



Universidad Pompeu Fabra



Departamento de Ciencias Experimentales y de la Salud

Centro de Investigación en Salud Laboral

Máster en Salud Laboral
Especialidad Salud Laboral
Modalidad Investigación

Matriz empleo-exposición para la exposición a sílice cristalina en trabajadores
españoles, 1996-2005

Trabajo Fin de Máster, curso académico 2010-2011

Estudiante:

Freddy Antonio Briceño Elizondo

Profesores Directores:

Ana María García

Rudolf van der Haar

Profesor Tutor:

Ana María García

Setiembre, 2011

Índice

Nota aclaratoria.....	3
Resumen.....	4
Abstract.....	5
Introducción.....	6
Métodos.....	10
Identificación de ocupaciones expuestas e inclusión en MatEmESp.....	10
Estimación para sílice en la matriz.....	12
Resultados.....	15
Construcción del eje de ocupaciones.....	15
Estimaciones para las celdas de la matriz.....	16
Discusión.....	18
Agradecimientos.....	22
Bibliografía.....	23
Tablas y figuras.....	27
Anexos.....	41

1. Nota aclaratoria

Con la finalidad de hacer un uso más económico del lenguaje y de reducir la extensión del manuscrito, todos los términos usados en masculino en este trabajo incluyen, a excepción de que se especifique lo contrario, a las mujeres. Por ejemplo, cuando se utiliza el vocablo trabajadores, se refiere tanto a hombres como a mujeres trabajadoras.

2. Resumen

Objetivos. La exposición laboral a sílice cristalina está presente en numerosas ocupaciones. En el 2004 se estimaba que éste era el segundo agente cancerígeno con mayor número de trabajadores expuestos en España. Este trabajo tiene como objetivo estimar la prevalencia e intensidad de la exposición laboral a sílice cristalina en trabajadores españoles por ocupación para el periodo comprendido entre los años 1996-2005.

Métodos. Siguiendo la metodología del proyecto MatEmESp (construcción de una matriz empleo-exposición española), se estudiaron las 482 ocupaciones españolas (Clasificación Nacional de Ocupaciones a 4 dígitos, CNO-94) partiendo de la estructura, información, criterios y contenidos disponibles en FINJEM (matriz empleo-exposición finlandesa). Para la adecuación de las estimaciones a las condiciones de exposición de trabajadores en España, se utilizaron datos de mediciones ambientales realizadas por servicios de prevención, datos de otras matrices y revisión de literatura.

Resultados. Se detectaron 80 ocupaciones relacionadas con la exposición a sílice cristalina en España, de las cuales 58 se consideraron potencialmente expuestas y 39 se incluyeron finalmente en MatEmESp por cumplir con los criterios de inclusión. De estas ocupaciones, el 82% (n=32) presenta una alta prevalencia de exposición y el 46% (n=18) niveles de intensidad superiores al valor límite de exposición propuesto para España en el 2011 (0,05 mg/m³). En el 21% (n=8) de las ocupaciones incluidas se reúnen ambas circunstancias, siendo el grado de confianza en las estimaciones por parte del evaluador alto.

Conclusión. El procedimiento propuesto para construir una matriz empleo-exposición española (Proyecto MatEmESp) y las fuentes de información disponibles, permiten caracterizar las ocupaciones expuestas a sílice cristalina en España en el periodo de interés.

Palabras clave. Matriz empleo-exposición, exposición ocupacional, sílice cristalina, prevalencia de exposición.

Job-exposure matrix for exposure to silica crystalline in Spanish workers,
1996-2005

Abstract

Objectives. Occupational exposure to crystalline silica is present in many occupations. Silica was estimated to be the second carcinogenic agent with the highest number of exposed workers. The objective of this study is to estimate the prevalence and intensity of the occupational exposure to silica crystalline in Spanish workers by job title for 1996-2005.

Methods. Following the methodology established in MatEmESp (construction of Spanish job-exposure matrix), 482 Spanish job titles (National Classification of Occupations, to 4 digits) were studied, based on the structure, information, criteria and contents of the Finnish job-exposure matrix (FINJEM). To adjust the estimations to Spanish workers exposure conditions we used data obtained by exposure measurements, others job-exposure matrix and literature review.

Results. We detected 80 occupations associated with the exposure to crystalline silica in Spain, of which 58 were considered potentially exposed and finally 39 were included in MatEmESp according the inclusion criteria. 82% (n=32) of these occupations reported high exposure and 46% (n=18) exposure levels higher than the exposure limit value proposed for Spain in 2011 (0,05 mg/m³). It was estimated with a high reliability that 21% (n=8) of the included occupations both situations occurred.

Conclusions. The process proposed for develop a Spanish job-exposure matrix (MatEmESp Project) and the available information sources, allow describe the exposed occupations to silica crystalline in Spain for the interest period.

Key words. Job-exposure matrix, occupational exposure, crystalline silica, exposure prevalence.

3. Introducción

La silicosis es una neumoconiosis causada por inhalación de partículas de sílice cristalina que se depositan en el pulmón. Dependiendo de la concentración, tamaño de la partícula y duración de la exposición las consecuencias pueden ir desde una ligera insuficiencia en la función pulmonar a discapacidad total, e incluso, la muerte como causa de la insuficiencia respiratoria¹. La toxicidad de la sílice cristalina ha sido estudiada durante varios años y en adición a la silicosis, su exposición ha sido asociada con enfermedad renal no maligna² y enfermedad autoinmune³. Además, la Agencia Internacional de Investigación en Cáncer (IARC) ha clasificado el polvo de sílice cristalina como carcinogénico en humanos, clase 1, confirmando la asociación causal entre la exposición a este contaminante y el cáncer de pulmón⁴.

La exposición laboral a polvo de sílice está presente en un elevado número de ocupaciones, incluyendo entre otras aquellas que conllevan tareas de quebramiento, aplastamiento y corte de rocas; exposición a arena y grava procesadas, mezcladas, sopladadas o utilizadas en el pulido, así como procesos que involucren trituración y fundición de las mismas. La exposición puede ocurrir en minas, fundiciones, excavaciones, construcción, pavimentado de vías, manufactura de vidrio, manufactura de cerámica y polvos abrasivos, además de joyería y orfebrería, entre otras actividades. Algunas tareas agrícolas como la labranza y la cosecha podrían también entrañar exposición al polvo de sílice⁵.

Estimaciones realizadas en el estudio CAREX (que estima prevalencias de exposición por sector económico a agentes contaminantes con potencial cancerígeno), indicaban que entre los años 1990 y 1993 había en España 405.000 trabajadores expuestos a sílice cristalina⁶ y para el 2004, se estimaban 1.246.787 trabajadores expuestos a dicho agente, convirtiéndose éste en el segundo cancerígeno con mayor número de trabajadores expuestos en España, superado únicamente por la radiación solar⁷. El que haya un gran número de trabajadores expuestos a este agente y al ser la silicosis una

patología originada casi exclusivamente por la exposición laboral (incluida como enfermedad profesional en el Real Decreto 1299/2006), constituye un tópico de interés para la salud ocupacional. Por tal razón, este tema ha sido considerado prioritario por la Organización Internacional del Trabajo (OIT) y por la Organización Mundial de la Salud (OMS), quienes lo han incluido dentro de sus respectivos planes estratégicos, proponiendo un programa global para la erradicación de la silicosis⁸.

Disponer de información confiable respecto a indicadores de exposición, permite la toma de decisiones oportunas y efectivas y emplear de forma eficiente los recursos de las entidades dedicadas a la prevención de riesgos laborales en la atención de los problemas. La construcción de una matriz empleo-exposición que contemple la exposición a sílice cristalina y permita identificar las ocupaciones donde las exposiciones son más intensas y donde se encuentra la mayor cantidad de trabajadores expuestos sería un paso fundamental en ese esfuerzo.

En el año 2009, el Centro de Investigación en Salud Laboral (CISAL) inició el proyecto de construcción de una matriz empleo-exposición general para la población laboral española (MatEmESp) en la que se asignan, estimaciones de probabilidad y niveles de exposición a diferentes agentes y riesgos laborales según la ocupación del trabajador. Actualmente dicho proyecto se encuentra en desarrollo y uno de los agentes contaminantes químicos de interés es la sílice cristalina.

Las Matrices Empleo-Exposición (MEE), se pueden definir como una clasificación cruzada entre una lista de ocupaciones y una lista de agentes contaminantes o riesgos a los que los trabajadores de dichas ocupaciones estarían potencialmente expuestos⁹.

Existen diferentes tipos de MEE, las hay específicas, donde interesa evaluar un único agente contaminante, como el berilio¹⁰, o bien, donde se requieren analizar los agentes contaminantes vinculados a un efecto en la salud, como el caso del asma laboral¹¹. Se han utilizado también para evaluar aspectos

relacionados con la organización del trabajo, como factores de riesgo psicosocial¹².

Las MEE también se han utilizado en la investigación epidemiológica en salud laboral, por ejemplo en aspectos biomédicos, como la carcinogénesis del cáncer de páncreas a través de la mutagénesis del K-Ras¹³, o el estudio de la asociación entre la exposición a agentes químicos y la aparición de gliomas y meningiomas¹⁴. Tradicionalmente las MEE se han utilizado para identificar carcinógenos de origen laboral¹⁵⁻¹⁸.

En la epidemiología laboral, el reconstruir la historia de las exposiciones ocupacionales de un trabajador puede llegar ser una tarea realmente difícil, por ejemplo, por falta de registros de riesgos ocupacionales, o por el sesgo del recuerdo¹⁹. Los estudios epidemiológicos que utilizan MEE en su diseño, cuentan con la ventaja de que las MEE se basan en definiciones ocupacionales, que suelen ser más fiables que exposiciones a agentes contaminantes específicos²⁰. Sin embargo, una limitación de las MEE es que las estimaciones de exposición se asignan a cada ocupación de manera homogénea, sin que se reflejen las posibles variaciones que puedan haber en la exposición dentro de cada categoría ocupacional¹⁶ (por ejemplo, por uso de protección personal u otras medidas preventivas que puedan variar entre trabajadores de la misma ocupación y/o entre centros de trabajo).

Los estudios epidemiológicos basados en poblaciones nacionales e internacionales son una herramienta potencialmente poderosa para la detección de riesgos ocupacionales y el desarrollo de MEE se ha convertido en una solución relativamente económica y simple para el desarrollo de estos estudios²¹. Varios países han desarrollado MEE de base poblacional, entre ellos: Finlandia²², Suecia⁹, Estados Unidos²³, Reino Unido¹⁶, Francia²⁴ y Alemania²⁵.

El presente estudio tiene como objetivo estimar la prevalencia (proporción de trabajadores expuestos) e intensidad de la exposición laboral a sílice cristalina en trabajadores españoles por ocupación para el periodo comprendido entre

los años 1996-2005. Este estudio se enmarca en el proyecto de construcción de una matriz empleo-exposición para población trabajadora en España (Proyecto MatEmESp).

4. Métodos

Para la construcción de la matriz empleo-exposición española de sílice, se toma como punto de partida la estructura, información, criterios y contenidos disponibles en la matriz empleo-exposición finlandesa (FINJEM). Dicha matriz está constituida por tres ejes (ocupaciones, agentes, tiempo) incluyendo las estimaciones para distintos periodos de tiempo de la prevalencia e intensidad de exposición a diversos agentes contaminantes y factores de riesgo en distintas ocupaciones, clasificadas según las definiciones del censo finlandés²².

4.1. Identificación de ocupaciones expuestas e inclusión en MatEmESp

En primer lugar se tradujeron del finlandés al castellano, los términos y definiciones con las que se designan las ocupaciones en el censo finlandés. Posteriormente, se buscaron las equivalencias entre la codificación de estas ocupaciones y las correspondientes a la Clasificación Nacional de Ocupaciones 1994 (CNO-94) a 4 dígitos, para obtener así el mayor grado de desagregación. La CNO-94 es la adaptación española de la Clasificación Internacional Uniforme de Ocupaciones 1988 (CIUO-88) y agrupa las ocupaciones en distintos grupos según la cualificación y el tipo de trabajo realizado²⁶.

Dos revisores realizaron de manera independiente las equivalencias entre los códigos CNO-94 y los códigos del censo finlandés de las ocupaciones identificadas como expuestas a sílice cristalina en FINJEM. Se estimó la concordancia simple y el coeficiente de concordancia kappa de Cohen (K) entre ambos revisores utilizando el programa estadístico SPSS®. Las ocupaciones en las que no hubo coincidencia, se sometieron a discusión entre los dos revisores llegando a un consenso en la equivalencia entre los dos sistemas de codificación.

En un segundo paso, con la finalidad de aumentar al máximo la sensibilidad de la matriz para identificar ocupaciones expuestas a sílice, un higienista industrial analizó las 482 ocupaciones CNO-94 (a 4 dígitos) e identificó cuáles

ocupaciones podrían estar relacionadas con la exposición a sílice cristalina según su criterio profesional y apoyado en la revisión de literatura. Se consultaron fuentes de información de diversa índole como artículos científicos, otras matrices de empleo-exposición, manuales, informes técnicos, boletines informativos y demás fuentes que pudieran colaborar en la identificación de dichas ocupaciones. Los resultados de este análisis se compararon con las ocupaciones expuestas a sílice cristalina según FINJEM.

Posteriormente se definieron para cada una de las ocupaciones expuestas a sílice cristalina (tanto las procedentes de FINJEM como las identificadas a través del criterio de higienista apoyado en la literatura), las diferentes fuentes de exposición, entendidas como las situaciones de trabajo en las que un trabajador en una determinada ocupación puede entrar en contacto con el agente contaminante. Para ello se evaluó las fuentes de exposición mencionadas en FINJEM y se efectuó una nueva revisión de la literatura. La búsqueda bibliográfica se realizó en Pubmed utilizando artículos originales y revisiones. Las palabras claves para la búsqueda fueron: occupational exposure, silica crystalline, job-exposure matrix, exposed workers, exposure, information system. También se consultaron manuales de salud laboral, otras matrices de empleo-exposición e informes técnicos. Si para alguna de las ocupaciones no se detectaban fuentes de exposición, la misma se descartaba como ocupación expuesta, por consiguiente se excluía de los análisis ulteriores. Si por el contrario, se detectaban fuentes de exposición, la ocupación se consideraba como una ocupación potencialmente expuesta a sílice en trabajadores españoles.

Por último, en FINJEM sólo se considera en las estimaciones de exposición a sílice aquéllas ocupaciones donde al menos el 5% de los trabajadores en la ocupación en cuestión están expuestos a un nivel medio anual de $0,02 \text{ mg/m}^3$ de sílice cristalina en algún momento del periodo en estudio. En MatEmESp se ha seguido este mismo criterio, con base a las condiciones conocidas para trabajadores españoles. En el anexo 1 se resume el proceso de construcción del eje de ocupaciones expuestas a sílice en este estudio.

Una vez identificadas las ocupaciones expuestas a sílice (eje de ocupaciones), el siguiente paso consistía en completar los datos prevalencia e intensidad de exposición en las celdas de la matriz. Para completar esta información se utilizaron los datos recogidos en FINJEM, datos de mediciones realizadas en España suministradas por un servicio de prevención de riesgos laborales y revisión de literatura española. Asimismo, se realizó una búsqueda de artículos en la base de datos Pubmed, para las ocupaciones y características de exposición (intensidad, prevalencia), donde no se disponía de datos españoles. Se utilizaron como palabras clave: prevalence of exposure, surveillance, information system, quartz, crystalline silica, respirable dust, historical exposure matrix, occupational exposures, agriculture, quartz, sílica, silicosis. Otras de las fuentes consultadas fueron: informes técnicos y otras matrices empleo-exposición con información referente a la exposición a sílice cristalina.

En resumen, la revisión de la literatura se utilizó principalmente para detectar ocupaciones que pudieran estar potencialmente expuestas a sílice cristalina^{5,24,25,27,28}, identificar fuentes de exposición^{4,5,23,25,29,30-34} y estimar datos de prevalencia e intensidad^{1,4,7,23-25,28,32,34,35}. En la tabla 1 se muestra la bibliografía consultada y su utilización en las distintas fases de construcción del eje de ocupaciones para las estimaciones de la exposición a sílice.

4.2. Estimación para sílice en la matriz

Una vez identificadas las ocupaciones expuestas a sílice que se incluyen en MatEmESp, se procedió a estimar la prevalencia e intensidad de exposición a la sílice para cada ocupación. Estas estimaciones se realizan a partir de los datos de FINJEM, datos españoles (algunas evaluaciones higiénicas) y la revisión de la literatura (siguiendo las mismas estrategias de búsqueda que para la construcción del eje de ocupaciones expuestas). Para aquellas ocupaciones donde no hay suficiente información de la situación española, se procedió a estimar los datos de exposición (prevalencia e intensidad) a partir de datos de otros países, además de los datos finlandeses. Se utilizaron principalmente estimaciones alemanas²⁵, francesas²⁴, estadounidenses²³ e italianas²⁸. En la matriz quedan reflejadas las fuentes bibliográficas consultadas

para la realización de las estimaciones (prevalencia e intensidad) y un apartado de comentarios donde se agrega información concerniente a la estimación de la exposición.

Las estimaciones de la prevalencia de exposición en cada ocupación se basaron en la información suministrada por FINJEM y en la revisión de la literatura disponible (española e internacional). En el anexo 2 se ilustra este proceso. La prevalencia se estimó de manera cuantitativa a través del porcentaje de trabajadores expuestos. Este valor porcentual se categorizó en tres niveles de prevalencia de exposición: baja (al menos el 10% de los trabajadores se encontraban expuestos), media (entre el 10% y el 30% de los trabajadores se encontraban expuestos) y alta (más del 30% de los trabajadores se encuentran expuestos). Esta categorización facilita la comparación entre ocupaciones.

La intensidad de exposición a sílice se define en FINJEM y en MatEmESp como la exposición ocupacional al producto de la inhalación a polvo respirable (diámetro aerodinámico $< 5 \mu\text{m}$) de sílice cristalina y se calcula en miligramos de sílice cristalina por metro cúbico de aire medido en el puesto de trabajo (mg/m^3). Las estimaciones de la intensidad de exposición en cada ocupación se basaron en la información suministrada por FINJEM, en la revisión de la literatura disponible (española e internacional) y en evaluaciones higiénicas en empresas españolas. En relación con esta última fuente, se dispuso de la información brindada por un servicio de prevención de las evaluaciones de exposición a sílice realizadas durante el periodo 2000-2005 en las cuáles se muestreaban diversos puestos de trabajo en España. La identificación de los puestos o circunstancias de trabajo consideradas en estas mediciones se convirtieron a códigos CNO-94 a cuatro dígitos. La intensidad se estimó de manera cuantitativa calculando valores puntuales como un nivel medio anual de exposición para cada ocupación (mg/m^3), o rangos de exposición anuales para cada ocupación (estimado a partir del valor mínimo y máximo de las concentraciones reportadas). Las estimaciones del nivel medio anual de exposición basado en los datos del servicio de prevención se realizó calculando la media geométrica de las mediciones y teniendo en cuenta el porcentaje de

horas de exposición por día de exposición y el porcentaje de días de exposición por año de exposición en cada ocupación (ambos datos procedentes de FINJEM). En el anexo 3 se resumen los datos de intensidad brindados por el servicio de prevención. Actualmente en España el valor límite de exposición ambiental diario a sílice cristalina es de 0,1 mg/m³ (VLA-ED). Sin embargo, recientemente se ha introducido una propuesta de modificación de este valor que lo reduce a 0,05 mg/m³ de exposición diario³⁶. Por ello, se utiliza este último como parámetro de referencia para comparar ocupaciones.

Se valoró el grado de confianza en las estimaciones de prevalencia y de intensidad de la exposición para cada ocupación, definido como la confiabilidad en dichas estimaciones en función de la calidad y disponibilidad de datos para las mismas. El grado de confianza se ha valorado en una escala entre 1 y 3, donde 1 (valor mínimo) corresponderá a un índice de confianza en la estimación bajo y 3 (valor máximo) significaría abundante información y de muy buena calidad para las correspondientes estimaciones en esa ocupación.

5. Resultados

5.1. Construcción del eje de ocupaciones

En el proceso de conversión de las ocupaciones expuestas a sílice en FINJEM del censo finlandés a CNO-94 (4 dígitos), el revisor A identificó 49 códigos CNO-94 y el revisor B 50 códigos CNO-94 (siempre a 4 dígitos). La comparación entre ambos revisores, arrojó un porcentaje de concordancia del 99,0% tal y como se muestra en la tabla 2. El coeficiente kappa (K) fue $K=0,94$ (intervalo de confianza al 95%, IC 95% 0,89-0,99), lo cual indica que el nivel de acuerdo entre ambos revisores fue casi perfecto. Luego del consenso entre ambos revisores se decidió excluir dos ocupaciones (códigos CNO-94 7741 y 8152), quedando un total de 50 ocupaciones CNO-94 identificadas como expuestas a sílice en FINJEM.

En el anexo 4 se analiza la coincidencia entre las ocupaciones expuestas a sílice incluidas en FINJEM ($n=50$) con las ocupaciones potencialmente expuestas identificadas con criterio higienista y revisión de la literatura ($n=71$), el porcentaje de concordancia fue de 91,9%.

El número de ocupaciones potencialmente expuestas a sílice incluidas en la matriz española, reuniendo ambas fuentes (FINJEM y revisión de literatura por el higienista), fue de 80, de las que 41 coincidieron en las dos fuentes, 9 procedían de FINJEM sin haber sido detectadas por el higienista y 30 fueron identificadas por el higienista sin aparecer en FINJEM. En el anexo 5 se presenta el listado de las 80 ocupaciones potencialmente expuestas para considerar en la construcción de la matriz empleo-exposición en España.

En el análisis de las fuentes de exposición en estas 80 ocupaciones identificadas, se excluyeron 22 ocupaciones en las que no se identificaron fuentes, de las cuáles 15 procedían de FINJEM y 7 del higienista, reduciéndose el listado a 58 ocupaciones potencialmente expuestas a sílice cristalina en España (24 identificadas por el higienista y 34 procedentes de FINJEM).

También en el anexo 5 se pueden apreciar las ocupaciones expuestas, luego de este análisis.

Posteriormente, a las ocupaciones potencialmente expuestas en España, se le aplicaron los criterios de inclusión establecidos en MatEmESp. En cuanto a prevalencia se excluyeron 13 ocupaciones, por no cumplir con el mínimo de trabajadores expuestos establecido (5%) (2 ocupaciones procedían de FINJEM y 11 identificadas por el higienista). En el anexo 6 se pueden observar las ocupaciones excluidas de MatEmESp por este criterio. A las 45 ocupaciones restantes se les aplicó el criterio de inclusión de intensidad excluyendo de MatEmESp 6 ocupaciones, por no cumplir con el nivel mínimo de intensidad establecido ($0,02 \text{ mg/m}^3$), una procedente de FINJEM y 5 identificadas por el higienista.

Por tanto, el eje de ocupaciones expuestas a sílice cristalina en MatEmESp queda conformado por 39 ocupaciones (30 procedentes de FINJEM y 9 identificadas por el higienista). En la figura 1 se resume el proceso de construcción de este eje.

5.2. Estimaciones para las celdas de la matriz

En la tabla 3 se presentan los resultados del proceso de estimación de la prevalencia e intensidad de exposición a sílice cristalina en las 39 ocupaciones incluidas en MatEmESp. Se incluye también en la tabla información sobre el grado de confianza en las estimaciones, las fuentes en las que se ha basado cada estimación y comentarios de interés relacionados con el proceso de estimación.

En relación con las estimaciones de prevalencia el grado de confianza fue alto (valor 3, escala 1-3) para el 74% de las ocupaciones evaluadas ($n=28$). En el 82% de las ocupaciones ($n=32$), la prevalencia de trabajadores expuestos en la correspondiente ocupación supera el 30%, y en este caso el grado de confianza en las estimaciones es alto (valor 3) en el 81% de las ocupaciones ($n=26$) (tabla 4). El 77% ($n=30$) de las estimaciones de prevalencia

corresponden a extrapolaciones de datos finlandeses, el 18% (n=7) proceden de estimaciones realizadas en otros países y el 5% (n=2) son estimaciones realizadas a partir de datos españoles.

En cuanto a las estimaciones de la intensidad de exposición, el grado de confianza en las mismas fue considerado como alto para el 54% (n=21) de las ocupaciones, siendo calificado como medio en el 38% (n=15) de las mismas. En el 46% de las ocupaciones (n=18) incluidas en MatEmESp los trabajadores están expuestos a un nivel medio anual de exposición por encima de 0,05 mg/m³ y el 18% de las ocupaciones (n=7) igualan o superan el límite actual vigente (0,1 mg/m³). El 44% (n=17) de las estimaciones de intensidad se realizaron con datos españoles, el 33% (n=13) con datos de otros países y el 23% (n=9) proceden de FINJEM.

Al analizar la prevalencia e intensidad de exposición de forma conjunta, se detectó que el 44% de las ocupaciones incluidas en MatEmESp (n=17), tienen una prevalencia de exposición alta y una media de exposición anual superior a 0,05 mg/m³ (anexo 7). De estas 17 ocupaciones, el 47% (n=8) presentan un alto grado de confianza tanto para la estimación de prevalencia como para la estimación de intensidad (anexo 8).

6. Discusión

Se han identificado 39 ocupaciones expuestas, de las cuales se estima con un alto grado de confianza que 28% (n=11) podrían estar superando los límites recomendables de exposición ($0,05 \text{ mg/m}^3$) y que 6 de estas 11 ocupaciones tienen una prevalencia de exposición (proporción de trabajadores expuestos) superior al 70%.

MatEmESp es una MEE de base poblacional que cuenta en su estructura con tres ejes (agentes, ocupaciones y periodos de tiempo) y caracteriza la exposición laboral a través de 2 indicadores: la proporción de trabajadores expuestos (prevalencia) y el nivel medio de exposición entre los expuestos (intensidad). Esta es la misma estructura de la matriz finlandesa (FINJEM) descrita por Kauppinen y colaboradores²². De hecho, FINJEM ha sido utilizada como una matriz base para el desarrollo de otras MEE de base poblacional en distintos países (principalmente nórdicos), modificándola según las diferencias existentes entre las exposiciones ocupacionales de los mismos²¹, este también ha sido el proceso seguido en España.

Sin embargo, una diferencia en el proceso de construcción de MatEmESp respecto a FINJEM y las matrices nórdicas, es que para el agente de interés no se ha podido realizar análisis de tendencia temporal, y aunque algunos países europeos, tales como: Francia²⁴, Alemania²⁵ y los mismos países nórdicos²¹, han comprobado que el nivel de intensidad de exposición a sílice ha disminuido a través del tiempo, en España se desconoce el comportamiento de este patrón (debido a la ausencia de datos disponibles). Por otra parte, estudios que han realizado este tipo de análisis han demostrado la eficacia de las medidas preventivas, pues el nivel de intensidad de exposición a sílice en fracción respirable, disminuye con la implementación de tecnologías para el control del polvo³⁵ y consecuentemente los casos de silicosis decrecen³⁷.

El valor del coeficiente kappa y el porcentaje de concordancia simple, indican que el proceso llevado a cabo para la transformación de ocupaciones permitió la congruencia entre los distintos revisores. Por otra parte, la comparación

entre los procesos de conversión de ocupaciones e higienista fungió como un criterio de calidad interno ya que de cierta forma permitió evaluar el juicio del higienista, pues si el valor del porcentaje de concordancia fuera muy bajo, esto podría suponer que el higienista no disponía de la información y documentación suficiente, o no había realizado la revisión necesaria para la detección de ocupaciones potencialmente expuestas, o bien, que la transformación de ocupaciones de FINJEM a CNO-94 no se ajustaba lo suficiente a las condiciones españolas. Así mismo, esta comparación de procesos permitió solventar posibles carencias en FINJEM.

Al incluir en el proceso de identificación de ocupaciones potencialmente expuestas a sílice el análisis de un higienista, se hizo un esfuerzo para que en la matriz quedaran identificadas como expuestas todas las ocupaciones que se consideran que estaban expuestas, y se excluyera de esta categoría las que realmente no tienen exposición. Con esta misma finalidad fue que se realizó el análisis de las fuentes de exposición por ocupación.

Las limitaciones de este estudio son la escasez de datos de España (hay pocos datos o estudios publicados que hagan referencia a exposiciones ocupacionales a sílice cristalina), el difícil acceso a los registros de evaluaciones de riesgos de las empresas (debido al carácter confidencial que poseen estos datos) y la inexistencia de un sistema de registro o control centralizado de las exposiciones a nivel nacional. Pese a ello, las MEE se pueden utilizar aún cuando el monitoreo ambiental es escaso³⁸, además la estimación de las características de exposición (prevalencia e intensidad) se fortaleció con datos provenientes de la revisión de la literatura y de otras matrices. Si bien es cierto, esta situación podría poner en tela de duda la validez de la MEE (los datos externos no reflejan necesariamente las condiciones de trabajo en España), esta situación se trata de subsanar al establecer niveles de confianza para las estimaciones llevadas a cabo.

Otra limitación es que la Clasificación Nacional de Ocupaciones es un sistema de clasificación administrativo, por lo que al realizar la recodificación de los códigos ocupacionales del país original de la matriz, al país en el que se quiere

aplicar, lo ideal es codificar con base a las tareas, sin embargo, en muchas ocasiones la opción viable es realizar una conversión directa³⁹. En MatEmESp se ha considerado esta sugerencia, por ello la transformación de códigos ocupacionales de Finlandia a España, se realizó buscando las equivalencias entre ocupaciones a través de la definición y la denominación ocupacional, así como la descripción de las principales tareas. Por otra parte, las evaluaciones de riesgos tienen sus propias limitaciones, ya que se suelen evaluar los puestos de trabajo más expuestos y estas mediciones no siempre tienen garantía de calidad (estas evaluaciones no representan necesariamente la exposición diaria del trabajador). Además se debe tener en cuenta que las estimaciones realizadas en este trabajo aplican para las ocupaciones codificadas según CNO-94 y no se deben interpretar a nivel individual del trabajador¹⁵ ya que en la matriz, la heterogeneidad de la exposición no es tenida en cuenta⁴⁰.

Dentro de las fortalezas se destaca que este es el primer estudio a nivel nacional y el mejor adaptado (en la medida de lo posible) a la situación en España. Además los valores estimados en el proceso están documentados y varios proceden de datos nacionales, detectando así ocupaciones donde hay exposición al agente contaminante que a veces es subestimada, tal y como sucede con las ocupaciones asociadas al sector agrícola y al sector de la cerámica, este último, recientemente ha suscitado polémica a nivel nacional por el aumento de casos detectados de silicosis en trabajadores de pequeñas empresas⁴¹.

Al analizar de manera conjunta la prevalencia, la intensidad y el grado de confianza, se obtiene cuáles son las ocupaciones donde hay certeza de una alta prevalencia e intensidad de exposición, información imprescindible para orientar políticas preventivas y lograr disminuciones relevantes de la exposición a sílice cristalina. Además desde un enfoque jurídico-profesional conviene identificar las ocupaciones con intensidades superiores al nuevo valor límite ambiental propuesto para España³⁶.

La MEE ofrece información útil y confiable para el desarrollo de futuros estudios en salud laboral. Además, el proceso de construcción del eje de ocupaciones detecta vacíos que pueden investigarse *a posteriori*, tales como las ocupaciones potencialmente expuestas a sílice (no incluidas en la matriz), o las ocupaciones donde no se disponía de datos españoles.

Finalmente, el procedimiento propuesto para construir una matriz empleo-exposición española (Proyecto MatEmESp) y las fuentes de información disponibles, permiten caracterizar las ocupaciones expuestas a sílice cristalina en España, lo que servirá para orientar políticas de prevención en salud laboral. Lo ideal sería llegar a establecer un mecanismo de sistematización de datos a nivel nacional que monitoree la exposición de la fuerza trabajadora, ello optimizaría la matriz española hasta transformarla en un sistema de información en salud laboral²².

7. Agradecimientos

Se agradece la colaboración del señor Miguel Ángel Alba Hidalgo, coordinador de higiene industrial en Cataluña de la Sociedad de Prevención Fremap, e integrante del grupo de investigación MatEmESp, con su ayuda se logró disponer de datos de evaluaciones higiénicas realizadas en España durante el periodo de interés, lo que permitió realizar el análisis de intensidad para algunas ocupaciones con datos nacionales.

Se agradece también la colaboración de la licenciada M^a Carmen González Galarzo, técnica en prevención de riesgos laborales e integrante del grupo de investigación MatEmESp, su ayuda durante el proceso de conversión de ocupaciones del censo finlandés a la Clasificación Nacional de Ocupaciones y su papel como revisora de dicha transformación, facilitó la identificación de las ocupaciones potencialmente expuestas procedentes de FINJEM.

Se agradece también al higienista industrial Rudolf van der Haar de la División de Prevención de MC-Mutual e integrante del grupo de investigación MatEmESp y a la doctora Ana María García del Instituto Sindical de Trabajo, Ambiente y Salud y coordinadora del grupo de investigación MatEmESp, quienes con su vasta experiencia y valiosa colaboración, enriquecieron tanto mis conocimientos, como este proyecto, convirtiéndose en dos valiosos pilares para el desarrollo del mismo.

A todos muchas gracias.

8. Bibliografía

1. Sanderson W, Steenland K, Deddens J. Historical Respirable Quartz Exposures of Industrial Sand Workers: 1946-1996. *Am J Ind Med.* 2000; 28: 389-398.
2. Calvert G, Steenland K, Palu S. End-stage renal disease among silica-exposed gold miners. *J Am Med Assoc.* 1997; 277: 1219-1223.
3. Steenland K, Goldsmith D. Silica exposure and autoimmune diseases. *Am J Ind Med.* 1995; 28: 603-608.
4. International Agency for Research on Cancer (IARC). Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. Silica, some silicates, coal dust and para-aramid fibrils Lyon, France: IARC 68; 1997.
5. Parker JE, Wagner GR. Silicosis. In Finklea J, Coppée G, Hunt V, Kraus R, Laurig W, Messite J, et al., editors. *Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo.* Cuarta edición ed. Ginebra; 1998. 10.48-10.52.
6. Kogevinas M, Maqueda J, De la Orden V, Fernández F, Kauppinen T, Benavides FG. Exposición a carcinógenos laborales en España: aplicación de la base de datos CAREX. *Arch Prev Riesgos Labor.* 2000; 3:153-159.
7. Kogevinas M, van der Haar R, Fernández F, Kauppinen T. Sistema de Información sobre Exposición Ocupacional a Cancerígenos en España en el año 2004. Barcelona: Instituto Municipal de Investigación Médica (IMIM), Unidad de Investigación Respiratoria y Ambiental; 2006.
8. Fedotov I, Eijkemans G. The ILO/WHO Global Programme for the Elimination of Silicosis (GPES). *GOHNET Newsletter.* 2007; 12: 1-3.
9. Plato N, Steineck G. Methodology and utility of a job-exposure matrix. *Am J Ind Med.* 1993; 23: 491-502.
10. Couch J, Petersen M, Rice C, Schubauer-Berigan M. Development of retrospective quantitative and qualitative job-exposure matrices for exposures at a beryllium processing facility. *Occup Environ Med.* 2011; 68: 361-365.
11. Delclos G, Gimeno D, Arif A, Burau K, Carson A, Lusk C, et al. Occupational Risk Factors and Asthma among Health Care Professionals. *Am J Respir Crit Care Med.* 2007; 175: 667-675.

12. Johnson J, Stewart W. Measuring work organization exposure over the life course with a job-exposure matrix. *Scand J Work Environ Health*. 1993; 19: 21-28.
13. Alguacil J, Porta M, Malats N, Kauppinen T, Kogevinas M, Benavides F, et al. Occupational exposure to organic solvents and K-ras mutations in exocrine pancreatic cancer. *Carcinogenesis*. 2002; 23: 101-106.
14. Navás-Acien A, Pollán M, Gustavsson P, Plato N. Occupation, Exposure to Chemicals and Risk of Gliomas and Meningiomas in Sweden. *Am J Ind Med*. 2002; 42: 214-227.
15. Hinds M, Kolonel L, Lee J. Application of a Job-Exposure Matrix to a Case-Control Study of Lung Cancer. *J Natl Cancer Inst*. 1985; 75: 193-197.
16. Pannett B, Coggon D, Acheson E. A job-exposure matrix for use in population based studies in England and Wales. *Br J Ind Med*. 1985; 42: 777-783.
17. Moulin I, Wild P, Romazini S, Lasfargues G, Peltier A, Bozec C, et al. Lung Cancer Risk in Hard-Metal Workers. *Am J Epidemiol*. 1998; 148: 241-248.
18. Kromhout H, Heederik D, Dalderup L, Kromhout D. Performance of two general job-exposure matrices in a study of lung cancer morbidity in the Zutphen cohort. *Am J Epidemiol*. 1992; 136: 698-711.
19. Stewart P, Blair A, Dosemeci M, Gomez M. Collection of exposure data for retrospective occupational epidemiologic studies. *Appl Occup Environ Hyg*. 1991; 6: 280-289.
20. Brouwers M, van Tongeren M, Hirst A, Bretveld R, Roeleveld N. Occupational exposure to potential endocrine disruptors: further development of a job exposure matrix. *Occup Environ Med*. 2009; 66: 607-614.
21. Kauppinen T, Heikkilä P, Plato N, Woldbæk T, Lenvik K, Hansen J, et al. Construction of job-exposure matrices for the Nordic Occupational Cancer Study (NOCCA). *Acta Oncol*. 2009; 48: 791-800.
22. Kauppinen T, Toikkanen J, Pukkala E. From Cross-Tabulations to Multipurpose Exposure Information Systems: A New Job-Exposure Matrix. *Am J Ind Med*. 1998; 33: 409-417.

23. Sieber W, Sundin D, Frazier T, Robinsosn C. Development Use and Availability of a Job Exposure Matrix Based on National Occupational Hazard Survey Data. *Am J Ind Med.* 1991; 20: 163-174.
24. Groupe de travail Matgéné. Présentation d'une matrice emplois-expositions aux poussières alvéolaires de silice cristalline libre. Saint-Maurice: Institut de veille sanitaire (InVS), Département santé travail (DST); 2010.
25. Bagschik U, Böckler M, Chromy W, Dahmann D, Gabriel S, Gese H, et al. BGIA-Report 8/2006e - Exposure to quartz at the workplace. Berlin: Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung; 2008.
26. Instituto Nacional de Estadística (INE). Sitio web del INE. [Online]. [cited 2011 Mayo 15]. Available from: <http://www.ine.es/> .
27. Cifuentes M, Boyer J, Lombardi D, Punnet L. Use of O*NET as a Job Exposure Matrix: A Literature Review. *Am J Ind Med.* 2010; 53: 898-914.
28. Scarselli A, Binazzi A, Marinaccio A. Occupational Exposure to Crystalline Silica: Estimating the Number of Workers Potentially at High Risk in Italy. *Am J Ind Med.* 2008; 51: 941-949.
29. Occupational Safety and Health Administration (OSHA). Sitio Web United States Department of Labor. [Online].; 2003 [cited 2011 Abril]. Available from: <http://www.osha.gov/Publications/osha3179.pdf> .
30. National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). Sitio Web Centers for Disease Control and Prevention. [Online].; 1999 [cited 2011 Abril]. Available from: http://www.bvsde.ops-oms.org/foro_hispano/NIOSH/mortero.pdf .
31. Bernaldes B, Alcaíno J, Solís R. Situación de Exposición Laboral a Sílice en Chile. *C&T.* 2008; 27: 1-6.
32. Swanepoel A, Rees D, Renton K, Swanwpoel C, Kromhout H, Gariner K. Quartz Exposure in Agriculture: Literature Review and South African Survey. *Ann Occup Hyg.* 2010; 54: 281-292.
33. Martínez C, Prieto A, García L, Quero A, González S, Casan P. Silicosis: a Disease with an Active Present. *Arch Bronconeumol.* 2010; 46: 97-100.
34. Instituto Nacional de Silicosis (INS). Resultado del estudio epidemiológico técnico – médico a fin de conocer la prevalencia de la silicosis y establecer la relación polvo – enfermedad Cataluña (provincia de Barcelona). Oviedo: Instituto Nacional de Silicosis; 2010.

35. Verma D, Vacek P, des Tombe K, Finkelstein M, Branch B, Gibbs G, et al. Silica Exposure Assessment in a Mortality Study of Vermont Granite workers. *J Occup Environ Hyg.* 2011; 8: 71-79.
36. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT). Límite de exposición profesional para agentes químicos en España. Madrid: INSHT, Ministerio de Trabajo e Inmigración; 2011.
37. Graham W, Costello J, Vacek P. Vermont Granite Mortality Study: An Update With an Emphasis on Lung Cancer. *J Occup Environ Med.* 2004; 46: 459-466.
38. London L, Myers J. Use of a crop and job specific exposure matrix for retrospective assessment of long term exposure in studies of chronic neurotoxic effects of agrichemicals. *Occup Environ Med.* 1998; 55: 194-201.
39. Mannelte A, Kromhout H. The use of occupation and industry classifications in general population studies. *Int J Epidemiol.* 2003; 32: 419-428.
40. Le Moual N, Bakke P, Orłowski E, Heederik D, Kromhout H, Kennedy S, et al. Performance of population specific job exposure matrices (JEMs): European collaborative analyses on occupational risk factors for chronic obstructive pulmonary disease with job exposure matrices (ECOJEM). *Occup Environ Med.* 2000; 57: 126-132.
41. Gorospe P. Sitio Web de El País. [Online].; 2010 [cited 2011 Junio 08]. Available from:
http://www.elpais.com/articulo/pais/vasco/Inspeccion/multa/casos/silicosis/subcontratas/prevencion/elpepiesppvs/20100402elpvas_2/Tes .

9. Tablas y Figuras

Tabla 1. Bibliografía consultada y utilización en los apartados del proceso de construcción del eje de ocupaciones

Autor, año [número de referencia]	País	Resultados de interés	Utilización durante el proceso
Scarselli, 2008 [28]	Italia	Estima niveles de alto riesgo de exposición en distintas actividades económicas	1 3
Sanderson, 2000 [1]	Estados Unidos	Brinda información referente a intensidad y porcentaje de trabajadores expuestos en sectores de arena industrial	3
Verma, 2011 [35]	Estados Unidos	Brinda datos de intensidad de exposición por ocupaciones	3
Matgéné, 2010 [24]	Francia	Brinda Datos de prevalencia de exposición	1 3
Kogevinas, 2006 [7]	España	Prevalencia de exposición por actividad económica	3
BGIA, 2008 [25]	Alemania	Información de exposición por ocupación y puesto de trabajo	1 2 3
Cifuentes, 2010 [27]	Estados Unidos	Utilización de O*NET para la valoración de riesgos	1
OSHA, 2003 [29]	Estados Unidos	Exposición en el sector construcción	2
NIOSH, 1999 [30]	Estados Unidos	Exposición en el sector construcción	2
Bernales, 2008 [31]	Chile	Exposición por actividad económica	2
IARC, 1997 [4]	Francia	Principales actividades en que los trabajadores se encuentran expuestos a sílice	2 3
Swanepoel, 2010 [32]	Sudáfrica	Revisión de la literatura de exposición a sílice en sector agrícola	2 3
Parker, 1998 [5]	Suiza	Descripción de la Silicosis y actividades económicas y tareas donde ocurre exposición	1 2
Sieber, 1991 [23]	Estados Unidos	Descripción de una matriz asociando ocupación-agente-industria. Y la aplicación NOES	2 3
Martínez, 2010 [33]	España	Serie de casos en una marmolería	2
INS, 2010 [34]	España	Exposición a sílice cristalina	2 3

1: Detección de ocupaciones potencialmente expuestas a sílice cristalina

2: Identificación de fuentes de exposición por ocupación

3: Estimación de datos de prevalencia y/o intensidad

Tabla 2. Comparación de las equivalencias entre los códigos del censo finlandés que aparecen como expuestos a sílice en FINJEM (n=23) y los códigos CNO-94 (n=482), según revisores

Equivalencia entre códigos, según revisor A	Equivalencia entre códigos, según revisor B			
	<i>No equivalentes</i>		<i>Equivalentes</i>	
	n	(%)	n	(%)
<i>No equivalentes</i>	430	(89,2)	3	(0,6)
<i>Equivalentes</i>	2	(0,4)	47	(9,8)
<i>% Concordancia *</i>	99,0%			

*Porcentaje de concordancia es la proporción de Equivalente/Equivalente más la proporción de No equivalente/No equivalente

Figura 1. Diagrama de ocupaciones expuestas a través de las diferentes fases del proceso de construcción del eje de ocupaciones

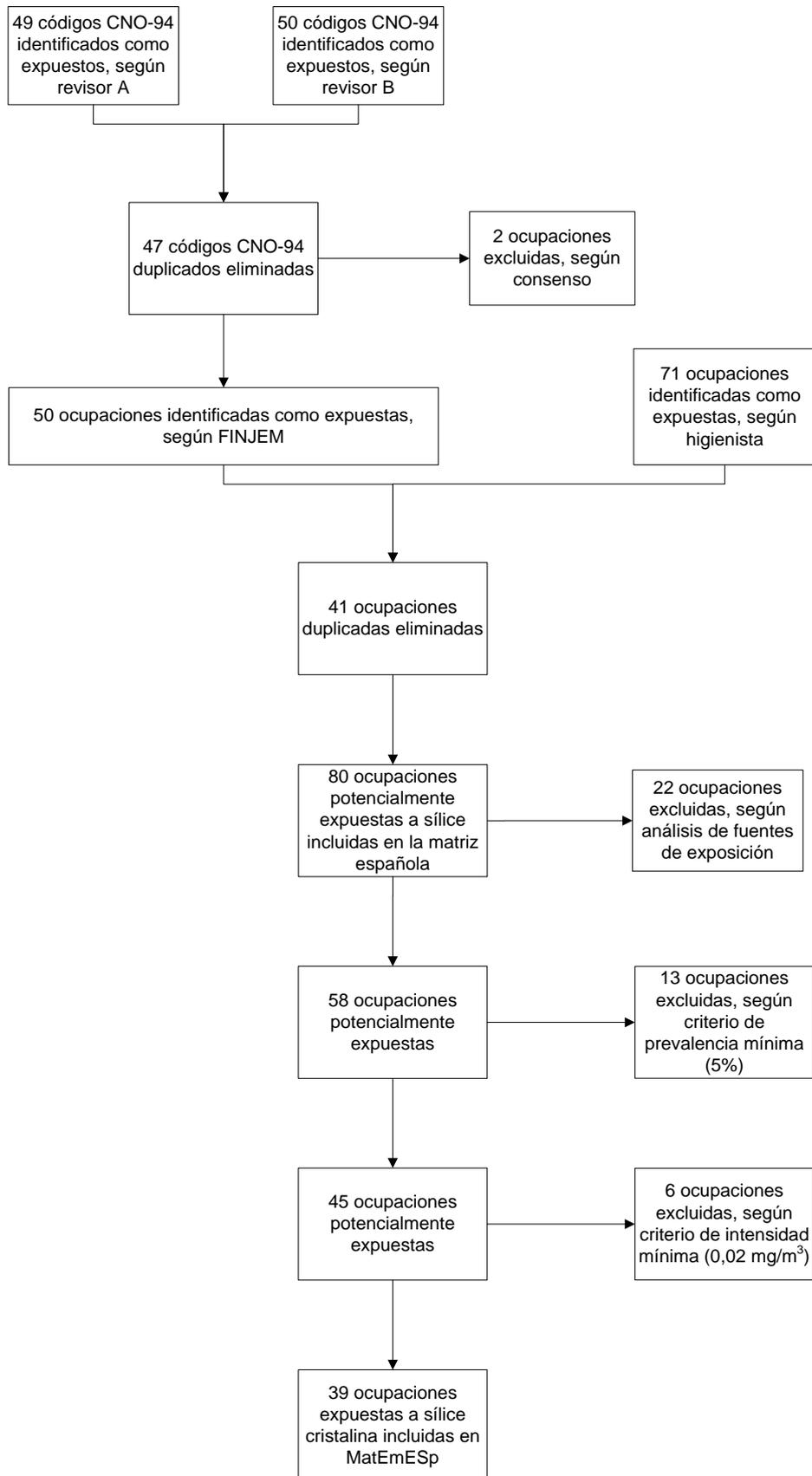


Tabla 3. Estimaciones de prevalencia e intensidad de exposición por ocupación, según fuente consultada y grado de confianza

Ocupación (CNO-94)		Prevalencia				Intensidad			
Código	Definición	Trabajadores expuestos (%)	Fuente	Grado de confianza	Comentarios	Media de exposición anual (mg/m ³)	Fuente	Grado de confianza	Comentarios
6011	Trabajadores cualificados por cuenta propia en actividades agrícolas, excepto en huertas, viveros y jardines	95	Propio, basado en literatura	3	El sector agrícola aparece en CAREX ¹ (Kogevinas, 2006) y Swanepoel, 2010 detecta exposición en agricultores	0,04	Swanepoel, 2010	2	Se asume que algunos sectores de España pueden estar expuestos (aquellos con tierras de composición arenosa). La exposición en todo caso dependerá de la morfología del terreno
6012	Trabajadores cualificados por cuenta propia en huertas, viveros y jardines	95	NOES ² (ocupación 486 asociada a servicios agrícolas)	3	El sector agrícola aparece en CAREX (Kogevinas, 2006) y Swanepoel, 2010 detecta exposición en agricultores	0,04	Swanepoel, 2010	2	Se asume que algunos sectores de España pueden estar expuestos (aquellos con tierras de composición arenosa). La exposición dependerá de la morfología del terreno
6021	Trabajadores cualificados por cuenta ajena en actividades agrícolas, excepto en huertas, viveros y jardines	95	Propio, basado en literatura	3	El sector agrícola aparece en CAREX (Kogevinas, 2006) y Swanepoel, 2010 detecta exposición en agricultores	0,04	Swanepoel, 2010	2	Se asume que algunos sectores de España pueden estar expuestos (aquellos con tierras de composición arenosa). La exposición en todo caso dependerá de la morfología del terreno
6022	Trabajadores cualificados por cuenta ajena en huertas, viveros y jardines	95	NOES (ocupación 486 asociada a servicios agrícolas)	3	El sector agrícola aparece en CAREX (Kogevinas, 2006) y Swanepoel, 2010 detecta exposición en agricultores	0,04	Swanepoel, 2010	2	Se asume que algunos sectores de España pueden estar expuestos (aquellos con tierras de composición arenosa). La exposición en todo caso dependerá de la morfología del terreno
6230	Trabajadores cualificados por cuenta ajena en actividades agropecuarias	95	NOES (ocupación 487 asociada a servicios agrícolas)	3	El sector agrícola aparece en CAREX (Kogevinas, 2006) y Swanepoel, 2010 detecta exposición en agricultores	0,04	Swanepoel, 2010	2	Se asume que algunos sectores de España pueden estar expuestos (tierras de composición arenosa). La exposición dependerá de la morfología del terreno

Ocupación (CNO-94)			Prevalencia			Intensidad			
Código	Definición	Trabajadores expuestos (%)	Fuente	Grado de confianza	Comentarios	Media de exposición anual (mg/m ³)	Fuente	Grado de confianza	Comentarios
7110	Albañiles y mamposteros	95	FINJEM ³	3	Coinciden tareas y fuentes de exposición y no hay razones para pensar que la exposición en España sea diferente	0,10	FINJEM	2	Pocos datos españoles y la intensidad de exposición para el subperiodo es 10 veces inferior al dato finlandés, para todo el periodo se asume valor finlandés
7120	Trabajadores en hormigón armado, enfoscadores, ferrallistas y asimilados	90	FINJEM	3	Coinciden tareas y fuentes de exposición y no hay razones para pensar que la exposición en España sea diferente	0,02-0,08	Datos FREMAP ⁴	3	Datos españoles y cercanos al valor estimado en Finlandia
7130	Carpinteros (excepto carpinteros de estructuras metálicas)	40-75	FINJEM	3	Coinciden tareas, fuentes de exposición y subperiodos de tiempo. No hay razones para pensar que la exposición en España sea diferente	0,02	Datos FREMAP	3	Datos españoles congruentes a datos finlandeses (no hay razón para suponer que la exposición pueda diferir en gran cantidad)
7140	Otros trabajadores de las obras estructurales de construcción	70	FINJEM	3	Coinciden tareas y fuentes de exposición y no hay razones para pensar que la exposición en España sea diferente	0,02-0,06	BGIA ⁵ ,2006/ FINJEM	2	No hay datos españoles, pero la estimación entre datos finlandeses y alemanes arroja resultados similares

Ocupación (CNO-94)			Prevalencia			Intensidad			
Código	Definición	Trabajadores expuestos (%)	Fuente	Grado de confianza	Comentarios	Media de exposición anual (mg/m ³)	Fuente	Grado de confianza	Comentarios
7210	Revocadores, escayolistas y estuquistas	70-95	FINJEM	2	No se acepta el dato de Finlandia pero se asume como referencia, con reservas, pues no es una ocupación que coincide exactamente con Finlandia. No obstante, las tareas que se realizan son similares En Finlandia no resulta expuesta la ocupación y en estimaciones españolas (CAREX) no se supera el 5% de prevalencia de exposición, pero se estima que puede haber exposición	0,10	FINJEM	1	Pocos datos españoles y no corresponden exactamente con la ocupación. Se acepta el valor de FINJEM, pero puede que la exposición sea menor
7230	Electricista de construcción y asimilados	5	CAREX España (Kogevinas, 2006)	2	Se agrega un intervalo pues hay sospechas muy razonables de que la prevalencia de exposición en España sea mayor que el 70% de los trabajadores dedicados a esta ocupación	0,06	BGIA,2006	2	Datos alemanes reflejan exposición en estas tareas. Se presume que en España puede haber una exposición similar
7250	Personal de limpieza de fachadas de edificios y deshollinadores	70-90	FINJEM	3		0,02-0,06	Datos FREMAP	3	Datos españoles y cercanos al valor estimado en Finlandia

Ocupación (CNO-94)		Prevalencia				Intensidad			
Código	Definición	Trabajadores expuestos (%)	Fuente	Grado de confianza	Comentarios	Media de exposición anual (mg/m ³)	Fuente	Grado de confianza	Comentarios
7292	Parqueteros, soladores y asimilados	95	FINJEM	3	No hay razones para pensar que la prevalencia de exposición en España sea diferente	0,07	Datos FREMAP	3	Datos estimados a partir de datos españoles y datos finlandeses
7421	Mineros, canteros y asimilados	95	FINJEM	3	No hay razones para pensar que la prevalencia de exposición en España sea diferente	0,03	Datos FREMAP	3	Datos españoles son congruentes con datos finlandeses
7422	Pegadores	95	FINJEM	3	No hay razones para pensar que la prevalencia de exposición en España sea diferente	0,03	Datos FREMAP	3	Datos españoles son congruentes con datos finlandeses
7423	Tronzadores, labrantes y grabadores de piedras	95	FINJEM	3	No hay razones para pensar que la prevalencia de exposición en España sea diferente. Coinciden tareas y fuentes de exposición	0,20	FINJEM	1	Datos españoles 10 veces inferiores al dato finlandés
7511	Moldeadores y macheros	95	FINJEM	3	No hay razones para pensar que la prevalencia de exposición en España sea diferente	0,03-0,08	Datos FREMAP	3	Datos españoles

Ocupación (CNO-94)		Prevalencia				Intensidad			
Código	Definición	Trabajadores expuestos (%)	Fuente	Grado de confianza	Comentarios	Media de exposición anual (mg/m ³)	Fuente	Grado de confianza	Comentarios
7731	Trabajadores de la cerámica, alfareros y asimilados	55-70	FINJEM	2	Se estima a partir de CAREX España y FINJEM. Además los casos nuevos reflejan que la prevalencia anda alrededor del 50% (Garospe, 2010) --> De 11 trabajadores, 6 silicóticos	0,10	Datos FREMAP	3	Datos españoles son congruentes con datos finlandeses
7732	Sopladores, modeladores, laminadores, cortadores y pulidores de vidrio	50	FINJEM	3	No hay razones para pensar que la prevalencia de exposición en España sea diferente. Coinciden tareas y fuentes de exposición	0,08	BGIA,2006/F INJEM	3	Datos alemanes son congruentes con datos finlandeses, aunque no hay datos españoles, no hay razones para suponer una exposición muy diferente
7733	Grabadores de vidrio	50	FINJEM	3	Coinciden tareas y fuentes de exposición. No hay razones para pensar que la prevalencia de exposición en España es diferente	0,07	Datos FREMAP	3	Datos españoles son muy cercanos a datos finlandeses, no hay razón para suponer diferencias considerables en la intensidad de exposición
7734	Pintores decoradores en vidrio, cerámica y otros materiales	30-50	FINJEM	2	Se estima a partir de NOES y FINJEM. Además los decoradores también hacen tareas que no conllevan exposición	0,07	Datos FREMAP	3	Datos españoles son congruentes con datos finlandeses

Ocupación (CNO-94)			Prevalencia			Intensidad			
Código	Definición	Trabajadores expuestos (%)	Fuente	Grado de confianza	Comentarios	Media de exposición anual (mg/m ³)	Fuente	Grado de confianza	Comentarios
8111	Operadores en instalaciones mineras	95	FINJEM	3	No hay razones para pensar que la prevalencia de exposición en España sea diferente	0,06	Datos FREMAP	3	Datos españoles son congruentes con datos finlandeses. Corroborados con el INS y este es ligeramente menor (estudio del 2010, ahora hay menos intensidad porque hay un menor ritmo de trabajo)
8112	Operadores en instalaciones para la preparación de minerales y rocas	40	FINJEM	3	No hay razones para pensar que la prevalencia de exposición en España sea diferente. Comparten tareas y fuentes de exposición En Finlandia se conoce que la prevalencia de exposición	0,03	Datos FREMAP	3	Datos españoles son congruentes con datos finlandeses. Corroborados con el INS y este es ligeramente menor (estudio del 2010, ahora hay menos intensidad porque hay un menor ritmo de trabajo)
8121	Operadores en hornos de minerales y en hornos de primera fusión de metales	70-80	FINJEM	2	descendió en un 10%. Se asume el dato para España por similitudes entre fuentes de exposición y tareas, pero no se conocen datos propios	0,02	Datos FREMAP	2	Datos españoles y alemanes muy concordantes entre sí, sin embargo Finlandia refleja una intensidad de exposición notablemente mayor
8122	Operadores en hornos de segunda fusión, máquinas de colar y moldear metales; operadores de trenes de laminación	20	CAREX España (Kogevinas, 2006)	2	Estimado a través de CAREX España, pero es para el sector (puede incluir fusión primaria de metales)	0,02	BGIA,2006	2	Aunque Finlandia no detecta esta ocupación, Alemania brinda datos de exposición que pueden resultar relevantes en España

Ocupación (CNO-94)		Prevalencia				Intensidad			
Código	Definición	Trabajadores expuestos (%)	Fuente	Grado de confianza	Comentarios	Media de exposición anual (mg/m ³)	Fuente	Grado de confianza	Comentarios
8131	Operadores de hornos de vidriería y cerámica y de máquinas similares	90	FINJEM	3	No hay razones para pensar que la prevalencia de exposición en España sea diferente y se comparten fuentes de exposición y tareas Se estima la prevalencia con base a datos finlandeses y porque NOES sugiere incluso	0,10	FINJEM	1	Dato asumido de FINJEM y no coincide del todo con las mediciones españolas (pocas mediciones españolas)
8139	Otros operadores en instalaciones para vidriería y cerámica	50	FINJEM	2	exposición media para mezcladores en vidrio (>10 y <30), pero Francia sugiere datos entre 40 y 50% para el sector Datos de prevalencia asumido de FINJEM, pero la fuente de exposición no coincide del todo (Según NOES la prevalencia entre los potencialmente expuestos puede ser alrededor del 30%)	0,07-0,10	Datos FREMAP	3	Aunque hay pocos datos los datos españoles y finlandeses se asemejan. No hay razón para pensar que la exposición pudiera ser muy diferente
8151	Operadores de máquinas quebrantadoras, trituradoras y mezcladoras de sustancias químicas	5	FINJEM	1		0,03	BGIA,2006	3	Aunque los datos proceden de Alemania no hay razones para suponer una intensidad de exposición muy diferente en España

Ocupación (CNO-94)			Prevalencia			Intensidad			
Código	Definición	Trabajadores expuestos (%)	Fuente	Grado de confianza	Comentarios	Media de exposición anual (mg/m ³)	Fuente	Grado de confianza	Comentarios
8155	Operadores de refinerías de petróleo y gas natural	5	FINJEM	3	Datos de prevalencia asumido de FINJEM. Además según NOES la prevalencia entre los potencialmente expuestos es alrededor del 5%	0,02-0,05	BGIA,2006	3	Datos similares y no hay razón para suponer grandes diferencias en España
8159	Otros operadores de instalaciones de tratamiento de productos químicos	5	FINJEM	2	Datos de prevalencia asumido de FINJEM, pero la fuente de exposición no coincide del todo. NOES sugiere una prevalencia de exposición ligeramente inferior al 5%	0,03	BGIA,2006/FINJEM	3	Dato similar entre Alemania y Finlandia, no hay razones para suponer diferencias en la exposición española
8311	Operadores de máquinas-herramienta	40-95	FINJEM	2	Datos de prevalencia asumido de FINJEM, pero la fuente de exposición no coincide del todo	0,02	BGIA,2006	2	Alemania brinda suficiente evidencia del nivel de exposición, pero no hay datos españoles para corroborarlo. Aún así se asume que la situación española será similar
8312	Operadores de maquinaria para fabricar productos derivados de minerales no metálicos	95	FINJEM	3	Las fuentes consultadas sugieren alta prevalencia en la fabricación de materiales de construcción	0,02-0,07	Datos FREMAP	3	Datos estimados a partir de datos españoles y similares a los finlandeses

Ocupación (CNO-94)		Prevalencia				Intensidad			
Código	Definición	Trabajadores expuestos (%)	Fuente	Grado de confianza	Comentarios	Media de exposición anual (mg/m ³)	Fuente	Grado de confianza	Comentarios
8323	Operadores de máquinas pulidoras, galvanizadoras y recubridoras de metales	5	FINJEM	1	No hay datos propios de la ocupación. Se estima a partir del análisis realizado entre CAREX y NOES para sectores de actividad económica, asociados a la ocupación	0,03	BGIA,2006/FINJEM	3	Datos estimados a partir de Alemania, pero similares a los de Finlandia
8329	Otros operadores de máquinas para fabricar productos químicos	5	FINJEM	3	La descripción de la ocupación CNO-94 hace referencia a procesos que entrañan exposición. Quizás la prevalencia de exposición incluso sea ligeramente superior	0,02	BGIA,2006/FINJEM	2	Datos estimados a partir de Alemania, pero similares a los de Finlandia. No se conoce si en España se redujo la exposición (tal y cual el caso de Alemania) o si se mantiene constante (como en Finlandia)
9410	Peones agrícolas	50	Propio basado en literatura	3	El sector agrícola aparece en CAREX (Kogevinas, 2006) y Swanepoel, 2010 detecta exposición en agricultores	0,04	Swanepoel, 2010	2	Se asume que algunos sectores de España pueden estar expuestos (aquellos con tierras de composición arenosa). La exposición en todo caso dependerá de la morfología del terreno
9430	Peones agropecuarios	50	Propio basado en literatura	3	El sector agrícola aparece en CAREX (Kogevinas, 2006) y Swanepoel, 2010 detecta exposición	0,04	Swanepoel, 2010	2	Se asume que algunos sectores de España pueden estar expuestos. La exposición dependerá de la morfología del terreno

Ocupación (CNO-94)		Prevalencia				Intensidad			
Código	Definición	Trabajadores expuestos (%)	Fuente	Grado de confianza	Comentarios	Media de exposición anual (mg/m ³)	Fuente	Grado de confianza	Comentarios
9500	Peones de la minería	50	FINJEM	3	No hay razones para suponer que la exposición en España es diferente (corroborado a través de CAREX España)	0,10	INS ⁶ ,2010	2	No hay razones para suponer que la exposición en España es 5 veces menor que en Finlandia (datos difieren mucho)
9601	Peones de obras públicas y mantenimiento de carreteras, presas y construcciones similares	60	FINJEM	3	No hay razones para suponer que la exposición en España es diferente	0,05	BGIA,2006	3	No hay razones para suponer que la exposición en España sea diferente
9602	Peones de la construcción de edificios	70	FINJEM	3	No hay razones para suponer que la exposición en España es diferente	0,02	Datos FREMAP	3	Datos españoles congruentes con Finlandia y Alemania (BGIA, 2006 --> concrete work, mobile)

¹Carex: Estudio que estima prevalencias de exposición por sector económico a agentes contaminantes con potencial cancerígeno en España

²NOES: National Occupational Exposure Survey (estima prevalencias de exposición a distintos agentes contaminantes por ocupación en Estados Unidos)

³FINJEM: Matriz empleo-exposición finlandesa

⁴FREMAP: Servicio de prevención que brindó los datos de mediciones higiénicas realizadas en España

⁵BGIA:Informe alemán de exposición a sílice en el lugar de trabajo

⁶INS: Instituto Nacional de Silicosis, España

Tabla 4. Distribución de la prevalencia de exposición a sílice en las ocupaciones incluidas en MatEmESp, según grado de confianza en las estimaciones (número total de ocupaciones en la matriz=39).

Prevalencia de Exposición	Grado de confianza para la estimación (en función de la calidad y disponibilidad de los datos)					
	<i>Bajo</i>		<i>Medio</i>		<i>Alto</i>	
	n	(%)	n	(%)	n	(%)
<i>Baja</i> ¹	2	(5)	2	(5)	2	(5)
<i>Media</i> ²	0	(0)	1	(3)	0	(0)
<i>Alta</i> ³	0	(0)	6	(15)	26	(67)

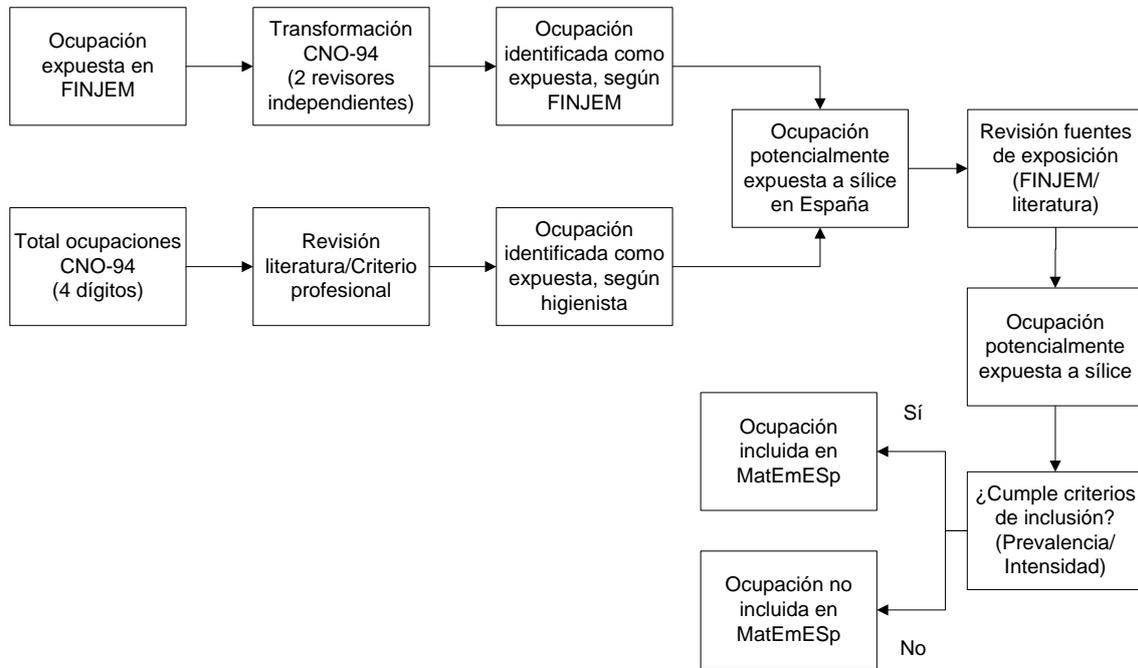
¹Al menos el 10% de los trabajadores se encontraban expuestos

²Entre el 10% y el 30% de los trabajadores se encontraban expuestos

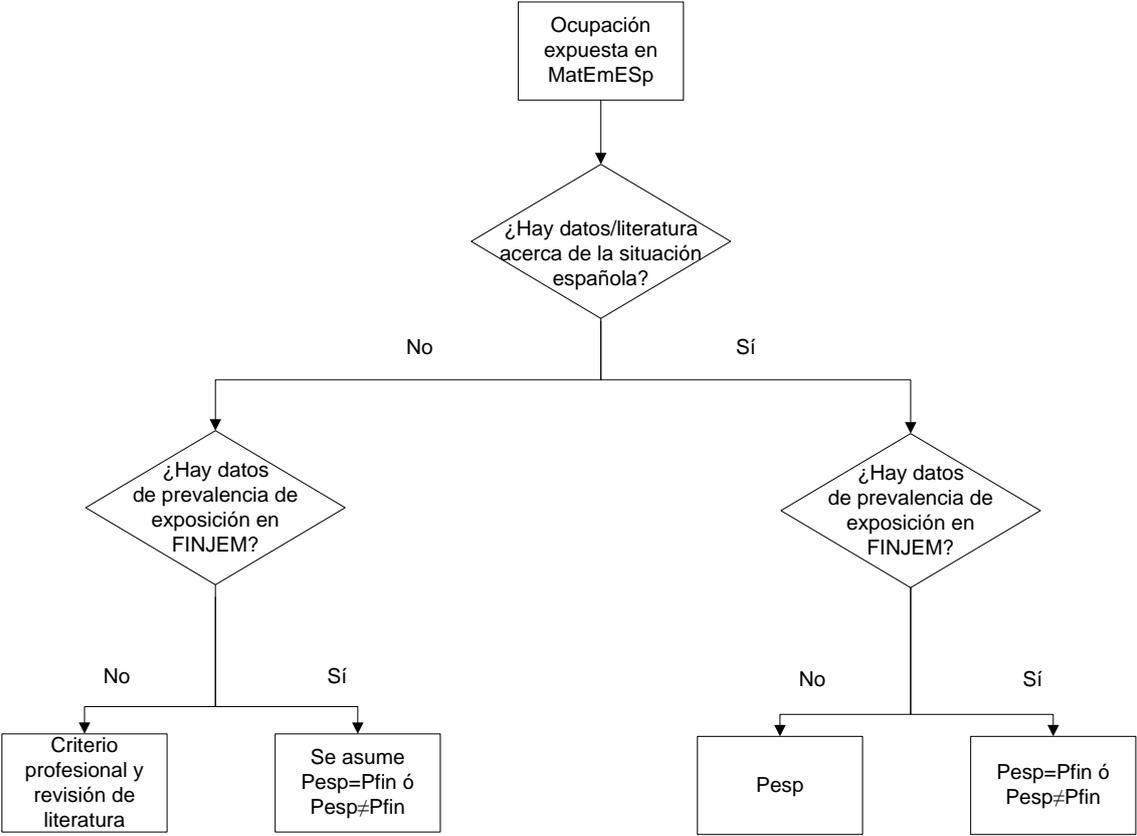
³Más del 30% de los trabajadores se encontraban expuestos

10. Anexos

Anexo 1. Proceso de construcción del eje de ocupaciones expuestas a sílice cristalina en MatEmESp



Anexo 2. Proceso para la estimación de la prevalencia de exposición a sílice en las ocupaciones incluidas en MatEmESp



Pfin: Prevalencia de exposición Finlandia
Pesp: Prevalencia de exposición España

Anexo 3. Datos disponibles sobre intensidad de la exposición a sílice, procedentes de mediciones ambientales en empresas españolas por puesto de trabajo/actividad

Puesto de trabajo/Actividades	Código de las ocupaciones CNO-94 (4 dígitos) asociadas al puesto de trabajo	Cantidad de datos	Media geométrica (mg/m ³)	Desviación geométrica estándar
Albañil	7110-7130-7210-7292	4	0,01	2,08
Artillero de cantera	7421-7422	10	0,03	5,92
Corte y pulido de piedra	7423	2	0,02	1,20
Elaboración pieza de fundición hornero.	8121	10	0,02	4,73
Encargado cantera	7410-8010	10	0,03	5,89
Encargado mina	7410-8010	3	0,01	2,98
Esmaltador piezas cerámicas.	7733-7734-8139	10	0,07	2,80
Fabricación de barbotina (cuarzo, fel)	7731-8139	1	0,07	NC*
Fabricación piezas cerámicas	7731-8139	2	0,01	1,04
Hornero prod. Cerámicos	7731-8131	3	0,02	5,40
Limpieza fachadas	7250	10	0,12	4,38
Machero manual método carbónico	7511	10	0,03	2,98
Molido de piedra en cantera	8112	10	0,03	2,28
Operario marmolista acabados en obra	7292	1	0,04	NC*
Operario sonda de perforación	8111-8113	9	0,01	5,30
Perforista, utiliza carro perforador	8111-8541	10	0,40	2,27
Preparación hormigón	8312	4	0,01	2,20
Pulido de piezas colocación mármol	7292	5	0,05	2,47
Trabajos con hormigón armado	7120-8312-9602	4	0,02	4,99

*NC: No se puede calcular, pues solo se reporta una medición

Anexo 4. Ocupaciones (códigos CNO-94 a 4 dígitos) potencialmente expuestas a sílice cristalina identificadas en FINJEM e identificadas por el higienista

Ocupación potencialmente expuesta, según FINJEM	Ocupación potencialmente expuesta, según higienista			
	No		Sí	
	n	(%)	n	(%)
No	402	83,4	30	6,2
Sí	9	1,9	41	8,5
<i>% Concordancia*</i>	91,9%			

*Porcentaje de concordancia es la proporción de Sí/Sí más la proporción de No/No

Anexo 5. Listado de ocupaciones potencialmente expuestas a sílice cristalina en España.*

Código (CNO-94)	Definición	Código (CNO-94)	Definición
1403	Gerencia de empresas de construcción con menos de 10 asalariados	7713	Joyereros, orfebres y plateros
2055	Ingenieros químicos	7722	Estereotipadores y galvanotipistas
2613	Profesionales en ciencias químicas	7731	Trabajadores de la cerámica, alfareros y asimilados
2652	Ingenieros técnicos en electricidad	7732	Sopladores, modeladores, laminadores, cortadores y pulidores de vidrio
2653	Ingenieros técnicos en electrónica y telecomunicaciones	7733	Grabadores de vidrio
2655	Ingenieros técnicos químicos	7734	Pintores decoradores en vidrio, cerámica y otros materiales
2656	Ingenieros técnicos de minas y metalurgia	7741	Artesanos en madera y materiales similares
3024	Técnicos en electrónica y telecomunicaciones	8010	Encargados en instalaciones mineras
3026	Técnicos en química industrial	8020	Encargados en instalaciones de procesamiento de metales
3027	Técnicos en metalurgia y minas	8030	Encargados de taller de vidriería, cerámica y asimilados
6011	Trabajadores cualificados por cuenta propia en actividades agrícolas, excepto en huertas, viveros y jardines	8050	Jefes de equipo en instalaciones de tratamiento químico
6012	Trabajadores cualificados por cuenta propia en huertas, viveros y jardines	8111	Operadores en instalaciones mineras
6021	Trabajadores cualificados por cuenta ajena en actividades agrícolas, excepto en huertas, viveros y jardines	8112	Operadores en instalaciones para la preparación de minerales y rocas
6022	Trabajadores cualificados por cuenta ajena en huertas, viveros y jardines	8113	Sondistas y trabajadores asimilados
6220	Trabajadores cualificados por cuenta propia en actividades forestales y asimilados	8121	Operadores en hornos de minerales y en hornos de primera fusión de metales
6230	Trabajadores cualificados por cuenta ajena en actividades agropecuarias	8122	Operadores en hornos de segunda fusión, máquinas de colar y moldear metales; operadores de trenes de laminación
7010	Encargados y jefes de equipo en obras estructurales de la construcción	8123	Operadores en instalaciones de tratamiento térmico de metales
7020	Jefes de taller y encargados de trabajadores de acabado de edificios	8124	Operadores de máquinas trefiladoras y estiradoras de metales
7110	Albañiles y mamposteros	8131	Operadores de hornos de vidriería y cerámica y de máquinas similares
7120	Trabajadores en hormigón armado,	8139	Otros operadores en

	enfoscadores, ferrallistas y asimilados		instalaciones para vidriería y cerámica
7130	Carpinteros (excepto carpinteros de estructuras metálicas)	8151	Operadores de máquinas quebrantadoras, trituradoras y mezcladoras de sustancias químicas
7140	Otros trabajadores de las obras estructurales de construcción	8153	Operadores de equipos de filtración y separación de sustancias químicas
7210	Revocadores, escayolistas y estuquistas	8154	Operadores de equipos de destilación y reacción química (excepto tratamiento del petróleo y gas natural)
7220	Fontaneros e instaladores de tuberías	8155	Operadores de refinerías de petróleo y gas natural
7230	Electricista de construcción y asimilados	8159	Otros operadores de instalaciones de tratamiento de productos químicos
7250	Personal de limpieza de fachadas de edificios y deshollinadores	8210	Encargado de operadores de máquinas para trabajar metales
7291	Techadores	8220	Encargado de operadores de máquinas para fabricar productos químicos
7292	Parqueteros, soladores y asimilados	8311	Operadores de máquinas-herramienta
7293	Instaladores de material aislante térmico y de insonorización	8312	Operadores de maquinaria para fabricar productos derivados de minerales no metálicos
7299	Otros trabajadores diversos de acabado de construcciones	8321	Operadores de máquinas para fabricar productos farmacéuticos y cosméticos
7310	Jefes de taller y encargados de moldeadores, soldadores, montadores de estructuras metálicas y afines	8322	Operadores de máquinas para fabricar municiones y explosivos
7410	Encargados y capataces de la minería	8323	Operadores de máquinas pulidoras, galvanizadoras y recubridoras de metales
7421	Mineros, canteros y asimilados	8329	Otros operadores de máquinas para fabricar productos químicos
7422	Pegadores	8530	Operadores de maquinaria agrícola móvil
7423	Tronzadores, labrantes y grabadores de piedras	8541	Conductores de maquinaria de movimientos de tierras y equipos similares
7511	Moldeadores y macheros	9410	Peones agrícolas
7513	Chapistas y caldereros	9430	Peones agropecuarios
7516	Buzos	9500	Peones de la minería
7711	Relojeros y mecánicos de instrumentos de precisión	9601	Peones de obras públicas y mantenimiento de carreteras, presas y construcciones similares
7712	Constructores y afinadores de instrumentos musicales	9602	Peones de la construcción de edificios

*Las ocupaciones resaltadas en negrita son las ocupaciones que permanecen identificadas como potencialmente expuestas luego del análisis por fuentes de exposición y las ocupaciones no resaltadas en negrita son las ocupaciones que se excluyen luego de dicho análisis

Anexo 6. Listado de ocupaciones excluidas de MatEmESp por no cumplir con el criterio de inclusión de prevalencia (ocupaciones en las que el porcentaje de trabajadores expuestos a un nivel de 0,02 mg/m³ de sílice cristalina era menor que 5%).

Código (CNO-94)	Definición
2055	Ingenieros químicos
2613	Profesionales en ciencias químicas
2652	Ingenieros técnicos en electricidad
2653	Ingenieros técnicos en electrónica y telecomunicaciones
2655	Ingenieros técnicos químicos
3024	Técnicos en electrónica y telecomunicaciones
3026	Técnicos en química industrial
7293	Instaladores de material aislante térmico y de insonorización
7299	Otros trabajadores diversos de acabado de construcciones
7741	Artesanos en madera y materiales similares
8153	Operadores de equipos de filtración y separación de sustancias químicas
8154	Operadores de equipos de destilación y reacción química (excepto tratamiento del petróleo y gas natural)
8530	Operadores de maquinaria agrícola móvil

Anexo 7. Listado de ocupaciones con prevalencia de exposición (proporción de trabajadores expuestos) superior al 30% y una media de exposición anual superior a 0,05 mg/m³.

Código (CNO-94)	Definición
7110	Albañiles y mamposteros
7120	Trabajadores en hormigón armado, enfoscadores, ferrallistas y asimilados
7140	Otros trabajadores de las obras estructurales de construcción
7210	Revocadores, escayolistas y estuquistas
7250	Personal de limpieza de fachadas de edificios y deshollinadores
7292	Parqueteros, soladores y asimilados
7423	Tronzadores, labrantes y grabadores de piedras
7511	Moldeadores y macheros
7731	Trabajadores de la cerámica, alfareros y asimilados
7732	Sopladores, modeladores, laminadores, cortadores y pulidores de vidrio
7733	Grabadores de vidrio
7734	Pintores decoradores en vidrio, cerámica y otros materiales
8111	Operadores en instalaciones mineras
8131	Operadores de hornos de vidriería y cerámica y de máquinas similares
8139	Otros operadores en instalaciones para vidriería y cerámica
8312	Operadores de maquinaria para fabricar productos derivados de minerales no metálicos
9500	Peones de la minería

Anexo 8. Listado de ocupaciones con prevalencia de exposición (porcentaje de trabajadores expuestos) superior al 30%, una media de exposición anual superior a 0,05 mg/m³ y un alto grado de confianza para las estimaciones de la exposición (prevalencia e intensidad)

Código (CNO-94)	Definición
7120	Trabajadores en hormigón armado, enfoscadores, ferrallistas y asimilados
7250	Personal de limpieza de fachadas de edificios y deshollinadores
7292	Parqueteros, soladores y asimilados
7511	Moldeadores y macheros
7732	Sopladores, modeladores, laminadores, cortadores y pulidores de vidrio
7733	Grabadores de vidrio
8111	Operadores en instalaciones mineras
8312	Operadores de maquinaria para fabricar productos derivados de minerales no metálicos