmium and beryllium for lung cancer, or ethylene oxide for leukemia, were not included in the analyses based on marginal number of Chilean workers in related occupations. However, our

estimated disease-specific PAFs are unlikely to be greatly affected due to the small number of workers exposed.

The RR of diseases due to occupational risk factors used in the analyses were derived from populations other than Chilean. Nevertheless, all the RR were extracted from studies with a high level of evidence, most of them including information from different countries. The risk measure used for COPD was controlled for smoking, in contrast to the risk measure used for asthma. However, new-onset asthma incidence in adults is not strongly associated with smoking status (50). Among carcinogens, only the risk of lung cancer due to nickel exposure was adjusted for the smoking status. Confounding by smoking, biasing smoking-related RRs, would be expected only when the exposed workers and a general population referent group have different smoking habits; in many countries workers smoke more than the general population. However, it is not clear whether the prevalence of smoking is greater in the employed Chilean population than in the general Chilean population. The ENETS 2009-2010 resulted in a smoking prevalence of 38% for Chilean workers (19), while this prevalence was 40.6% for the general population in the Chilean Nacional Health Survey in 2009-2010 (51).

The results imply that approximately 1 out of 5 new-onset cases of asthma in adults, 1 out of 6 cases of lung cancer and 1 out of 7 cases of COPD are due to occupational risk factors in Chile, and these values are higher for the male population. Also, by avoiding occupational exposure almost 4% of leukemia cases in the country could be prevented. These results call for reinforcing and creating new Chilean occupational health policies for the prevention of chronic respiratory

diseases and cancers. It is also necessary to improve local and regional research on occupational exposure measurement in the workplace, which would lead to improvement in the precision of estimates of the proportion of workers exposed and in the estimated of levels of exposure.

Bibliography

1. Gakidou E, Afshin A, Abajobir AA, Abate KH, Abbafati C, Abbas KM, et al. Global, regional, and national comparative risk assessment of 84 behavioural, environmental and occupational, and metabolic risks or clusters of risks, 1990-2016: A systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2016. *Lancet*. 2017;390(10100):1345–422.
2. International Labour Office. ILO introductory report: global trends and challenges on occupational safety and health : XIX World Congress on Safety and Health at Work: Istanbul Turkey, 11-15 September 2011. Geneva: ILO; 2011.
3. International Labour Organization. Safety in numbers. Geneva: ILO; 2003.
4. De Matteis S, Consonni D, Bertazzi PA. Exposure to occupational carcinogens and lung cancer risk. Evolution of epidemiological estimates of attributable fraction. *Acta Biomed*. 2008;79 Suppl 1:34–42.
5. Nurminen M, Karjalainen A. Epidemiologic estimate of the proportion of fatalities related to occupational factors in Finland. *Scand J Work Environ Health*. 2001;27(3):161–213.
6. Steenland K, Burnett C, Lulich N, Ward E, Hurrell J. Dying for work: The

magnitude of us mortality from selected causes of death associated with occupation. *Am J Ind Med.* 2003;43(5):461–82.

7. Rushton L, Hutchings SJ, Fortunato L, Young C, Evans GS, Brown T, et al. Occupational cancer burden in Great Britain. *Br J Cancer.* 2012;107:3–7.
8. Stayner LT, Collins JJ, Guo YL, Heederik D, Kogevinas M, Steenland K, et al. Challenges and Opportunities for Occupational Epidemiology in the Twenty-first Century. *Curr Environ Health Rep.* 2017;4(3):319–24.
9. IARC Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. A review of human carcinogens. Part C: Arsenic, metals, fibres, and dusts. Lyon, France: IARC; 2012.
10. IARC Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. A review of human carcinogens. Part D: Radiation [Internet]. Lyon, France; 2012. Available from: <https://monographs.iarc.fr/wp-content/uploads/2018/06/mono100D.pdf>
11. IARC Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Diesel and gasoline engine exhaust and some nitroarenes [Internet]. Lyon, France; 2012. Available from: <https://monographs.iarc.fr/wp-content/uploads/2018/06/mono105.pdf>
12. IARC Monographs Working Group. Benzene. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Volume 120 [Internet]. International Agency for Research on Cancer; 2018. Available from: <http://publications.iarc.fr/576>
13. Steenland K, Zahm S, Blair A. Occupational cancer. In: Thun M, Linet M, Cerhan J, Haiman C, Schottenfeld D, editors. *Schottenfeld and Fraumeni*

- Cancer epidemiology and prevention. Fourth edition. Oxford University Press; 2017. p. 275–90.
14. Peters CE, Ge CB, Hall AL, Davies HW, Demers PA. CAREX Canada: an enhanced model for assessing occupational carcinogen exposure. *Occup Environ Med.* 2015;72(1):64–71.
 15. Hutchings SJ, Rushton L. Occupational cancer in Britain. *Statistical methodology. Br J Cancer.* 2012;107:S8–17.
 16. National Institute of Statistics of Chile. [2017 Census Microdata] [Internet]. [cited 2019 May 5]. Available from: <http://www.censo2017.cl/microdatos/>
 17. Nelson DI, Concha-Barrientos M, Driscoll T, Steenland K, Fingerhut M, Punnett L, et al. The global burden of selected occupational diseases and injury risks: Methodology and summary. *Am J Ind Med.* 2005;48(6):400–18.
 18. Malo JL, Ghezze H, D'Aquino C, L'Archevêque J, Cartier A, Chan-Yeung M. Natural history of occupational asthma: relevance of type of agent and other factors in the rate of development of symptoms in affected subjects. *J Allergy Clin Immunol.* 1992;90(6 Pt 1):937–44.
 19. Chile. Ministerio de Salud, Dirección del Trabajo, Instituto de Seguridad Laboral. [First Employment, Work, Health and Life Quality National Survey of workers in Chile. ENEST 2009-2010] Santiago: MINSAL, DT, ISL; 2011.
 20. Statistics Canada. National Occupational Classification for Statistics (NOC-S) 2006 [Internet]. [cited 2019 Mar 15]. Available from: <http://www23.statcan.gc.ca/imdb/p3VD.pl?Function=getVD&TVD=135958>
 21. Delgado O, Espinoza A, Edding O, Ponce L. [Profile of occupational exposure to ionizing radiation in Chile] [Internet]. Santiago; 2014. Available

from: http://www.ispch.cl/material_referencia_/radiaciones

22. Matheson MC, Benke G, Raven J, Sim MR, Kromhout H, Vermeulen R, et al. Biological dust exposure in the workplace is a risk factor for chronic obstructive pulmonary disease. *Thorax*. 2005;60(8):645–51.
23. Karjalainen A, Kurppa K, Martikainen R, Karjalainen J, Klaukka T. Exploration of asthma risk by occupation-extended analysis of an incidence study of the Finnish population. *Scand J Work Environ Health*. 2002;28(1):49–57.
24. Erola J. A classification key between TKK1980 occupational titles and ISCO88. 4th edition. Research project “Life-course, disadvantageous experiences and socioeconomic inheritance” [Internet]. Turku: University of Turku, Department of Social Research; 2011. Available from: <http://users.utu.fi/japeer/>
25. National Institute of Statistics of Chile. [National Employment Survey of Chile] [Internet]. Available from: <https://www.ine.cl/estadisticas/laborales/ene>
26. National Institute of Statistics of Chile. [Life table by optimum mortality method]. Santiago; 2016.
27. Van Tongeren M, Jimenez AS, Hutchings SJ, MacCalman L, Rushton L, Cherrie JW. Occupational cancer in Britain. Exposure assessment methodology. *Br J Cancer*. 2012;107:S18–26.
28. Sadhra S, Kurmi OP, Sadhra SS, Lam KBH, Ayres JG. Occupational COPD and job exposure matrices: a systematic review and meta-analysis. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis*. 2017;12:725–34.

29. Rota M, Bosetti C, Boccia S, Boffetta P, La Vecchia C. Occupational exposures to polycyclic aromatic hydrocarbons and respiratory and urinary tract cancers: An updated systematic review and a meta-analysis to 2014. *Arch Toxicol.* 2014;88(8):1479–90.
30. Bosetti C, Boffetta P, La Vecchia C. Occupational exposures to polycyclic aromatic hydrocarbons, and respiratory and urinary tract cancers: a quantitative review to 2005. *Ann Oncol Off J Eur Soc Med Oncol.* 2007;18(3):431–46.
31. Lipsett M, Campleman S. Occupational exposure to diesel exhaust and lung cancer: a meta-analysis. *Am J Public Health.* 1999;89(7):1009–17.
32. Lubin JH, Pottern LM, Stone BJ, Fraumeni JF. Respiratory cancer in a cohort of copper smelter workers: Results from more than 50 years of follow-up. *Am J Epidemiol.* 2000;151(6):554–65.
33. Ngamwong Y, Tangamornsuksan W, Lohitnavy O, Chaiyakunapruk N, Scholfield CN, Reisfeld B, et al. Additive Synergism between asbestos and smoking in lung cancer risk: A systematic review and meta-analysis. *PLoS One.* 2015;10(8):e0135798.
34. Gibb HJ, Lees PSJ, Wang J, Grace O’Leary K. Extended followup of a cohort of chromium production workers. *Am J Ind Med.* 2015;58(8):905–13.
35. Grimsrud TK, Berge SR, Martinsen JI, Andersen A. Lung cancer incidence among Norwegian nickel-refinery workers 1953-2000. *J Environ Monit.* 2003;5(2):190–7.
36. Poinen-Rughooputh S, Rughooputh MS, Guo Y, Rong Y, Chen W. Occupational exposure to silica dust and risk of lung cancer: an updated

- meta-analysis of epidemiological studies. *BMC Public Health*. 2016;16(1):1137.
37. Muirhead CR, O'Hagan JA, Haylock RGE, Phillipson MA, Willcock T, Berridge GLC, et al. Mortality and cancer incidence following occupational radiation exposure: third analysis of the National Registry for Radiation Workers. *Br J Cancer*. 2009;100(1):206–12.
 38. Brown SC, Alberts R, Schoenberg M. Cancer incidence and mortality among workers exposed to benzidine. *Am J Ind Med*. 2011;54(4):300–6.
 39. Sorahan T. Bladder cancer risks in workers manufacturing chemicals for the rubber industry. *Occup Med (Lond)*. 2008;58(7):496–501.
 40. Attfield MD, Schleiff PL, Lubin JH, Blair A, Stewart PA, Vermeulen R, et al. The diesel exhaust in miners study: a cohort mortality study with emphasis on lung cancer. *J Natl Cancer Inst*. 2012;104(11):869–83.
 41. Olsson AC, Gustavsson P, Kromhout H, Peters S, Vermeulen R, Brüske I, et al. Exposure to diesel motor exhaust and lung cancer risk in a pooled analysis from case-control studies in Europe and Canada. *Am J Respir Crit Care Med*. 2011;183(7):941–8.
 42. Tsoi CT, Tse LA. Professional drivers and lung cancer: a systematic review and meta-analysis. *Occup Environ Med*. 2012;69(11):831–6.
 43. Driscoll T, Nelson DI, Steenland K, Leigh J, Concha-Barrientos M, Fingerhut M, et al. The global burden of disease due to occupational carcinogens. *Am J Ind Med*. 2005;48(6):419–31.
 44. Torén K, Blanc PD. Asthma caused by occupational exposures is common – A systematic analysis of estimates of the population-attributable fraction.

- BMC Pulm Med. 2009;9(1):7.
45. Blanc PD, Toren K. How much adult asthma can be attributed to occupational factors? *Am J Med.* 1999;107(6):580–7.
 46. Balmes J, Becklake M, Blanc P, Henneberger P, Kreiss K, Mapp C, et al. American Thoracic Society Statement. *Am J Respir Crit Care Med.* 2003;167(5):787–97.
 47. Blanc PD, Torén K. Occupation in chronic obstructive pulmonary disease and chronic bronchitis: an update. *Int J Tuberc Lung Dis.* 2007;11(3):251–7.
 48. Driscoll T, Nelson DI, Steenland K, Leigh J, Concha-Barrientos M, Fingerhut M, et al. The global burden of non-malignant respiratory disease due to occupational airborne exposures. *Am J Ind Med.* 2005;48(6):432–45.
 49. Australian Institute of Health and Welfare. Australian Burden of Disease Study: Impact and causes of illness and death in Australia 2011. Canberra: AIHW; 2016.
 50. Torén K, Ekerljung L, Kim J-L, Hillström J, Wennergren G, Rönmark E, et al. Adult-onset asthma in west Sweden – Incidence, sex differences and impact of occupational exposures. *Respir Med.* 2011;105(11):1622–8.
 51. Chilean Ministry of Health. [National Health Survey. Chile 2009-2010] [Internet]. 2010 [cited 2018 Jul 15]. Available from: http://www.minsal.cl/estudios_encuestas_salud/
 52. Daniels RD, Schubauer-Berigan MK. A meta-analysis of leukaemia risk from protracted exposure to low-dose gamma radiation. *Occup Environ*

Med. 2011;68(6):457-64.

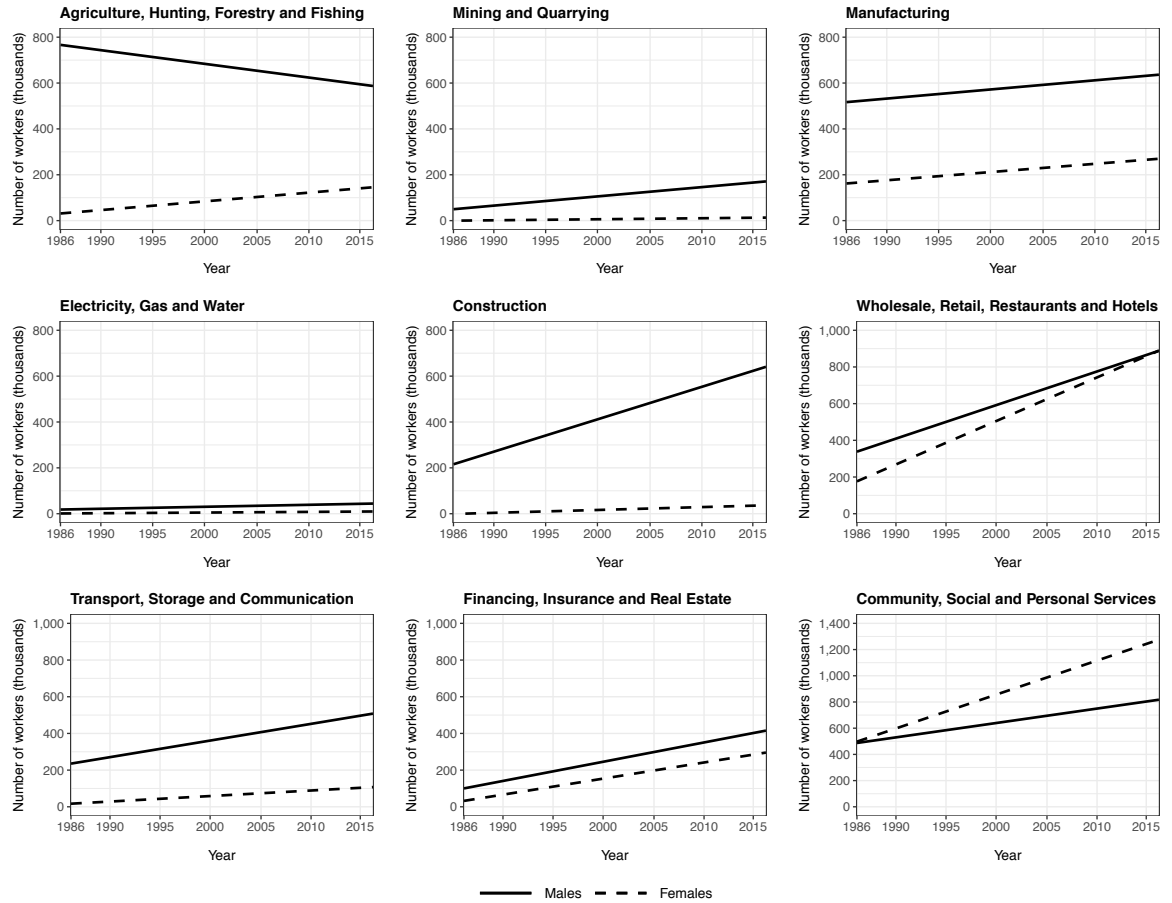


Figure 1. Linear change in number of workers per main economic activity in Chile between 1986 and 2016, by sex

Table 1. Characteristics or studies from which relative risk estimations were obtained

Occupation agent	Occupational disease	Author, year	Study design	Country	Industry/Occupation	Outcome examined	Measure	Effect estimate (CI 95%)
VGDF	COPD	Sadhra et al., 2017 (28)	Meta-analysis	Mixed	Mixed	Incidence	OR	1.22 (1.18-1.27)
Arsenic	Lung cancer	Lubin et al., 2000 (32)	Cohort study	USA (Montana)	Copper smelting	Mortality	SMR	1.58 (1.44-1.74)
Asbestos	Lung cancer	Ngamwong et al., 2015 (33)	Meta-analysis	Mixed	Mixed	Incidence/mortality	RR	2.72 (1.67-4.4)
Chromium	Lung cancer	Gibb et al., 2015 (34)	Cohort study	USA (Baltimore)	Chromate production	Mortality	SMR	1.63 (1.42-1.86)
Nickel	Lung cancer	Grimsrud et al., 2003 (35)	Cohort study	Norway	Nickel refining	Incidence	SIR	2.60 (2.30-2.90)
Silica	Lung cancer	Poinen-Rughooputh et al., 2016 (36)	Meta-analysis	Mixed	Mixed	Incidence	SIR	1.68 (1.45-1.96)
Diesel engine exhaust	Lung cancer	Attfield et al., 2012 (40) Olsson et al., 2011 (41) Tsoi & Tse, 2012 (42)	Cohort study Meta-analysis Meta-analysis	USA Mixed Mixed	Non-metal mining Mixed Professional drivers	Mortality Incidence Incidence/mortality	SMR OR RR	1.15 (1.08-1.23)
Benzene	Leukemia	IARC Monographs Working Group, 2018 (12)	Meta-analysis	Mixed	Mixed	Incidence/mortality	OR	1.54 (1.16-2.05)
Ionizing radiation	Leukemia	Daniels & Schubauer-Berigan, 2011 (52)	Meta-analysis	Mixed	Mixed	Incidence/mortality	RR	1.16 (1.07-1.26)
PAHs	Bladder cancer	Rota et al., 2014 (29)	Meta-analysis	Mixed	Aluminum production, iron and steel foundries, asphalt workers, carbon black production	Incidence/mortality	RR	1,18 (1,01-1,37)
PAHs	Lung cancer	Rota et al., 2014 (29)	Meta-analysis	Mixed	Aluminum production, iron and steel foundries, asphalt workers, carbon black production	Incidence/mortality	RR	1,16 (1,04-1,30)

VGDF= Vapors, gases, dusts and fumes, SIR=Standardized incidence ratio of disease due to occupational agent exposure, SMR=Standardized mortality ratio, RR=Relative risk, OR=Odds ratio, PAHs=Polycyclic aromatic hydrocarbons.

Table 2. Percent ever-exposed prevalence in Chilean population in 2016, by sex

Occupational risk	Ever-exposed prevalence %		
	Females	Males	Both sexes
Asthmagens	2.9	30.8	16.5
Vapor, gases, dust and fumes	4.5	78.7	40.7
Arsenic	0.2	2.1	1.1
Asbestos	0.1	4.7	2.4
Chromium	0.4	3.7	2.0
Diesel engine exhaust	2.2	10.7	6.4
Nickel	0.3	3.9	2.1
Silica	1.0	14.1	7.4
Benzene	0.2	8.5	4.9
Ionizing radiation	0.01	0.02	0.01
Polycyclic aromatic hydrocarbons	1.5	5.4	3.4

Table 3. PAFs for selected respiratory chronic diseases and cancer due to occupational risk in Chilean population, by sex

Disease	Population Attributable Fraction % (UI 95%)		
	Females	Males	Both sexes
Asthma	4.5% (2.5-7.3)	33.9% (20.9-46.7)	20.5% (11.7-30.6)
COPD	2% (1.6-2.4)	25.7% (21.7-29.5)	15.2% (12.5-17.8)
Lung cancer	4.2% (2.8-6.0)	32.5% (20.8-44.4)	17.3% (11.2-24.7)
Leukemia	1.6% (0.5-3.1)	6.1% (1.9-11.2)	3.9% (1.2-7.2)
Bladder cancer	0.6% (0.1-1.3)	1.9% (0.1-3.9)	1.3% (0.1-2.6)

Supplementary appendix 1

Uncertainty in PAFs was evaluated through a sensitivity analysis based on the estimation of credibility intervals by Montecarlo simulation, considering the following sources of potential source of bias: number of workers exposed at midpoint year of the REP (n_0), annual turnover rate (TO) and length of the latency period of the disease (t).

A priori distributions and selected values used for the analyses are shown in table S1. A uniform distribution was used in the case of n_0 and TO for credibility intervals estimation in all diseases. In the first case, the minimum and maximum distribution values were 20% lower and 20% higher than the estimated n_0 for each exposure, while for TO there were used half and double values of TO . Also a uniform distribution was used for t , but different minimum and maximum values were used depending on the disease (1 and 10 years for asthma, 10 and 50 years for COPD and solid tumors and 10 and 30 years for leukemia).

Using the selected distributions, 10.000 simulations were made to obtain the credibility intervals. Results are shown in tables S2 to S6 and figure S1.

Table S1. Distribution and selected values for PAF's credibility intervals estimations according to potential sources of bias

Source of bias	Distribution	Values		
		Asthma	COPD and solid tumors	Leukemia
n_0	$n_0 \sim \text{uniform}(n_{min}, n_{max})$	$n_{min} = 0.8 * n_0$ $n_{min} = 1.2 * n_0$	$n_{min} = 0.8 * n_0$ $n_{min} = 1.2 * n_0$	$n_{min} = 0.8 * n_0$ $n_{min} = 1.2 * n_0$
TO	$TO \sim \text{uniform}(TO_{min}, TO_{max})$	$TO_{min} = 0.05$ $TO_{max} = 0.15$	$TO_{min} = 0.05$ $TO_{max} = 0.15$	$TO_{min} = 0.05$ $TO_{max} = 0.15$
t	$t \sim \text{uniform}(t_{min}, t_{max})$	$t_{min} = 1$ $t_{max} = 10$	$t_{min} = 10$ $t_{max} = 50$	$t_{min} = 10$ $t_{max} = 30$

Table S2. Estimated credibility intervals considering different sources of bias for asthma

	Females	Males	Both Sexes
PAF selected data	4.5% (2.5-7.3)	33.9% (20.9-46.6)	20.5% (11.6-30.6)
PAF with bias on point estimate of exposed (n_0)	3.6% (1.3-7.1)	27.9% (11.6-44.6)	29.7% (12.6-46.8)
PAF with bias on staff turnover estimate (TO)	3.7% (1.3-7.0)	28.0% (11.4-44.3)	29.9% (12.8-46.5)
PAF with bias on REP length (t)	3.6% (1.2-7.6)	28.0% (11.4-46.2)	29.9% (12.4-48.5)

Table S3. Estimated credibility intervals considering different sources of bias for COPD

	Females	Males	Both Sexes
PAF selected data	2.0% (1.6-2.4)	25.7% (21.7-29.5)	15.2% (12.5-17.8)
PAF with bias on point estimate of exposed (n_0)	1.8% (0.8-2.6)	23.0% (11.7-30.6)	24.1% (12.3-31.8)
PAF with bias on staff turnover estimate (TO)	1.5% (0.6-3.0)	20.5% (9.1-34.1)	21.5% (9.5-35.5)
PAF with bias on REP length (t)	1.1% (0.4-2.3)	15.2% (5.6-28.1)	15.9% (6.0-29.3)

Table S4. Estimated credibility intervals considering different sources of bias for lung cancer

	Females	Males	Both Sexes
PAF selected data	4.2% (2.8-6.0)	32.5% (20.8-44.4)	17.3% (11.2-24.7)
PAF with bias on point estimate of exposed (n_0)	3.9% (2.2-6.2)	29.1% (13.5-44.2)	25.4% (11.8-39.3)
PAF with bias on staff turnover estimate (TO)	3.7% (2.0-6.6)	27.7% (11.7-46.6)	23.8% (9.8-42.2)
PAF with bias on REP length (t)	3.2% (1.8-5.7)	22.8% (8.8-41.2)	18.1% (6.7-35.5)

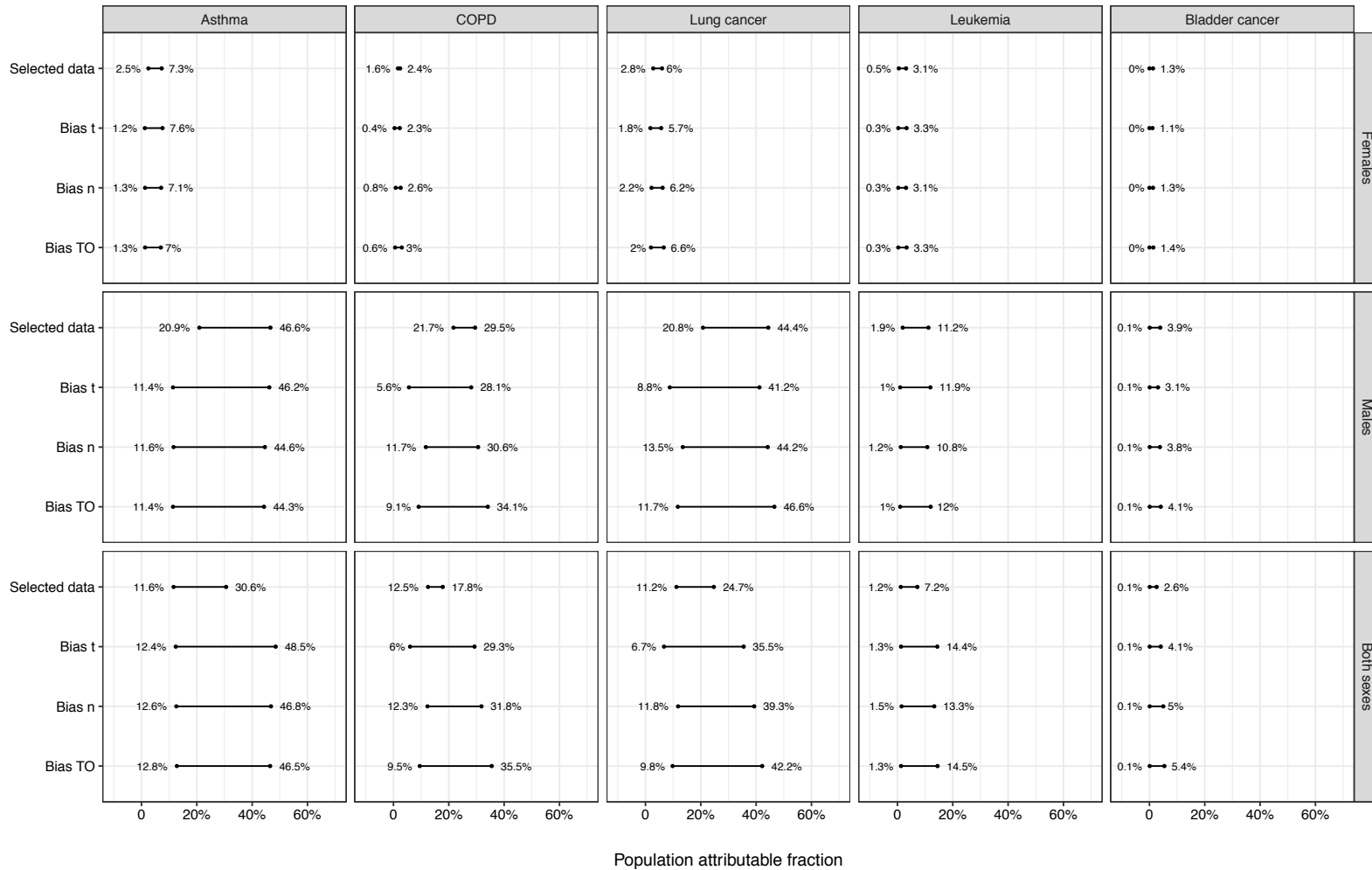
Table S5. Estimated credibility intervals considering different sources of bias for leukemia

	Females	Males	Both Sexes
PAF selected data	1.6% (0.5-3.1)	6.1% (1.9-11.2)	3.9% (1.2-7.2)
PAF with bias on point estimate of exposed (n_0)	1.3% (0.3-3.1)	4.7% (1.2-10.8)	5.9% (1.5-13.3)
PAF with bias on staff turnover estimate (TO)	1.3% (0.3-3.3)	4.5% (1.0-12.0)	5.7% (1.3-14.5)
PAF with bias on REP length (t)	1.3% (0.3-3.3)	4.5% (1.0-11.9)	5.6% (1.3-14.4)

Table S6. Estimated credibility intervals considering different sources of bias for bladder cancer

	Females	Males	Both Sexes
PAF selected data	0.6% (0-1.3)	1.9% (0.1-3.9)	1.3% (0.1-2.6)
PAF with bias on point estimate of exposed (n_0)	0.5% (0-1.3)	1.4% (0.1-3.8)	1.9% (0.1-5.0)
PAF with bias on staff turnover estimate (TO)	0.5% (0-1.4)	1.4% (0.1-4.1)	1.8% (0.1-5.4)
PAF with bias on REP length (t)	0.4% (0-1.1)	1.0% (0.1-3.1)	1.3% (0.1-4.1)

Figure S1. Estimated PAF's credibility intervals for selected occupational diseases, considering different sources of bias for bladder cancer



Supplementary appendix 2

The RR of lung cancer due to exposure to diesel engine exhaust (RR=1.13, CI95%: 1.06-1.21) was estimated from a pooled analysis from Attfield et al. (2012)(cohort miners), Tsoi & Tse (2012)(meta-analysis drivers) and Ollson et al. (2011)(case-control, diesel-exposed occupations) (table S7). Previously, a pooled OR for Ollson et al. was obtained from combining ORs from the category-specific ORs for cumulative diesel motor exhaust exposure which reported in the paper (table S8). A pooled OR for Attfield et al. (2012) across category-specific SMRs was obtained similarly (table S9). Finally, a pooled RR estimate was obtained from the 3 selected studies (table S9). In all cases, the summary effect was estimated using fixed effect model. Through a logarithmic scale, the variance of each single effect measure i (V_i) was obtained from the confidence interval and it was used to estimate the weight of every single effect measure (W_i) by:

$$W_i = 1/V_i$$

The pooled ln(OR) was estimated by:

$$Pooled \ln(OR) = \frac{\sum W_i * \ln(OR_i)}{\sum W_i}$$

The variance of the pooled ln (OR) was estimated by $1/\sum W_i$

Table S7. Risk measures of lung cancer due to diesel engine exhaust in selected studies

Author, year	Study design	Country	Industry/ Occupation	Measure	Effect estimation (95% CI)
Olsson et al., 2011 (41)	Case-control study	Mixed	Mixed	OR	1.10 (0.01-1.20)
Tsoi & Tse, 2012 (42)	Meta-analysis	Mixed	Professional drivers	RR	1.18 (1.05-1.33)
Attfield et al., 2012 (40)	Cohort study	USA	Non-metal mining	SMR	1.26 (1.09-1.44)

Table S8. Pooled OR estimation for the risk of lung cancer due to diesel engine motor exhaust from cumulative exposure's OR reported by Olsson (2011)

Cumulative diesel motor exhaust exposure (unit-years)	OR_i	$\ln(OR_i)$	V_i	W_i	$W_i^* \ln(OR_i)$
Never	1	-	-	-	-
<6	0.98	-0.02	0.0025	406.91	-8.22
6-17.33	1.04	0.04	0.0022	455.78	17.88
17.34-35.5	1.06	0.06	0.0021	472.68	27.54
<34.5	1.31	0.27	0.0020	500.07	135.03
Combined	1.10	0.09	1/1835=0.00054		

Table S9. Pooled OR estimation for the risk of lung cancer due to diesel engine motor exhaust from selected studies

Author, year	RR_i	$\ln(RR_i)$	V_i	W_i	$W_i^* \ln(RR_i)$
Olsson et al., 2011 (41)	1,10	0,09	0,0020	500,07	46,93
Tsoi & Tse, 2012 (42)	1,18	0,17	0,0037	268,28	44,40
Attfield et al., 2012 (40)	1,26	0,23	0,0046	215,45	49,79
Combined	1.15	0.14	1/983=0.001		

Occupational-Attributable burden of chronic respiratory diseases and cancer in Chile

Carlos Sandaña¹, Paulina Pino¹, Kyle Steenland²

¹School of Public Health, Universidad de Chile, Santiago, Chile.

²Rollins School of Public Health, Emory University, Atlanta, Georgia, USA.

Abstract

Background: The Global Burden of Disease 2016 estimates that 2.3% of disability-adjusted lost years (DALYs) and 3.6% of deaths, are due to occupational disease, when compared to all DALYs worldwide. Most of deaths from occupational diseases were due to carcinogens and air pollutants, gases or fumes. There is a large heterogeneity in occupational disease burden between countries, primarily because of differences in their level of development. **Aim:** To estimate the burden of selected respiratory chronic diseases and cancer attributable to occupational risks in Chilean population in 2016. **Methods:** Comparative risk assessment was used to estimate DALYs due to occupational risk factors for asthma, COPD, silicosis, lung cancer, mesothelioma, leukemia and urinary bladder cancer. We used data from Chilean population-based cancer registries and the Chilean National Health Survey 2016-2017 to estimate disease incidences. **Results:** A total of 122,798 DALYs were produced by the selected diseases, of which 21,379 DALYs (17.4%) were attributable to occupational diseases. Leading disease associated with higher DALYs were lung cancer, COPD and silicosis. The occupational attributable burden was higher in men in all diseases. DALYs were mainly due to fatal burden in cancer and silicosis and to non-fatal burden in asthma. **Conclusions:** National policies to deal with cancer and non-malignant respiratory diseases in developing countries should consider prevention of health risk at workplace.

Introduction

Annually, there are 1.2 million deaths due to occupational diseases worldwide, of which more than 95% are due to occupational cancers or occupational COPD. Additionally, these risks factors produce more than 55 millions of disability-adjusted lost years (DALYs), which correspond to 2.3% of total annual DALYs in the world (1,2).

Impact of occupational risks on population's health varies depending on the type of disease and population studied. For example, 2.4% of the DALYs produced by cancer are attributable to occupational risks in Australia (3), while this reaches 5.3% in Great Britain (4). This is mainly due to heterogeneity in exposure to occupational risks because of differences in the economies between countries, but it also depends on national prevention policies in occupational health (5,6).

Despite the negative effects that occupational diseases and work-related diseases have at individual, family, and social levels, these are not usually recognized by national health systems, especially in developing countries (7). Hence, studies of occupational disease burden are needed in developing countries.

Two burden of disease studies have been conducted in Chile, the latest one being published in 2008 (8,9). However, none of them evaluated how much of the total burden is related to occupational risks factors. The objective of this study was to estimate the burden of selected respiratory chronic diseases and cancer attributable to occupational risks in Chilean population.

Methodology

Comparative risk assessment approach was used to estimate DALYs, which consider the years of life lost due to early deaths (YLLs) and years lost due to disability (YLDs), considering for the latter different levels of disability that can be produced by different diseases. Thus, DALYs account fatal and non-fatal years of life lost, in this case produced by selected chronic respiratory diseases and cancers in Chilean population due to occupational risks factors.

First, a total DALYs due to each disease were estimated for total adult Chilean population, regardless the associated causes. Then, the total DALYs for a disease was multiplied by the PAF due to occupational exposures, obtaining the DALYs attributable to these exposures. The general formula used to estimate total DALYs was (10):

$$DALYs = ND \left\{ \frac{C e^{ra}}{(r + \beta)^2} \left[e^{-(r+\beta)(L+a)} [-(r + \beta)(L + a) - 1] - e^{-(r+\beta)a} [-(r + \beta)a - 1] \right] \right\}$$

where

N : death cases (YLLs) or incident cases (YLDs)

a : age of death (YLLs) or age at which disability begins (YLDs)

L : difference between life expectancy and age of death (YLLs) or average duration of illness (YLDs)

β : age-weighting function parameter C : age-weighting function constant

r : discount rate

D : disability weight

For all estimations, a non-uniform age-weighting function ($\beta=0.04$ and $C=0.16243$) and discount rate of 3% ($r=0.03$) were used, according to Global Burden of Disease methodology (11). The age-weighting function adjust the DALYs according to age, giving a lower value to extremes of life (very old, very young) than adult ages, on the theoretical basis that social roles and dependency levels are different during different periods of life (11). The discount rate gives more value of DALYs in the present than in the future, diminishing their value over time (12). See Appendix 1 for an example of how to calculate YLLs and YLDs for lung cancer in Chile.

In the case of YLD, disability weights estimated by Salomon et al. were applied (13), in order to adjust YLD by severity of disability produced by diseases. These factors take values between 0 (perfect health status) and 1 (death) and were constructed based on descriptions of functional impairments and symptoms which determine a specific health status (13–15).

Mortality and incidence rates for each disease used to YLL and YLD estimations are shown in tables 1 and 2, respectively. For YLL estimation, number and age of deaths for each disease were obtained from annual death registries of the Health Statistics and Information Department of Chilean Ministry of Health (16), being causes of death coded by the 10th version of International

Classification of Diseases (ICD-10). To avoid any irregularities which might have occurred in 2016, we used a weighted average of deaths between 2015 and 2017. Life table estimated life expectancy for Global Burden of disease (GBD) were used (17,18) rather than Chilean life expectancy, because the former were developed in the lower age- mortality rates in countries with more than 5 million habitants, resulting in a life expectancy at birth of 86 years both for men and for women, compared to 83 years for women and 77.4 years for men in Chile. Hence, using this longer life expectancy from GBD represents a better approach for the ideal longevity to estimate the effect of early occupational deaths and disease.

Incidence data sources varied depending on the disease. Asthma and COPD's incidences were estimated from the prevalence of each disease, obtained from self-reporting in the National Health Survey of Chile 2016-2017 for asthma and from reported data of the Latin-American Research Project in Pulmonary Obstruction (PLATINO) for COPD. PLATINO was a study conducted in different Latin-American cities, including Santiago, Chile, to estimate the prevalence and factors associated to COPD in the region. In PLATINO study, spirometry criteria of the Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease (GOLD) were used for COPD diagnosis (19,20). Incidence estimations were obtained through an analysis of prevalence, mortality and remission data through DisMod II Version 1.04 software, using diseases-specific remission estimations for Chilean population from GBD. DisMod II is a tool to help estimate epidemiology parameter for a disease, taking advantage of the fact that disease incidence, prevalence, remission, case fatality, population age, and mortality are not independent variables; once a user inputs several of these into DisMod II, the

program will provide the others. DisMod II can be used to obtain incidence from prevalence, but also to assure consistency of a previously known incidence. DisMod II has been used extensively by the GBD (21).

On the other hand, cancer incident rates are needed to estimate YLDs. They were available from four population-based cancer registries of Chile from the last five-years period available (2008-2012), which cover seven provinces and 13.5% of total Chilean adult population according to 2017 census data (22,23). To obtain national estimates, we used the relationship between disease-specific incidence and mortality observed for the seven province and extrapolated incidence in other provinces based on their known mortality data. The ratio between incidence and mortality rates (IMR) was modeled for each cancer in the seven provinces using generalized linear models, assuming a Poisson distribution for incident cases, using mortality as offset and considering sex and age as predictive variables. Due to the low number of incidence cases, IMR for mesothelioma was obtained directly from division between total incidence cases and deaths. Then IMR for each cancer were applied to the mortality data for all provinces to obtain incidence for all provinces and for the country as a whole.

In the particular case of silicosis, incidence was estimated from the risk of disease (detected by chest radiograph) due to cumulative exposure to respirable quartz. We used the logistic model developed by Miller (24) and Buchanan (25), which estimates a silicosis risk based on cumulative exposure, for example a risk of 0.055 for an exposure of 0.05 mg/m³ over 45 years, which rises to 0.3 if quartz concentration exposure is 0.1 mg/m³. These are the best available estimations for silicosis risk according to Occupational Safety and Health Administration (OSHA)

of United States Department Labor (26). The estimations of cumulative quartz exposure in ever-exposed Chileans (27) was made according to the estimated number of years worked and the estimated mean quartz concentration at workplace, based on the exposure levels proposed by the Chilean Silica Risk Surveillance Protocol (supplementary appendix 1).

In summary, Chilean DALYs for each disease were calculated by considering the age of occurrence of the diseases (either death or incidence) in question in Chile, in relation to life expectancy of 86 years, and then determining the years of life lost due to death, or the years lived with disability in the case of incidence (see Appendix 2 for an example of this). Then, to estimate the attributable burden, the population attributable fractions (PAFs) due to occupational exposures estimated for Chilean population were applied to the DALYs obtained for each disease (27). In the case of mesothelioma, the PAFs due to occupational exposure to asbestos is consistent in literature. We used conservative values of 83% for males and 22% for females, which correspond to the lowest PAFs by sex found in literature from case-control or cohort studies (28,29). For silicosis, all the burden was considered as occupational. The proportion of DALYs for each disease in Chile due to occupation was then compared to the analogous proportion for these same diseases in the GBD, obtained from reference (1).

Results

A total of 122,798 DALYs were estimated to be produced by the selected diseases of interest here, during 2016 in Chilean population. Lung cancer produced 26,833 DALYs in men, being the main cause in this sex, followed by COPD (26,583 DALYs) and then by leukemia (6,392 DALYs). COPD was the first cause in women, producing 19,125 DALYs, followed by lung cancer (17,945 DALYs) and leukemia (5,464 DALYs). In all diseases DALYs were higher in men, who were responsible of 57.4% of total burden (70,432 DALYs), with the exception of asthma, for which women had double the value of DALYs of men (7,151 vs. 3,559) (table 3).

Of total burden of deaths and DALYs estimated for the country for diseases considered here, we estimate that 1,317 deaths and 21,379 DALYs were attributable to the occupational risks studied in Chilean population. The leading causes of DALYs attributable to occupation were lung cancer (664 deaths and 9,474 DALYs) and COPD (446 deaths and 7,214.5 DALYs), representing together three-quarters of total attributable burden. Men had a higher occupational attributable burden than women, representing 91.8% of total attributable deaths and DALYs. In COPD, silicosis and lung cancer, men had DALYs 19, 15 and 12 times higher than women, respectively. For example, COPD produced 96.7 DALYs per 100,000 males, but 5.2 DALYs per 100,000 females (table 3). In all cancers studied YLLs represented between 98 and 99% of total DALYs. Silicosis and COPD burden were also mainly due to YLLs, but to a smaller extent.

Conversely, DALYs due to asthma, which is generally not fatal, were mainly conformed by YLD, which are equivalent to 72% (data not shown).

Compared to GBD study, in both deaths and DALYS attributable to occupational risks, results were higher in males (47% higher for deaths and 10.7% for DALYs) but lower in females (47.1% lower for deaths and 70.9% for DALYs) (tables 4 and 5). In the case of attributable DALYs, some diseases had a lower burden attributable to occupational risk than GBD estimates, as COPD, asthma and mesothelioma (15.3%, 44.3% and 50.7% lower, respectively). Conversely, in attributable burden was 16.1% higher for silicosis, 35% higher for leukemia and 2% higher for lung cancer (table 5).

Discussion

The main objective of this study was to determine the burden of disease attributable to occupational risks in Chilean population. It was found that lung cancer and COPD are the main responsible of DALYs due to exposures at work, exceeding in at least 12 times to mesothelioma and in 4 times to silicosis. Attributable burden was 12 times higher in men and it was mostly due to fatal burden of disease.

Compared to GBD study, COPD, mesothelioma and asthma had a lower burden attributable to occupational risk in our study, while it was higher for silicosis, leukemia and lung cancer. GBD uses international data to measure attributable fraction, whereas we used PAFs estimated specifically for Chile. In the case of cancers, we used the recently released data from Chilean population-

based registries, that could explain higher results in leukemia and lung cancer. The comparative lower burden for COPD and asthma are mainly in females, that could be explained because of the methodology used to estimate FAPs, in which ever-exposure estimation considered the change of each sex in labor force by economic activities in the past (27).

Between selected diseases, lung cancer ranked in first position as the disease with higher quantity of DALYs due to occupational risk, position held by COPD or asthma in other global and national studies (2,30), which had the second and fourth position in our study. Our results showed a lower relative importance for mesothelioma compared with other studies, but they were realized in countries with higher production and use of asbestos in the past (3,31). Conversely, silicosis had a higher relative position, producing more DALYs than asthma. This is probably related with a historical higher exposure to silica in Chile due to mining is the most relevant economic activity in the country (32).

Proportion of fatal burden of cancers were similar to other studies. For example, Australian estimations indicate that 97.7% of mesothelioma burden and 97.6% of lung cancer burden attributable to occupational risks were due to YLLs (3). Compared with the Australian study, however, the proportion of fatal burden was higher for COPD (58% vs. 41.2%) and asthma (28% vs. 5.4%) than in Australia, which could be related with a lower control level of the diseases in Chile (33).

Sex differences were expected, considering the higher median participation rate in Chilean males (71.2% vs. 48.1% in 2016) (34) and a higher

exposure to asthmagens, airborne pollutants and carcinogens at work in men (27).

One possible limitation in our estimates is due to the fact that, unlike the rest of diseases, silicosis' burden was estimated from the morbidity risk estimated by OSHA from literature. These estimates derived from risk of developing advanced stages of disease, so probably the incidence and the burden of silicosis is underestimated in our results (26).

Another possible source of bias is the quality of death certificates and the misclassification of causes of death. Nevertheless, Chile had 99.87% of deaths certified by medical practitioners and 2.7% of registries classified as symptoms, signs and abnormal clinical and laboratory findings (R00-R99 ICD-10 codes) (35). Although the ill-defined causes of death are less than in other countries of the Latin America and the Caribbean region, it hasn't been possible to reach 1% of developed countries (36).

GBD's life expectancies estimations were used rather than Chilean's. The former state a life expectancy at birth of 86 years both for women and for men (17), while the latter are estimated in 83 years for women and 77.4 years for men (37). However, GBD's estimates were based on the lowest mortality rates by age in more than 5-million people countries, so they represent the best available evidence to the ideal longevity to compare with premature deaths.

Chile, as most of non-developed countries in an advanced stage of epidemiological transition, is currently discussing or implementing new public health policies, or modifying the existing ones to better face chronic diseases.

However, occupational risks are commonly of little concern as part of comprehensive national policies (38).

The results of this study are a call to action to policy makers and stakeholders in developing countries to promote or strengthen the prevention of occupational disease in health policies, with a view to reducing the burden of non-malignant respiratory diseases and cancers. It is also a call to governments, employers and researchers to develop systematic measurements of occupational risks agents at workplace, to improve local risk estimations.

Bibliography

1. Global Health Data Exchange (GHDx). Global Burden of Disease Study 2016 (GBD 2016) Results Tool [Internet]. Seattle, United States: Institute for Health Metrics and Evaluation (IHME); 2017. Available from: <http://ghdx.healthdata.org/gbd-results-tool>.
2. Gakidou E, Afshin A, Abajobir AA, Abate KH, Abbafati C, Abbas KM, et al. Global, regional, and national comparative risk assessment of 84 behavioural, environmental and occupational, and metabolic risks or clusters of risks, 1990-2016: A systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2016. *Lancet*. 2017;390(10100):1345–422.
3. Australian Institute of Health and Welfare. Australian Burden of Disease Study: Impact and causes of illness and death in Australia 2011. Canberra: AIHW; 2016.
4. Rushton L, Hutchings SJ, Fortunato L, Young C, Evans GS, Brown T, et al.

- Occupational cancer burden in Great Britain. *Br J Cancer*. 2012;107:3–7.
5. De Matteis S, Consonni D, Bertazzi PA. Exposure to occupational carcinogens and lung cancer risk. Evolution of epidemiological estimates of attributable fraction. *Acta Biomed*. 2008;79 Suppl 1:34–42.
 6. Purdue MP, Hutchings SJ, Rushton L, Silverman DT. The proportion of cancer attributable to occupational exposures. *Ann Epidemiol*. 2015;25(3):188–92.
 7. Schulte PA, Pana-Cryan R, Schnorr T, Schill AL, Guerin R, Felknor S, et al. An approach to assess the burden of work-related injury, disease, and distress. *Am J Public Health*. 2017;107(7):1051–7.
 8. Concha M, Aguilera X, Salas J. [Burden of Disease Study. Final report. Health Investment Priorities Study]. Santiago; 1996.
 9. Chilean Ministry of Health. [Burden of disease and attributable burden study. Chile, 2007. Final Report]. Santiago; 2008.
 10. Murray CJL. Quantifying the burden of disease: the technical basis for disability-adjusted life years. *Bull World Health Organ*. 1994;72(3):429–45.
 11. Murray C. Quantifying the burden of disease: the technical basis for disability-adjusted life years. *Bull World Health Organ*. 1994;72(3):429–45.
 12. Murray CJL. Rethinking DALYs. In: Murray CJL, Lopez AD, editors. *The Global Burden of Disease: a comprehensive assessment of mortality and disability from diseases, injuries and risk factors in 1990 and projected to 2020*. Boston: Harvard University Press; 1996. p. 1–98.
 13. Salomon JA, Haagsma JA, Davis A, de Noordhout CM, Polinder S, Havelaar AH, et al. Disability weights for the Global Burden of Disease 2013

- study. *Lancet Glob Health*. 2015;3(11):e712–23.
14. Salomon JA, Vos T, Hogan DR, Gagnon M, Naghavi M, Mokdad A, et al. Common values in assessing health outcomes from disease and injury: disability weights measurement study for the Global Burden of Disease Study 2010. *Lancet*. 2012;380(9859):2129–43.
 15. Haagsma JA, de Noordhout CM, Polinder S, Vos T, Havelaar AH, Cassini A, et al. Assessing disability weights based on the responses of 30,660 people from four European countries. *Popul Health Metr*. 2015;13(10).
 16. Chilean Ministry of Health. Health Statistics and Information Department. [Mortality] [Internet]. 2018. Available from: <http://www.deis.cl/estadisticas-mortalidad/>
 17. Murray CJL, Ezzati M, Flaxman AD, Lim S, Lozano R, Michaud C, et al. GBD 2010: design, definitions, and metrics. *Lancet*. 2012;380(9859):2063–6.
 18. Institute for Health Metrics and Evaluation. Global Burden of Disease Study 2015 (GBD 2015) Reference Life Table [Internet]. 2019 [cited 2019 Jun 4]. Available from: <http://ghdx.healthdata.org/record/ihme-data/gbd-2015-reference-life-table>
 19. Chilean Ministry of Health. [National Health Survey 2016-2017] [Internet]. [cited 2019 Jan 6]. Available from: <http://epi.minsal.cl/encuesta-nacional-de-salud-2015-2016/>
 20. Menezes AMB, Perez-Padilla R, Jardim JB, Muiño A, Lopez MV, Valdivia G, et al. Chronic obstructive pulmonary disease in five Latin American cities (the PLATINO study): a prevalence study. *Lancet*. 2005;366(9500):1875–

81.

21. Mathers C, Vos T, Lopez A, Salomon J, Ezzati M. National burden of disease studies: a practical guide. Edition 2.0. Geneva: World Health Organization; 2001.
22. Chilean Ministry of Health. [Population-based Cancer Registries] [Internet]. [cited 2019 Jan 6]. Available from: <http://epi.minsal.cl/registros-poblacionales-cancer/>
23. National Institute of Statistics of Chile. [2017 Census Microdata] [Internet]. [cited 2019 May 5]. Available from: <http://www.censo2017.cl/microdatos/>
24. Miller BG, Hagen S, Love RG, Soutar CA, Cowie HA, Kidd MW, et al. Risks of silicosis in coalworkers exposed to unusual concentrations of respirable quartz. *Occup Environ Med.* 1998;55(1):52–8.
25. Buchanan D, Miller BG, Soutar CA. Quantitative relations between exposure to respirable quartz and risk of silicosis. *Occup Environ Med.* 2003;60(3):159–64.
26. Occupational Safety and Health Administration. Occupational Exposure to Respirable Crystalline Silica. Review of Health Effects Literature and Preliminary Quantitative Risk Assessment [Internet]. 2010 [cited 2019 Jul 1]. Available from: https://www.osha.gov/silica/Combined_Background.pdf
27. Sandaña C, Pino P, Steenland K. Population attributable fraction of occupational risks in chronic respiratory diseases and cancer in Chile. PhD in Public Health Programme, School of Public Health, Universidad de Chile; 2019.
28. Lacourt A, Gramond C, Rolland P, Ducamp S, Audignon S, Astoul P, et al.

- Occupational and non-occupational attributable risk of asbestos exposure for malignant pleural mesothelioma. *Thorax*. 2014;69(6):532–9.
29. Rake C, Gilham C, Hatch J, Darnton A, Hodgson J, Peto J. Occupational, domestic and environmental mesothelioma risks in the British population: a case-control study. *Br J Cancer*. 2009;100(7):1175–83.
 30. Driscoll T, Nelson DI, Steenland K, Leigh J, Concha-Barrientos M, Fingerhut M, et al. The global burden of non-malignant respiratory disease due to occupational airborne exposures. *Am J Ind Med*. 2005;48(6):432–45.
 31. Brown T, Darnton A, Fortunato L, Rushton L. Occupational cancer in Britain. Respiratory cancer sites: larynx, lung and mesothelioma. *Br J Cancer*. 2012;107:S56–70.
 32. Galleguillos S, Concha M, Contreras G, Abarca G, Muñoz A, Valenzuela E, et al. [Silicosis: a relevant public health issue in Chile?]. *Rev Chil enfermedades Respir*. 2015;31(1):39–47.
 33. Menezes A, Wehrmeister F, Perez-Padilla R, Viana K, Soares C, Müllerova H, et al. The PLATINO study: description of the distribution, stability, and mortality according to the Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease classification from 2007 to 2017. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis*. 2017;Volume 12:1491–501.
 34. National Institute of Statistics of Chile. [National Employment Survey of Chile] [Internet]. Available from:
<https://www.ine.cl/estadisticas/laborales/ene>
 35. National Institute of Statistics of Chile. [Annual directory of Vital Statistics,

- 2016] [Internet]. Santiago; 2018. Available from: <https://www.ine.cl/docs/default-source/demograficas-y-vitales/vitales/anuarios/2016/vitales-2016.pdf?sfvrsn=15>
36. Núñez M, Icaza M. Calidad de las estadísticas de mortalidad en Chile, 1997-2003. *Rev Med Chil.* 2006;134(9):1191–6.
 37. National Institute of Statistics of Chile. [Estimates and projections of the population of Chile 1992-2050. Total country. Methodology and main results] [Internet]. Santiago; 2018. Available from: <https://www.censo2017.cl/>
 38. Jimenez de la Jara J, Bastias G, Ferreccio C, Moscoso C, Sagues S, Cid C, et al. A snapshot of cancer in Chile: analytical frameworks for developing a cancer policy. *Biol Res.* 2015;48(1):10.
 39. Methods Appendix to Global, regional, and national incidence, prevalence, and YLDs for 310 diseases and injuries for 188 countries, 1990-2015: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2015. *Lancet.* 2016;388.

Table 1. Mortality rates (per 100.000) of selected chronic respiratory diseases and cancer in Chile, by sex and age

Age	Asthma		COPD		Silicosis		Lung cancer		Mesothelioma		Leukemia		Bladder cancer	
	Male	Female	Male	Female	Male	Female	Male	Female	Male	Female	Male	Female	Male	Female
15-24	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.2	0.1	0.0	0.0	1.8	1.4	0.0	0.0
25-34	0.1	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	0.2	0.0	0.0	1.4	0.8	0.1	0.0
35-44	0.1	0.3	0.2	0.3	0.1	0.0	1.5	1.3	0.0	0.0	1.9	1.4	0.2	0.2
45-54	0.4	0.4	1.5	1.1	0.4	0.0	8.4	6.3	0.5	0.3	2.8	3.2	1.0	0.8
55-64	1.1	1.3	11.3	7.4	4.7	0.0	41.3	24.4	0.6	0.7	5.8	5.5	6.3	2.4
65+	8.1	13.1	176.1	131.8	9.4	0.3	162.4	88.8	3.8	0.9	27.4	18.6	35.0	13.2

Rates per 100.000 population in Chile

Table 2. Incidence rates (per 100.000) of selected chronic respiratory diseases and cancer in Chile, by sex and age

Age	Asthma		COPD		Silicosis		Lung cancer		Mesothelioma		Leukemia		Bladder cancer	
	Male	Female	Male	Female	Male	Female	Male	Female	Male	Female	Male	Female	Male	Female
15-24	127.5	219.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	1.6	0.5	0.3	0.5
25-34	51.9	28.5	1.4	2.5	0.0	0.0	0.3	0.3	0.0	0.0	0.8	0.3	1.0	1.6
35-44	21.6	62.7	299.2	156.7	0.0	0.0	1.6	1.3	0.1	0.1	1.3	0.5	0.2	0.1
45-54	17.6	144.1	531.2	276.3	2.6	0.0	9.2	6.3	0.3	0.1	2.3	1.5	0.9	0.3
55-64	112.8	204.1	1030.9	528.6	6,8	0.4	46.9	23.2	0.8	0.1	11.4	6.9	4.6	1.2
65+	227.1	218.3	273.2	139.7	28,9	2.1	148.3	72.4	2.1	0.1	48.4	25.4	29.6	7.7

Rates per 100.000 population in Chile

Table 3. Population Attributable Fractions (FAPs), total disability-adjusted lost years (DALYs) and DALYs attributable to occupational risks produced by selected diseases in Chilean population in 2016, by sex

Disease	Males					Females					Both sexes			
	PAF (%)	Total DALYs		Attributable DALYs		PAF (%)	Total DALYs		Attributable DALYs		Total DALYs		Attributable DALYs	
		n	Rate*	n	Rate		n	Rate	n	Rate	n	Rate	n	Rate
Lung cancer	32.5	26,833	379.9	8,720.7	123.5	4.2	17,945	245.4	753.7	10.3	44,778	311.5	9,474.4	65.9
COPD	25.7	26,583	376.3	6,831.8	96.7	2.0	19,135	261.7	382.7	5.2	45,718	318.0	7,214.5	50.2
Silicosis	-	1,842	26.1	1,842.0	26.1	-	127	1.7	127.0	1.7	1,969	13.7	1,969.0	13.7
Asthma	33.9	3,559	50.4	1,206.5	17.1	4.5	7,151	97.8	321.8	4.4	10,710	74.5	1,528.3	10.6
Mesothelioma	83.1	650	9.2	539.7	7.6	22.0	342	4.7	75.3	1.0	993	6.9	615.0	4.3
Leukemia	6.1	6,393	90.5	390.0	5.5	1.6	5,464	74.7	87.4	1.2	11,857	82.5	477.4	3.3
Bladder cancer	1.9	4,572	64.7	86.9	1.2	0.6	2,201	30.1	13.2	0.2	6,773	47.1	100.1	0.7
Total	-	70,432	997.1	19,617.6	277.7	-	52,365	716.2	1,761.1	24.1	122,798	854.2	21,378.7	148.7

* DALYs rates per 100.000 population in Chile

Table 4. Comparison of deaths attributable to occupational risks between GBD and the current study in Chilean population in 2016, by sex

Disease	Males				Females				Both sexes			
	GBD 2016		Current study		GBD 2016		Current study		GBD 2016		Current study	
	n	Rate*	n	Rate	n	Rate	n	Rate	n	Rate	n	Rate
Lung cancer	371	4.3	609	8.6	95	1.1	55	0.8	466	2.6	664	4.6
COPD	300	3.5	415	5.9	82	0.9	31	0.4	382	2.2	446	3.1
Silicosis	106	1.2	88	1.25	3	0.03	3	0.05	109	0.6	91	0.6
Asthma	5	0.06	29	0.4	4	0.04	8	0.1	9	0.05	37	0.3
Mesothelioma	39	0.5	37	0.5	16	0.2	5	0.1	55	0.3	42	0.3
Leukemia	4	0.05	24	0.3	4	0.04	5	0.1	8	0.05	29	0.2
Bladder cancer**	-	-	7	0.1	-	-	1	0.01	-	-	8	0.1
Total	825	9.47	1,209	17.1	204	2.25	108	1.5	1,029	5.8	1,317	9.2

*Death rates per 100.000 population in Chile. ** Bladder cancer was not considered in GBD for occupational risk assessment. GBD data obtained from GBD Results Tool (1).

Table 5. Comparison of disability-adjusted lost years (DALYs) attributable to occupational risks between GBD and the current study in Chilean population in 2016, by sex

Disease	Males				Females				Both sexes			
	GBD 2016		Current study		GBD 2016		Current study		GBD 2016		Current study	
	n	Rate*	n	Rate	n	Rate	n	Rate	n	Rate	n	Rate
Lung cancer	7,268.7	83.4	8,720.7	123.5	2,023.5	22.4	753.7	10.3	9,292.2	52.3	9,474.4	65.9
COPD	6,349.2	72.8	6,831.8	96.7	2,164.4	23.9	382.7	5.2	8,513.6	47.9	7,214.5	50.2
Silicosis	1,660.0	19.0	1,842	26.1	35.5	0.4	127	1.7	1,695.5	9.6	1,969.0	13.7
Asthma	1,406.5	16.1	1,206.5	17.1	1,268.8	14.0	321.8	4.4	2,675.3	15.1	1,528.3	10.6
Mesothelioma	857.8	9.8	539.7	7.6	390.0	4.3	75.3	1.0	1,247.8	7.0	615.0	4.3
Leukemia	178.2	2.0	390.0	5.5	175.4	1.9	87.4	1.2	353.6	2.0	477.4	3.3
Bladder cancer**	-	-	86.9	1.2	-	-	13.2	0.2	-	-	100.1	0.7
Total	17,720.4	203.3	19,617.6	277.7	6,057.6	67.1	1,761.1	24.1	23,778.0	133.8	21,366.5	148.6

*DALYs rates per 100.000 population in Chile. ** Bladder cancer was not considered in GBD for occupational risk assessment. GBD data obtained from GBD Results Tool (1).

Supplementary appendix 1

Buchanan et al (25) determined the risk of silicosis (profusion 2/1 or higher in posterior-anterior chest radiographs according to the ILO (1980) scheme) in Scottish coal workers exposed to respirable quartz between 1964 and 1981, 15 years after exposure ended. Through a follow-up study, the authors defined that the risk of silicosis depends on the combined effect of long-term exposure to low quartz concentrations and short-term exposure to high quartz concentrations, according to the following equation:

$$\log(p_2/(1 - p_2)) = -4.83 + 0.443 \times CE_{<2} + 1.323 \times CE_{>2}$$

where

p_2 : probability of category 2/1 or higher according to the ILO (1980) scheme

$CE_{<2}$: cumulative quartz exposure at concentrations less than 2 mg/m³

$CE_{>2}$: cumulative quartz exposure at concentrations greater than 2 mg/m³

For our analyses, we considered long-term exposure only, due to scarce information about characteristics of high exposure periods at workplace. In Chile, the permissible exposure level (PEL) for quartz at workplace is 0.08 mg/m³ and the Chilean Silica Risk Surveillance Protocol establishes four silica risk exposure levels at workplace (table S1).

Table S1. Risk exposure levels according to Chilean Silica Risk Surveillance Protocol

Risk level	Definition	Quartz concentration at workplace
1	<25% of PEL	<0.02 mg/m ³
2	≥25% and <50% of PEL	≥0.02 mg/m ³ and <0.04 mg/m ³
3	≥50% and ≤100% of PEL	≥0.04 mg/m ³ and ≤0.08 mg/m ³
4	>100% of PEL	>0.08 mg/m ³

In Chile, the available information about quartz concentration measurements at work is scarce. A sample of measures from 2070 workplaces in 2015, based on the information reported by occupational health insurance institutions, showed a relevant part of workplaces with risk level 4, as shown in table S2.

Table S2. Distribution of quartz concentration measurements in workplaces samples in Chile

level	Workplaces (n)	Workplaces (%)
1	402	19%
2	369	18%
3	388	19%
4	911	44%

These results show that in a relevant part of workplaces with silicosis risk exposure the quartz concentration exceeded the quartz's PEL. However, it is not possible to assure that the sample represents the risk level distribution of the Chilean workers exposed to silica. Hence, we decided to apply a uniform distribution between the risk levels, considering that 25% of total ever-exposed population is exposed (or was exposed) to each risk level and we considered as quartz concentration the median value of the quartz concentration range (0.01

mg/m³, 0.03 mg/m³ and 0.06 mg/m³ for risk levels 1, 2 and 3, respectively) and a concentration of 0.1 mg/m³ for risk level 4.

The estimated amount of years worked by each ever-exposed person until 2001 (15 years before 2016) was multiplied by the quartz concentration for each risk level to estimate the cumulative quartz exposure. Applying the previous risk equation, it was estimated the risk of silicosis after 15 years exposure ended, which was divided by 15 to obtain the annual risk. The annual risk was multiplied by the number of ever-exposed workers to obtain the incidence cases in 2016.

Supplementary appendix 2

DALYs are the addition of years of life lost due to an early death (YLLs) and years lived with disability (YLDs) due to a specific disease. To illustrate the disability-adjusted life years (DALYs) estimation, we will use the procedure done for estimate DALYs due to lung cancer in men.

Both YLLs and YLD can be estimated through the formula (10):

$$DALYs = ND \left\{ \frac{C e^{ra}}{(r + \beta)^2} \left[e^{-(r+\beta)(L+a)} [-(r + \beta)(L + a) - 1] - e^{-(r+\beta)a} [-(r + \beta)a - 1] \right] \right\}$$

N: death cases (YLLs) or incident cases (YLDs)

a: age of death (YLLs) or age at which disability begins (YLDs)

L: difference between life expectancy and age of death (YLLs) or average duration of illness (YLDs).

β: age-weighting function parameter

C: age-weighting function constant

r: discount rate

D: disability weight

The age-weighting function and discount rate used by Global Burden of Disease (GBD) study were applied for all estimations ($\beta=0.04$, $C=0.16243$ and

$r=0.03$) (11). The rest of the formula components varied depending on YLLs or YLDs estimation.

In the case of YLLs estimation, number and age of deaths due to lung cancer (C33-C34 ICD-10 codes) in men were obtained from annual death registries of the Health Statistics and Information Department of Chilean Ministry of Health (16). Life expectancies from life table for GBD were used (17,18), representing the ideal longevity to estimate the effect of early occupational deaths and disease. Estimates were obtained by age, as indicated in tables S1.

For YLDs estimation, it must be considered the different levels of disability produced by lung cancer. GBD established four phases for cancers related to disability: diagnosis and first treatment of cancer, controlled cancer, metastatic cancer and terminal cancer. We determined the incidence in each phase applying the proportion of lung cancer prevalence in each phase, reported by GBD (39), to the total incidence of lung cancer in Chile. Disability weights reported for Salomon et al. (13) for each phase was used (table S4). The data used and the YLDs estimates obtained by lung cancer phase and age in men are shown in tables S3 to S6.

Finally, YLLs and YLDs were added to obtain total DALYs due to lung cancer in men. A total of 26,539 YLLs and 293.8 YLDs due to lung cancer were obtained in men during 2016 in Chile, resulting in 26,832.8 DALYs (table S9). To obtain how many DALYs are due to occupational risks, the population attributable fraction for lung cancer for Chilean male population (32.5%) was applied to total DALYs due to lung cancer in men, resulting in 8,720.7 DALYs.

Table S3. Years of life lost (YLLs) due to lung cancer in men and data used for estimation, by age. Chile, 2016

Age	Population	Mortality rate	Deaths	Age of death (years)	Life expectancy (years)	YLLs
15-24	1,404,716	0.2	3.0	0	86	92.5
25-34	1,443,597	0.2	3.3	0	86	102.7
35-44	1,282,348	1.5	18.7	41	46	466.7
45-54	1,171,885	8.4	98.3	51	36	2,167.7
55-64	917,048	41.3	378.3	60	28	7,094.2
65+	844,005	162.4	1,370.7	76	15	16,615.2
Total	7,063,599	26.5	1,872.3	-	-	26,539.0

Table S4. Prevalence proportions and disability weights of lung cancer according to GBD

Lung cancer phase	Proportion of prevalence	Disability weight
Diagnosis and first treatment	0.07	0.288
Controlled	0.68	0.049
Metastatic	0.21	0.451
Terminal	0.05	0.540

Table S5. Years lived with disability (YLDs) due to lung cancer in diagnosis and first treatment phase and data used for estimation, in men by age. Chile, 2016

Age	Population	Incidence rate	Incidence cases	Age of onset (years)	Duration of disease (years)	Disability weight	YLDs
15-24	1,404,716	0.0	0.1	20	4.7	0.288	0.3
25-34	1,443,597	0.0	0.3	31	3.2	0.288	0.4
35-44	1,282,348	0.1	1.3	41	1.9	0.288	0.9
45-54	1,171,885	0.6	7.5	51	1.3	0.288	3.0
55-64	917,048	3.1	28.4	61	1.9	0.288	13.3
65+	844,005	9.4	79.0	74	1.2	0.288	16.7
Total	7,063,599	1.7	116.7	-	-	-	34.6

Table S6. Years lived with disability (YLDs) due to lung cancer in controlled phase and data used for estimation, in men by age. Chile, 2016

Age	Population	Incidence rate	Incidence cases	Age of onset (years)	Duration of disease (years)	Disability weight	YLDs
15-24	1,404,716	0.1	1.4	21	9.7	0.049	0.8
25-34	1,443,597	0.2	3.4	31	6.0	0.049	1.3
35-44	1,282,348	1.1	13.5	41	2.6	0.049	2.1
45-54	1,171,885	6.5	75.8	51	1.5	0.049	5.8
55-64	917,048	31.4	288.2	61	1.8	0.049	21.5
65+	844,005	95.1	802.9	74	1.0	0.049	24.4
Total	7,063,599	16.8	1,185.1	-	-	-	56.1

Table S7. Years lived with disability (YLDs) due to lung cancer in metastatic phase and data used for estimation, in men by age. Chile, 2016

Age	Population	Incidence rate	Incidence cases	Age of onset (years)	Duration of disease (years)	Disability weight	YLDs
15-24	1,404,716	0	0.4	21	9.7	0.451	2.4
25-34	1,443,597	0.1	1.1	31	6.0	0.451	3.8
35-44	1,282,348	0.3	4.2	41	2.6	0.451	6.1
45-54	1,171,885	2.0	23.6	51	1.5	0.451	16.7
55-64	917,048	9.8	89.6	61	1.8	0.451	61.5
65+	844,005	29.6	249.6	74	1.0	0.451	70.0
Total	7,063,599	5.2	368.5	-	-	-	160.5

Table S8. Years lived with disability (YLDs) due to lung cancer in terminal phase and data used for estimation, in men by age. Chile, 2016

Age	Population	Incidence rate	Incidence cases	Age of onset (years)	Duration of disease (years)	Disability weight	YLDs
15-24	1,404,716	0	0.1	21	9.7	0.54	0.6
25-34	1,443,597	0	0.2	31	6.0	0.54	1.0
35-44	1,282,348	0.1	0.9	41	2.6	0.54	1.6
45-54	1,171,885	0.4	5.2	51	1.5	0.54	4.4
55-64	917,048	2.2	19.9	61	1.8	0.54	16.3
65+	844,005	6.6	55.4	74	1.0	0.54	18.6
Total	7,063,599	1.2	81.7	-	-	-	42.6

Table S9. Years of life lost (YLLs), years lived with disability (YLDs) and disability-adjusted life years due to lung cancer in men, by age. Chile, 2016

Age	YLLs	YLDs	DALYs
15-24	92.5	4.2	96.6
25-34	102.7	6.5	109.2
35-44	466.7	10.8	477.5
45-54	2,167.7	30.0	2,197.7
55-64	7,094.2	112.7	7,206.8
65+	16,615.2	129.7	16,744.9
Total	26,539.0	293.8	26,832.8

Are occupational respiratory diseases and cancers being diagnosed in Chile? A registry-based study

Carlos Sandaña¹, Paulina Pino¹, Kyle Steenland²

¹School of Public Health, Universidad de Chile, Santiago, Chile.

²Rollins School of Public Health, Emory University, Atlanta, Georgia, USA.

Abstract

Background: Underreporting of occupational diseases is widely acknowledged in developed countries. Here we estimate the under-reporting of occupational non-malignant respiratory diseases and cancers in Chile during 2016, as well as the estimated under-reporting of years of life lost or years lived with disability to these diseases. **Methods:** Recognized cases of occupational diseases were obtained from the National Information of Occupational Safety and Health System (SISESAT). Codification was reviewed by two trained professionals. The true burden of disease was estimated according to Global Burden of Disease methodology. **Results:** A total of 7,511 occupational diseases were recognized in Chile during 2016. Only 187 of them were non-malignant respiratory diseases or cancers, equivalent to a rate for these diseases of 3 diseases per 100,000 insured. Recognized occupational diseases were responsible of 2,304 disability-adjusted lost years (DALYs). These DALYs were only 10.8% of the expected to recognition. **Conclusions:** Chile has a low recognition rate of occupational non-malignant respiratory diseases and cancers. Improvements should be made in occupational health entities, but also in the national health system, to increase diagnosis and recognition of occupational diseases, allowing insured workers to make use of medical and economic benefits.

Introduction

In addition to the direct effects on workers' health and their labor capacity, occupational diseases produce psychosocial, economic and legal consequences in families, communities, employers and society as a whole. In spite of this, occupational diseases remain neglected by population and health systems, especially in developing countries (1).

Data about occupational diseases usually derives from insurance institutions, employers, or labor force surveys. This information is a key for workers' compensation, but is also key to understanding the scale of the problem (2,3). However, in Latin America, only between 1 and 5% of occupational diseases cases are notified in official institutions (4,5). The underreporting is widely seen in many countries, included developed nations (2,6–8), and it is related to under-diagnosis by health professionals but also to under-recording by occupational health systems.

The rate of occupational diseases in insured workers recognized by official systems, and their proportion in relation to claims for disease recognition, vary widely by the specific disease and the country (9). It is difficult to establish if under-reporting is due to variability in diseases' incidence or due to differential registration or diagnosis rates.

In Chile there are three private and one public occupational health insurance institutions. These are the entities in charge of receiving the claims for recognition of occupational diseases requested by employers or employees, and for evaluating the occupational origin of the diseases. Additionally, they take care

of delivering the medical benefits and economic compensation to the affected workers and promote and supervise prevention actions in their affiliated companies. Since 2015, these institutions are obligated to report recognized occupational diseases to the National Information of Occupational Safety and Health System (SISESAT), part of the Social Security system.

The objective of this study was to estimate the incidence and burden of selected occupational diseases officially recorded in Chile during 2016 and compare these estimates with expected estimations for the country using methods from the Global Burden of Disease project.

Methodology

Incidence of recognized occupational diseases cases

Data about recognized cases of occupational diseases in Chile during 2016 from SISESAT was used. This system covers 65.6% of Chilean active labor force (10,11). The four insurance institutions receive the claims for compensation occupational disease and are responsible determining whether the diseases are in fact due to occupation. They also must annually inform SISESAT of these diseases, including diagnosis terms, diagnosis code according to the 10th version of the International Classification of Diseases (ICD-10), disease location, and brief description of symptoms recorded by the physician who diagnosed the occupational disease.

For this study, records with ICD-10 code not corresponding to a known occupational disease were reviewed by two professionals previously trained and

supervised by an expert in codification of diseases, to determine if these cases were or not occupational diseases. The reviewers agreed in 82% of the cases, and disagreements were resolved by the coding expert. We excluded records without diagnosis information for either the code or description items and those which their description and code allowed to classify them as either symptoms, injuries or non-occupational diseases. When assigning a diagnosis was not possible, record was considered as unclassifiable.

Here we investigated the most common and serious occupational diseases, likely to cause the most long-term burden, asthma (J45-J46), COPD (J41-J44), silicosis (J62), lung cancer (C33-C34), mesothelioma (C45), leukemia (C91-C95) and bladder cancer (C67). The official numbers of cases of these diseases were divided by population insured in 2016, obtained from Social Security Superintendence data (11), in order to report disease rate.

Burden due to recognized occupational diseases cases

Disability-adjusted lost years (DALYs) due to recognized occupational diseases in Chile were estimated for both the recognized diseases and the estimated actual occurrence of occupational disease. DALYs account the years of life lost due to early deaths (YLLs) and years lost due to disability (YLDs), thus considering both fatal and non-fatal disease lost. They were estimated by standard GDB methods (12):

$$DALYs = ND \left\{ \frac{C e^{ra}}{(r + \beta)^2} \left[e^{-(r+\beta)(L+a)} [-(r + \beta)(L + a) - 1] - e^{-(r+\beta)a} [-(r + \beta)a - 1] \right] \right\}$$

N: death cases (YLLs) or incident cases (YLDs)

a: age of death (YLLs) or age at which disability begins (YLDs)

L: difference between life expectancy and age of death (YLLs) or average duration of illness (YLDs)

β: age-weighting function parameter

C: age-weighting function constant

r: discount rate

D: disability weight

According to Global Burden of Disease methodology (13), a non-uniform age-weighting function ($\beta=0.04$ and $C=0.16243$) and discount rate of 3% ($r=0.03$) were used. The age-weighting function adjusts the DALYs according to age, giving a lower value to extremes of life (very old, very young) than adult ages, on the theoretical basis that social roles and dependency levels are different during different periods of life (11). The, discount rate gives more value of DALYs in the present than in the future, diminishing their value over time (12). Disability weights estimated by Salomon et al. were applied to YLDs estimations (14). They are values between 0 (perfect health status) and 1 (death) that adjust YLDs by severity level of disability produced by each disease. Their construction was

based on health status descriptions in terms of functional impairments and symptoms, which were assessed by multicentric samples of population worldwide (14–16). Details about how this estimated was done for Chile, for both recognized and expected disease, can be found in a separate paper (20).

Briefly, YLL estimation is based on the number and age of deaths for each disease. These data were obtained from annual death registries of the Health Statistics and Information Department of Chilean Ministry of Health (17), in which causes of death are coded by the 10th version of International Classification of Diseases (ICD-10). To compare with an appropriate life expectancy to measure early deaths, we used the Global Burden of disease (GBD) life table (18,19) and not the Chilean. The GBD life table was constructed based on of lower age-specific mortality rates in countries with more than 5 million inhabitants, and the life expectancy at birth is 86 years both for men and for women. Calculation of YLLs is done by comparing observed ages at death to 86 years.

Estimation of YLLs for recognized occupational diseases requires incident data, which were obtained from SISESAT, previously described. Diseases' onset ages and durations were derived from analysis of epidemiological data about these diseases in Chile, estimating age at onset and case-fatality from seven provinces where data were available. DALYs due to recognized occupational diseases in Chile were compared to DALYs expected to be produced by occupational diseases due to occupational risks in the country, which were estimated using the same GBD methodology and are reported elsewhere (20).

Results

A total of 8,370 claims for recognition were qualified as occupational diseases in SISESAT during 2016. Of them, 599 (7.2%) did not have information about diagnosis and 1,893 (22.6%) were not coded as an occupational disease. After reviewing these cases, it was determined that in 260 records (3.1%) the description was not a case of occupational disease, but symptoms, injuries, diseases other than occupational ones (figure 1).

Of the 7,511 occupational disease cases, 143 corresponded to silicosis (1.9%), 35 cases to asthma (0.5%), 5 cases to COPD (0.07%) and 4 cases to mesothelioma (0.05%), which were our diseases of interest. Of the total of cases, 97.8% of these diseases were in men. Considering the total of insured workers, the rates in males were 3.8 for silicosis, 0.9 for asthma and 0.1 for COPD and mesothelioma, per 100,000 insured workers. In women, cases were found only for silicosis and asthma, with a rate of 0.1 cases per 100,000 per insured. No case was found to be label as occupational cancer other than mesothelioma (table 1).

A total of 21,379 DALYs were expected to be produced by the selected diseases using methods used by the GBD (20). However, only 2,304 estimated DALYs (10.8% of expected) were obtained based on cases recognized by occupational health entities. Only silicosis had a number of DALYs using recognized cases comparable to those estimated by GDB methods (64%; 67% in men, and 25% in women). All other diseases ranged from 0 to 12% (table 2).

Discussion

This study documents the low rates of non-malignant respiratory diseases and cancers recognized as occupational diseases in insured Chilean workers. Of particular note is the fact that zero cases of lung cancer, leukemia and urinary bladder cancer were recognized as an occupational disease in Chile during 2016. Overall, for non-malignant respiratory disease and cancer, 89% of DALYs expected for the country came from cases apparently not recognized by occupational health institutions. Hence, there is much less priority on reduction of risk for these diseases than would be the case if the recognized cases better approximated the expected cases.

To our knowledge, this is the first registry-based study which discloses the probable gap between the recognized vs. expected burden of disease from occupational respiratory diseases and cancers. It is also the first study which allows an estimation of the under-reporting of the years of life lost due to an early mortality and disability because of diseases that could be potentially prevented.

Silicosis was the only disease with a high proportion of recognition. This might be partly due to its inherently occupational nature, but we found a low proportion of reporting for mesothelioma, which also is inherently occupational. But what is different between them is that Chile has a national plan for silicosis eradication, which establishes prevention, diagnosis and treatment goals (21). It also proposes a national surveillance system for silicosis, although this has not been materialized. No such plan exists for mesothelioma.

Most of mesothelioma cases are due to occupational exposure to asbestos, so it would be expected to have a high detection rate by occupational health institutions. However, only 12.1% of expected cases are recognized in Chile according to our analysis. Although recognition of mesothelioma as an occupational disease usually does not go over 65% compared to expected numbers in other countries (22–24), our result for Chile is much lower. This is despite the fact that more than 90% of claims for recognition of mesothelioma as an occupational disease end in payment of workers' compensation (25), suggesting that few affected workers make claims. It is likely their doctors do not recognize either that they have mesothelioma or that mesothelioma is largely occupational.

Literature is scarce about recognition of other work-related cancers. Probably the most complete report is about nine European countries, where rate of all recognized occupational cancers varied between 3.7 and 15.1 cases per 100,000 insured in 2016, with the exception of Sweden where rate was 0.5 cases per 100,000 insured (9). By contrast, in our study this rate was 0.1 recognized cancers per 100,000 insured. We considered only four occupational cancers, but as they are the most common the overall rate is unlikely to vary much by taking into account other cancer locations.

Around the world, asthma is probably the occupational obstructive respiratory disease with the most surveillance. An example is the surveillance schemes of The Health and Occupation Research (THOR) network, which reported a rate of 2 occupational cases per 100,000 employed in the United Kingdom between 2005 and 2012 (26), which doubled our estimated rates using

recognized cases. However, in the case of THOR, diseases were reported by chest physicians, not insurance companies.

Burden of disease methodology has been improved systematically by the GBD project, and it allows estimation of expected cases, to compare to recognized cases. However, it is based on multiple data sources that affect its accuracy. We have estimated expected burden using standard GBD methods. Details are available elsewhere (20,27), but the key first steps are estimating the proportion of disease due to occupation, which requires knowing the proportion of ever-exposed to different toxins who were alive in 2016, as well as relative risks for disease due to occupational exposures. Ultimately, we do not know how accurate our estimates are, but we believe they are reasonable estimate of the actual burden.

Regarding recognized occupational disease, a limitation of SISESAT database is that it is not possible to assure the quality of coding. Indeed, 22,6% of cases were not coded as occupational diseases, but we determined that 86,3% of them were occupational diseases. It must be considered that the occupational health insurance companies are obligated to inform recognized occupational diseases to the SISESAT only since 2015, and we still do not know how well this system of occupational surveillance is functioning. We also have no information about the quality of recognition process by occupational health institutions; it would be useful to explore the claims for recognition and the causes of rejection. This information would help us to know if there were cases of respiratory diseases or cancers whose occupational origin was rejected.

Our results show the likely magnitude of underreporting of occupational diseases in Chile. They do not allow the knowledge of the actual reasons of underreporting, but some can be hypothesized. Occupational health insurance companies in Chile do not operate in an integrated way with the rest of the national health system. For this reason, our results could be largely explained due to weaknesses of Chilean occupational health insurance companies, rather than weaknesses in the national health system. It is possible that physicians do not include current and past exposures at workplace in the differential diagnosis, or that they do not assign cases to occupational health insurance companies because of time or knowledge constraints (4,28). For example, scarce knowledge about reporting requirements could be an obstacle to report an occupational disease (29). Additionally, underreporting could be related to insured's lack of knowledge about benefits and procedures of the system and about occupational exposures and their relationship with diseases (8,30).

Actions to improve occupational disease's recognition can be conducted in various ways. Further emphasis must be given to occupational causes of diseases in medical degree programs, but we must also reinforce the knowledge and awareness of notification requirements for practicing physicians (28). For example, reminder messages about legal enforceability of notification have increased the number of physicians who register cases in other countries (31). Moreover, improvements to national surveillance system for occupational diseases is needed. Different approaches have been described in literature, as the application of surveys to occupational health institutions (32), sentinel

surveillance through physicians committed with occupational health (33) or disease-specific surveillance programs (25).

Future research should investigate local differences within Chile, considering that the proportion of claims for recognition varies by region inside the country (25). Also analysis of trends are necessary, especially for main recognized diseases, to analyze recognition rates in the context of changes in exposure patterns due to changes in the economy, as well as possible changes in reporting because of amendments to legislation (34).

The recognition of occupational diseases in Chile must be improved in order to improve the access of workers to insurance benefits. Furthermore, the prevention and early detection of these diseases must be improved, in the interest of reducing their burden.

Bibliography

1. Schulte PA, Pana-Cryan R, Schnorr T, Schill AL, Guerin R, Felknor S, et al. An approach to assess the burden of work-related injury, disease, and distress. *Am J Public Health*. 2017;107(7):1051–7.
2. Carder M, Bensefa-Colas L, Mattioli S, Noone P, Stikova E, Valenty M, et al. A review of occupational disease surveillance systems in Modernet countries. *Occup Med (Lond)*. 2015;65(8):615–25.
3. International Labour Organization. Estimating the economic costs of occupational injuries and illnesses in developing countries: essential information for decision-makers. Geneva: ILO; 2012.

4. Panamerican Health Organization. [Plan of action on workers' health 2015-2025]. Washington, D.C.: OPS; 2015.
5. Panamerican Health Organization. [Health in the Américas+, 2017 edition. Summary: regional panorama and country profiles]. Washington, D.C.: PAHO; 2017.
6. Rosenman KD, Kalush A, Reilly MJ, Gardiner JC, Reeves M, Luo Z. How much work-related injury and illness is missed by the current national surveillance system? *J Occup Environ Med.* 2006;48(4):357–65.
7. Fagan KM, Hodgson MJ. Under-recording of work-related injuries and illnesses: An OSHA priority. *J Safety Res.* 2017;60:79–83.
8. Azaroff LS, Levenstein C, Wegman DH. Occupational injury and illness surveillance: Conceptual filters explain underreporting. *Am J Public Health.* 2002;92(9):1421–9.
9. Kieffer C. Incidence and detection of occupational cancers in nine European countries [Internet]. 2018. (EUROGIP Study Reports). Report No.: EUROGIP-141/E. Available from:
http://www.europeanforum.org/documents/24/eurogip-141e-incidence-detection_occupational_cancers_europe.pdf
10. National Institute of Statistics of Chile. [National Employment Survey of Chile] [Internet]. Available from:
<https://www.ine.cl/estadisticas/laborales/ene>
11. Superintendencia of Social Security of Chile. [Social security statistics. Annual report 2016] [Internet]. Santiago: SUSESO; 2017. Available from:
<http://www.suseso.cl/607/w3-propertyvalue-10361.html>

12. Murray CJL. Quantifying the burden of disease: the technical basis for disability-adjusted life years. *Bull World Health Organ.* 1994;72(3):429–45.
13. Ezzati M, Lopez AD, Rodgers A, Murray CJL. Comparative quantification of health risks : global and regional burden of disease attributable to selected major risk factors. Geneva: World Health Organization; 2004.
14. Salomon JA, Haagsma JA, Davis A, de Noordhout CM, Polinder S, Havelaar AH, et al. Disability weights for the Global Burden of Disease 2013 study. *Lancet Glob Health.* 2015;3(11):e712–23.
15. Salomon JA, Vos T, Hogan DR, Gagnon M, Naghavi M, Mokdad A, et al. Common values in assessing health outcomes from disease and injury: disability weights measurement study for the Global Burden of Disease Study 2010. *Lancet.* 2012;380(9859):2129–43.
16. Haagsma JA, de Noordhout CM, Polinder S, Vos T, Havelaar AH, Cassini A, et al. Assessing disability weights based on the responses of 30,660 people from four European countries. *Popul Health Metr.* 2015;13(10).
17. Chilean Ministry of Health. Health Statistics and Information Department. [Mortality] [Internet]. 2018. Available from: <http://www.deis.cl/estadisticas-mortalidad/>
18. Murray CJL, Ezzati M, Flaxman AD, Lim S, Lozano R, Michaud C, et al. GBD 2010: design, definitions, and metrics. *Lancet.* 2012;380(9859):2063–6.
19. Institute for Health Metrics and Evaluation. Global Burden of Disease Study 2015 (GBD 2015) Reference Life Table [Internet]. 2019 [cited 2019 Jun 4]. Available from: <http://ghdx.healthdata.org/record/ihme-data/gbd-2015->

reference-life-table

20. Sandaña C, Pino P, Steenland K. Occupational-attributable burden of chronic respiratory diseases and cancer in Chile. PhD in Public Health Programme, School of Public Health, Universidad de Chile; 2019.
21. Bernales B, Marchetti N, Jaramillo H. [National plan for silicosis eradication. 2009-2019 strategy] [Internet]. 2008 [cited 2019 Jun 5]. Available from:

<https://www.minsal.cl/portal/url/item/7d35c3dc76610f33e04001011e015333.pdf>
22. Cree MW, Lalji M, Jiang B, Carriere KC. Under-reporting of compensable mesothelioma in Alberta. *Am J Ind Med.* 2009;52(7):526–33.
23. Vos T, Abajobir AA, Abate KH, Abbafati C, Abbas KM, Abd-Allah F, et al. Global, regional, and national incidence, prevalence, and years lived with disability for 328 diseases and injuries for 195 countries, 1990-2016: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2016. *Lancet.* 2017;390(10100):1211–59.
24. Kirkham TL, Koehoorn MW, McLeod CB, Demers PA. Surveillance of mesothelioma and workers' compensation in British Columbia, Canada. *Occup Environ Med.* 2011;68(1):30–5.
25. Goldberg M, Imbernon E, Rolland P, Gilg Soit Ilg A, Savès M, de Quillacq A, et al. The French National Mesothelioma Surveillance Program. *Occup Environ Med.* 2006;63(6):390–5.
26. Money A, Carder M, Noone P, Bourke J, Hayes J, Turner S, et al. Work-related ill-health: Republic of Ireland, Northern Ireland, Great Britain 2005–

2012. *Occup Med (Lond)* [Internet]. 2015 Jan [cited 2019 Jul 31];65(1):15–21. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25324486>
27. Sandaña C, Pino P, Steenland K. Population attributable fraction of occupational risks in chronic respiratory diseases and cancer in Chile. PhD in Public Health Programme, School of Public Health, Universidad de Chile; 2019.
 28. Parhar A, Lemiere C, Beach JR. Barriers to the recognition and reporting of occupational asthma by Canadian pulmonologists. *Can Respir J*. 2011;18(2):90–6.
 29. Rappin CL, Wuellner SE, Bonauto DK. Employer reasons for failing to report eligible workers' compensation claims in the BLS survey of occupational injuries and illnesses. *Am J Ind Med*. 2016;59(5):343–56.
 30. Oyanedel JC, Sánchez H, Inostroza M, Mella C, Vargas S. [Knowledge and evaluation about safety mutualities in Chile]. *Cienc Trab*. 2014;16(51):146–51.
 31. Curti S, Sauni R, Spreeuwes D, De Schryver A, Valenty M, Rivière S, et al. Interventions to increase the reporting of occupational diseases by physicians. *Cochrane database Syst Rev*. 2015;3:CD010305.
 32. Money A, Carder M, Hussey L, Agius RM. The utility of information collected by occupational disease surveillance systems. *Occup Med (Lond)*. 2015;65(8):626–31.
 33. Spreeuwes D, De Boer AGEM, Verbeek JHAM, De Wilde NS, Braam I, Willemse Y, et al. Sentinel surveillance of occupational diseases: A quality improvement project. *Am J Ind Med*. 2008;51:834–42.

34. Oksa P, Sauni R, Talola N, Virtanen S, Nevalainen J, Saalo A, et al. Trends in occupational diseases in Finland, 1975-2013: a register study. *BMJ Open*. 2019;9(4):e024040.

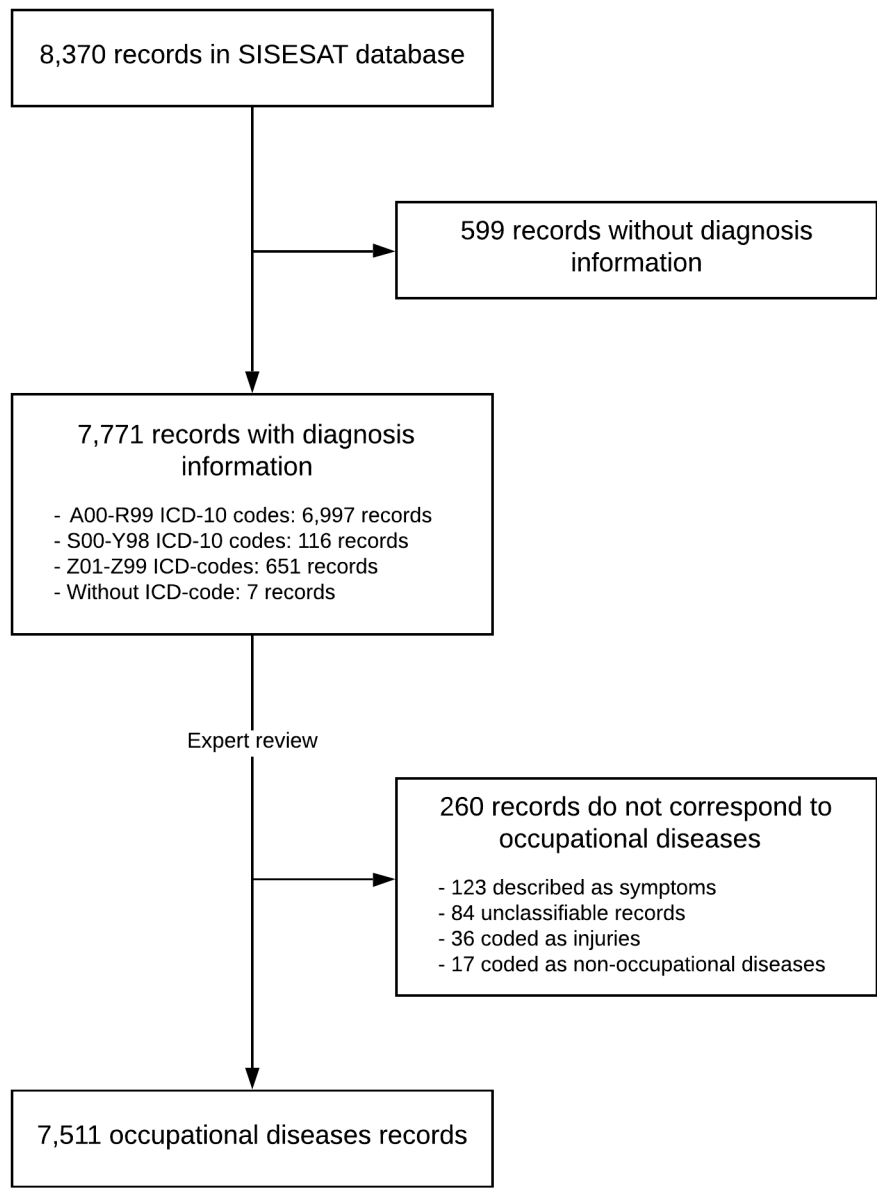


Figure 1. Analysis of recognized occupational diseases SISESAT records in 2016

Table 1. Number and rate (per 100.000) of recognized cases of occupational diseases compared to expected cases in Chile, 2016

	Males				Females				Both sexes			
	Expected cases*		Recognized cases		Expected cases*		Recognized cases		Expected cases*		Recognized cases	
	n	rate	n	rate	n	rate	n	rate	n	rate	n	rate
Asthma	2,026	58.6	33	1.0	466	20.5	2	0.1	2,492	43.4	35	0.6
COPD	5,613	162.3	5	0.1	241	10.6	0	0	5,854	102.2	5	0.1
Silicosis	337	9.7	141	4.1	27	1.2	2	0.1	364	6.3	143	2.5
Mesothelioma	29	0.8	4	0.1	3	0.1	0	0	32	0.6	4	0.1
Lung cancer	569	16.5	0	0	46	2.0	0	0	615	10.7	0	0
Leukemia	35	1.0	0	0	6	0.3	0	0	41	0.7	0	0
Bladder cancer	6	0.2	0	0	1	0.04	0	0	7	0.1	0	0
Total	8,615	249.1	183	5.3	790	34.7	4	0.2	9,405	164.2	187	3.3

*Expected cases estimated elsewhere (20)

Table 2. Expected and recognized DALYs due to occupational non-malignant respiratory diseases and cancers in Chile, 2016

	Males			Females			Both sexes		
	Expected DALYs*	Recognized DALYs	Recognized DALYs proportion	Expected DALYs*	Recognized DALYs	Recognized DALYs proportion	Expected DALYs*	Recognized DALYs	Recognized DALYs proportion
Asthma	1,206.5	17.9	1.5%	321.8	1.2	0.4%	1,528.3	19.1	1.3%
COPD	6,831.8	5.2	0.1%	382.7	0	0	7,214.5	5,2	0.1%
Silicosis	1,842.0	1,231.8	66.9%	127.0	31.6	24.9%	1,969.0	1,263.4	64.2%
Mesothelioma	539.7	74.5	13.8%	75.3	0	0	615.0	74.5	12.1%
Lung cancer	8,720.7	0	0	753.7	0	0	9,474.4	0	0
Leukemia	390.0	0	0	87.4	0	0	477.4	0	0
Bladder cancer	86.9	0	0	13.2	0	0	100.1	0	0
Total	19,617.6	2,291.5	11.7%	1,761.1	12.2	0.7%	21,378.7	2,303.7	10.8%

*Expected cases estimated elsewhere (20)

VIII. DISCUSIÓN

VIII.1. Interpretación de resultados

El presente estudio estimó la brecha entre los casos de enfermedades profesionales esperadas en Chile para 2016 y los casos efectivamente reconocidos por los organismos oficiales, obteniéndose un abismante subreporte de 98% para las enfermedades profesionales seleccionadas. Según grupo de enfermedades, un 99,4% de los cánceres seleccionados –correspondientes a los con mayor evidencia de un origen profesional– no fueron reconocidos por el sistema de salud ocupacional. En el caso las enfermedades respiratorias crónicas consideradas, el subreporte alcanza un 97,9%. En términos del impacto en la salud poblacional, estos resultados se traducen en 19.075 AVISA anuales a causa de enfermedades profesionales no reconocidas por los organismos administradores del seguro contra accidentes del trabajo y enfermedades profesionales, encargados de prevenir esta pérdida en la salud de los trabajadores o, en su defecto, compensar médica y económicamente sus consecuencias. Esta cifra corresponde a un 89,2% de los AVISA esperados en el país con motivo de estas enfermedades.

Para los cánceres de origen ocupacional, se obtuvo una tasa de 0,1 casos calificados por cada 100.000 trabajadores asegurados en Chile, cifra inferior a las reportadas en la literatura internacional. En el año 2016, la tasa de cánceres ocupacionales reconocidos en 9 países europeos varió entre 3,7 casos por 100.000 asegurados en Finlandia y 15,1 casos por 100.000 asegurados en

Alemania, con la excepción de Suecia en que la tasa fue de 0,5 cánceres por cada 100.000 asegurados (180). En general, la mayor proporción de casos notificados en estos países correspondió a enfermedades incluidas en este estudio, como mesotelioma, cáncer de pulmón y cáncer de vejiga, exceptuando los casos de cáncer de piel, que representaron la mayor proporción de casos en Alemania y la segunda en Dinamarca. Sin embargo, si se excluye esta última enfermedad las tasas de cánceres ocupacionales reconocidos siguen siendo considerablemente superiores en comparación a nuestro país. Estas diferencias podrían explicarse por la exposición diferencial a riesgos ocupacionales según la matriz productiva de cada país y a sus políticas de prevención en salud ocupacional. Sin embargo, en Chile solo se registraron 4 casos de mesotelioma y ningún caso de otros tipos de cáncer en 2016, lo que sugiere que la menor tasa obtenida en nuestro país se vincula a un subdiagnóstico y subregistro de enfermedades ocupacionales y no a una menor exposición a riesgos.

En este estudio se obtuvo una tasa de incidencia de asma ocupacional reconocida por los organismos administradores de 0,6 casos por cada 100.000 trabajadores asegurados. Esta cifra es concordante con Salinas et al (181), quienes determinaron que la incidencia anual de asma ocupacional entre 1990 y 2006 en un organismo administrador fue de aproximadamente 0,3 y 0,6 casos por cada 100.000 trabajadores al inicio y final del periodo, respectivamente, con un máximo de casi 1,5 casos por 100.000 trabajadores en 2001. A su vez, las cifras obtenidas son inferiores a las reportadas por algunos sistemas internacionales de vigilancia ocupacional (182,183). En Reino Unido, por ejemplo, se reportó una tasa de 2 casos cada 100.000 empleados entre 2005 y

2012, doblando la estimación para Chile (182). Sin embargo, reconociendo las dificultades comparativas entre los sistemas de vigilancia nacionales, actualmente la literatura se enfoca en evaluar el cambio anual en las tasas de incidencia de asma ocupacional (184), lo que no es posible en el presente estudio debido a que solo se cuenta con la información de enfermedades ocupacionales reconocidas en Chile en el año 2016.

La silicosis fue la enfermedad con mayor reconocimiento por parte de los organismos administradores, alcanzando un 64,2% de los casos esperados, resultado que probablemente se relaciona con la inherente condición ocupacional de la enfermedad, con la vinculación entre la silicosis y la minería –que tuvo un importante rol en la cuestión social en Chile en la primera mitad del siglo XX– y con la existencia de un plan nacional para la erradicación de la silicosis, que establece metas cuantitativas de prevención, diagnóstico y tratamiento para la enfermedad desde 2009 (185–187). Los casos de silicosis no reconocidos podrían vincularse a pacientes que reciben atención por EPOC en el sistema de salud de enfermedades de origen común. Se estima que la prevalencia de silicosis en pacientes con diagnóstico de EPOC atendidos en las salas de atención de enfermedades respiratorias del adulto (salas ERA) de la atención primaria de salud pública alcanzaría al menos un 14% (31).

A pesar de que también es una enfermedad eminentemente ocupacional, un escenario opuesto se detectó para mesotelioma, reconociéndose solo 12,1% de los casos esperados. A pesar de que el reconocimiento de los casos de mesotelioma no supera un 65% en la literatura internacional (75,188,189), según

los resultados obtenidos solo el 12,1% de los casos esperados fueron reconocidos en Chile. Esto es particularmente relevante considerando la alta proporción de casos de mesotelioma denunciados que finalizan siendo reconocidos y recibiendo compensación, que en países como Francia alcanza el 91% (190).

A diferencia de silicosis, no existe un plan enfocado específicamente en mesotelioma, tal vez porque se asume que la prohibición de producción, importación y uso de asbesto (2001) elimina inmediatamente el riesgo de la enfermedad. Sin embargo, la incidencia actual representa la exposición a asbestos hace 30 a 40 años como mínimo (191). En efecto, es probable que Chile no haya llegado aún al peak de casos anuales de mesotelioma que han superado o en el que se encuentran actualmente aquellos países que iniciaron prontamente la prohibición de asbestos a finales de la década de los 70s y durante la década de los 80s (192–196). Países vecinos como Argentina o Brasil, que en el pasado presentaron un consumo per cápita de asbestos relativamente similar al de Chile, han reportado incrementos en las tasas de mortalidad por mesotelioma maligno (197–199). Adicionalmente, aun existen ocupaciones con un riesgo alto de exposición a asbestos y por tanto de desarrollo de mesotelioma en el futuro, como los trabajadores vinculados a la demolición de construcciones o el trabajo en situaciones de catástrofe, como rescatistas y removedores de escombros. Estos antecedentes permiten abogar por el desarrollo de un plan nacional específico para población expuesta a asbesto que enfatice en la prevención de exposición a asbesto en estas ocupaciones específicas y en la vigilancia pasiva de los casos de mesotelioma, lo que permitiría a los pacientes y

sus familias recibir las prestaciones médicas y económicas vinculadas al seguro de accidentes del trabajo y enfermedades profesionales. Adicionalmente, se debería evaluar la costo-efectividad en Chile de incluir la vigilancia activa de cáncer de pulmón a través de tomografía computarizada de baja dosis, que se encuentra recomendada en población con antecedentes de exposición asbestos para cáncer de pulmón, pero no para mesotelioma maligno (191,200).

Este estudio no tuvo por objetivo conocer las causas del subreporte de enfermedades profesionales en Chile. Sin embargo, en base a los resultados, se pueden mencionar algunas hipótesis.

El seguro contra accidentes del trabajo y enfermedades profesionales tiene una cobertura del 67% de la fuerza de trabajo en Chile, por lo que los casos de enfermedades profesionales en trabajadores por cuenta propia no asegurados y de trabajadores informales no son registrados. Es probable que las tasas de enfermedades profesionales sean considerablemente mayores en los trabajadores informales, debido a una mayor concentración de riesgo en las actividades realizadas y a menores niveles de educación e ingresos en esta población (201,202).

El diagnóstico de enfermedades ocupacionales es un proceso que requiere una búsqueda activa de los factores de riesgo, siendo probable que indagar sobre los antecedentes laborales de los pacientes no sea una situación frecuente en el diagnóstico diferencial que realizan los médicos no dedicados al área de salud ocupacional. También es posible que cuando estos profesionales detecten un posible origen ocupacional no deriven el caso a las mutualidades o al ISL. Ambas situaciones han sido descritas en la literatura internacional,

vinculándose a limitaciones de tiempo y/o de conocimientos de los profesionales (51,203,204). No se encontró literatura sobre la caracterización o magnitud de esta problemática en Chile, pero es una situación altamente probable considerando que las instituciones abocadas a la salud laboral chilena no funcionan de forma integrada con el sistema de salud que atiende las enfermedades de origen común, actuando como un sistema paralelo (205).

Otra posibilidad es la falta de conocimiento de los asegurados sobre la relación entre riesgos ocupacionales y enfermedades profesionales o sobre los beneficios de los seguros o la forma de acceder a ellos (54,58). La Ley establece que los empleadores tienen el deber de informar oportunamente acerca de los riesgos laborales a los trabajadores, así como también de las medidas preventivas³⁸, acción que tendría un bajo cumplimiento en el país. La ENETS 2009-2010 indica que un 30,1% de los trabajadores y un 54,2% de las trabajadoras refieren no haber sido informados sobre los riesgos de accidentes del trabajo o enfermedades profesionales, falta de información que ocurre en mayor medida en los trabajadores informales y en los trabajadores de 65 o más años. Adicionalmente, un 32,2% de los trabajadores y un 44,3% de las trabajadoras indican que su trabajo no cuenta o desconocen la existencia de un reglamento de seguridad e higiene, el cual es exigido por la Ley a toda entidad empleadora³⁹, independiente del número de trabajadores (12). Por su parte, Luengo et al. (206) concluyeron, mediante entrevistas a informantes clave del área de la prevención de riesgos laborales y a trabajadores de la salud de Chile,

³⁸ Artículo 21° del Decreto 40 del Ministerio del Trabajo y Previsión Social (1969)

³⁹ Artículo 67° de la Ley 16.744 (1969) y Artículo 21° del Decreto 40 del Ministerio del Trabajo y Previsión Social (1969)

que entre las causas de subnotificación se encuentran el desconocimiento de los procesos de notificación, de las consecuencias de no notificar y de la ley sobre accidentes del trabajo y enfermedades profesionales. Si bien este trabajo se enfocó en la subnotificación de accidentes del trabajo, es probable que las motivaciones para enfermedades profesionales sean similares.

El presente estudio estimó las FAP de enfermedades profesionales a causa de riesgos ocupacionales, las cuales variaron entre 1,3% para cáncer de vejiga y 20,5% para asma. En todos los casos la FAP fue mayor en hombres, particularmente en asma y EPOC.

La FAP de EPOC atribuible a riesgos ocupacionales obtenida para Chile presenta un valor similar a las reportadas internacionalmente. La Sociedad Americana de Tórax (207) estimó una mediana de 15% (con valores entre un mínimo de 4% y un máximo de 29%) en una revisión de la literatura publicada en 2003, cifra que se mantuvo en una revisión posterior realizada por Blanc y Torén (208). La FAP de EPOC por riesgos ocupacionales es mayor en población sin antecedentes de tabaquismo (209), lo cual es esperable considerando que esta población no presenta el principal factor de riesgo de la enfermedad. Por ejemplo, un estudio con representatividad nacional de los adultos de Estados Unidos determinó una FAP de 15,1% para el total de la población expuesta, estimada según ocupación, mientras que esta cifra aumenta a un 27,4% si se consideran solo quienes nunca han fumado (210). A pesar de que el tabaquismo sigue siendo el principal factor de riesgo para la enfermedad, la proporción de población con EPOC y sin antecedentes de tabaquismo es mayor a la que se tenía considerada en décadas previas, variando entre un 25 a un 45% en diferentes países, cifra

que superaría el 30% en Chile (211). Es probable que este valor presente una tendencia al alza en nuestro país, considerando la reducción que ha tenido el tabaquismo (212), lo que se traducirá en un aumento de la importancia relativa de los riesgos ocupacionales en el desarrollo de EPOC.

En cuanto al asma bronquial, la FAP obtenida se encuentra dentro del rango indicado por la literatura. La revisión de Toren et al. (213) arrojan una mediana de FAP de 16,3% (con valor mínimo 8,6% y valor máximo 44%), cifras que concuerdan con revisiones previas (207,214).

En el caso de cáncer de pulmón se obtuvo una FAP de 17,3%. Aunque este valor fue mayor que la estimación global de 9% de Driscoll et al. (101,102), se encuentra entre los valores reportados por estudios internacionales (4,6% a 37,9%), también basados en matrices de exposición laboral (131). Menor evidencia existe para leucemia, pero la estimación obtenida de 3,9% también se encuentra entre los valores reportados en la literatura, que este caso varían entre 2% y 5,4% (81,101,102). A diferencia de cáncer de pulmón y leucemia, la FAP de 1,3% obtenida para cáncer de vejiga es menor a la reportada en estudios internacionales, que alcanza un 5,3% (3,4%-7,7%) en Gran Bretaña en base a la misma metodología utilizada en este estudio (120). Esto podría deberse, al menos en parte, a que algunos carcinógenos que aumentan el riesgo de cáncer de vejiga no fueron incluidos en el análisis debido a la escasa información disponible sobre la magnitud de trabajadores expuestos, como es el caso de bencidina, 2-naftilamina y orto-toluidina (159,160).

VIII.2. Fortalezas y limitaciones

En nuestro conocimiento, este es el primer estudio de brecha entre la carga de enfermedad atribuible a riesgos ocupacionales esperada y la oficialmente reconocida que se produce por enfermedades respiratorias crónicas y cánceres ocupacionales.

Los organismos administradores están obligados a informar las enfermedades profesionales calificadas al SISESAT desde 2015, pero aún no se han dado a conocer evaluaciones sobre el funcionamiento o la calidad en la codificación de enfermedades en este sistema de información. Reconociendo esta limitación, en este estudio los registros fueron revisados por 2 profesionales capacitados y supervisados por un experto en codificación de enfermedades, detectándose un 8% de casos sin información sobre el diagnóstico y un 22,6% de casos no codificados como enfermedad profesional. Esta última cifra disminuyó a un 3,1% gracias a la revisión de las glosas descriptivas de cada caso, que permitió corregir errores de codificación.

El subreporte de enfermedades profesionales puede vincularse a errores en el proceso de la calificación de origen de las enfermedades denunciadas, por lo habría sido de gran utilidad haber analizado las denuncias de enfermedad profesional cuyo origen laboral fue rechazado, en miras de determinar la cantidad y los motivos de rechazo de enfermedades respiratorias crónicas y cánceres. Sin embargo, esto no fue posible pues esta información no es de libre acceso y no fue posible acceder a ellas por convenios de investigación.

La metodología de carga de enfermedad presenta como limitación que el uso de múltiples fuentes de datos puede afectar la consistencia de los indicadores epidemiológicos usados para una misma enfermedad (215–217). Para minimizar esta posibilidad, en el presente estudio tanto los datos de mortalidad como de incidencia utilizados para estimar carga de enfermedad derivan de datos nacionales reportados por organismos oficiales. En Chile, la certificación médica de las muertes alcanza un 99,87% y un 2,7% de los registros se encuentran clasificados como síntomas, signos y hallazgos anormales clínicos y de laboratorio, no clasificados en otra parte (R00–R99) (168). A pesar de que Chile presenta una proporción menor de causas mal definidas que otras regiones de Latinoamérica y El Caribe, no ha sido posible lograr una cifra cercana al 1% que presentan los países con mayor nivel de desarrollo (169). En relación con la incidencia, la carga de enfermedades profesionales reconocidas en el país fue estimada utilizando la incidencia de enfermedades profesionales oficialmente informada a la Superintendencia de Seguridad Social por los organismos administradores, mientras que la incidencia para la carga atribuible esperada fue estimada de acuerdo con la información de los registros poblacionales de cáncer de Chile. En el caso del asma, la incidencia se obtuvo mediante la prevalencia en la ENS 2016-2017 para asma bronquial, obtenida a través de autorreporte y por tanto afecta a sesgo de memoria o sesgo por subdiagnóstico. Adicionalmente, se realizó un análisis de consistencia interna de los datos para disminuir la incertidumbre derivada de las diversas fuentes, siguiendo las recomendaciones internacionales (217).

Una importante fortaleza de este estudio es que, a diferencia del GBD, se estimaron y aplicaron FAP específicas para la población chilena, las cuales fueron construidas en base a la prevalencia de población alguna vez expuesta a riesgos laborales. Además de considerar la población expuesta en el pasado, la metodología usada tiene la ventaja de haber utilizado datos representativos de la cantidad de trabajadores por ocupación en el país y de considerar los cambios en la matriz productiva en Chile durante el periodo de exposición. Adicionalmente, para estimar las proporciones de trabajadores alguna vez expuestos a cada agente según categoría ocupacional, fueron utilizadas diferentes matrices de exposición ocupacional, las cuales tienen la ventaja de ser una herramienta sistemática y objetiva en estudios poblacionales, además de evitar el sesgo de memoria sobre la exposición que ocurre en los autorreportes (218). Sin embargo, no están exentas de limitaciones, como la cantidad de agentes que se incluyen y la eventual falta de mediciones cuantitativas en el nivel de exposición (219). A diferencia de otras matrices de exposición laboral, ALOHA plus, utilizada para la medir exposición a VGDF, incluye diferentes grupos de agentes y determina la exposición de manera semicuantitativa (sin exposición, exposición leve o exposición alta) en base a juicio experto (144), mientras que las estimaciones de CAREX Canada tienen la ventaja de presentar proporciones de exposición que derivan de un amplio registro de mediciones en el lugar de trabajo y del análisis de especialistas en higiene ocupacional (129). La utilización de la base de datos CAREX Canada, implica el supuesto de que el nivel de exposición a riesgos según ocupación es similar entre Canadá y Chile. Sin embargo, considerando el mayor desarrollo de la salud ocupacional en Canadá

(220), es probable que en Chile exista una mayor exposición a los riesgos estudiados y, por tanto, que la población expuesta esté subestimada para nuestro país.

Obviamente, la estimación de población expuesta está condicionada a la disponibilidad de evidencia sobre la exposición a riesgos ocupacionales. Además de la bencidina, 2-naftilamina y orto-toluidina, carcinógenos no incluidos para cáncer de vejiga, otros como carcinógenos como cadmio y berilio para cáncer de pulmón y óxido de etileno para leucemia no fueron incluidos en el análisis, a causa de una limitada cantidad de trabajadores en las ocupaciones relacionadas. Sin embargo, es poco probable que las FAP de estas enfermedades varíen significativamente si se hubieran incluido estos riesgos, debido a la baja proporción de exposición.

Una limitación significativa de este estudio es que, para la estimación de las FAP, los RR de enfermar a causa de riesgos ocupacionales fueron obtenidos de poblaciones diferentes a la chilena. Sin embargo, todos fueron extraídos de metanálisis o estudios de cohorte, la mayor parte incluyendo evidencia de diferentes países. No se realizó distinción entre el riesgo de enfermar o el riesgo de morir y se utilizó el mismo RR para ambos sexos. Sin embargo, esta es una acción habitual en los estudios de carga de enfermedad debido a las limitaciones de la evidencia disponible (98,119).

La estimación de las FAP para la población chilena estuvo necesariamente basada en una serie de supuestos metodológicos, por lo que se realizó un análisis de sensibilidad para determinar la eventual variación de nuestros resultados ante la selección de diferentes valores para los parámetros utilizados

en la estimación de la prevalencia de población alguna vez expuesta. En el sexo femenino, la FAP presentaron variaciones menores al 1,3 puntos porcentuales, mostrando escasa fluctuación ante cambios en los parámetros utilizados. En el caso del sexo masculino, los intervalos de credibilidad de FAP para asma, EPOC y cáncer de pulmón aumentaron su extensión a expensas de una disminución en el valor de su límite inferior, lo que plantea la posibilidad de que estas FAP sobreestimadas, aunque en una cifra menor a 10 puntos porcentuales. Este resultado se encuentra dentro de las variaciones posibles encontradas en estudios similares (221). Sin embargo, dado que los supuestos escogidos fueron conservadores, es poco probable que los valores de los parámetros sean inferiores a los escogidos y, por tanto, que la FAP se encuentren sobreestimadas.

La asociación entre los factores de riesgo ocupacionales y las enfermedades estudiadas podría estar influida por el tabaquismo, especialmente en EPOC y cáncer, pues el desarrollo de asma en adultos no presenta una asociación fuerte con el estatus tabáquico (222). A pesar de que los RR fueron extraídos de estudios con un alto nivel de evidencia, solo los RR de EPOC ante la exposición a VGDF y el RR de cáncer de pulmón al estar expuesto a níquel fueron ajustados por tabaquismo. Esto podría ser una limitación en el caso de que el tabaquismo actuara como variable confusora si es que el grupo de referencia presenta un hábito tabáquico diferente al de exposición. Sin embargo, en Chile no es claro que la prevalencia de tabaquismo sea mayor en la población trabajadora que en la población general. La ENETS 2009-2010 indica una prevalencia de tabaquismo del 38% de los trabajadores chilenos (12), mientras

que esta prevalencia alcanzó un 40,6% en la población general según la ENS 2009-2010 (223).

VIII.3. Implicancias para la seguridad y salud en el trabajo en Chile

Los resultados indican que aproximadamente 1 de cada 5 casos nuevos de asma en adultos, 1 de cada 6 casos de cáncer de pulmón y 1 de cada 7 casos de EPOC se deben a riesgos ocupacionales en Chile, con valores aún mayores en hombres, siendo responsables de una alta carga de enfermedad. En este contexto, el bajo reconocimiento de las enfermedades profesionales por parte de los organismos administradores se debe interpretar como un llamado a mejorar el acceso de los trabajadores asegurados a las prestaciones médicas y económicas asociadas, como también las estrategias de prevención primaria y secundaria de estas enfermedades, en miras de reducir su carga.

En vista de que una de las probables causas de subreporte es el subdiagnóstico, se debe fortalecer la enseñanza de las causas ocupacionales de enfermedades en la formación médica, así como también se debe reforzar el conocimiento y la importancia de la notificación en médicos en ejercicio (203). Por ejemplo, intervenciones basadas en mensajes recordatorios vía teléfono celular sobre la obligación legal de la notificación han logrado aumentar el número de médicos que registran casos de enfermedad profesional (56).

Complementariamente, es necesario desarrollar mejoras en el sistema de vigilancia de las enfermedades ocupacionales. En estricto rigor, el cuerpo legal

que da origen a SISESAT⁴⁰ establece que su propósito es actuar como un sistema de información, sin explicitar un rol como sistema de vigilancia. En efecto, la Ley establece que el objetivo del SISESAT es llevar un registro sobre los procesos relacionados a las denuncias y calificación de accidentes del trabajo y enfermedades profesionales, así como también de las actividades de prevención y fiscalización realizadas. Sin embargo, la SUSESO plantea que el SISESAT también tiene por objetivo proporcionar la información necesaria para que los organismos administradores puedan diseñar e implementar acciones preventivas y para que las instituciones encargadas de la formulación de políticas públicas relacionadas con la seguridad y salud en el trabajo puedan ejecutar adecuadamente su labor⁴¹. Un paso fundamental para que un sistema de información pueda entregar indicadores de utilidad para la vigilancia de salud ocupacional es que permita realizar estimaciones precisas y válidas de la incidencia de accidentes y enfermedades profesionales y que estas actúen efectivamente de insumo para los tomadores de decisión (224,225). Los resultados del presente trabajo indican que, al menos en relación con enfermedades respiratorias crónicas y cáncer de origen ocupacional, el SISESAT no está logrando el propósito de entregar insumos para la vigilancia de estas enfermedades, pues falla en el registro de casos incidentes. En este contexto, es relevante evaluar la creación de sistemas de vigilancia activa, considerando que existe evidencia de su contribución a la vigilancia ocupacional (225). En la literatura se describen diversas estrategias como la aplicación de encuestas a las

⁴⁰ Artículo 2° de la Ley N°16.395 y Artículo 74° del Decreto 101 del Ministerio del Trabajo y Previsión Social (1968).

⁴¹ Libro IX, Título I, Letra A del Compendio del Seguro Social de Accidentes del Trabajo y Enfermedades Profesionales (2018).

instituciones de salud ocupacional (59), vigilancia centinela a través de médicos comprometidos con la salud ocupacional (60) o programas de vigilancia específicos para ciertas enfermedades (190).

Los resultados muestran que la gran mayoría de los casos de enfermedades respiratorias crónicas y cáncer ocupacionales no son pesquisados por el sistema de salud laboral. En consecuencia, una primera posibilidad es que estos trabajadores o jubilados no estén siendo diagnosticados ni tratados, mientras que la segunda y más probable es que el diagnóstico y tratamiento se realice como una enfermedad de origen común. En este último caso, además de las consecuencias económicas para FONASA o ISAPREs –subsidio cruzado–, existen aspectos relacionados con la atención que podrían desfavorecer a las personas que presentan enfermedades profesionales no reconocidas. Por una parte, las mutualidades debieran entregar una atención especializada para las enfermedades profesionales, con elementos vinculados con el trabajo que son fundamentales para el tratamiento y la rehabilitación, como la remoción de los factores de riesgo o la reubicación del lugar de trabajo. Otra arista es la discusión sobre la calidad de la atención en el sistema de salud laboral versus el sistema de salud para enfermedades de origen común. Considerando las diferencias en la estructura y los procesos, resulta complejo realizar una comparación directa de los resultados de ambos sistemas. Probablemente, un indicador comparable es la satisfacción usuaria, debido a una relativa similitud en el contenido de las preguntas y técnica de encuesta utilizadas para construir este indicador. En general, la satisfacción usuaria respecto al servicio que otorgan las mutualidades

es superior en relación con los aseguradores de enfermedades de origen común. Por ejemplo, los trabajadores atendidos por un accidente del trabajo o enfermedad profesional reportaron un 73% de satisfacción en el servicio entregado por las mutualidades en 2017, cifra que alcanzó un 80% para la atención médica y valores entorno al 90% en la atención de las enfermeras, exámenes y procedimientos y entrega de medicamentos (226). Por el contrario, la satisfacción de usuarios afiliados a ISAPREs alcanzó un 48% y para FONASA solo un 27% durante 2015 (227).

Las investigaciones futuras deberían profundizar en las diferencias locales de calificación de enfermedades, pues las tasas de calificación varían al interior de los países (190). Además, se requieren análisis de tendencia temporal de los casos reconocidos, para determinar posibles variaciones en las tasas de calificación en el contexto de eventuales cambios del patrón de exposición a riesgos ocupacionales, así como de posibles cambios en el reporte debido a ajustes en la legislación (62). Finalmente, con el objetivo de aumentar la validez de las estimaciones locales, es necesario implementar mediciones sistemáticas de riesgos en el lugar de trabajo, con el objetivo de minimizar el eventual sesgo de utilizar datos internacionales.

Chile, al igual que la mayoría de los países en desarrollo en una transición epidemiológica avanzada, se encuentra actualmente discutiendo o implementando nuevas políticas de salud para enfrentar las enfermedades crónicas no transmisibles o mejoras a las ya existentes. No obstante, en el resultado de estos procesos, es frecuente que los riesgos ocupacionales sean considerados de forma limitada (228). En este contexto, los resultados de este

estudio son un llamado a la acción para los tomadores de decisión y los actores involucrados en la prevención de enfermedades crónicas no transmisibles con posible origen ocupacional, en vista de reducir la carga de mala salud que estas producen.

IX. BIBLIOGRAFÍA

1. Loisel P, Anema JR. Handbook of work disability. Prevention and management. New York: Springer; 2013.
2. Bosson-Rieutort D, de Gaudemaris R, Bicout DJ. The spectrosome of occupational health problems. PLoS One. 2018;13(1):e0190196.
3. Gakidou E, Afshin A, Abajobir AA, Abate KH, Abbafati C, Abbas KM, et al. Global, regional, and national comparative risk assessment of 84 behavioural, environmental and occupational, and metabolic risks or clusters of risks, 1990-2016: A systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2016. Lancet. 2017;390(10100):1345–422.
4. Waddell G, Burton AK. Is work good for your well-being and health? In London: The Stationery Office; 2006.
5. Bartley M., Ferrie J., Montgomery SM. Health and labour market disadvantage: unemployment, non-employment, and job insecurity. En: Marmot M, Wilkinson RG, editors. Social determinants of health. Second. Oxford: Oxford University Press; 2006. p. 78–96.
6. Organización Internacional del Trabajo. identificación y reconocimiento de las enfermedades profesionales: Criterios para incluir enfermedades en la lista de enfermedades profesionales de la OIT. Ginebra: OIT; 2009.
7. World Health Organization. Identification and control of work-related diseases. Geneva; 1985. (Technical Report Series 714).
8. Organización Internacional del Trabajo. Registro y notificación de

accidentes del trabajo y enfermedades profesionales. Repertorio de recomendaciones prácticas de la OIT. Ginebra: OIT; 1996.

9. Rodríguez CA. Los convenios de la OIT sobre seguridad y salud en el trabajo: una oportunidad para mejorar las condiciones y el medioambiente de trabajo. Buenos Aires: Oficina de la OIT en Argentina, Centro Internacional de Formación de la OIT; 2009.
10. Organización Internacional del Trabajo. Lista de enfermedades profesionales (revisada en 2010). Identificación y reconocimiento de las enfermedades profesionales: Criterios para incluir enfermedades en la lista de enfermedades profesionales de la OIT. Ginebra: OIT; 2010.
11. International Labour Office. World social protection report 2014/15: Building economic recovery, inclusive development and social justice. Geneva: ILO; 2014.
12. Chile. Ministerio de Salud, Dirección del Trabajo, Instituto de Seguridad Laboral. Primera Encuesta Nacional de Empleo, Trabajo, Salud y Calidad de Vida de los trabajadores y trabajadoras en Chile. Informe interinstitucional ENETS 2009-2010. Santiago: MINSAL, DT, ISL; 2011.
13. Chile. Superintendencia de Seguridad Social. Estadísticas de seguridad social 2016 [Internet]. Santiago: SUSESO; 2017. Disponible en: <http://www.suseso.cl/608/w3-propertyvalue-10364.html>
14. Instituto de Seguridad Laboral. Series Mensuales estadísticas. Caracterización eventos accidentes de trabajo y enfermedades profesionales [Internet]. Santiago: ISL; 2018. Disponible en: <https://www.isl.gob.cl/inicio/acerca-isl-portadilla/estadisticas/>

15. Gobierno de Chile. Comisión asesora presidencial para la seguridad en el trabajo. Informe final. Santiago; 2010.
16. International Labour Organization. Safety in numbers. Geneva: ILO; 2003.
17. International Labour Organization. The Prevention of Occupational Diseases. Geneva; 2013.
18. International Labour Office. ILO introductory report: global trends and challenges on occupational safety and health : XIX World Congress on Safety and Health at Work: Istanbul Turkey, 11-15 September 2011. Geneva: ILO; 2011.
19. International Labour Organization. Estimating the economic costs of occupational injuries and illnesses in developing countries: essential information for decision-makers. Geneva: ILO; 2012.
20. Chile. Superintendencia de Seguridad Social. Estadísticas de seguridad social 2012 [Internet]. Santiago: Departamento Actuarial de la Superintendencia de Seguridad Social; 2013. Disponible en: <http://www.suseso.cl/608/w3-propertyvalue-10364.html>
21. Chile. Superintendencia de Seguridad Social. Estadísticas de seguridad social 2013 [Internet]. Santiago: SUSESO; 2014. Disponible en: <http://www.suseso.cl/608/w3-propertyvalue-10364.html>
22. Chile. Superintendencia de Seguridad Social. Estadísticas sobre salud y seguridad en el trabajo. Informe anual 2014 [Internet]. Santiago: SUSESO; 2015. Disponible en: <http://www.suseso.cl/608/w3-propertyvalue-10364.html>
23. Chile. Superintendencia de Seguridad Social. Estadísticas de seguridad

- social 2015 [Internet]. Santiago: SUSESO; 2016. Disponible en: <http://www.suseso.cl/608/w3-propertyvalue-10364.html>
24. Chile. Superintendencia de Seguridad Social. Estadísticas de Seguridad Social. Informe anual 2015 [Internet]. Santiago: SUSESO; 2016. Disponible en: <http://www.suseso.cl/607/w3-propertyvalue-10361.html>
 25. Chile. Superintendencia de Seguridad Social. Estadísticas de Seguridad Social. Informe anual 2016 [Internet]. Santiago: SUSESO; 2017. Disponible en: <http://www.suseso.cl/607/w3-propertyvalue-10361.html>
 26. Concha M, Labbé J. Enfermedades profesionales: una aproximación a su frecuencia. *Cienc Trab.* 2007;9(25):117–20.
 27. Bernaldes B, Alcaíno J, Solís R. Situación de exposición laboral a sílice en Chile. *Cienc Trab.* 2008;10(27):1–6.
 28. Hernández E, Giesen L, Araya I. Análisis de las dermatitis de contacto ocupacionales en Chile. *Piel.* 2011;26(9):436–45.
 29. Ansoleaga E, Vézina M, Montaña R. Síntomas depresivos y distrés laboral en trabajadores chilenos: condiciones diferenciales para hombres y mujeres. *Cad Saude Publica.* 2014;30(1):107–18.
 30. Rocha KB, Muntaner C, Solar O, Borrell C, Bernaldes P, González MJ, et al. Clase social, factores de riesgo psicosocial en el trabajo y su asociación con la salud autopercebida y mental en Chile. *Cad Saude Publica.* 2014;30(10):2219–34.
 31. Galleguillos S, Concha M, Contreras G, Abarca G, Muñoz A, Valenzuela E, et al. La silicosis: ¿un problema de salud pública prioritario para Chile? *Rev Chil enfermedades Respir.* 2015;31(1):39–47.

32. Vidal C, Hoffmeister L, Benadof D. Factores asociados al dolor musculoesquelético en población trabajadora chilena. *Cienc Trab.* 2016;18(55):23–7.
33. Abajobir AA, Abate KH, Abbafati C, Abbas KM, Abd-Allah F, Abdulkader RS, et al. Global, regional, and national disability-adjusted life-years (DALYs) for 333 diseases and injuries and healthy life expectancy (HALE) for 195 countries and territories, 1990–2016: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2016. *Lancet.* 2017;390(10100):1260–344.
34. Chile. Dirección del Trabajo. Encla 2014. Informe de resultados octava Encuesta Laboral [Internet]. Santiago: Departamento de Estudios de la Dirección del Trabajo; 2015. Disponible en: <http://www.dt.gob.cl/portal/1629/w3-article-108317.html>
35. Guzmán MA, Arancibia V, Salinas J, Rodas C, Roa J, Villegas R. Prevalencia de sensibilización a látex en personal de pabellones quirúrgicos del Hospital Clínico de la Universidad de Chile. *Rev Med Chil.* 2005;133(5):535–40.
36. Ferrés M, Abarca K, Prado P, Montecinos L, Navarrete M, Vial PA. Prevalencia de anticuerpos contra *Bartonella henselae* en niños, en adolescentes y en una población de riesgo ocupacional en Chile. *Rev Med Chil.* 2006;134(7):863–7.
37. Gutiérrez M, Monzó J. Prevalence of low back disorders among female workers and biomechanical limits on the handling of load and patients. *Work.* 2012;41 Suppl 1:2364–9.

38. Valencia L, Avendaño C. Inseguridad laboral percibida y malestar psicológico: evaluación de dos modelos predictivos en trabajadores suministrados de la ciudad de Concepción, Chile. *Cienc Trab.* 2014;16(49):49–55.
39. Ansoleaga E. Indicadores de salud mental asociados a riesgo psicosocial laboral en un hospital público. *Rev Med Chil.* 2015;143(1):47–55.
40. Castillo A, Casanova C, Valenzuela D, Castañón S. Prevalencia de disfonía en profesores de colegios de la comuna de Santiago y factores de riesgo asociados. *Cienc Trab.* 2015;17(52):15–21.
41. Troncoso I, Fischer C, Arteaga F, Espinoza C, Azócar T, Abarca K. Seroprevalencia de Bartonella henselae en personas con riesgo ocupacional. *Rev Chilena Infectol.* 2016;33(3):355–7.
42. Rodríguez C, Cerda E, Rodríguez J, Díaz C, Besoain A, Olivares G, et al. Estudio piloto: Descripción de la carga global de trabajo, el factor físico-biomecánico y percepción de molestias músculo-esqueléticas en trabajadoras embarazadas. *Cienc Trab.* 2017;19(58):1–6.
43. Bacaloni A, Zamora MC, Sinibaldi F, Steffanina A, Insogna S. Respiratory parameters at varied altitudes in intermittent mining work. *Int J Occup Med Environ Health.* 2017;31(2):129–38.
44. Grillo A, Achú E, Muñoz-Quezada MT, Lucero B. Exposición a pesticidas organofosforados y polineuropatía periférica en trabajadores de la región del Maule, Chile. *Rev Esp Salud Publica.* 2018;92:e201803006.
45. Mora K, Clavijo F, Galdames S, Maya C, Soto V. Contexto ocupacional, abuso y mal uso vocal en profesores de la ciudad de Iquique. *Cienc Trab.*

- 2018;20(62):116–20.
46. Riaño-Casallas MI, Palencia-Sánchez F. Los costos de la enfermedad laboral: revisión de literatura. *Rev Fac Nac Salud Pública*. 2015;33(2).
 47. Safe Work Australia. The cost of work-related injury and illness for Australian employers, workers and the community: 2012–13. Canberra; 2015.
 48. Jinhai H. The economic burden of occupational asthma in Europe. Swedish National Institute of Public Health; 2010.
 49. Fagan KM, Hodgson MJ. Under-recording of work-related injuries and illnesses: An OSHA priority. *J Safety Res*. 2017;60:79–83.
 50. Drummond A. A Review of the occupational diseases reporting system in the Republic of Ireland. Dublin: Health and Safety Authority; 2007.
 51. Organización Panamericana de la Salud. Plan de acción sobre la salud de los trabajadores 2015-2025. Washington, D.C.: OPS; 2015.
 52. Organización Panamericana de la Salud. Salud en las Américas+, edición del 2017. Resumen: panorama regional y perfiles de país. Washington, D.C.: OPS; 2017.
 53. Carder M, Bensefa-Colas L, Mattioli S, Noone P, Stikova E, Valenty M, et al. A review of occupational disease surveillance systems in Modernet countries. *Occup Med (Lond)*. 2015;65(8):615–25.
 54. Azaroff LS, Levenstein C, Wegman DH. Occupational injury and illness surveillance: Conceptual filters explain underreporting. *Am J Public Health*. 2002;92(9):1421–9.
 55. Chu PC, Fuh HR, Luo JC, Du CL, Chuang HY, Guo HR, et al. The impact

- of occupational health service network and reporting system in Taiwan. *Int J Occup Environ Health*. 2013;19(4):352–62.
56. Curti S, Sauni R, Spreeuwers D, De Schryver A, Valenty M, Rivière S, et al. Interventions to increase the reporting of occupational diseases by physicians. *Cochrane database Syst Rev*. 2015;3:CD010305.
 57. Rosenman KD, Kalush A, Reilly MJ, Gardiner JC, Reeves M, Luo Z. How much work-related injury and illness is missed by the current national surveillance system? *J Occup Environ Med*. 2006;48(4):357–65.
 58. Oyanedel JC, Sánchez H, Inostroza M, Mella C, Vargas S. Conocimiento y evaluación acerca de las mutuales de seguridad en Chile. *Cienc Trab*. 2014;16(51):146–51.
 59. Money A, Carder M, Hussey L, Agius RM. The utility of information collected by occupational disease surveillance systems. *Occup Med (Lond)*. 2015;65(8):626–31.
 60. Spreeuwers D, De Boer AGEM, Verbeek JHAM, De Wilde NS, Braam I, Willemse Y, et al. Sentinel surveillance of occupational diseases: A quality improvement project. *Am J Ind Med*. 2008;51:834–42.
 61. van Kampen V, Merget R, Butz M, Taeger D, Brüning T. Trends in suspected and recognized occupational respiratory diseases in Germany between 1970 and 2005. *Am J Ind Med*. 2008;51(7):492–502.
 62. Oksa P, Sauni R, Talola N, Virtanen S, Nevalainen J, Saalo A, et al. Trends in occupational diseases in Finland, 1975-2013: a register study. *BMJ Open*. 2019;9(4):e024040.
 63. Murray CJL. Rethinking DALYs. In: Murray CJL, Lopez AD, editors. *The*

Global Burden of Disease: a comprehensive assessment of mortality and disability from diseases, injuries and risk factors in 1990 and projected to 2020. Boston: Harvard University Press; 1996. p. 1–98.

64. Mathers CD, Lopez AD, Murray CJL. The Burden of Disease and Mortality by Condition: Data, Methods, and Results for 2001. En: Lopez AD, Mathers CD, Ezzati M, Jamison DT, Murray CJ, editors. Global Burden of Disease and Risk Factors. Washington DC: The World Bank and Oxford University Press; 2006. p. 45–240.
65. Kassebaum NJ, Arora M, Barber RM, Brown J, Carter A, Casey DC, et al. Global, regional, and national disability-adjusted life-years (DALYs) for 315 diseases and injuries and healthy life expectancy (HALE), 1990–2015: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2015. *Lancet*. 2016;388(10053):1603–58.
66. Murray C. Quantifying the burden of disease: the technical basis for disability-adjusted life years. *Bull World Health Organ*. 1994;72(3):429–45.
67. Salomon JA, Vos T, Hogan DR, Gagnon M, Naghavi M, Mokdad A, et al. Common values in assessing health outcomes from disease and injury: disability weights measurement study for the Global Burden of Disease Study 2010. *Lancet*. 2012;380(9859):2129–43.
68. Haagsma JA, de Noordhout CM, Polinder S, Vos T, Havelaar AH, Cassini A, et al. Assessing disability weights based on the responses of 30,660 people from four European countries. *Popul Health Metr*. 2015;13(10).
69. Salomon JA, Haagsma JA, Davis A, de Noordhout CM, Polinder S, Havelaar AH, et al. Disability weights for the Global Burden of Disease 2013

- study. *Lancet Glob Health*. 2015;3(11):e712–23.
70. Anand S, Hanson K. Disability-adjusted life years: a critical review. *J Health Econ*. 1997;16(6):685–702.
 71. Murray CJL, Lopez AD. The Global Burden of Disease in 1990: Final results and their sensitivity to alternative epidemiological perspectives, discount rates, age-weights and disability weights. En: Murray CJL, Lopez AD, editors. *The Global Burden of Disease: a comprehensive assessment of mortality and disability from diseases, injuries and risk factors in 1990 and projected to 2020*. Boston: Harvard University Press; 1996. p. 247–93.
 72. Murray CJL, Vos T, Lozano R, Naghavi M, Flaxman AD, Michaud C, et al. Disability-adjusted life years (DALYs) for 291 diseases and injuries in 21 regions, 1990-2010: A systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2010. *Lancet*. 2012;380(9859):2197–223.
 73. Murray CJE, Barber RM, Foreman KJ, Ozgoren AA, Abd-Allah F, Abera SF, et al. Global, regional, and national disability-adjusted life years (DALYs) for 306 diseases and injuries and healthy life expectancy (HALE) for 188 countries, 1990-2013: Quantifying the epidemiological transition. *Lancet*. 2015;386(10009):2145–91.
 74. Ezzati M, Lopez AD, Rodgers A, Murray CJL. *Comparative quantification of health risks : global and regional burden of disease attributable to selected major risk factors*. Geneva: World Health Organization; 2004.
 75. Vos T, Abajobir AA, Abate KH, Abbafati C, Abbas KM, Abd-Allah F, et al. Global, regional, and national incidence, prevalence, and years lived with disability for 328 diseases and injuries for 195 countries, 1990-2016: a

- systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2016. *Lancet*. 2017;390(10100):1211–59.
76. Naghavi M, Abajobir AA, Abbafati C, Abbas KM, Abd-Allah F, Abera SF, et al. Global, regional, and national age-sex specific mortality for 264 causes of death, 1980–2016: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2016. *Lancet*. 2017;390(10100):1151–210.
 77. Wang H, Abajobir AA, Abate KH, Abbafati C, Abbas KM, Abd-Allah F, et al. Global, regional, and national under-5 mortality, adult mortality, age-specific mortality, and life expectancy, 1970-2016: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2016. *Lancet*. 2017;390(10100):1084–150.
 78. Global Health Data Exchange (GHDx). Global Burden of Disease Study 2016 (GBD 2016) Results Tool [Internet]. Seattle, United States: Institute for Health Metrics and Evaluation (IHME); 2017. Disponible en: <http://ghdx.healthdata.org/gbd-results-tool>.
 79. Zhao F-L, Gao L, Li S-C. Burden of Disease Studies in the Asia-Pacific Region: Are There Enough being Performed to Provide Information for Evidence-Based Health Policy? *Value Health Reg Issues*. 2013;2(1):152–9.
 80. Australian Institute of Health and Welfare. Australian Burden of Disease Study 2011: Methods and supplementary material. Canberra: AIHW; 2016.
 81. Australian Institute of Health and Welfare. Australian Burden of Disease Study: Impact and causes of illness and death in Australia 2011. Canberra: AIHW; 2016.

82. Dantés H, Castro MV, Franco-Marina F, Bedregal P, García JR, Espinoza A, et al. La carga de la enfermedad en países de América Latina. *Salud Publica Mex.* 2011;53(2):s72–7.
83. Perú. Ministerio de Salud. Estudio de Carga de Enfermedad en el Perú 2004. Lima: Dirección General de Epidemiología; 2006.
84. Concha M, Aguilera X, Salas J. Estudio de Carga de Enfermedad, Informe final. Estudio Prioridades de Inversión en Salud. Santiago; 1996.
85. Chile. Ministerio de Salud. Informe final Estudio de carga de enfermedad y carga atribuible, Chile 2007. Santiago: Subsecretaría de Salud Pública; 2008.
86. Galleguillos S, Concha-Barrientos M. Informe Técnico Final Proyecto FONIS SA13I20137 “Evaluación del Costo Efectividad del Aumento de la cobertura de la vigilancia de la silicosis en Chile”. In Santiago: FONIS; 2015.
Disponible en:
<http://repositorio.conicyt.cl/bitstream/handle/10533/209652/SA13I20137.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
87. Ezzati M, Lopez AD, Rodgers A, Vander Hoorn S, Murray CJ, Group CRAC. Selected major risk factors and global and regional burden of disease. *Lancet.* 2002;360(9343):1347–60.
88. Rushton L. The Global Burden of Occupational Disease. *Curr Environ Health Rep.* 2017;4(3):340–8.
89. Prüss-Üstün A, Mathers C, Corvalán C, Woodward A. Introduction and methods: assessing the environmental burden of disease at national and local levels. Geneva: World Health Organization; 2003.

90. Rothman KJ, Greenland S. Causation and causal inference in epidemiology. *Am J Public Health*. 2005;95(S1):S144–50.
91. Murray CJL, Lopez AD. On the comparable quantification of health risks: Lessons from the Global Burden of Disease Study. *Epidemiology*. 1999;10(5):594–605.
92. Murray CJ, Salomon J, Mathers CD, Lopez AD. Summary measures of population health. Geneva: World Health Organization; 2002.
93. World Health Organization. The World Health Report 2002: Reducing risks, promoting healthy life. Geneva: WHO; 2002.
94. World Health Organization. Global health risks: mortality and burden of disease attributable to selected major risks. Geneva: WHO; 2009.
95. Lim SS, Vos T, Flaxman AD, Danaei G, Shibuya K, Adair-Rohani H, et al. A comparative risk assessment of burden of disease and injury attributable to 67 risk factors and risk factor clusters in 21 regions, 1990-2010: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2010. *Lancet*. 2012;380(9859):2224–60.
96. Forouzanfar MH, Alexander L, Anderson HR, Bachman VF, Biryukov S, Brauer M, et al. Global, regional, and national comparative risk assessment of 79 behavioural, environmental and occupational, and metabolic risks or clusters of risks in 188 countries, 1990-2013: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2013. *Lancet*. 2015;386(10010):2287–323.
97. Forouzanfar MH, Afshin A, Alexander LT, Anderson HR, Bhutta ZA, Biryukov S, et al. Global, regional, and national comparative risk

- assessment of 79 behavioural, environmental and occupational, and metabolic risks or clusters of risks, 1990-2015: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2015. *Lancet*. 2016;388(10053):1659–724.
98. Nelson DI, Concha-Barrientos M, Driscoll T, Steenland K, Fingerhut M, Punnett L, et al. The global burden of selected occupational diseases and injury risks: Methodology and summary. *Am J Ind Med*. 2005;48(6):400–18.
 99. International Labour Office. Occupational safety and health: synergies between security and productivity. Geneva: Committee on Employment and Social Policy; 2006.
 100. Hämäläinen P, Leena Saarela K, Takala J. Global trend according to estimated number of occupational accidents and fatal work-related diseases at region and country level. *J Safety Res*. 2009;40(2):125–39.
 101. Driscoll T, Nelson DI, Steenland K, Leigh J, Concha-Barrientos M, Fingerhut M, et al. The global burden of disease due to occupational carcinogens. *Am J Ind Med*. 2005;48(6):419–31.
 102. Driscoll T, Nelson DI, Steenland K, Leigh J, Concha-Barrientos M, Fingerhut M, et al. The global burden of non-malignant respiratory disease due to occupational airborne exposures. *Am J Ind Med*. 2005;48(6):432–45.
 103. Nelson DI, Nelson RY, Concha-Barrientos M, Fingerhut M. The global burden of occupational noise-induced hearing loss. *Am J Ind Med*. 2005;48(6):446–58.
 104. Punnett L, Prüss-Üstün A, Nelson DI, Fingerhut MA, Leigh J, Tak SW, et al.

- Estimating the global burden of low back pain attributable to combined occupational exposures. *Am J Ind Med.* 2005;48(6):459–69.
105. Driscoll T, Takala J, Steenland K, Corvalan C, Fingerhut M. Review of estimates of the global burden of injury and illness due to occupational exposures. *Am J Ind Med.* 2005;48(6):491–502.
106. Concha-Barrientos M, Nelson DI, Driscoll T, Steenland K, Punnett L, Fingerhut MA, et al. Selected occupational risk factors. En: Ezzati M, Lopez A, Rodgers A, Murray CJ, editors. *Comparative quantification of health risks.* Geneva: World Health Organization; 2004. p. 1651–801.
107. Murray CJ, Lopez AD. Quantifying the burden of disease and injury attributable to ten major risk factors. En: Murray CJ, Lopez AD, editors. *The global burden of disease: a comprehensive assessment of mortality and disability from diseases, injuries and risk factors in 1990 and projected to 2020.* Boston: Harvard School of Public Health; 1996. p. 295–324.
108. Steenland K, Burnett C, Lalich N, Ward E, Hurrell J. Dying for work: The magnitude of us mortality from selected causes of death associated with occupation. *Am J Ind Med.* 2003;43(5):461–82.
109. Fritschi L, Driscoll T. Cancer due to occupation in Australia. *Aust N Z J Public Health.* 2006;30(3):213–9.
110. Slack R, Young C, Rushton L. Occupational cancer in Britain. Female cancers: breast, cervix and ovary. *Br J Cancer.* 2012;107:S27–32.
111. Bevan R, Young C, Holmes P, Fortunato L, Slack R, Rushton L. Occupational cancer in Britain. Gastrointestinal cancers: liver, oesophagus, pancreas and stomach. *Br J Cancer.* 2012;107:S33–40.

112. Brown T, Rushton L. Occupational cancer in Britain. Haematopoietic malignancies: leukaemia, multiple myeloma, non-Hodgkins lymphoma. *Br J Cancer*. 2012;107:S41–8.
113. Slack R, Young C, Rushton L. Occupational cancer in Britain. Nasopharynx and sinonasal cancers. *Br J Cancer*. 2012;107:S49–55.
114. Brown T, Darnton A, Fortunato L, Rushton L. Occupational cancer in Britain. Respiratory cancer sites: larynx, lung and mesothelioma. *Br J Cancer*. 2012;107:S56–70.
115. Young C, Rushton L. Occupational cancer in Britain. Skin cancer. *Br J Cancer*. 2012;107:S71–5.
116. Brown T, Slack R, Rushton L. Occupational cancer in Britain. Urinary tract cancers: bladder and kidney. *Br J Cancer*. 2012;107:S76–84.
117. Brown T, Young C, Rushton L. Occupational cancer in Britain. Remaining cancer sites: brain, bone, soft tissue sarcoma and thyroid. *Br J Cancer*. 2012;107:S85–91.
118. Kauppinen T, Toikkanen J, Savela A, Pedersen D, Young R, Ahrens W, et al. Occupational exposure to carcinogens in the European Union. *Occup Environ Med*. 2000;57(1):10–8.
119. Hutchings SJ, Rushton L. Occupational cancer in Britain. Statistical methodology. *Br J Cancer*. 2012;107:S8–17.
120. Rushton L, Hutchings SJ, Fortunato L, Young C, Evans GS, Brown T, et al. Occupational cancer burden in Great Britain. *Br J Cancer*. 2012;107:3–7.
121. Purdue MP, Hutchings SJ, Rushton L, Silverman DT. The proportion of cancer attributable to occupational exposures. *Ann Epidemiol*.

- 2015;25(3):188–92.
122. Nurminen M, Karjalainen A. Epidemiologic estimate of the proportion of fatalities related to occupational factors in Finland. *Scand J Work Environ Health*. 2001;27(3):161–213.
 123. Schulte PA, Pana-Cryan R, Schnorr T, Schill AL, Guerin R, Felknor S, et al. An approach to assess the burden of work-related injury, disease, and distress. *Am J Public Health*. 2017;107(7):1051–7.
 124. Nuwayhid IA. Occupational health research in developing countries: a partner for social justice. *Am J Public Health*. 2004;94(11):1916–21.
 125. Targoutzidis A. The economics of health and safety at work: a critical review. *IETI Trans Ergon Saf*. 2018;2(1):5–16.
 126. Instituto Nacional de Estadísticas de Chile. Encuesta Nacional de Empleo [Internet]. Disponible en: <https://www.ine.cl/estadisticas/laborales/ene>
 127. Stayner LT, Collins JJ, Guo YL, Heederik D, Kogevinas M, Steenland K, et al. Challenges and opportunities for occupational epidemiology in the Twenty-first Century. *Curr Environ Health Rep*. 2017;4(3):319–24.
 128. Dopart PJ, Friesen MC. New opportunities in exposure assessment of occupational epidemiology: Use of measurements to aid exposure reconstruction in population-based studies. *Curr Environ Health Rep*. 2017;4(3):355–63.
 129. Peters CE, Ge CB, Hall AL, Davies HW, Demers PA. CAREX Canada: an enhanced model for assessing occupational carcinogen exposure. *Occup Environ Med*. 2015;72(1):64–71.
 130. Carey RN, Hutchings SJ, Rushton L, Driscoll TR, Reid A, Glass DC, et al.

- The future excess fraction of occupational cancer among those exposed to carcinogens at work in Australia in 2012. *Cancer Epidemiol.* 2017;47:1–6.
131. De Matteis S, Consonni D, Bertazzi PA. Exposure to occupational carcinogens and lung cancer risk. Evolution of epidemiological estimates of attributable fraction. *Acta Biomed.* 2008;79 Suppl 1:34–42.
 132. Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD). OECD Labour Force Statistics 2017. OECD Publishing; 2018.
 133. Instituto Nacional de Estadísticas de Chile. Banco de datos de la Encuesta Nacional de Empleo [Internet]. Santiago: INE; 2018. Disponible en: <http://bancodatosene.ine.cl/>
 134. Kankaanpää E, van Tulder M, Aaltonen M, De Greef M. Economics for occupational safety and health. *SJWEH Suppl.* 2008;(5):9–13.
 135. Tompa E, van der Beek A, van Tulder M. Economic Perspectives on Return to Work Interventions. En: Schultz IZ, Gatchel RJ, editors. *Handbook of Return to Work From Research to Practice.* New York: Springer Science+Business Media; 2016. p. 381–99.
 136. IARC Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. A review of human carcinogens. Part C: Arsenic, metals, fibres, and dusts. Lyon, France: IARC; 2012.
 137. IARC Monographs Working Group. Benzene. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Volume 120 [Internet]. International Agency for Research on Cancer; 2018. Disponible en: <http://publications.iarc.fr/576>
 138. IARC Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans.

- Humans. A review of human carcinogens. Part D: Radiation [Internet]. Lyon, France; 2012. Disponible en: <https://monographs.iarc.fr/wp-content/uploads/2018/06/mono100D.pdf>
139. Steenland K, Zahm S, Blair A. Occupational cancer. En: Thun M, Linet M, Cerhan J, Haiman C, Schottenfeld D, editors. Schottenfeld and Fraumeni Cancer Epidemiology and Prevention. Fourth edition. Oxford University Press; 2017. p. 275–90.
140. Instituto Nacional de Estadísticas de Chile. [2017 Census Microdata] [Internet]. [cited 2019 May 5]. Disponible en: <http://www.censo2017.cl/microdatos/>
141. Malo JL, Ghezze H, D'Aquino C, L'Archevêque J, Cartier A, Chan-Yeung M. Natural history of occupational asthma: relevance of type of agent and other factors in the rate of development of symptoms in affected subjects. *J Allergy Clin Immunol*. 1992;90(6 Pt 1):937–44.
142. Statistics Canada. National Occupational Classification for Statistics (NOC-S) 2006 [Internet]. [cited 2019 Mar 15]. Disponible en: <http://www23.statcan.gc.ca/imdb/p3VD.pl?Function=getVD&TVD=135958>
143. Delgado O, Espinoza A, Edding O, Ponce L. Perfil de la exposición ocupacional a radiaciones ionizantes en Chile [Internet]. Santiago; 2014. Disponible en: http://www.ispch.cl/material_referencia_/radiaciones
144. Matheson MC, Benke G, Raven J, Sim MR, Kromhout H, Vermeulen R, et al. Biological dust exposure in the workplace is a risk factor for chronic obstructive pulmonary disease. *Thorax*. 2005;60(8):645–51.
145. Karjalainen A, Kurppa K, Martikainen R, Karjalainen J, Klaukka T.

- Exploration of asthma risk by occupation—extended analysis of an incidence study of the Finnish population. *Scand J Work Environ Health*. 2002;28(1):49–57.
146. Erola J. A classification key between TKK1980 occupational titles and ISCO88. 4th edition. Research project “Life-course, disadvantageous experiences and socioeconomic inheritance” [Internet]. Turku: University of Turku, Department of Social Research; 2011. Disponible en: <http://users.utu.fi/japeer/>
147. Instituto Nacional de Estadísticas de Chile. Tabla de vida por método de mortalidad óptima. Santiago; 2016.
148. Van Tongeren M, Jimenez AS, Hutchings SJ, MacCalman L, Rushton L, Cherrie JW. Occupational cancer in Britain. Exposure assessment methodology. *Br J Cancer*. 2012;107:S18–26.
149. Sadhra S, Kurmi OP, Sadhra SS, Lam KBH, Ayres JG. Occupational COPD and job exposure matrices: a systematic review and meta-analysis. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis*. 2017;12:725–34.
150. Rota M, Bosetti C, Boccia S, Boffetta P, La Vecchia C. Occupational exposures to polycyclic aromatic hydrocarbons and respiratory and urinary tract cancers: An updated systematic review and a meta-analysis to 2014. *Arch Toxicol*. 2014;88(8):1479–90.
151. Bosetti C, Boffetta P, La Vecchia C. Occupational exposures to polycyclic aromatic hydrocarbons, and respiratory and urinary tract cancers: a quantitative review to 2005. *Ann Oncol Off J Eur Soc Med Oncol*. 2007;18(3):431–46.

152. Lipsett M, Campleman S. Occupational exposure to diesel exhaust and lung cancer: a meta-analysis. *Am J Public Health*. 1999;89(7):1009–17.
153. Lubin JH, Pottern LM, Stone BJ, Fraumeni JF. Respiratory Cancer in a cohort of copper smelter workers: Results from more than 50 years of follow-up. *Am J Epidemiol*. 2000;151(6):554–65.
154. Ngamwong Y, Tangamornsuksan W, Lohitnavy O, Chaiyakunapruk N, Scholfield CN, Reisfeld B, et al. Additive synergism between asbestos and smoking in lung cancer risk: A systematic review and meta-analysis. *PLoS One*. 2015;10(8):e0135798.
155. Gibb HJ, Lees PSJ, Wang J, Grace O’Leary K. Extended followup of a cohort of chromium production workers. *Am J Ind Med*. 2015;58(8):905–13.
156. Grimsrud TK, Berge SR, Martinsen JI, Andersen A. Lung cancer incidence among Norwegian nickel-refinery workers 1953-2000. *J Environ Monit*. 2003;5(2):190–7.
157. Poinen-Rughooputh S, Rughooputh MS, Guo Y, Rong Y, Chen W. Occupational exposure to silica dust and risk of lung cancer: an updated meta-analysis of epidemiological studies. *BMC Public Health*. 2016;16(1):1137.
158. Muirhead CR, O’Hagan JA, Haylock RGE, Phillipson MA, Willcock T, Berridge GLC, et al. Mortality and cancer incidence following occupational radiation exposure: third analysis of the National Registry for Radiation Workers. *Br J Cancer*. 2009;100(1):206–12.
159. Brown SC, Alberts R, Schoenberg M. Cancer incidence and mortality among workers exposed to benzidine. *Am J Ind Med*. 2011;54(4):300–6.

160. Sorahan T. Bladder cancer risks in workers manufacturing chemicals for the rubber industry. *Occup Med (Lond)*. 2008;58(7):496–501.
161. Attfield MD, Schleiff PL, Lubin JH, Blair A, Stewart PA, Vermeulen R, et al. The diesel exhaust in miners study: a cohort mortality study with emphasis on lung cancer. *J Natl Cancer Inst*. 2012;104(11):869–83.
162. Olsson AC, Gustavsson P, Kromhout H, Peters S, Vermeulen R, Brüske I, et al. Exposure to diesel motor exhaust and lung cancer risk in a pooled analysis from case-control studies in Europe and Canada. *Am J Respir Crit Care Med*. 2011;183(7):941–8.
163. Tsoi CT, Tse LA. Professional drivers and lung cancer: a systematic review and meta-analysis. *Occup Environ Med*. 2012;69(11):831–6.
164. IARC Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Diesel and gasoline engine exhaust and some nitroarenes [Internet]. Lyon, France; 2012. Disponible en: <https://monographs.iarc.fr/wp-content/uploads/2018/06/mono105.pdf>
165. Daniels RD, Schubauer-Berigan MK. A meta-analysis of leukaemia risk from protracted exposure to low-dose gamma radiation. *Occup Environ Med*. 2011;68(6):457–64.
166. Murray CJL. Quantifying the burden of disease: the technical basis for disability-adjusted life years. *Bull World Health Organ*. 1994;72(3):429–45.
167. Ministerio de Salud. Departamento de Estadísticas de Información en Salud. Mortalidad [Internet]. 2018. Disponible en: <http://www.deis.cl/estadisticas-mortalidad/>
168. Instituto Nacional de Estadísticas de Chile. Anuario de Estadísticas Vitales,

- 2016 [Internet]. Santiago; 2018. Disponible en: <https://www.ine.cl/docs/default-source/demográficas-y-vitales/vitales/anuarios/2016/vitales-2016.pdf?sfvrsn=15>
169. Núñez M, Icaza M. Calidad de las estadísticas de mortalidad en Chile, 1997-2003. *Rev Med Chil.* 2006;134(9):1191–6.
170. Murray CJL, Ezzati M, Flaxman AD, Lim S, Lozano R, Michaud C, et al. GBD 2010: design, definitions, and metrics. *Lancet.* 2012;380(9859):2063–6.
171. Institute for Health Metrics and Evaluation. Global Burden of Disease Study 2015 (GBD 2015) Reference Life Table [Internet]. 2019 [cited 2019 Jun 4]. Disponible en: <http://ghdx.healthdata.org/record/ihme-data/gbd-2015-reference-life-table>
172. Ministerio de Salud de Chile. Encuesta Nacional de Salud 2016-2017 [Internet]. [cited 2019 Jan 6]. Disponible en: <http://epi.minsal.cl/encuesta-nacional-de-salud-2015-2016/>
173. Menezes AMB, Perez-Padilla R, Jardim JB, Muiño A, Lopez MV, Valdivia G, et al. Chronic obstructive pulmonary disease in five Latin American cities (the PLATINO study): a prevalence study. *Lancet.* 2005;366(9500):1875–81.
174. Ministerio de Salud de Chile. Registros Poblacionales de Cáncer [Internet]. [cited 2019 Jan 6]. Disponible en: <http://epi.minsal.cl/registros-poblacionales-cancer/>
175. Buchanan D, Miller BG, Soutar CA. Quantitative relations between exposure to respirable quartz and risk of silicosis. *Occup Environ Med.*

- 2003;60(3):159–64.
176. Marchetti N. Vigilancia epidemiológica de la Autoridad Sanitaria en el marco del Plan Nacional de Erradicación de la Silicosis. Santiago, Chile: II Congreso Internacional de Seguridad y Salud en el Trabajo; 2016.
 177. Lacourt A, Gramond C, Rolland P, Ducamp S, Audignon S, Astoul P, et al. Occupational and non-occupational attributable risk of asbestos exposure for malignant pleural mesothelioma. *Thorax*. 2014;69(6):532–9.
 178. Rake C, Gilham C, Hatch J, Darnton A, Hodgson J, Peto J. Occupational, domestic and environmental mesothelioma risks in the British population: a case-control study. *Br J Cancer*. 2009;100(7):1175–83.
 179. Superintendencia de Seguridad Social de Chile. Estadísticas de Seguridad Social. Informe anual 2016 [Internet]. Santiago: SUSESO; 2017. Disponible en: <http://www.suseso.cl/607/w3-propertyvalue-10361.html>
 180. Kieffer C. Incidence and detection of occupational cancers in nine European countries [Internet]. 2018. (EUROGIP Study Reports). Report No.: EUROGIP-141/E. Disponible en: http://www.europeanforum.org/documents/24/eurogip-141e-incidence-detection_occupational_cancers_europe.pdf
 181. Salinas M, Rojas S, Abarca G, Contreras G. Asma ocupacional en la Asociación Chilena de Seguridad, 1990 a 2006. *Cienc Trab*. 2007;9(23):18–22.
 182. Money A, Carder M, Noone P, Bourke J, Hayes J, Turner S, et al. Work-related ill-health: Republic of Ireland, Northern Ireland, Great Britain 2005–2012. *Occup Med (Lond)*. 2015;65(1):15–21.

183. Vandenasplas O, Lantin A-C, D'Alpaos V, Larbanois A, Hoet P, Vandeweerd M, et al. Time trends in occupational asthma in Belgium. *Respir Med.* 2011;105(9):1364–72.
184. Stocks SJ, McNamee R, van der Molen HF, Paris C, Urban P, Campo G, et al. Trends in incidence of occupational asthma, contact dermatitis, noise-induced hearing loss, carpal tunnel syndrome and upper limb musculoskeletal disorders in European countries from 2000 to 2012. *Occup Environ Med.* 2015;72(4):294–303.
185. Bernales B, Marchetti N, Jaramillo H. Plan Nacional para la erradicación de silicosis. Estrategia 2009-2019 [Internet]. 2008 [cited 2019 Jun 5]. Disponible en:
<https://www.minsal.cl/portal/url/item/7d35c3dc76610f33e04001011e015333.pdf>
186. Vergara A. The recognition of Silicosis: Labor unions and physicians in the Chilean copper industry, 1930s-1960s. *Bull Hist Med.* 2005;79(4):723–48.
187. Illanes MA. En el nombre del Pueblo, del Estado y de la Ciencia. Historia Social de la Salud Pública en Chile 1880-1973. Santiago: Ministerio de Salud de Chile; 2010.
188. Cree MW, Lalji M, Jiang B, Carriere KC. Under-reporting of compensable mesothelioma in Alberta. *Am J Ind Med.* 2009;52(7):526–33.
189. Kirkham TL, Koehoorn MW, McLeod CB, Demers PA. Surveillance of mesothelioma and workers' compensation in British Columbia, Canada. *Occup Environ Med.* 2011;68(1):30–5.
190. Goldberg M, Imbernon E, Rolland P, Gilg Soit Ilg A, Savès M, de Quillacq

- A, et al. The French National Mesothelioma Surveillance Program. *Occup Environ Med.* 2006;63(6):390–5.
191. Wolff H, Vehmas T, Oksa P, Rantanen J, Vainio H. Asbestos, asbestosis, and cancer, the Helsinki criteria for diagnosis and attribution 2014: recommendations. *Scand J Work Environ Health.* 2015;41(1):5–15.
192. Jane Henley S, Larson TC, Wu M, Antao VCS, Lewis M, Pinheiro GA, et al. Mesothelioma incidence in 50 states and the District of Columbia, United States, 2003- 2008. *Int J Occup Environ Health.* 2013;19(1):1–10.
193. Mazurek JM, Syamlal G, Wood JM, Hendricks SA, Weston A. Malignant mesothelioma mortality - United States, 1999-2015. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep.* 2017;66(8):214–8.
194. Helland Å, Solberg S, Brustugun OT. Incidence and survival of malignant pleural mesothelioma in Norway: A population-based study of 1686 cases. *J Thorac Oncol.* 2012;7(12):1858–61.
195. Abdel-Rahman O. Global trends in mortality from malignant mesothelioma: Analysis of WHO mortality database (1994-2013). *Clin Respir J.* 2018;12(6):2090–100.
196. Soeberg MJ, Leigh J, van Zandwijk N. Malignant mesothelioma in Australia 2015: Current incidence and asbestos exposure trends. *J Toxicol Environ Health B Crit Rev.* 2016;19(5–6):173–89.
197. Nishikawa K, Takahashi K, Karjalainen A, Wen C-P, Furuya S, Hoshuyama T, et al. Recent mortality from pleural mesothelioma, historical patterns of asbestos use, and adoption of bans: a global assessment. *Environ Health Perspect.* 2008;116(12):1675–80.

198. Trotta A, Santana VS, Alazraqui M. Mortalidad por mesotelioma en Argentina, 1980-2013. *Salud Colect.* 2017;13(1):35–44.
199. Algranti E, Saito CA, Carneiro APS, Moreira B, Mendonça EMC, Bussacos MA. The next mesothelioma wave: Mortality trends and forecast to 2030 in Brazil. *Cancer Epidemiol.* 2015;39(5):687–92.
200. Falaschi F, Romei C, Fiorini S, Lucchi M. Imaging of malignant pleural mesothelioma: It is possible a screening or early diagnosis program? - A systematic review about the use of screening programs in a population of asbestos exposed workers. *J Thorac Dis.* 2018;10:S262–8.
201. Ministerio del Trabajo y Previsión Social de Chile. Protección ante accidentes y enfermedades profesionales: antecedentes, enfoques y regímenes de seguros en la OCDE [Internet]. Santiago; 2015. Disponible en:

<https://www.previsionsocial.gob.cl/sps/download/estudios-previsionales/publicaciones/notas-tecnicas/4-proteccion-ante-accidentes-y-enfermedades-profesionales-antecedentes-enfoques-y-regimenes-de-seguros-en-la-ocde.pdf>
202. International Labour Office. *World Employment and Social Outlook: Trends 2019.* Geneva; 2019.
203. Parhar A, Lemiere C, Beach JR. Barriers to the recognition and reporting of occupational asthma by Canadian pulmonologists. *Can Respir J.* 2011;18(2):90–6.
204. Rappin CL, Wuellner SE, Bonauto DK. Employer reasons for failing to report eligible workers' compensation claims in the BLS survey of occupational

- injuries and illnesses. *Am J Ind Med.* 2016;59(5):343–56.
205. Becerril-Montekio V, Reyes J de D, Manuel A. El sistema de salud de Chile. *Salud Publica Mex.* 2011;53 Suppl 2:s132-43.
206. Luengo C, Paravic T, Valenzuela S. Causas de subnotificación de accidentes de trabajo y efectos adversos en Chile. *Rev Panam Salud Publica.* 2016;39(2):86–92.
207. Balmes J, Becklake M, Blanc P, Henneberger P, Kreiss K, Mapp C, et al. American Thoracic Society Statement. *Am J Respir Crit Care Med.* 2003;167(5):787–97.
208. Blanc PD, Torén K. Occupation in chronic obstructive pulmonary disease and chronic bronchitis: an update. *Int J Tuberc Lung Dis.* 2007;11(3):251–7.
209. Mak GK, Gould MK, Kuschner WG. Occupational inhalant exposure and respiratory disorders among never-smokers referred to a hospital pulmonary function laboratory. *Am J Med Sci.* 2001;322(3):121–6.
210. Hnizdo E, Sullivan PA, Bang KM, Wagner G. Association between chronic obstructive pulmonary disease and employment by industry and occupation in the US population: a study of data from the Third National Health and Nutrition Examination Survey. *Am J Epidemiol.* 2002;156(8):738–46.
211. Salvi SS, Barnes PJ. Chronic obstructive pulmonary disease in non-smokers. *Lancet.* 2009;374(9691):733–43.
212. Ministerio de Salud de Chile. Encuesta Nacional de Salud 2016-2017. Primeros resultados [Internet]. Santiago: MINSAL; 2017 [cited 2018 Jul 18]. Disponible en: [261](http://www.minsal.cl/wp-content/uploads/2017/11/ENS-</p></div><div data-bbox=)

213. Torén K, Blanc PD. Asthma caused by occupational exposures is common – A systematic analysis of estimates of the population-attributable fraction. *BMC Pulm Med.* 2009;9(1):7.
214. Blanc PD, Toren K. How much adult asthma can be attributed to occupational factors? *Am J Med.* 1999;107(6):580–7.
215. Barendregt JJ, van Oortmarssen GJ, Vos T, Murray CJ. A generic model for the assessment of disease epidemiology: the computational basis of DisMod II. *Popul Health Metr.* 2003;1(1):4.
216. Barendregt JJ, Ott A. Consistency of epidemiologic estimates. *Eur J Epidemiol.* 2005;20(10):827–32.
217. Mathers C, Vos T, Lopez A, Salomon J, Ezzati M. National burden of disease studies: a practical guide. Edition 2.0. Geneva: World Health Organization; 2001.
218. Mannetje A 't, Kromhout H. The use of occupation and industry classifications in general population studies. *Int J Epidemiol.* 2003;32(3):419–28.
219. Alif SM, Dharmage SC, Bowatte G, Karahalios A, Benke G, Dennekamp M, et al. Occupational exposure and risk of chronic obstructive pulmonary disease: a systematic review and meta-analysis. *Expert Rev Respir Med.* 2016;10(8):861–72.
220. Yassi A, Gilbert M, Cvitkovich Y. Trends in injuries, illnesses, and policies in Canadian healthcare workplaces. *Can J Public Health.* 96(5):333–9.
221. Hutchings S, Rushton L. Estimating the burden of occupational cancer:

- assessing bias and uncertainty. *Occup Environ Med.* 2017;74(8):614–611.
222. Torén K, Ekerljung L, Kim J-L, Hillström J, Wennergren G, Rönmark E, et al. Adult-onset asthma in west Sweden – Incidence, sex differences and impact of occupational exposures. *Respir Med.* 2011;105(11):1622–8.
223. Ministerio de Salud de Chile. Encuesta Nacional de Salud. Chile 2009-2010 [Internet]. 2010 [cited 2018 Jul 15]. Disponible en: http://www.minsal.cl/estudios_encuestas_salud/
224. de Vasconcellos LCF, Gomez CM, Machado JMH. The gap between what has been defined and what is still pending in occupational health surveillance. *Cienc e Saude Coletiva.* 2014;19(12):4617–26.
225. Carder M, Hussey L, Money A, Gittins M, McNamee R, Stocks SJ, et al. The Health and Occupation Research Network: An evolving surveillance system. *Saf Health Work.* 2017;8(3):231–6.
226. Cadem. Estudio calidad de servicio. Satisfacción mutualidades segmento trabajadores. Medición 2017 [Internet]. Santiago, Chile; 2018. Disponible en: <https://www.suseso.cl/607/w3-article-496724.html>
227. Superintendencia de Salud. Estudio de opinión a usuarios del sistema de Salud y posicionamiento de la Superintendencia de Salud. Santiago, Chile; 2016.
228. Jimenez de la Jara J, Bastias G, Ferreccio C, Moscoso C, Sagues S, Cid C, et al. A snapshot of cancer in Chile: analytical frameworks for developing a cancer policy. *Biol Res.* 2015;48(1):10.

X. ANEXOS

X.1. Anexo 1. Lista de enfermedades profesionales (revisada en 2010).

Oficina Internacional del Trabajo

1. Enfermedades profesionales causadas por la exposición a agentes que resulte de las actividades laborales

1.1. Enfermedades causadas por agentes químicos

1.1.1. Enfermedades causadas por berilio o sus compuestos

1.1.2. Enfermedades causadas por cadmio o sus compuestos

1.1.3. Enfermedades causadas por fósforo o sus compuestos

1.1.4. Enfermedades causadas por cromo o sus compuestos

1.1.5. Enfermedades causadas por manganeso o sus compuestos

1.1.6. Enfermedades causadas por arsénico o sus compuestos

1.1.7. Enfermedades causadas por mercurio o sus compuestos

1.1.8. Enfermedades causadas por plomo o sus compuestos

1.1.9. Enfermedades causadas por flúor o sus compuestos

1.1.10. Enfermedades causadas por disulfuro de carbono

1.1.11. Enfermedades causadas por los derivados halogenados de los hidrocarburos alifáticos o aromáticos

1.1.12. Enfermedades causadas por benceno o sus homólogos

1.1.13. Enfermedades causadas por los derivados nitrados y amínicos del benceno o de sus homólogos

- 1.1.14. Enfermedades causadas por nitroglicerina u otros ésteres del ácido nítrico
- 1.1.15. Enfermedades causadas por alcoholes, glicoles o cetonas
- 1.1.16. Enfermedades causadas por sustancias asfixiantes como monóxido de carbono, sulfuro de hidrógeno, cianuro de hidrógeno o sus derivados
- 1.1.17. Enfermedades causadas por acrilonitrilo
- 1.1.18. Enfermedades causadas por óxidos de nitrógeno
- 1.1.19. Enfermedades causadas por vanadio o sus compuestos
- 1.1.20. Enfermedades causadas por antimonio o sus compuestos
- 1.1.21. Enfermedades causadas por hexano
- 1.1.22. Enfermedades causadas por ácidos minerales
- 1.1.23. Enfermedades causadas por agentes farmacéuticos
- 1.1.24. Enfermedades causadas por níquel o sus compuestos
- 1.1.25. Enfermedades causadas por talio o sus compuestos
- 1.1.26. Enfermedades causadas por osmio o sus compuestos
- 1.1.27. Enfermedades causadas por selenio o sus compuestos
- 1.1.28. Enfermedades causadas por cobre o sus compuestos
- 1.1.29. Enfermedades causadas por platino o sus compuestos
- 1.1.30. Enfermedades causadas por estaño o sus compuestos
- 1.1.31. Enfermedades causadas por zinc o sus compuestos
- 1.1.32. Enfermedades causadas por fosgeno
- 1.1.33. Enfermedades causadas por sustancias irritantes de la córnea como benzoquinona

- 1.1.34. Enfermedades causadas por amoníaco
- 1.1.35. Enfermedades causadas por isocianatos
- 1.1.36. Enfermedades causadas por plaguicidas
- 1.1.37. Enfermedades causadas por óxidos de azufre
- 1.1.38. Enfermedades causadas por disolventes orgánicos
- 1.1.39. Enfermedades causadas por látex o productos que contienen látex
- 1.1.40. Enfermedades causadas por cloro
- 1.1.41. Enfermedades causadas por otros agentes químicos en el trabajo no mencionados en los puntos anteriores cuando se haya establecido, científicamente o por métodos adecuados a las condiciones y la práctica nacionales, un vínculo directo entre la exposición a dichos agentes químicos que resulte de las actividades laborales y la(s) enfermedad(es) contraída(s) por el trabajador

1.2. Enfermedades causadas por agentes físicos

- 1.2.1. Deterioro de la audición causada por ruido
- 1.2.2. Enfermedades causadas por vibraciones (trastornos de músculos, tendones, huesos, articulaciones, vasos sanguíneos periféricos o nervios periféricos)
- 1.2.3. Enfermedades causadas por aire comprimido o descomprimido
- 1.2.4. Enfermedades causadas por radiaciones ionizantes
- 1.2.5. Enfermedades causadas por radiaciones ópticas (ultravioleta, de luz visible, infrarroja), incluido el láser
- 1.2.6. Enfermedades causadas por exposición a temperaturas extremas

1.2.7. Enfermedades causadas por otros agentes físicos en el trabajo no mencionados en los puntos anteriores cuando se haya establecido, científicamente o por métodos adecuados a las condiciones y la práctica nacionales, un vínculo directo entre la exposición a dichos agentes físicos que resulte de las actividades laborales y la(s) enfermedad(es) contraída(s) por el trabajador

1.3. Agentes biológicos y enfermedades infecciosas o parasitarias

1.3.1. Brucelosis

1.3.2. Virus de la hepatitis

1.3.3. Virus de la inmunodeficiencia humana (VIH)

1.3.4. Tétanos

1.3.5. Tuberculosis

1.3.6. Síndromes tóxicos o inflamatorios asociados con contaminantes bacterianos o fúngicos

1.3.7. Ántrax

1.3.8. Leptospirosis

1.3.9. Enfermedades causadas por otros agentes biológicos en el trabajo no mencionados en los puntos anteriores cuando se haya establecido, científicamente o por métodos adecuados a las condiciones y la práctica nacionales, un vínculo directo entre la exposición a dichos agentes biológicos que resulte de las actividades laborales y la(s) enfermedad(es) contraída(s) por el trabajador

2. Enfermedades profesionales según el órgano o sistema afectado

2.1. Enfermedades del sistema respiratorio

2.1.1. Neumoconiosis causadas por polvo mineral fibrogénico (silicosis, antracosilicosis, asbestosis)

2.1.2. Silicotuberculosis

2.1.3. Neumoconiosis causadas por polvo mineral no fibrogénico

2.1.4. Siderosis

2.1.5. Enfermedades broncopulmonares causadas por polvo de metales duros

2.1.6. Enfermedades broncopulmonares causadas por polvo de algodón (bisinosis), de lino, de cáñamo, de sisal o de caña de azúcar (bagazosis)

2.1.7. Asma causada por agentes sensibilizantes o irritantes reconocidos e inherentes al proceso de trabajo

2.1.8. Alveolitis alérgica extrínseca causada por inhalación de polvos orgánicos o de aerosoles contaminados por microbios que resulte de las actividades laborales

2.1.9. Enfermedades pulmonares obstructivas crónicas causadas por inhalación de polvo de carbón, polvo de canteras de piedra, polvo de madera, polvo de cereales y del trabajo agrícola, polvo de locales para animales, polvo de textiles, y polvo de papel que resulte de las actividades laborales

2.1.10. Enfermedades pulmonares causadas por aluminio

2.1.11. Trastornos de las vías respiratorias superiores causados por agentes sensibilizantes o irritantes reconocidos e inherentes al proceso de trabajo

2.1.12. Otras enfermedades del sistema respiratorio no mencionadas en los puntos anteriores cuando se haya establecido, científicamente o por métodos adecuados a las condiciones y la práctica nacionales, un vínculo directo entre la exposición a factores de riesgo que resulte de las actividades laborales y la(s) enfermedad(es) contraída(s) por el trabajador

2.2. Enfermedades de la piel

2.2.1. Dermatitis alérgica de contacto y urticaria de contacto causadas por otros alérgenos reconocidos, no mencionados en los puntos anteriores, que resulten de las actividades laborales

2.2.2. Dermatitis irritante de contacto causada por otros agentes irritantes reconocidos, no mencionados en los puntos anteriores, que resulten de las actividades laborales

2.2.3. Vitiligo causado por otros agentes reconocidos, no mencionados en los puntos anteriores, que resulten de las actividades laborales

2.2.4. Otras enfermedades de la piel causadas por agentes físicos, químicos o biológicos en el trabajo no incluidos en otros puntos cuando se haya establecido, científicamente o por métodos adecuados a las condiciones y la práctica nacionales, un vínculo directo entre la exposición a factores de riesgo que resulte de las actividades laborales y la(s) enfermedad(es) de la piel contraída(s) por el trabajador

2.3. Enfermedades del sistema osteomuscular

2.3.1. Tenosinovitis de la estiloides radial debida a movimientos repetitivos, esfuerzos intensos y posturas extremas de la muñeca

2.3.2. Tenosinovitis crónica de la mano y la muñeca debida a movimientos repetitivos, esfuerzos intensos y posturas extremas de la muñeca

2.3.3. Bursitis del olécranon debida a presión prolongada en la región del codo

2.3.4. Bursitis prerrotuliana debida a estancia prolongada en posición de rodillas

2.3.5. Epicondilitis debida a trabajo intenso y repetitivo

2.3.6. Lesiones de menisco consecutivas a períodos prolongados de trabajo en posición de rodillas o en cuclillas

2.3.7. Síndrome del túnel carpiano debido a períodos prolongados de trabajo intenso y repetitivo, trabajo que entrañe vibraciones, posturas extremas de la muñeca, o una combinación de estos tres factores

2.3.8. Otros trastornos del sistema osteomuscular no mencionados en los puntos anteriores cuando se haya establecido, científicamente o por métodos adecuados a las condiciones y la práctica nacionales, un vínculo directo entre la exposición a factores de riesgo que resulte de las actividades laborales y el(los) trastorno(s) del sistema osteomuscular contraído(s) por el trabajador

2.4. Trastornos mentales y del comportamiento

2.4.1. Trastorno de estrés postraumático

2.4.2. Otros trastornos mentales o del comportamiento no mencionados en el punto anterior cuando se haya establecido, científicamente o por métodos adecuados a las condiciones y la práctica nacionales, un vínculo directo entre la exposición a factores de riesgo que resulte de las actividades laborales y el(los) trastorno(s) mentales o del comportamiento contraído(s) por el trabajador

3. Cáncer profesional

3.1. Cáncer causado por los agentes siguientes:

3.1.1. Amianto o asbesto

3.1.2. Bencidina y sus sales

3.1.3. Éter bis-clorometílico

3.1.4. Compuestos de cromo VI

3.1.5. Alquitranes de hulla, brea de carbón u hollín

3.1.6. Beta-naftilamina

3.1.7. Cloruro de vinilo

3.1.8. Benceno

3.1.9. Derivados nitrados y amínicos tóxicos del benceno o de sus homólogos

3.1.10. Radiaciones ionizantes

3.1.11. Alquitrán, brea, betún, aceite mineral, antraceno, o los compuestos, productos o residuos de estas sustancias

- 3.1.12. Emisiones de hornos de coque
- 3.1.13. Compuestos de níquel
- 3.1.14. Polvo de madera
- 3.1.15. Arsénico y sus compuestos
- 3.1.16. Berilio y sus compuestos
- 3.1.17. Cadmio y sus compuestos
- 3.1.18. Erionita
- 3.1.19. Óxido de etileno
- 3.1.20. Virus de la hepatitis B (VHB) y virus de la hepatitis C (VHC)
- 3.1.21. Cáncer causado por otros agentes en el trabajo no mencionados en los puntos anteriores cuando se haya establecido, científicamente o por métodos adecuados a las condiciones y la práctica nacionales, un vínculo directo entre la exposición a dichos agentes que resulte de las actividades laborales y el cáncer contraído por el trabajador

4. Otras enfermedades

- 4.1. Nistagmo de los mineros
- 4.2. Otras enfermedades específicas causadas por ocupaciones o procesos no mencionados en esta lista cuando se haya establecido, científicamente o por métodos adecuados a las condiciones y la práctica nacionales, un vínculo directo entre la exposición que resulte de las actividades laborales y la(s) enfermedad(es) contraída(s) por el trabajador

X.2. Anexo 2. Aspectos metodológicos controversiales en la estimación de los AVISA

Los AVISA, dada su calidad de indicador de carga de enfermedad, presentan diversas decisiones metodológicas que implican una postura respecto a cuatro aspectos claves: la duración de la vida, el valor de la discapacidad, el valor de los años de vida a medida que pasa el tiempo y el valor de los años de vida según la edad de los individuos. Esto conlleva a una posición referente a ciertos valores o preferencias sociales, teniendo repercusión en la población en la medida que los AVISA sean utilizados en la toma de decisiones sobre las prioridades de los servicios y de la investigación en salud o bien como medida de evaluación de resultados de intervenciones o programas del área. Dadas estas funciones, los AVISA tienen injerencia en la distribución de recursos y, por tanto, una dimensión ética que debe ser considerada (1).

Antes de entrar en el detalle de estos aspectos, debe aclararse que Murray (1) establece que existen cuatro consensos conceptuales iniciales sobre los cuales se desarrollaron los AVISA:

“(1) En la medida de lo posible, todo outcome de salud que represente una pérdida de bienestar debiera ser incluido en un indicador del estado de salud [...]

(2) Las características de un individuo afectado por un outcome de salud que deben ser consideradas en el cálculo de la carga de enfermedad asociada debiera estar restringido a edad y sexo [...]

*(3) Outcomes de salud iguales deben ser tratados como iguales [...]
Características específicas de la comunidad como niveles locales de mortalidad no deberían cambiar los supuestos incorporados en el diseño del indicador. El valor del estado de salud de una persona es propio y no depende de sus vecinos [...]*

(4) Tiempo es la unidad de medida para la carga de enfermedad”.

Considerando esta base conceptual, a continuación, se analizan los aspectos metodológicos claves que han sido debatidos en la literatura.

1. Duración de los AVPM

El cálculo de los AVPM puede ser llevado a cabo por medio de diferentes métodos, cada uno de los cuales presenta ciertos supuestos. Estos pueden agruparse en métodos de edad límite de vida (años de vida perdidos potenciales) o métodos de esperanza de vida (años de vida perdidos esperados en el periodo, años de vida perdidos esperados en la cohorte de vida y años de vida perdidos esperados estándar) (1).

Los años de vida perdidos potenciales corresponden a un método de límite en el que se escoge arbitrariamente un límite superior de vida, siendo considerada prematura una muerte que ocurre a una edad bajo este valor. Los

años de vida perdidos están representados entonces por la diferencia entre la edad límite de vida y la edad de muerte, estimable solo para muertes que ocurren bajo este límite.

Por otra parte, los métodos de esperanza de vida estiman los años de vida perdidos según la diferencia entre la edad de muerte y la esperanza de vida estimada para esa edad, por lo que tienen la ventaja que pueden obtener años de vida perdidos para toda muerte prematura. La diferencia entre cada método se encuentra dada por la forma en que se estima la esperanza de vida en la población. De esta manera, los años de vida perdidos esperados en el periodo son estimados en base a las esperanzas de vida locales de cada comunidad, construidas según las tasas de mortalidad actuales, por lo que asume que estas se mantienen en el tiempo. Por el contrario, los años de vida perdidos esperados en la cohorte, que también construyen la esperanza de vida en base a las tasas de mortalidad locales, incorporan los cambios futuros de estas para cada cohorte de vida según su año de nacimiento, basándose en las estimaciones de los patrones de cambio en el pasado. Finalmente, los años de vida perdidos esperados estándar se estiman en base a tablas de vida construidas según una esperanza de vida ideal o de referencia, las cuales, además de incluir el efecto de cohorte, permiten que los años de vida perdidos para una misma edad de muerte tengan la misma duración independiente de la comunidad de estudio (1). En la tabla 1 se describe la fórmula de estimación de cada método, así como sus ventajas y desventajas según el cumplimiento de ciertos criterios generales de los indicadores de carga de enfermedad (1).

Tabla 26. Fórmulas de estimación, ventajas y desventajas de métodos para estimar la duración de los años de vida perdidos por muerte prematura

Método	Límite de vida	Esperanza de vida		
	AVP potenciales	AVP esperados en el periodo	AVP esperados en cohorte de vida	AVP esperados estándar
Fórmula	$\sum_{x=0}^{x=L} d_x (L - x)$	$\sum_{x=0}^{x=l} d_x e_x$	$\sum_{x=0}^{x=l} d_x e_x^c$	$\sum_{x=0}^{x=l} d_x e_x^*$
¿Cumple criterio de incluir todo outcome de salud que implique pérdida de bienestar?	No. Las muertes a una edad sobre el límite no contribuyen a la carga de enfermedad.	Sí. Todas las muertes prematuras contribuyen a la carga de enfermedad.	Sí. Todas las muertes prematuras contribuyen a la carga de enfermedad.	Sí. Todas las muertes prematuras contribuyen a la carga de enfermedad.
¿Cumple criterio de tratar de igual forma outcomes de salud iguales?	Sí. Todas las muertes contribuyen con una importancia similar.	No. Muertes a la misma edad y sexo pueden contribuir de manera diferente según comunidad de origen.	No. Muertes a la misma edad y sexo pueden contribuir de manera diferente según comunidad de origen.	Sí. Esperanza de vida de referencia evita diferencias por comunidad de origen.

AVP: Años de vida perdidos. Fórmulas: d_x = muertes a la edad x , L = límite de vida potencial, l = último grupo de edad, e_x = esperanza de vida para edad x , e_x^c = esperanza de vida esperada de cohorte para edad x , e_x^* = esperanza de vida esperada estándar para edad x .

Fuente: Elaboración propia en base a Murray C. (1).

2. Peso de discapacidad

El peso de discapacidad corresponde a un factor que ajusta la estimación de los AVD según en grado de severidad de la discapacidad producida por la enfermedad, tomando valores que van entre 0 (perfecto estado de salud) y 1 (muerte). La construcción de estos factores ha presentado variaciones conceptuales y metodológicas a lo largo del tiempo, en parte como respuesta a controversias entre expertos sobre sus métodos y aplicabilidad. Los pesos de discapacidad con mayor evidencia en su construcción y aplicación son los utilizados por el GBD, basados desde la actualización de 2013 en dos estudios multinacionales: el Estudio de Medición de los Pesos de Discapacidad para el

GBD 2010 (EPD-GBD2010) y el Estudio Europeo de Medición de Pesos de Discapacidad (EPPD) (2–4).

El EPD-GBD2010 (2) basa su conceptualización de discapacidad en términos de pérdida de salud y no en pérdida de bienestar como concepto amplio, fundamentándose en el hecho que la salud corresponde a un elemento de particular interés dentro del bienestar en políticas públicas y en derecho internacional. En lo metodológico, el estudio se efectuó mediante encuestas en hogares que fueron realizadas de diversa manera: cara a cara en cuatro países (Bangladesh, Indonesia, Perú y Tanzania), basados en un muestreo aleatorio complejo con representatividad de un área geográfica específica; vía telefónica en Estados Unidos, también mediante muestreo aleatorio complejo, esta vez con representatividad nacional; y vía web en 167 países, pero mediante una selección no aleatoria. La construcción de los pesos de discapacidad se fundamentó en la comparación entre descripciones, en vocabulario no profesional, de diferentes alteraciones funcionales y síntomas que determinan un estado de salud específico. En un primer tipo de pregunta, llamadas preguntas de comparación pareada, los encuestados tuvieron que comparar la descripción de dos personas, cada una con un estado de salud específico, y escoger cuál de los dos casos es considerado más “sano”. Estas preguntas permiten determinar una distribución de los estados de salud en relación con la limitación funcional que producen. Adicionalmente, en un segundo tipo de preguntas denominadas de equivalencia de salud poblacional y realizadas solo en las encuestas en versión web, los encuestados tuvieron que comparar dos tipos de programas debiendo escoger cuál es más “beneficioso”: un programa que permite prevenir que 1.000

individuos adquieran una enfermedad que causa una muerte rápida versus otro que permite prevenir que una cantidad específica de personas (1.500, 2.000, 3.000, 5.000 o 10.000) adquiera una enfermedad no fatal pero que causa de por vida las limitaciones de un determinado estado de salud. El análisis de estas preguntas permite, además de realizar la compensación o equivalencia entre outcomes fatales y no fatales, poder expresar el grado de discapacidad de cada estado de salud en pesos de discapacidad con escala de 0 a 1.

Los resultados del EPD-GBD2010 mostraron que los pesos de discapacidad se encuentran en su mayoría hacia el extremo de menor valor, variando entre 0,004 para leve deterioro de la visión a distancia y 0,756 para estado agudo de esquizofrenia. Entre las ventajas del estudio, se encuentran la alta consistencia de los resultados entre los diferentes lugares donde se aplicaron las encuestas, el uso de descripciones estandarizadas para los diferentes estados de salud y la valorización de la discapacidad en base a población general y no limitada a juicio experto. Esto apoya la hipótesis que la discapacidad tiende a valorizarse de manera similar independientemente de las características sociodemográficas de la población, avalando el uso de los pesos de discapacidad en diferentes contextos.

El EEPD (3), realizado en 2013, aplicó una metodología similar al estudio recién descrito, pero con foco en determinar pesos de discapacidad para población de Europa, considerando que los encuestados europeos en el EPD-GBD2010 no fueron seleccionados aleatoriamente y, por lo tanto, no son representativos de la población. Bajo el mismo protocolo del EPD-GB2010, se aplicaron encuestas vía web en cuatro países (Holanda, Hungría, Italia y Suecia), realizando la selección

de participantes a partir de paneles de población digitales ya existentes. Así, considerando edad, sexo y nivel educacional, se logró una muestra representativa de la población entre 18 y 65 años de cada país. Las encuestas aplicadas fueron construidas en base a los mismos dos tipos de pregunta del EPD-GBD2010, con un análisis estadístico similar para cada uno. Las preguntas de comparación pareada tuvieron su base en las descripciones de 255 estados de salud (172 idénticos a EDP-GBD2010, 33 usados en EDP-GBD2010, pero con algunas modificaciones, 43 nuevos no existentes en EPD-GBD2010 y 7 incluidos solo para fines experimentales). Su análisis arrojó un error de medición pequeño y alta consistencia interna de las probabilidades de respuesta, una aceptable confiabilidad test-retest y una alta correlación de los países entre sí y con el resultado de todos los datos agrupados. Por otra parte, las preguntas de equivalencia de salud poblacional consideraron 28 de los 30 estados de salud evaluados en este tipo de preguntas en EPD-GBD2010. En su análisis se observó que el rango de las probabilidades de selección de respuestas fue menor a lo esperado y menor que en EPD-GBD2010, probablemente debido a una dilución de las diferencias entre los diferentes outcomes a causa del gran número de encuestados respondiendo de manera aleatoria. Esto tuvo como consecuencia un nivel alto de error de medición en este análisis, lo que no permite realizar una adecuada equivalencia entre outcomes fatales y no fatales, llevando a los autores a sugerir que no se aplique este tipo de análisis para encuestas vía web en población general. La conversión de los resultados a escala de 0 a 1 de pesos de discapacidad fue entonces realizada mediante un análisis estadístico no

paramétrico que no incluye nueva información sobre la valoración entre outcomes fatales y no fatales.

Los valores de los pesos de discapacidad obtenidos en el EEPD se encuentran en un rango entre 0,004 tanto para deterioro leve de la visión a distancia como para anemia leve y 0,677 para esclerosis múltiple severa. Un 82% de los pesos de discapacidad obtenidos en este estudio tuvieron una estimación puntual que se encuentra dentro del intervalo de incertidumbre obtenido para el mismo estado de salud en EPD-GBD2010, con una magnitud de diferencias entre los pesos de discapacidad de ambos estudios que varía entre -0,165 y 0,185 de manera absoluta y entre 0 y 61% en términos relativos.

Para determinar los pesos de discapacidad a utilizar en el GBD 2013, Salomon y cols. (4) realizaron análisis agregados de los resultados de preguntas de comparación pareada tanto del EPD-GBD2010 como del EEPD, estimando nuevos pesos de discapacidad para 235 estados de salud (215 usados previamente en el GBD 2010 y 20 nuevos). El método usado para el análisis fue el mismo que para el EPD-GBD2010, incluyendo en el análisis las preguntas comparativas pareadas de ambos estudios para los estados de salud seleccionados y las preguntas de equivalencia solo del EPD-GBD2010, en base a la recomendación de no usar las preguntas de equivalencia del EEPD por los motivos antes descritos. Los pesos de discapacidad obtenidos variaron en un rango de 0,003 para deterioro leve de la visión a distancia y 0,778 para estado agudo de esquizofrenia, con tendencia a encontrarse la mayoría hacia valores bajos. Se obtuvieron mínimas variaciones en la gran mayoría de los pesos de discapacidad en comparación a los usados en GBD 2010, pero con una muestra

que duplica los estudios anteriores y que presenta una mayor representación de países europeos, lo que vuelve a apoyar el uso de los pesos obtenidos mediante esta metodología en diferentes contextos a nivel global. Los pesos de discapacidad para los estados de salud que fueron utilizados en ambos GBD presentaron un alto nivel de correlación (0,992), con una diferencia absoluta menor a 0,01 en más de la mitad de ellos. Los estados de salud en los que se modificó la descripción entre un estudio y otro presentaron diversos grados de variación en sus pesos de discapacidad, algunos con un cambio de magnitud relevante. Es el caso de la pérdida de audición completa, en cuya descripción se agregó la dificultad en la comunicación y relación con otras personas, presentando un cambio en el peso de discapacidad desde un valor de 0,033 en el GBD2010 a 0,215 en el GBD 2013. Esto implica que, en determinados casos, los pesos de discapacidad son altamente sensibles a cambios en las descripciones de los estados de salud, lo que debe ser considerado en su uso. Este estudio mostró, además, que los resultados de los pesos de discapacidad son independientes de la presentación de las descripciones en un contexto temporal crónico o transitorio.

3. Tasa de descuento

La tasa de descuento es un elemento ocupado habitualmente en economía, sobre la base que los individuos prefieren los beneficios económicos en el presente, entregando una mayor valoración a una cantidad de dinero en el momento actual que en un tiempo futuro. Bajo esta premisa, los indicadores de carga de enfermedad incluyen un descuento del valor de los años de vida

perdidos en relación con el tiempo, lo que conlleva a valorar los beneficios de salud en mayor medida en el presente. Si bien este supuesto ha sido ampliamente controversial en la literatura (5), el GBD ha mantenido sistemáticamente una tasa de descuento de un 3% para la estimación de los AVISA (1,6–10), según las siguientes funciones (11):

$$f(t) = e^{-rt} \quad (9)$$

$$f(t) = \frac{1}{(1+r)^t} \quad (10)$$

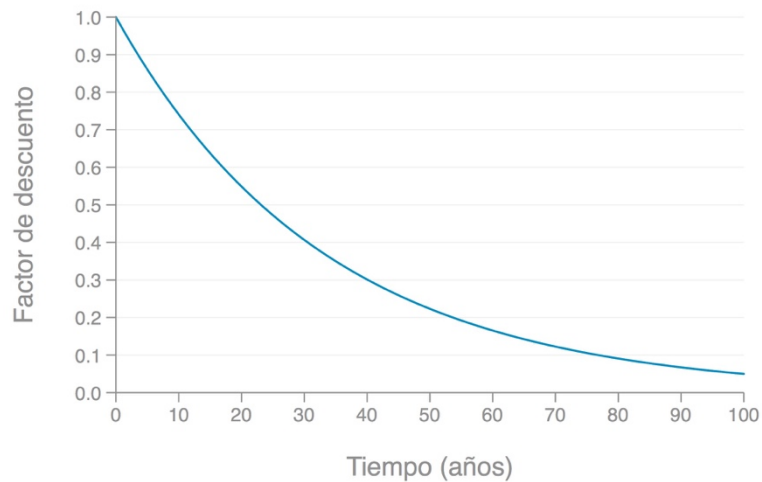
donde:

r : tasa de descuento

t : tiempo

La función de descuento, expresada de forma continua en la fórmula 1 y de manera discreta en la fórmula 2, es incluida como factor en la fórmula general de obtención de los AVISA. Esto implica que los AVISA tendrán un menor valor relativo a medida que los años de vida perdidos sin ajustar tienen una magnitud mayor, pues una mayor cantidad de tiempo involucra un mayor descuento. En efecto, con una tasa de descuento de 3%, luego de 10 años los AVISA se reducen en un 26%, luego de 30 años en un 60% y después de 76 años en un 90% de su valor sin aplicar descuento (figura 6).

Figura 3. Función de factor de descuento según tiempo para una tasa de descuento de 3%



Fuente: Elaboración propia en base a Murray y cols. (11).

4. Peso por edad

Basados en que los roles sociales y el nivel de dependencia de los individuos varían según la edad, Murray et al. incorporaron un ajuste de los AVISA según esta variable, considerando como no uniforme el valor de los años vividos a una determinada edad. Esta valoración desigual no estaría dada por el individuo en sí mismo, sino por el valor social de su edad, justificando los autores que no corresponde a una discriminación injusta pues todos los individuos potencialmente recorrerán las diferentes edades durante su ciclo vital (1).

El método para incluir un peso por edad fue realizado mediante método Delphi con expertos en salud pública, determinando que las edades medias deben tener un peso mayor que las edades de los extremos, decidiendo expresar la contribución de cada edad mediante la siguiente función (1):

$$f(x) = Cxe^{-\beta x} \quad (11)$$

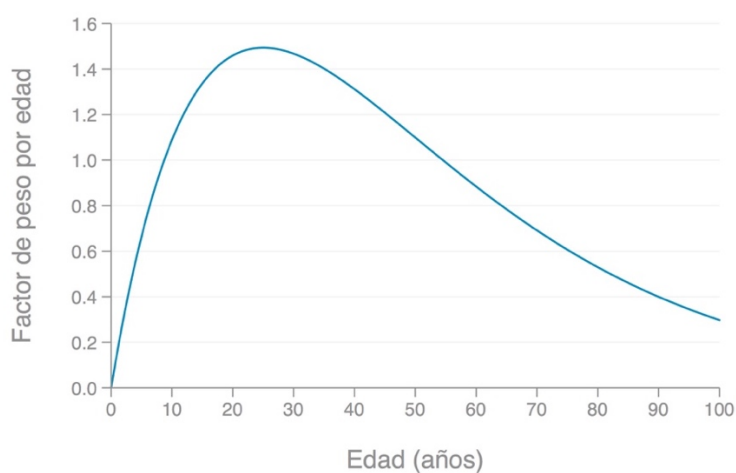
donde:

x : tiempo.

β : parámetro que entrega la forma general a la función de peso de la edad no uniforme.

C : constante que evita el cambio de la estimación de carga de enfermedad si el peso de la edad fuera uniforme.

Figura 4. Función de factor de peso por edad utilizada en GBD



Fuente: Elaboración propia en base a Murray y cols. (11).

Los valores utilizados por los expertos para obtener la función con la forma deseada corresponden a $\beta=0,04$ y $C=0,16243$, los cuales han sido utilizados en las diferentes versiones del GBD (1,6–10). Con estos valores, la función obtenida según edad corresponde a la mostrada en la figura 2.

5. Fórmula general de estimación de los AVISA

La estimación de los AVISA se puede presentar de forma genérica a través de una fórmula matemática que permite estimar tanto AVPM como AVD, incluyendo los ajustes por un peso de la edad no uniforme y por la tasa de descuento en base al tiempo futuro. Esta fórmula general esta se encuentra dada por:

$$AVISA[r, K] = ND \left\{ \frac{KC e^{ra}}{(r + \beta)^2} \left[e^{-(r+\beta)(L+a)} [-(r + \beta)(L + a) - 1] - e^{-(r+\beta)a} [-(r + \beta)a - 1] \right] + \frac{1 - K}{r} (1 - e^{-rL}) \right\} \quad (12)$$

donde:

N : número de muertes (para AVMP) o de casos incidentes (para AVD)

a : edad de muerte (para AVMP) o de inicio de la discapacidad (para AVD)

L : diferencia entre esperanza de vida y edad de muerte (para AVPM) o duración promedio de la enfermedad (para AVD)

β : parámetro de la función de peso por edad no uniforme, con un valor 0,04 en GBD

C : constante de la función de peso por edad, con un valor 0,16243 en GBD

r : tasa de descuento, con un valor 0,03 en GBD

D : peso de discapacidad, con un valor entre 0 y 1 en GBD

K : constante de uniformidad del peso de la edad, con valor 0 si peso de la edad es uniforme y 1 si el peso de la edad no es uniforme

Para una comprensión sobre cómo los aspectos teóricos revisados previamente se plasman en la fórmula 6, es necesario volver a la unidad de análisis, que corresponde al tiempo. En el caso de los AVPM, se encuentra representado por la diferencia L entre la edad de muerte a y la esperanza de vida $a + L$, mientras que para los AVD corresponde a la diferencia L entre la edad de inicio a de la enfermedad y la edad de término de la discapacidad o la edad de muerte $a + L$. De esta manera, los AVISA (en estricto rigor los AVPM o los AVD), estarían dados por la siguiente función para la edad x :

$$AVISA = \int_a^{a+L} f(x)dx \quad (13)$$

Sin embargo, los AVISA se encuentran ajustados tanto por la función de peso por edad y por la función de descuento, como por el peso de discapacidad D . Entonces, los AVISA se encuentran dados por:

$$AVISA = \int_a^{a+L} NDCx e^{-\beta x} e^{-r(x-a)} dx \quad (14)$$

En esta fórmula es importante apreciar que el tiempo t de la función de descuento equivale a la expresión $x - a$, pues de esta manera queda representado el tiempo en términos de la diferencia L . En relación con el peso de

discapacidad, al tener un valor $D = 1$ para la muerte, solo realiza un ajuste para los AVD, en cuyo caso su valor es $0 < D < 1$, y no para los AVPM.

La fórmula 6 representa el valor de los AVISA en el caso que se asuma un peso de edad no uniforme y la aplicación de una tasa de descuento. Sin embargo, si se desea tener una fórmula general que aplique para los distintos escenarios posibles para el peso por edad (uniforme o no uniforme) y la tasa de descuento (con y sin descuento), se debe incorporar una constante K que permita las diferentes posibilidades. De esta manera, la fórmula general de los AVISA estaría dada por:

$$AVISAs = \int_a^{a+L} KNDCxe^{-\beta x}e^{-r(x-a)}dx \quad (15)$$

donde:

K : constante de uniformidad del peso de la edad, cuyo valor es $K = 1$ si el peso de la edad no es uniforme o $K = 0$ si el peso de la edad es uniforme.

Para poder obtener los diferentes escenarios, se debe considerar que el valor de la integral de una constante es:

$$\int Kdx = Kx + C \quad (16)$$

Dado esto, la ecuación que define C para que se representen todas las posibilidades de factores de ajuste corresponde a:

$$C = \frac{1 - K}{r} (1 - e^{-rL}) \quad (17)$$

Con estas aclaraciones, se puede comprender a cabalidad por qué la solución de la integral de la ecuación 7 corresponde a la fórmula general de los AVISA, representada por la ecuación 4. Para los posibles escenarios de estimación de AVISA, es decir, peso por edad uniforme ($K = 0$), peso por edad no uniforme ($K = 1$), sin tasa de descuento ($r = 0$) o con tasa de descuento ($r \neq 0$), se puede obtener a partir de la ecuación 7 sus diferentes ecuaciones (tabla 2).

Tabla 27. Diferentes escenarios en formulación de AVISA según peso de la edad y tasa de descuento

Fórmula de AVISA [r, K]	Solución
$AVISAs[0, 0] = \int_a^{a+L} ND dx$	$AVISAs[0, 0] = NDL$
$AVISAs[0, 1] = \int_a^{a+L} NDCx e^{-\beta x} dx$	$AVISAs[0, 1] = ND \left[\frac{C}{\beta^2} \right] [e^{-\beta(L+a)}(-\beta(L+a) - 1) - e^{-\beta a}(-\beta a - 1)]$
$AVISAs[r \neq 0, 0] = \int_a^{a+L} ND e^{-r(x-a)} dx$	$AVISAs[r \neq 0, 0] = ND \left(\frac{1 - e^{-rL}}{r} \right)$
$AVISAs[r \neq 0, 1] = \int_a^{a+L} NDCx e^{-\beta x} e^{-r(x-a)} dx$	$AVISAs[r \neq 0, 1] = ND \left\{ \frac{C e^{ra}}{(r + \beta)^2} [e^{-(r+\beta)(L+a)}[-(r + \beta)(L + a) - 1] - e^{-(r+\beta)a}[-(r + \beta)a - 1]] \right\}$

Fuente: Elaboración propia en base a Murray et al. (11) y Murray (1).

Como se desprende de las fórmulas, para el cálculo de los AVISA es necesario disponer de diferentes indicadores locales, siendo fundamental que estos se encuentren completos y que sean de calidad y comparables (12). En el caso de las enfermedades ocupacionales, a nivel internacional existen grandes brechas de información sobre la incidencia o mortalidad, lo que dificulta la estimación de AVISA u otras medidas de carga de enfermedad, especialmente en países en desarrollo (13,14). Como consecuencia, ha sido necesario utilizar metodologías que permitan evaluar el grado de incerteza en los datos utilizados para estimar carga de enfermedad. Entre estas se encuentran los análisis de consistencia interna entre los datos y la estimación de intervalos de incertidumbre (15,16). Adicionalmente, mediante el desarrollo de softwares como DisMod, es posible estimar la incidencia de una patología en base a otros indicadores epidemiológicos como prevalencia, mortalidad o remisión (17). La adecuada recolección y calidad de los datos es un desafío permanente para los estudios de carga de enfermedad, pues permite, además de una estimación precisa, una apropiada evaluación de cambios temporales de las estimaciones, así como una correcta comparabilidad con otras localidades (12).

Referencias

1. Murray C. Quantifying the burden of disease: the technical basis for

- disability-adjusted life years. *Bull World Health Organ.* 1994;72(3):429–45.
2. Salomon JA, Vos T, Hogan DR, Gagnon M, Naghavi M, Mokdad A, et al. Common values in assessing health outcomes from disease and injury: disability weights measurement study for the Global Burden of Disease Study 2010. *Lancet.* 2012;380(9859):2129–43.
 3. Haagsma JA, de Noordhout CM, Polinder S, Vos T, Havelaar AH, Cassini A, et al. Assessing disability weights based on the responses of 30,660 people from four European countries. *Popul Health Metr.* 2015;13(10).
 4. Salomon JA, Haagsma JA, Davis A, de Noordhout CM, Polinder S, Havelaar AH, et al. Disability weights for the Global Burden of Disease 2013 study. *Lancet Glob Health.* 2015;3(11):e712–23.
 5. Anand S, Hanson K. Disability-adjusted life years: a critical review. *J Health Econ.* 1997;16(6):685–702.
 6. Murray CJL, Lopez AD. The Global Burden of Disease in 1990: Final results and their sensitivity to alternative epidemiological perspectives, discount rates, age-weights and disability weights. In: Murray CJL, Lopez AD, editors. *The Global Burden of Disease: a comprehensive assessment of mortality and disability from diseases, injuries and risk factors in 1990 and projected to 2020.* Boston: Harvard University Press; 1996. p. 247–93.
 7. Murray CJL, Vos T, Lozano R, Naghavi M, Flaxman AD, Michaud C, et al. Disability-adjusted life years (DALYs) for 291 diseases and injuries in 21 regions, 1990-2010: A systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2010. *Lancet.* 2012;380(9859):2197–223.
 8. Murray CJE Al. Global, regional, and national disability-adjusted life years

- (DALYs) for 306 diseases and injuries and healthy life expectancy (HALE) for 188 countries, 1990-2013: Quantifying the epidemiological transition. *Lancet*. 2015;386(10009):2145–91.
9. Kassebaum NJ, Arora M, Barber RM, Brown J, Carter A, Casey DC, et al. Global, regional, and national disability-adjusted life-years (DALYs) for 315 diseases and injuries and healthy life expectancy (HALE), 1990–2015: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2015. *Lancet*. 2016;388(10053):1603–58.
 10. Abajobir AA, Abate KH, Abbafati C, Abbas KM, Abd-Allah F, Abdulkader RS, et al. Global, regional, and national disability-adjusted life-years (DALYs) for 333 diseases and injuries and healthy life expectancy (HALE) for 195 countries and territories, 1990–2016: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2016. *Lancet*. 2017;390(10100):1260–344.
 11. Murray CJL. Rethinking DALYs. In: Murray CJL, Lopez AD, editors. *The Global Burden of Disease: a comprehensive assessment of mortality and disability from diseases, injuries and risk factors in 1990 and projected to 2020*. Boston: Harvard University Press; 1996. p. 1–98.
 12. Polinder S, Haagsma JA, Stein C, Havelaar AH. Systematic review of general burden of disease studies using disability-adjusted life years. Vol. 10, *Population Health Metrics*. 2012.
 13. Rushton L. The Global Burden of Occupational Disease. *Curr Environ Health Rep*. 2017;4(3):340–8.
 14. Hyder AA, Morrow RH. Applying burden of disease methods in developing

countries: A case study from Pakistan. *Am J Public Health*. 2000;90(8):1235–40.

15. Murray CJL, Ezzati M, Flaxman AD, Lim S, Lozano R, Michaud C, et al. GBD 2010: design, definitions, and metrics. *Lancet*. 2012;380(9859):2063–6.
16. Hutchings S, Rushton L. Estimating the burden of occupational cancer: assessing bias and uncertainty. *Occup Environ Med*. 2017;74(8):614–611.
17. Barendregt JJ, van Oortmarssen GJ, Vos T, Murray CJ. A generic model for the assessment of disease epidemiology: the computational basis of DisMod II. *Popul Health Metr*. 2003;1(1):4.

X.3. Anexo 3. Fórmulas de estimación de Fracción Atribuible Poblacional (FAP)

A partir de estos componentes se puede obtener la FAP de un factor de riesgo para una determinada causa j (FAP_j) mediante la siguiente relación matemática (1,2):

$$FAP_j = \frac{\int_{x=0}^m RR_j(x)P(x) - \int_{x=0}^m RR_j(x)P'(x)}{\int_{x=0}^m RR_j(x)P(x)} \quad (18)$$

donde:

$RR_j(x)$: riesgo relativo de la causa j para el nivel de exposición x

$P(x)$: distribución de la exposición en la población por nivel de exposición x

$P'(x)$: distribución contrafactual de la exposición en la población por nivel de exposición x

m : nivel máximo de exposición

En el caso que la exposición esté expresada como variable discreta con n niveles de exposición, la ecuación estaría dada por (2):

$$FAP_j = \frac{\sum_{i=1}^n P_i RR_i - \sum_{i=1}^n P_i' RR_i}{\sum_{i=1}^n P_i RR_i} \quad (19)$$

donde:

P_i : prevalencia de exposición al factor de riesgo en su nivel de exposición i

RR_i : riesgo relativo para expuestos en el nivel de exposición i en relación con no expuestos

Una tercera posibilidad es que la exposición se exprese de manera dicotómica, siendo la distribución contrafactual no estar expuesto. En este caso, la fórmula se reduce a la siguiente expresión (3):

$$FAP_j = \frac{P (RR - 1)}{[P (RR - 1) + 1]} \quad (20)$$

donde:

P : prevalencia de la exposición

RR : riesgo relativo para expuestos en relación con no expuestos

Teniendo tanto el valor de la FAP del factor de riesgo como la carga de enfermedad para cada causa, se puede estimar la carga atribuible de enfermedad para el riesgo en estudio mediante (1):

$$CA = \sum FAP_j C_j \quad (21)$$

donde:

CA : carga atribuible al factor de riesgo

C_j : carga de enfermedad de la causa j

Referencias

1. Murray CJL, Lopez AD. On the comparable quantification of health risks: Lessons from the Global Burden of Disease Study. *Epidemiology*. 1999;10(5):594–605.
2. Ezzati M, Lopez AD, Rodgers A, Murray CJL. Comparative quantification of health risks : global and regional burden of disease attributable to selected major risk factors. Geneva: World Health Organization; 2004.
3. World Health Organization. Global health risks: mortality and burden of disease attributable to selected major risks. Geneva: WHO; 2009.

X.4. Anexo 4. Pasos metodológicos de la Evaluación Comparativa de Riesgos

Desde GBD 2010, la metodología de la ECR se ha sistematizado en 5 pasos (1):

1. *Selección de los pares de riesgo-outcome.* La elección de los riesgos ocupacionales y las respectivas enfermedades vinculadas a estos, ha sido guiada por prácticamente los mismos criterios en las distintas versiones del GBD (1–3):

- La probabilidad de representar un impacto en la carga de enfermedad a nivel regional o global.
- La potencialidad del factor de riesgo de ser modificable, permitiendo su eventual reducción o eliminación.
- La factibilidad de encontrar datos y métodos que permitan obtener información razonablemente completa sobre la distribución de exposición. Para esto el factor de riesgo no deber conceptualizado de manera extremadamente específica, pero tampoco demasiado amplia.
- La disponibilidad de evidencia que sostenga la posibilidad de generalizar los resultados a otras poblaciones, o bien, de métodos que permitan la extrapolación.
- La existencia de evidencia adecuada en cantidad y calidad que avale una relación de causalidad entre factor de riesgo y enfermedad que no se encuentre dada por sesgos o error aleatorio.

2. Estimación de la distribución de exposición para cada factor de riesgo.

Incluye la búsqueda exhaustiva y sistemática de datos sobre exposición en la población, que puede incluir censos, encuestas poblacionales de diferentes áreas y estudios epidemiológicos, entre otros. Dado que la información sobre exposición siempre es incompleta, habitualmente se realiza un modelamiento estadístico de la distribución de exposición en base a los datos encontrados para obtener la distribución en cada país. En la divulgación de los resultados, se realiza énfasis en especificar tanto la principales fuentes de datos como el método de estimación de la exposición (1).

3. Estimación de los tamaños del efecto etiológico de cada par factor de

riesgo-outcome. Se basa en la obtención de datos a partir de estudios epidemiológicos determinados o metaanálisis. En algunos casos de revisiones sistemáticas sin análisis estadístico de resumen, se han realizados metaanálisis de esta información por parte del equipo de GBD. Los tamaños de efecto utilizados son preferentemente aquellos ajustados por variables de confusión, pero sin ajuste por variables intermedias dentro de la vía causal. En el caso de existir resultados que indiquen un efecto protector, principalmente en el contexto del análisis de subgrupos, o resultados que no muestren asociación, generalmente en el análisis de varios niveles de asociación, estos han sido incluidos para el análisis de incertidumbre, con la finalidad de representar todo el cuerpo de evidencia existente.

4. *Elección de la distribución del riesgo mínimo teórico para la comparación contrafactual.* Desde GBD 2010 se ha utilizado como distribución contrafactual la distribución del riesgo mínimo teórico. Para los casos en los que esta distribución no es cero, se enfatiza en que la distribución utilizada debe ser teóricamente posible a nivel poblacional y que la evidencia debe indicar una reducción continua de la enfermedad en base a esta distribución. Los valores que determinan estas distribuciones son factibles de cambio en las actualizaciones de GBD según la generación de nueva evidencia sobre la exposición.

5. *Estimación de carga de enfermedad atribuible a factores de riesgo individuales y a grupos de factores de riesgo, incluyendo la incertidumbre.* Se sustenta en la comparación entre la distribución actual del factor de riesgo y su distribución contrafactual, plasmada a través de la estimación de la FAP. En el caso de grupos de factores de riesgo, la metodología asume que los factores de riesgo individuales son independientes entre sí, estimándose una fracción atribuible combinada según la siguiente fórmula (1,4):

$$PAF = 1 - \prod_{r=1}^R (1 - PAF_r) \quad (22)$$

donde:

r : factor de riesgo individual

R : cantidad de factores de riesgo en el grupo

En GBD, los resultados se han presentado junto a intervalos de incertidumbre estimados mediante métodos de simulación, cuyos límites corresponden a los percentiles 2,5 y 97,5 de 1.000 simulaciones para las distribuciones de exposición, RR y outcomes.

Referencias

1. Lim SS, Vos T, Flaxman AD, Danaei G, Shibuya K, Adair-Rohani H, et al. A comparative risk assessment of burden of disease and injury attributable to 67 risk factors and risk factor clusters in 21 regions, 1990-2010: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2010. *Lancet*. 2012;380(9859):2224–60.
2. Ezzati M, Lopez AD, Rodgers A, Vander Hoorn S, Murray CJ, Group CRAC. Selected major risk factors and global and regional burden of disease. *Lancet*. 2002;360(9343):1347–60.
3. World Health Organization. Global health risks: mortality and burden of disease attributable to selected major risks. Geneva: WHO; 2009.
4. Miettinen OS. Proportion of disease caused or prevented by a given exposure, trait or intervention. *Am J Epidemiol*. 1974;99(5):325–32.

X.5. Anexo 5. Cantidad y tasa de muertes atribuibles a riesgos ocupacionales estimados a nivel global para 2016, por factor de riesgo y por enfermedad

Factor de riesgo o enfermedad	Cantidad de muertes atribuibles			Tasa de muertes atribuibles		
	n	LIII	LSII	Tasa	LIII	LSII
Factores de riesgo						
Carcinógenos	746.53	624.13	874.38	10,1	8,4	11,8
	9	1	5			
Material particulado, gases y humos	424.266	349.97	507.54	5,7	4,7	6,9
		8	5			
Asmatógenos	37.574	28.362	47.936	0,51	0,38	0,65
Enfermedades						
EPOC	460.08	381.51	551.28	6,2	5,2	7,5
	0	0	2			
Cáncer de pulmón	299.99	233.70	365.25	4,1	3,2	4,9
	8	8	1			
Enfermedad coronaria isquémica	177.23	131.11	226.22	2,4	1,8	3,1
	0	9	6			
Accidente cerebrovascular	85.099	59.320	112.80	1,2	0,8	1,5
			5			
Diabetes mellitus	38.636	14.312	60.820	0,52	0,19	0,82
Asma	37.574	28.362	47.936	0,51	0,38	0,65
Enfermedades respiratorias bajas	31.033	14.713	51.311	0,42	0,20	0,69
Mesotelioma	27.612	25.559	29.341	0,37	0,35	0,40
Neumoconiosis	21.488	20.446	23.046	0,29	0,28	0,31
Cáncer de laringe	7.213	4.437	10.462	0,10	0,06	0,14
Cáncer ovárico	6.022	2.984	9.404	0,08	0,04	0,13
Cáncer de mama	4.864	1.195	8.401	0,07	0,02	0,11
Leucemia	2.495	1.181	3.735	0,03	0,02	0,05
Cáncer nasofaríngeo	478	330	685	0,01	0,00	0,01
Cáncer renal	58	13	108	0,00	0,00	0,00

Fuente: Global Burden of Disease, 2016. LIII: límite inferior de intervalo de incertidumbre. LSII: límite superior de intervalo de incertidumbre.

X.6. Anexo 6. Cantidad y tasa de AVISA atribuibles a riesgos ocupacionales estimados a nivel global para 2016, por factor de riesgo y por enfermedad

Factor de riesgo o enfermedad	Cantidad de AVISAs atribuibles			Tasa de AVISAs atribuibles		
	n (miles)	LIII	LSII	Tasa	LIII	LSII
Factores de riesgo						
Carcinógenos	20.682,7	17.015,4	24.682,8	279,8	230,2	333,9
Factores ergonómicos	15.479,9	10.733,4	20.772,4	209,4	145,2	281,0
Material particulado, gases y humos	9.377,1	7.972,6	10.789,6	126,9	107,9	146,0
Ruido	7.108,3	4.978,6	9.802,7	96,2	67,4	132,6
Asmatógenos	2.339,5	1.860,9	2.923,3	31,7	25,2	39,6
Enfermedades						
Lumbalgia	15.479,9	10.733,4	20.772,5	209,4	145,2	281,0
EPOC	10.688,0	9.019,9	12.517,0	144,6	122,0	169,3
Hipoacusia relacionada con la edad	7.108,3	4.978,6	9.802,7	96,2	67,4	132,6
Cáncer de pulmón	6.091,2	4.777,7	7.493,6	82,4	64,6	101,4
Enfermedad coronaria isquémica	5.337,9	3.904,4	6.856,5	72,2	52,8	92,8
Accidente cerebrovascular	2.692,4	1.864,9	3.589,2	36,4	25,2	48,6
Diabetes mellitus	2.376,3	847,6	3.851,5	32,2	11,5	52,1
Asma	2.339,5	1.860,9	2.923,3	31,7	25,2	39,6
Enfermedades respiratorias bajas	901,8	424,9	1.491,8	12,2	5,8	20,2
Neumoconiosis	577,0	517,1	647,2	7,8	7,0	8,8
Mesotelioma	554,0	507,3	597,8	7,5	6,9	8,1
Cáncer de laringe	169,1	101,0	257,6	2,3	1,4	3,5
Cáncer de mama	160,5	39,9	276,8	2,2	0,5	3,7
Leucemia	111,2	52,6	166,1	1,5	0,7	2,3
Cáncer ovárico	93,1	45,8	150,0	1,3	0,6	2,0
Cáncer nasofaríngeo	19,1	13,0	27,1	0,3	0,2	0,4
Cáncer renal	1,7	0,4	3,2	0,02	0,01	0,04

Fuente: Global Burden of Disease, 2016. LIII: límite inferior de intervalo de incertidumbre. LSII: límite superior de intervalo de incertidumbre.

X.7. Anexo 7. Descripción general del software DisMod II MR

El programa DisMod ha sido generado para realizar un modelamiento de la epidemiología de las enfermedades, sobre la base que la información disponible en la literatura presenta inconsistencia interna debido a la diversidad de fuentes de información. A continuación, se realiza una breve revisión de las principales características y fundamentos metodológicos basados en Barendregt et al (83).

La primera versión de DisMod, creada en 1990, ha sido reemplazada por DisMod II desde el año 2000, el cual permite ingresar una mayor posibilidad de inputs que el DisMod I, entre otras ventajas. Las diferencias entre ambos se muestran en la tabla 1.

Tabla 28. Principales diferencias entre DisMod I y DisMod II

DisMod I	DisMod II
Usado en GBD 1990	Usado desde GBD 2000 en adelante
Solución numérica de ecuaciones diferenciales	Solución numérica y analítica de ecuaciones diferenciales ("downhill simplex method")
Inputs: incidencia, remisión, letalidad. Se requieren los tres inputs	Inputs: incidencia, remisión, letalidad, prevalencia, duración, mortalidad específica de la enfermedad. Se requieren al menos tres inputs
No presenta interfaz gráfica	Presenta una interfaz gráfica interactiva

Fuente: Elaboración propia en base a Barendregt et al (1).

En el programa, el modelo conceptual de la enfermedad se define inicialmente en términos de tres ecuaciones diferenciales:

$$\frac{dS_a}{da} = -i_a S_a + r_a C_a \quad (23)$$

$$\frac{dC_a}{da} = -(f_a + r_a) C_a + i_a S_a \quad (24)$$

$$\frac{dD_a}{da} = f_a C_a \quad (25)$$

donde:

S_a : número de población sana a la edad a

C_a : número de población enferma a la edad a

D_a : número de población fallecida a la edad a

i : incidencia

r : remisión

f : letalidad (casos fatales)

A partir de las ecuaciones anteriores, mediante el uso de ecuaciones intermedias, se pueden obtener las ecuaciones para estimar S_a , C_a y D_a , es decir, la cantidad de población sana, enferma y fallecida, respectivamente. A partir de estos resultados, se pueden estimar la prevalencia, tasa de mortalidad, duración de la enfermedad e incidencia. Para la estimación de la prevalencia y la tasa de mortalidad, se requiere conocer la cantidad de años-persona en riesgo para cada intervalo de edad (PY_a), dada por la siguiente ecuación:

$$PY_a = 0.5(S_a + C_a + S_{a+1} + C_{a+1}) \quad (26)$$

De esta manera, la prevalencia (c_a) y tasa de mortalidad (b_a) de la enfermedad se encuentran dadas por:

$$c_a = 0.5 \left(\frac{C_a + C_{a+1}}{PY_a} \right) \quad (27)$$

$$b_a = \frac{D_{a+1} - D_a}{PY_a} \quad (28)$$

Para la estimación de incidencia, remisión, letalidad y prevalencia, el programa asume que estos riesgos son independientes de la mortalidad por todas las otras causas (m_a), es decir, no son afectados por esta. A diferencia de los anteriores, la duración de la enfermedad sí es afectada por la mortalidad por todas las otras causas, por lo que el programa estima su valor previo a la estimación de la duración de la enfermedad. Para la estimación de la duración de la enfermedad, se requieren los siguientes datos:

β_a : Riesgo total de dejar el estado de enfermo, siendo:

$$\beta_a = r_a + f_a + m_a \quad (29)$$

donde:

m_a : mortalidad por todas las otras causas, derivadas desde las tasas de mortalidad específicas por edad

$y_{a,d}$: Probabilidad de estar en el estado enfermo luego de la duración d , considerando:

$$y_{a,0} = 1.0 \quad (30)$$

$x_{a,d}$: Contribución de la duración en el intervalo $[d - 1, d)$ a la duración total en el estado de enfermedad luego de incidencia en $[a, a + 1)$.

Para obtener la duración total de la enfermedad (X_a), se debe conocer, para la incidencia de la enfermedad en cada periodo de tiempo, tanto $y_{a,d}$ como $x_{a,d}$, siendo distintas las fórmulas de estimación para el primer año de enfermedad que para el resto de los años.

Las ecuaciones para el primer año de enfermedad, es decir, para la incidencia en el intervalo $[a, a + 1)$, son las siguientes:

$$y_{a,1} = \begin{cases} y_{a,0} \frac{i_a}{i_a - \beta_a} \frac{(e^{-\beta_a} - e^{-i_a})}{(1 - e^{-i_a})} & \text{si } \beta_a \neq i_a \\ y_{a,0} i_a \frac{e^{-i_a}}{(1 - e^{-i_a})} & \text{en otro caso} \end{cases} \quad (31)$$

$$x_{a,1} = \begin{cases} \frac{1}{\beta_a} - \frac{i_a}{\beta_a(i_a - \beta_a)} \frac{(e^{-\beta_a} - e^{-i_a})}{(1 - e^{-i_a})} & \text{si } \beta_a \neq i_a \\ \frac{1}{\beta_a} - \frac{1}{(e^{\beta_a} - 1)} & \text{en otro caso} \end{cases} \quad (32)$$

Las ecuaciones para los años siguientes de enfermedad, es decir, para la incidencia en el intervalo $[a + k, a + k + 1)$, con $k = 1, 2, 3 \dots$, son las siguientes:

$$y_{a,k+1} = y_{a,k} e^{-\beta_{a+k}} \quad (11)$$

$$x_{a,k+1} = \frac{y_{a,k}}{\beta} (1 - e^{-\beta_{a+k}}) \quad (12)$$

De esta manera, la duración de la enfermedad para la incidencia en el intervalo $[a, a + 1)$ se estima mediante:

$$X_a = \sum_{k=1}^{\infty} x_{a,k} \quad (13)$$

Barendregt et al (2003) ejemplifican el uso de DisMod II obteniendo la incidencia de asma a partir de la prevalencia. Como inputs utilizaron prevalencia, remisión y mortalidad por asma de la población es estudio, por edad y sexo. Al ingresar los datos de estos tres inputs, el programa arrojó la incidencia de asma y nuevos valores de prevalencia, remisión y mortalidad modificados para asegurar la consistencia interna entre los datos (tabla 2).

Tabla 29. Inputs y outputs utilizados por Barendregt y cols. para estimar incidencia de asma

Edad	Inputs			Outputs				
	Prevalencia	Remisión	Mortalidad	Incidencia	Prevalencia	Remisión	Letalidad	Mortalidad
0-4	66,00	46,00	0,00	21,86 (17,07- 26,65)	50,57 (37,96-63,25)	45,92 (44,40-47,43)	0,02 (0,00-0,26)	0,00 (0,00-0,00)
5-14	132,00	79,00	0,01	14,94 (12,05-17,85)	124,30 (108,2-140,6)	81,73 (76,99-86,50)	0,05 (0,00-0,56)	0,01 (0,00-0,03)
15-24	63,00	75,00	0,01	1,62 (0,83-2,45)	82,96 (65,43-100,8)	86,18 (75,73-96,86)	0,10 (0,01-0,60)	0,01 (0,00-0,04)
25-34	46,00	27,50	0,00	0,16 (0,00-0,67)	54,48 (41,11-67,98)	28,31 (24,08-32,51)	0,07 (0,00-0,57)	0,00 (0,00-0,06)
35-44	46,00	12,00	0,01	0,51 (0,00-1,05)	47,82 (37,72-57,93)	12,13 (10,10-14,10)	0,19 (0,01-0,69)	0,01 (0,00-0,19)
45-54	48,00	14,00	0,01	0,84 (0,19-1,49)	48,95 (39,66-58,27)	13,39 (11,33-15,44)	0,35 (0,02-0,88)	0,02 (0,00-0,37)
55-64	46,00	29,50	0,06	1,14 (0,42, 1,87)	47,34 (36,78-58,03)	28,89 (24,98-32,79)	1,38 (0,40-2,36)	0,07 (0,00-0,56)
65-74	38,00	35,00	0,14	0,78 (0,21-1,37)	40,75 (29,24-52,30)	35,47 (31,62-39,30)	4,00 (0,58-7,44)	0,16 (0,00-0,67)
75+	30,00	30,77	0,51	0,89 (0,34-1,47)	32,76 (22,59-43,12)	32,07 (29,76-34,36)	14,70 (1,02-28,88)	0,48 (0,00-0,99)

Fuente: Elaboración propia en base a Barendregt et al (1).

Referencias

1. Barendregt JJ, van Oortmarssen GJ, Vos T, Murray CJ. A generic model for the assessment of disease epidemiology: the computational basis of DisMod II. *Popul Health Metr.* 2003;1(1):4.