

EVALUACIÓN DE LA EXPOSICIÓN LABORAL A SÍLICE EN EMPRESAS DE
DIFERENTES SECTORES ECONÓMICOS EN COLOMBIA.

Assessment of the occupational exposure to silica in companies of different economic sectors in
Colombia.

Ing. Eilhen Páez Santofimio¹, PhD. Marcela Eugenia Varona¹, MsC Gilma Hernández
Herrera¹,

¹ Universidad del Rosario, Bogotá, Colombia

RESUMEN

Introducción: La sílice es un elemento de fácil aprovechamiento y por sus características fisicoquímicas ha sido ampliamente empleado en la industria como objetivo, materia prima o subproducto que genera silicosis en los trabajadores que han estado expuestos a polvo de sílice a través de los años y es una enfermedad que progresa incluso cuando la exposición cesa.

La silicosis es conocida como una enfermedad de alta e histórica incidencia y prevalencia a nivel mundial, por lo que es necesario evaluar la exposición laboral a sílice (fracción respirable) en empresas pertenecientes a diferentes sectores económicos que están afiliadas una ARL en Colombia, para contribuir con información diagnóstica actualizada en diferentes regiones y en variadas actividades económicas.

Objetivos: Evaluar la exposición laboral a sílice y el nivel de riesgo en empresas afiliadas a una ARL de acuerdo con su ubicación geográfica, actividad económica, área de trabajo, cargo y relacionar las medidas de control empleadas en cada empresa.

Materiales y métodos: Se llevó a cabo un estudio de corte transversal sobre 239 mediciones de higiene industrial de 159 empresas de diferentes actividades través de la asociación de variables ocupacionales con las características de la exposición a sílice. Las variables cuantitativas fueron calculadas empleando medidas de tendencia central como media y mediana y medidas de dispersión como rango y desviación estándar con sus correspondientes coeficientes de variación. El nivel máximo permisible o TLV

establecido de acuerdo con los parámetros señalados por la Conferencia Americana de Higienistas Industriales Gubernamentales (ACGIH en inglés) y empleado en este estudio para sílice cristalina, fue de 0,025 mg/m³.

Resultados:

Las actividades económicas que reportaron las mayores concentraciones corregidas a condiciones estándar de polvo de sílice fueron: la minería y actividades Extractivas con 6,340 mg/m³, el mantenimiento industrial, montajes electromecánicos y civiles con 1,312 mg/m³, la maquinaria, metalmecánica, electrodomésticos y equipos con 0,096 mg/m³ y la construcción con 0,702 mg/m³;

Discusión: Se realizó un análisis segmentado en dos grupos A y B de acuerdo con el tiempo de medición, se encontró que para el índice de riesgo en ambos grupos indican una sobre-exposición de los trabajadores a niveles críticos, razón por la cual es necesario generar una estrategia de intervención que permita disminuir a tiempo las concentraciones de sílice en las áreas de trabajo y así reducir la exposición de los trabajadores.

PALABRAS CLAVE: Sílice, Exposición laboral, riesgo laboral.

ABSTRACT

Introduction: Silica is an element of easy exploitation and due to its physicochemical characteristics has been widely used in industry as a target, raw material or byproduct that generates silicosis in workers who have been exposed to silica dust through the years and is a disease that progresses even when exposure ceases.

Silicosis is known as a disease of high and historical incidence and prevalence worldwide, that why it is necessary to evaluate occupational exposure to silica (respirable fraction) in companies of different economic sectors that are affiliated to an ARL in Colombia, to contribute with updated in different regions of Colombia and in various economic activities diagnostic information.

Objectives: To assess occupational exposure to silica and the level of risk in an ARL affiliated companies according to their geographical location, economic activity, work area, position and relate the control measures employed in each company.

Materials and Methods: A cross-sectional study of 239 industrial hygiene measurements of 159 companies from different activities through the association of occupational variables with the characteristics of silica exposure was carried out.

Results: The activities reported higher concentrations of silica were: mining and quarrying 6,340mg / m³, industrial maintenance, electromechanical and civil assemblies, machinery 1.312 mg / m³, metal, appliances and equipment 0.096 mg / m³ and Construction 0.702 mg / m³ also work areas and professions associated with these activities were classified at a level of critical risk.

Discussion: A segmented analysis into two groups A and B according to the measurement time was performed, it was found that for the risk index in both groups indicate an over-exposure of workers to critical levels, why is necessary to generate a strategy intervention to decrease time silica concentrations in work areas and reduce the exposure of workers.

KEYWORDS: Silica, Occupational exposure, Occupational risk

INTRODUCCIÓN

La sílice es un material que se encuentra con abundancia en la corteza terrestre, en sus formas cristalinas y no cristalinas, la forma cristalina de la sílice se conoce comúnmente como Cuarzo y sus variedades son: la cristobalita, la keatita, la coesita, la tridimita y la moganita que se encuentran en rocas volcánicas y en el suelo y pueden ser producidas o generadas como subproductos en algunas industrias [1].

La diversificación en las actividades económicas ha traído consigo la incorporación de nuevos procesos, materias primas y por ende riesgos laborales. La sílice es un elemento de fácil aprovechamiento y por sus características fisicoquímicas ha sido ampliamente

empleado en la industria como objetivo, materia prima o subproducto en actividades como: explotación minera, fabricación de cemento, limpieza abrasiva, construcción, plásticos, metalurgia, manufacturera, químicos, alimentos, cerámica e hidrocarburos entre otros [2], donde la emisión de material con partículas de sílice (fracción respirable) da lugar al desarrollo de enfermedades respiratorias como la neumoconiosis, la antracosis, la silicosis, tuberculosis y el cáncer de pulmón. La silicosis se presenta en los trabajadores que han estado expuestos a través de los años [3] y es una enfermedad que progresa incluso cuando la exposición cesa [4]. Adicionalmente, en los trabajadores diagnosticados con silicosis crónica la probabilidad de desarrollar Tuberculosis [5] es tres veces mayor que para aquellos que no padecen de esta enfermedad, asimismo, hay mayor probabilidad de desarrollar enfermedades autoinmunes y renales debido a la nefrotoxicidad de la sílice [6], por lo que la mejor estrategia para proteger a los trabajadores expuestos es la reducción paulatina a la exposición laboral.

De acuerdo con la Organización Internacional del Trabajo (OIT) las enfermedades respiratorias han tenido gran incidencia en los trabajadores, convirtiéndose la silicosis, la asbestosis y la neumoconiosis de los mineros, en las enfermedades de origen laboral de gran impacto por su carácter incurable, irreversible e incapacitante [3]. En Turquía (2009) en 60 trabajadores de distintas fábricas de pantalones de mezclilla (denim) con historial de exposición a sílice, se demostró la incidencia de silicosis inducida ya que se diagnosticó con radiografías de tórax que 44 tenían silicosis, lo que representa el 73.3% de los pacientes evaluados [7]. En el estado de Vermont, Estados Unidos, se llevó a cabo un estudio en la industria del granito donde en una cohorte estudiada desde el año 1947 hasta el año 1998 se demostró una clara relación entre la exposición a sílice y las muertes por silicosis; entre los trabajadores de la industria se detectó una alta prevalencia en la morbilidad y mortalidad por enfermedades respiratorias entre sus trabajadores lo que llevó a las autoridades federales a vigilar la exposición de los trabajadores a sílice y a adoptar los primeros límites de exposición [8]

En Tanzania, durante el 2014 se desarrolló un estudio de exposición a polvo de sílice en la minería de oro artesanal a cielo abierto y de socavón a través de la toma de muestras personales y de área, se encontró que la media de exposición a polvo de sílice fue de $1.4\text{mg}/\text{m}^3$; lo cual comparado con un estudio similar realizado en China en donde se encontró una prevalencia de silicosis del 29.1% entre 597 trabajadores evaluados [9] permite inferir que los trabajadores de las actividades artesanales de minería están expuestos a altas concentraciones de polvo de sílice por lo cual se encuentran en alto riesgo de desarrollar silicosis u otras enfermedades pulmonares relacionadas si no se aplican controles en las áreas de trabajo y se reduce la exposición [10].

En Colombia el comportamiento de la silicosis no es diferente, en el país se considera un tema de salud pública debido al alto costo del diagnóstico, seguimiento y tratamiento de la enfermedad, además de la capacidad asociada que conlleva a indemnizaciones y pensiones por invalidez [11]. Debido a la importancia y al crecimiento en los últimos años del sector minero se ha conllevado a la ejecución de investigaciones sobre la exposición a polvo de sílice en ese sector, Un estudio de año 2015 que se desarrolló en el departamento de Cundinamarca en 215 trabajadores de 11 empresas que se dedicaban a la minería de socavón, donde de acuerdo con los criterios de la OIT, se confirmó la presencia de neumoconiosis en 80 trabajadores denotando una prevalencia del 44,4% de neumoconiosis, [12]. Otro estudio ejecutado en los departamentos de Cundinamarca y Boyacá en 447 trabajadores pertenecientes a empresas de minería subterránea de carbón mostró que la prevalencia de neumoconiosis en la población estudiada fue del 42.3% en Cundinamarca y de 29.9% en Boyacá, un número muy cercano al encontrado por el estudio anterior y coincide con las condiciones consideradas ya que la incidencia de la enfermedad está ligada al tiempo que los trabajadores llevan desarrollando su oficio, en este caso más 25 años [13]. Estos datos corroboran la relevancia que tiene la neumoconiosis como enfermedad de salud pública, sin embargo, se carece de datos históricos [14] de prevalencia que permitan

ajustar las políticas públicas y privadas para una estrategia de prevención adecuada, con miras a reducir los altos índices que estudios recientes han empezado a reportar.

A partir de la publicación del informe de enfermedad ocupacional [15], la Guía de atención Integral Basada en la Evidencia para neumoconiosis [11] y actualmente bajo el marco del Plan Nacional Para La Prevención De La Silicosis, La Neumoconiosis De Los Mineros De Carbón Y La Asbestosis 2010 – 2030 [16], se identificaron las enfermedades profesionales con mayor prevalencia en el país de acuerdo con los diagnósticos reportados por las Administradoras de Riesgos Laborales (ARL) y diferentes empresas del sector privado entre las cuales está la silicosis, que es conocida como una enfermedad de alta e histórica incidencia y prevalencia a nivel mundial, que hace necesario evaluar la exposición laboral a Sílice (fracción respirable) en empresas pertenecientes a diferentes sectores económicos que están afiliadas una ARL en Colombia, para contribuir con información diagnóstica actualizada en diferentes regiones de Colombia y en variadas actividades económicas, que permita dilucidar el estado actual a la exposición por parte de los trabajadores y realizar un acercamiento a opciones de control y mejora continua. La incidencia de neumoconiosis reportada por estudios recientes supera el 40% [13] [14] cifra que merece la atención de las autoridades en materia de salud y seguridad en el trabajo, de las empresas, de los investigadores y del público en general.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se desarrolló un estudio de corte transversal empleando una fuente de datos secundaria suministrada por una Aseguradora de Riesgos Laborales ARL que contiene los resultados de 239 mediciones de higiene industrial realizadas durante los años 2012 a 2014 en 159 empresas de diversas actividades económicas ubicadas en 21 departamentos de Colombia.

Las variables incluidas en el estudio fueron de tipo laboral como ubicación geográfica de la empresa, actividad económica, el área donde se llevó a cabo la muestra de higiene industrial, el cargo u oficio relacionado y los tipos de controles establecidos; La exposición a polvo de sílice se apoyó en la concentración corregida a condiciones estándar, la duración de la jornada laboral, el porcentaje medido del tiempo de exposición y el cálculo del índice de riesgo.

Se llevó a cabo un control de calidad al 100% de los registros incluidos en la base de datos con el fin de identificar datos incompletos, inconsistencias, información ambigua y datos ausentes para excluirlos del estudio y garantizar la calidad de la información. La consolidación y revisión de la fuente de datos se realizó en su primera etapa en Microsoft Excel 2016, para la segunda etapa de procesamiento de la información se empleó el Software SSPS estadístico (IBM SPSS Statistics) Versión 18.

De acuerdo con lo establecido por la Resolución 8430 de 1993 del Ministerio de Salud en cuanto a normas académicas, técnicas y administrativas para la investigación en salud, en su artículo 11, literal a, señala que la presente investigación es un estudio sin riesgo ya que no realiza intervención alguna sobre un sujeto o grupo de sujetos y tampoco sobre sus aspectos personales sensibles.

Análisis Estadístico

Las variables cuantitativas fueron calculadas empleando medidas de tendencia central como media y mediana y medidas de dispersión como rango y desviación estándar con sus correspondientes coeficientes de variación para controlar la homogeneidad de los datos; distribuciones de frecuencia y porcentajes se aplicaron para la descripción de las variables cualitativas.

La determinación de la exposición laboral a polvo de sílice se obtuvo a través de la asociación de variables laborales como la ubicación geográfica de la empresa, su actividad económica, el área de trabajo y el cargo del trabajador con las características de la exposición a sílice (concentración corregida a condiciones estándar).

De acuerdo con la legislación colombiana, los niveles máximos permisibles o TLV para sustancias peligrosas para la salud serán establecidos de acuerdo con los parámetros señalados por la Conferencia Americana de Higienistas Industriales Gubernamentales (ACGIH en inglés), en el caso de la sílice cristalina el TLV se sitúa en $0,025 \text{ mg/m}^3$. Éste fue utilizado para el cálculo del índice de riesgo y fue corregido para jornadas de trabajo de 8, 9, 10 y 12 horas durante 6 días de la semana con el fin de establecer seis niveles de riesgo de exposición de la siguiente manera: si la razón entre la concentración corregida y el TLV corregido es menor que 0.5 se considera “Riesgo Bajo”, Entre 0.5 y 1: “Riesgo Medio”, entre 1 y 2 “Riesgo Alto”, entre 2 y 5 “Riesgo Muy Alto o Severo” y “Riesgo Crítico” si el resultado es mayor que 5, para 0 “Sin Riesgo”.

Posterior al cálculo del índice de riesgo, se procedió a realizar un análisis descriptivo de las medidas de control en la fuente, en el medio y los controles administrativos implementadas por cada empresa al momento de la medición, además de los controles en el trabajador como elementos de protección personal y características.

La variable ubicación geográfica se agrupó en las siguientes regiones: región Bogotá; región Centro: Cundinamarca, Boyacá, Huila, Tolima y Putumayo; región Norte: Guajira y Bolívar; región Occidente: Antioquia, Sucre, Córdoba y Chocó; región Oriente: Casanare, Meta, Santander, Norte de Santander, Arauca y Magdalena y región Suroccidente: Valle, Nariño, Caldas y Quindío. De igual manera dentro las variables actividades económicas, área de trabajo y oficio, se formaron grupos con las áreas que

presentaran condiciones similares y con los oficios más representativos de cada actividad económica.

RESULTADOS

Después de asegurar la calidad de los datos, se eliminaron 6 entradas de la fuente secundaria que presentaban datos incompletos e inconsistentes, lo cual redujo el tamaño de la muestra de 239 mediciones a 234 y el número de expuestos a 535.

La distribución porcentual de las empresas de acuerdo con su actividad económica, su ubicación en las regiones y el número de expuestos que reportan indican que la mayoría de las empresas se ubican en las regiones de Bogotá (24%) y región Centro (25,32%), seguidas por las de las regiones Occidente y Oriente con un 36,6% del total; sin embargo, la cantidad de expuestos por región no se comporta de la misma manera, ya que es la región Occidente la que aporta el 31% de los trabajadores expuestos seguida de la región Centro (23,7%) y Oriente (10,3%).

Las actividades económicas que presentaron mayor cantidad de empresas asociadas fueron el sector de la minería y actividades extractivas con más del 50% del total de las empresas, seguido de los sectores de construcción y papel, caucho y plástico con 14,1% y 10,3% respectivamente. El porcentaje de trabajadores expuestos se comporta de la misma manera en estas tres actividades, mientras que las restantes aportan porcentajes que oscilan entre el 0,56% y el 8,2%. (Tabla 1).

Tabla 1. Porcentaje de empresas y trabajadores expuestos a polvo de sílice por actividad económica y región.

REGIÓN	# EMPRESAS	% EMPRESAS	# EXPUESTOS	% EXPUESTOS
BOGOTÁ	56	24,03	87	16,26
ACTIVIDADES NO DEFINIDAS	6	2,58	13	2,43
AGUA, LUZ, ELECTRICIDAD, GAS, ALCANTARILLADO	4	1,72	4	0,75

REGIÓN	# EMPRESAS	% EMPRESAS	# EXPUESTOS	% EXPUESTOS
ALIMENTOS, BEBIDAS Y TABACO	6	2,58	6	1,12
CONSTRUCCION	4	1,72	4	0,75
MAQUINARIA, METALMECANICA, ELECTRODOMESTICOS Y EQU	2	0,86		0,00
MINERIA Y ACTIVIDADES EXTRACTIVAS	22	9,44	36	6,73
QUIMICOS, PETROQUIMICOS, PAPEL, CAUCHO Y PLASTICO	12	5,15	24	4,49
CENTRO	59	25,32	127	23,74
CONSTRUCCION	6	2,58	6	1,12
MINERIA Y ACTIVIDADES EXTRACTIVAS	47	20,17	115	21,50
QUIMICOS, PETROQUIMICOS, PAPEL, CAUCHO Y PLASTICO	6	2,58	6	1,12
NORTE	12	5,15	12	2,24
CONSTRUCCION	5	2,15	5	0,93
MANTENIMIENTO INDUSTRIAL, MONTAJES ELECTROMECHANICOS Y CIVILES	3	1,29	3	0,56
MINERIA Y ACTIVIDADES EXTRACTIVAS	4	1,72	4	0,75
OCCIDENTE	42	18,03	166	31,03
CONSTRUCCION	13	5,58	48	8,97
MINERIA Y ACTIVIDADES EXTRACTIVAS	29	12,45	118	22,06
ORIENTE	42	18,03	57	10,65
ACTIVIDADES NO DEFINIDAS	8	3,43	29	5,42
MAQUINARIA, METALMECANICA, ELECTRODOMESTICOS Y EQU	3	1,29	3	0,56
MINERIA Y ACTIVIDADES EXTRACTIVAS	21	9,01	15	2,80
QUIMICOS, PETROQUIMICOS, PAPEL, CAUCHO Y PLASTICO	6	2,58	6	1,12
TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO	4	1,72	4	0,75
SUR-OCCIDENTE	22	9,44	86	16,07
ACTIVIDADES NO DEFINIDAS	1	0,43	2	0,37
ALIMENTOS, BEBIDAS Y TABACO	8	3,43	19	3,55
CONSTRUCCION	5	2,15	35	6,54
EDUCACION	1	0,43	4	0,75

REGIÓN	# EMPRESAS	% EMPRESAS	# EXPUESTOS	% EXPUESTOS
MADERA, CUERO Y CALZADO	1	0,43	2	0,37
MINERIA Y ACTIVIDADES EXTRACTIVAS	6	2,58	24	4,49
Total general	233	100,00%	535	100,00%

Al relacionar las variables laborales con la caracterización de la exposición a sílice se observó que el 38,1% de las mediciones registraban un porcentaje del tiempo de medición menor al 70% de la jornada de trabajo y que el 61,9% se encontraba por encima de este porcentaje, de acuerdo con el Instituto Nacional Para la Seguridad y Salud Ocupacional de Estados Unidos (NIOSH por sus siglas en inglés) se considerará como representativa la muestra si el período de muestreo por lo menos alcanza el 70% de la jornada de trabajo [17], siguiendo este lineamiento se decidió llevar a cabo un análisis segmentado de los resultados obtenidos y de la relación entre las variables conformando dos grupos: Grupo A (t medición > 70%) y Grupo B (t medición < 70%).

En el grupo A las actividades económicas que reportaron las mayores concentraciones corregidas a condiciones estándar de polvo de sílice fueron: la minería y actividades Extractivas con $6,340 \text{ mg/m}^3$, el mantenimiento industrial, montajes electromecánicos y civiles con $1,312 \text{ mg/m}^3$, la maquinaria, metalmecánica, electrodomésticos y equipos con $0,096 \text{ mg/m}^3$ y la construcción con $0,702 \text{ mg/m}^3$; con estas concentraciones junto con el Valor Límite Permisible (TLV) para sílice corregido de acuerdo con las jornadas laborales reportadas de 8, 9, 10 y 12 horas, se calculó el índice de riesgo como se muestra en la tabla 2. Las actividades de madera, cuero y calzado y transporte y almacenamiento no reportaron concentraciones de sílice.

Tabla 2. Concentración e índice de riesgo por actividad económica en el Grupo A.

ACTIVIDAD ECONÓMICA	Concentración SiO ₂ mg/3						Índice de Riesgo (Concentración/ TLV corregido)		
	Expuestos	Media	Mediana	Desv. Estándar	Mínimo	Máximo	Media	Mínimo	Máximo
ACTIVIDADES NO DEFINIDAS	11	,023	,011	,028	,000	,081	1,156	,000	4,138
AGUA, LUZ, ELECTRICIDAD, GAS, ALCANTARILLADO	4	,014	,014	,004	,011	,017	,710	,551	,894
ALIMENTOS, BEBIDAS Y TABACO	4	,008	,000	,015	,000	,030	,384	,000	1,536
CONSTRUCCION	27	,106	,050	,159	,000	,702	5,421	,000	35,945
EDUCACION	1	,340	,340		,340	,340	17,409	17,409	17,409
MADERA, CUERO Y CALZADO	1	,000	,000		,000	,000	,000	,000	,000
MAQUINARIA, METALMECANICA, ELECTRODOMESTICOS Y EQU	3	,040	,014	,049	,010	,096	3,200	,800	7,680
MANTENIMIENTO INDUSTRIAL, MONTAJES ELECTROMECAVICOS Y CIVILES	2	1,441	1,441	,182	1,312	1,570	73,791	67,197	80,384
MINERIA Y ACTIVIDADES EXTRACTIVAS	78	,367	,055	1,098	,000	6,340	18,810	,000	324,629
QUIMICOS, PETROQUIMICOS, PAPEL, CAUCHO Y PLASTICO	15	,025	,008	,070	,000	,277	1,285	,000	14,190
TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO	2	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000

Con respecto al índice de riesgo se puede establecer que de 359 expuestos el 11,5% se encuentra en riesgo bajo, el 16,9% en riesgo medio, en los niveles de riesgo alto y severo se encuentra el 13,8% y el 13,0% respectivamente. El riesgo crítico es el que mayor porcentaje registra con 26,1%. El porcentaje restante se encuentra entre aquellas mediciones que arrojaron “0” como valor para la concentración de polvo de sílice. Los niveles de riesgo alto, severo y crítico concentran la mayor cantidad de expuestos, las áreas de trabajo más representativas identificadas dentro de estos niveles son: mina o socavón, patio, horno, bodega, trituradora y planta, las cuales en su mayoría pertenecen a los sectores de minería y actividades extractivas; construcción y maquinaria y metalmecánica y electrodomésticos (Tabla 3). Asimismo, los cargos que mayor

cantidad de expuestos registran y que también pertenecen al riesgo crítico son: bodeguero, hornero, operariotrituradora, picador, sandblastero, frentero y oficial de obra (Tabla 4).

Tabla 3. Nivel de Riesgo por áreas de trabajo Grupo A.

NIVEL DE RIESGO	#EXPUESTOS	%EXPUESTOS
RIESGO ALTO	62	13,85
BODEGA	15	3,08
CALDERAS	3	0,77
EXTRUSORA	1	0,77
HORNO	9	1,54
MINA	32	6,15
MOLINO	1	0,77
PATIO	1	0,77
RIESGO BAJO	24	11,54
RIESGO CRITICO	118	26,15
EXTRUSORA	4	0,77
HORNO	2	1,54
LABORATORIO	4	0,77
MEZCLADORA	10	0,77
MINA	66	9,23
MOLINO	3	0,77
OBRA	2	1,54
PATIO	6	2,31
PLANTA	2	0,77
TRITURADORA	19	7,69
RIESGO SEVERO	56	15,38
BODEGA	4	1,54
EXTRUSORA	8	1,54
HORNO	12	3,85
MINA	21	3,85
MOLINO	1	0,77
PATIO	2	1,54
TRITURADORA	8	2,31
SIN RIESGO	57	13,08
(en blanco)	7	3,08

NIVEL DE RIESGO	#EXPUESTOS	%EXPUESTOS
RIESGO MEDIO	35	16,92
Total general	359	100,00

El grupo B presenta un comportamiento similar al grupo A en cuanto a las actividades económicas que reportan mayores concentraciones de polvo de sílice ya que reaparecen la minería y actividades extractivas; maquinaria, metalmecánica, electrodomésticos y equipos con $81,66 \text{ mg/m}^3$ y 25 mg/m^3 respectivamente, a estas dos actividades se le adiciona alimentos, bebidas y tabaco con $1,14 \text{ mg/m}^3$. El índice de riesgo calculado arrojó valores significativamente altos ubicados entre 8,8 y 58,17.

Para el caso de los niveles de riesgo de los 176 expuestos que pertenecen al Grupo B, el 15% no presenta ningún riesgo, los niveles de riesgo bajo y medio se comportaron de manera similar con un porcentaje de 7,5 cada uno, Para el riesgo alto se encontró que el 16,25 de los expuestos se encuentra en este nivel, el 20% de los expuestos se relaciona con un nivel de riesgo severo y el 33% restante pertenece al nivel de riesgo crítico.

La mayor cantidad de expuestos se observa en los niveles de riesgo más altos con un total del 66,25% que pertenecen a todas las actividades económicas reportadas exceptuando las actividades de agua, luz, gas y alcantarillado, educación, madera cuero y calzado y transporte y almacenamiento. Las áreas de trabajo identificadas en estos niveles con la mayor cantidad de expuestos son las siguientes: mina o socavón, mina a cielo abierto, horno, bodega, tanques, patio y extrusora.

En el nivel de riesgo alto se ubican los oficios de: Sandblastero, patiero, hornero y operario refinería, para el nivel de riesgo severo aparecen: operario trituradora, cocinero, oficial de obra, hornero y bodeguero nuevamente; en el riesgo crítico se encuentran los oficios de: bodeguero, cochero, operario filtros al igual que sandblastero y hornero. (Tabla 4).

Tabla 4. Nivel de Riesgo por Oficio Grupo B.

NIVEL DE RIESGO	#EXPUESTOS	%EXPUESTOS
RIESGO ALTO	23	16,25
COCHERO	3	3,75
DESGOMADOR	1	1,25
HORNERO	2	1,25
LABORATORISTA	1	1,25
OPERARIO REFINERIA	2	2,50
OPERARIO EXTRUSORA	2	1,25
OPERARIO MAQUINARIA	1	1,25
PATIERO	2	1,25
SANDBLASTERO	8	1,25
TOLVERO	1	1,25
RIESGO BAJO	10	7,50
RIESGO CRITICO	58	33,75
ADMINISTRADOR MINA	2	2,50
BODEGUERO	15	6,25
COCHERO	6	2,50
CONDUCTOR	1	1,25
DESGOMADOR	1	1,25
ELABORACION LIMAS	3	1,25
HORNERO	6	3,75
OPERARIO FILTROS	1	1,25
OPERARIO CALDERA	2	1,25
OPERARIO MAQUINARIA	1	1,25
OPERARIO MOLINO	1	1,25
PICADOR	9	6,25
SANDBLASTERO	10	3,75
RIESGO MEDIO	13	7,50
RIESGO SEVERO	35	20,00
ADMINISTRADOR	1	1,25
BODEGUERO	3	1,25
COCHERO	1	1,25
COCINERO	3	1,25
CONDUCTOR	1	1,25
HORNERO	8	1,25

NIVEL DE RIESGO	#EXPUESTOS	%EXPUESTOS
MECANICO	2	1,25
OFICIAL OBRA	6	1,25
OPERARIO TRITURADORA	3	1,25
OPERARIO EXTRUSORA	1	1,25
OPERARIO MAQUINARIA	1	1,25
PATIERO	2	2,50
PICADOR	1	1,25
TOLVERO	1	1,25
TOLVERO	1	1,25
SIN RIESGO	37	15,00
Total general	176	100,00

Sobre las medidas de control empleadas por cada empresa se clasificaron en 4 grupos: Controles en la fuente, controles en el medio, controles administrativos y controles en el trabajador, sin embargo, se encontró que la cantidad de entradas de información en la categoría de “ninguno” representan un porcentaje constante y significativo de más del 50% en las tres primeras categorías y del 23% en la última, asimismo, las entradas vacías o sin información oscilan entre el 37 y el 47% del total de registros , dejando un aproximado del 1% de registros para el análisis de resultados.

En los controles en la fuente se reportan procesos cerrados, uso de martillo neumático, perforación con agua y extracción de partículas con un porcentaje del total del 3%; Entre los controles en el medio se reporta la ventilación mecánica con el 3%, la humectación del material con el 4,7%, y la extracción en la máquina y cerramientos con 0,4% .Los controles administrativos reportan un control en el uso de los elementos de protección personal como única categoría diferente a ningún y “vacío” con el 12%; finalmente en los controles del trabajador predomina la mascarilla desechable con un 60%, seguido de mascarilla con filtros 4,7% y escafandra con el 0,4% de total reportado.

DISCUSIÓN

Se observa que la actividad que reporta las mayores concentraciones de polvo en el grupo A y en el grupo B se clasifica en los niveles de riesgo de exposición más alto es la minería y actividades extractivas que incluye actividades en minas subterráneas y minas a cielo abierto como ladrilleras. Esto concuerda con estudios recientes realizados en Colombia, donde se registran resultados similares de concentración de sílice ($> 0,02$) y porcentajes de riesgo alto, severo y crítico con más del 40% del total de casos [13], lo que indica que en la industria aún no ha sido posible la reducción de la exposición y de los niveles de exposición de los trabajadores a pesar de conocer la relación entre el nivel de exposición a polvo de sílice con el riesgo de padecer enfermedades respiratorias como la silicosis y otro tipo de enfermedades [11] [18] [19] y de la formulación de políticas gubernamentales para hacer frente a esta situación [16]. De la misma manera, áreas y oficios relacionados con esta actividad económica se ubican en los niveles de riesgo más altos, tales como Mina Subterránea, Patio, Horno Tritura y Bodega y los oficios relacionados con estas áreas de lo cual se puede inferir que debido a que hay presencia constante la materia prima (Carbón, oro, arcilla, etc.) que contiene sílice y que durante el procesamiento es liberado estas áreas y oficios presentarán características de exposición similares a menos de que se implemente algún tipo de control para reducir las concentraciones ambientales de sílice detectadas.

De igual manera en la industria de la construcción no es desconocido que la fuente primaria y más importante de sílice es el cemento y que la interacción de los trabajadores con esta sustancia es casi permanente; un estudio realizado en trabajadores de la construcción que empleaban prefabricados de cemento mostro que esta actividad provocaba niveles de concentración de sílice respirable significativamente mayores a los límites de exposición permisibles [20], situación que se asemeja con los resultados obtenidos de concentraciones corregidas mayores al TLV establecido y clasificándose en los niveles más altos de riesgo aun cuando la mayoría de estas actividades se lleva a cabo en lugares abiertos.

El comportamiento de las actividades de arenado o sandblasting que consiste en la aplicación de aire a alta presión con partículas de arena para la marca o limpieza de superficies [21], fue el esperado y el común para esta actividad, sobre el tema se han llevado a cabo gran cantidad de estudios que concluyen que se trata de una actividad que presenta niveles de exposición excesivamente altos cuando no se establecen los controles apropiados y los trabajadores relacionados con este oficio usualmente se encuentran sobre expuestos [22] [23] con concentraciones similares a las encontradas por este estudio.

Cabe resaltar que el conjunto de datos analizado pertenece a empresas afiliadas a una Aseguradora (ARL) por lo cual se infiere que pertenecen al sector formal, no se cuenta y tampoco se considera la información de las actividades informales que pueden modificar de manera significativa los resultados mostrados por este estudio y proveer un panorama más completo sobre la realidad de la exposición a sílice en el país.

Los resultados obtenidos para el nivel de riesgo en ambos grupos indican una sobre-exposición de los trabajadores a niveles críticos, razón por la cual es necesario generar una estrategia de intervención que permita disminuir a tiempo las concentraciones de sílice en las áreas de trabajo y así reducir la exposición de los trabajadores. De la mano deben establecerse lineamientos para la implementación o el fortalecimiento de los programas de vigilancia epidemiológica en estas empresas además del seguimiento y control en especial de aquellos ubicados en áreas u oficios con riesgo de exposición alto, severo o crítico en aras de prevenir la incidencia de enfermedades respiratorias y otras relacionadas con la exposición a sílice

Una de las limitantes más importantes de este estudio fue el vacío de información encontrado en los reportes de las medidas de control, dado que la información es muy poca no fue posible establecer relaciones entre los diferentes tipos de controles y los niveles de riesgo o las concentraciones de sílice; sin embargo, es una situación que

debe evaluarse con detenimiento ya que la ausencia de información podría denotar que las empresas no cuentan con las medidas de control requeridas o desconocen el nivel de riesgo y por ello no se han implementado o también podría indicar que hubo omisión en la información recolectada limitando el análisis y por ende las conclusiones de estudios como estos o de las mismas empresas que solicitan este tipo de evaluaciones diagnósticas para la toma de decisiones y el establecimiento de sistemas de vigilancia epidemiológica para la exposición a sílice.

Adicionalmente, al ser un estudio de tipo transversal no permite determinar la exposición acumulada de los trabajadores a polvo de sílice, tampoco se puede establecer el tiempo que los trabajadores se han dedicado al mismo oficio ni conformar grupos de exposición similar (GES) o conocer el comportamiento de las concentraciones ambientales de sílice durante la jornada laboral.

AGRADECIMIENTOS

Expresamos nuestra gratitud a la Maestría en Salud Ocupacional y Ambiental de la Universidad del Rosario por proveer todas las herramientas y las guías temáticas y metodológicas para desarrollar este estudio.

DESCARGOS DE RESPONSABILIDAD

Los autores declaran que no presentan ningún conflicto de interés de tipo económico o personal que haya influenciado su criterio o generado algún tipo de interferencia durante la elaboración de este artículo.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] A. X. C. MOJICA, SÍLICE: EL ALIADO OCULTO Y ESTRATÉGICO PARA EL DESARROLLO EMPRESARIAL DE LA INDUSTRIA NACIONAL, Bogotá: UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA, 2014.
- [2] fabcom sas, «www.fabcomsas.com.,» NOVIEMBRE 11 2015. [En línea]. Available: <http://www.fabcomsas.com/wp-content/uploads/2015/11/PREVENCI%C3%93N-DE-SILICOSIS-2.png>. [Último acceso: 2016 ABRIL 28].
- [3] L. S. Fabio Naranjo, *Métodos de Control para Evitar la Silicosis por Exposición a Sílice Cristalina en Trabajadores de la Industria Manufacturera*, Bogotá, 2008.
- [4] H. N. e. a. Cihan Akgul Ozmen, «MCDT Findings of Denim-Sandblasting-Induced Silicosis: a cross-sectional study,» *Environmental Health*, pp. 9-17, 2010.
- [5] fabcomsas, «www.fabcomsas.com,» 11 2015. [En línea]. Available: <http://www.fabcomsas.com/wp-content/uploads/2015/11/PREVENCI%C3%93N-DE-SILICOSIS-2.png>. [Último acceso: 28 03 2016].
- [6] Y. L. N. e. a. Tze Pin Ng, «A study of silica nephrotoxicity in exposed silicotic and non-silicotic workers,» *British Journal of Industrial Medicine*, pp. 35-37, 1992.
- [7] H. N. e. a. Cihan Akgul, «MDCT Findings of Denim-Sandblasting-Induced,» *Environmental Health*, vol. 9, nº 19, pp. 1-8, 2010.
- [8] D. K. V. e. a. Pamela M Vacek, «Mortality in Vermont granite workers and its association with silica exposure,» *Occup Environ Med*, vol. 68, pp. 312-318, 2011.
- [9] Z. M. L. M. e. a. Lap Ah Tse, «High prevalence of accelerated silicosis among gold miners in Jiangxi, China,» *American Journal of Industrial Medicine*, vol. 50, nº 12, p. 76–880, 2007.
- [10] D. A. e. a. Perry Gottesfeld, «Silica Exposures in Artisanal Small-Scale Gold Mining in Tanzania and Implications for Gold Mining in Tanzania and Implications for,» *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, vol. 12, nº 9, pp. 647-653, 2015.
- [11] Ministerio de la Protección Social, *Guía de Atención integral Basada en la Evidencia para Neumoconiosis (silicosis, neumoconiosis del minero del carbón y asbestosis)*, Bogota: Imprenta Nacional de Colombia, 2007.

- [12] M. I. e. a. Cristian Duvan Hernández, «RELATION OF EXPOSURE TO COAL DUST, CRYSTALLINE SILICA AND PNEUMOCONIOSIS IN WORKERS OF UNDERGROUND COALMINES, CUNDINAMARCA, 2014.,» *Indian Journal of research*, vol. 4, nº 3, pp. 6-10, 2015.
- [13] M. I. P. e. a. Carlos Humberto Torres Rey, «Underground Coal Mining: Relationship between Coal Dust,» *Hindawi Publishing Corporation*, pp. 1-8, 2015.
- [14] M. R. J. M. G. C. D. V. M. Garrote Wilches CF, «Caracterización de las condiciones de salud respiratoria de los trabajadores expuestos a polvo de carbón en minería subterránea en Boyacá, 2013.,» *Revista de la Universidad Industrial de Santander*, vol. 46, nº 3, pp. 237-247, 2014.
- [15] Ministerio de la Protección Social, Informe de enfermedad profesional en Colombia 2003-2005, Bogotá, Colombia, 2007.
- [16] Ministerio de la Protección Social, *Plan Nacional para la Prevención de la Silicosis, la Neumoconiosis de los Mineros de Carbón y la Abestosis 2010 - 2030*, Bogotá D.C. Colombia, 2010.
- [17] NIOSH, «Manual of Analytical Methods (NMAM), Fourth Edition. SILICA ... Silica, Crystalline by IR:Method 7602,» 15 MARZO 2003. [En línea]. Available: <http://www.cdc.gov/niosh/docs/2003-154/pdfs/7602.pdf>. [Último acceso: 26 MARZO 2016].
- [18] M. O. y. S. Onder, «Evaluation of Occupational Exposures to Respirable Dust in Underground Coal Mines,» *Industrial Health*, vol. 47, pp. 43-49, 2009.
- [19] N. C. Susan Turner, «Rheumatoid arthritis in workers exposed to silica,» *Occupational and Environmental Med*, vol. 57, p. 443-447, 2000.
- [20] C. A. e. a. Ronald M. Hal1, «Exposure Assessment for Roofers Exposed to Silica during Installation of Roof Tiles,» *Journal of Occupational and environmental Hygiene*, vol. 10, pp. 6-10, 2013.
- [21] R. E. Fairfax, «Silica Overexposure in Sandblasting,» *Applied Occupational and Environmental Hygiene*, vol. 15, nº 7, p. 537-539, 2000.
- [22] R. E. Fairfax, «Silica Overexposure in Sandblasting,» *Applied Occupational and Environmental Hygiene*, vol. 1047, nº 322, pp. 537 - 539, 2000.

- [23] Occupational Safety and Health Administration - OSHA, Occupational Exposure to Respirable Crystalline Silica -- Review of Health Effects Literature and Preliminary Quantitative Risk Assessment, 2010.