

**EXPOSICIÓN A SÍLICE CRISTALINA EN PLANTAS CEMENTERAS,
LEGALMENTE CONSTITUIDAS DE COLOMBIA EN EL PERÍODO 2007-2014**

Estudiantes

Iván Agudelo Zuluaga

Sandra Milena Maldonado

María Zuleima Ospina Angarita

Milton Andrés Ríos Bran

Grupo de Investigación: Observatorio de la Salud Pública

Línea: Salud Ocupacional y Ambiental

Especialización Seguridad y Salud en el Trabajo

Facultad de Medicina

Universidad CES

Medellín, mayo 2016

1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.1 ANTECEDENTES Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La inhalación de polvos de sílice puede causar importantes efectos sobre la salud; entre ellos están las reacciones fibróticas pulmonares (neumoconiosis). En etapas avanzadas, esos trastornos están estrechamente relacionados con una disminución de la capacidad para respirar, invalidez y muerte prematura (1).

Las profesiones más relacionadas con la silicosis son la minería, explotación de canteras y construcción de túneles, así como la labra y el pulimiento de la piedra, la preparación de arena para fabricación de vidrio, cerámica, porcelana y esmalte; la preparación de roca para fundición con arena que contenga sílice; y la fabricación y uso de ladrillos refractarios (1).

Se conoce que el límite de tolerancia a la sílice es 0.1 mg por m³ para una jornada de 48 horas semanales y se establece un límite de exposición de 0.25 mg por m³ para la industria de la construcción. Se dispone de datos en algunos países de Suramérica los cuales muestran que algunos sectores como: cerámica, minería de carbón y mármol al igual que la construcción sobrepasan el límite permitido (2).

A pesar de los esfuerzos que se realizan por parte de la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Organización Internacional del Trabajo (OIT), la silicosis se continúa considerando un problema de salud pública a nivel mundial. Esto es confirmado por la muerte de gran cantidad de trabajadores en algunos pueblos del norte de Tailandia, numerosos casos confirmados de silicosis en China y la muerte de alrededor de 200 trabajadores al año por este diagnóstico en Estados Unidos (3).

La Agencia para la Salud y Seguridad Industrial (en adelante OSHA, por sus siglas en inglés) estima que en EEUU hay 2.2 millones de trabajadores expuestos a sílice, de los cuales 1.85 millones pertenecen a la industria de la construcción (4). Por su parte, en la Unión Europea, el número de trabajadores expuestos a sílice cristalina, excepto trabajadores de mina de cobre, se acerca a 2 millones de empleados (5).

En Colombia, la información sobre la exposición ocupacional a polvo de sílice es muy escasa. En la 13ª sesión del Comité Conjunto OIT/ OMS de Salud Ocupacional realizada el año 2005, se reportó que en Colombia existían 1.8 millones de trabajadores expuestos a sílice (6).

1.2 JUSTIFICACIÓN

La silicosis es una enfermedad respiratoria incurable de origen ocupacional que, a pesar de múltiples esfuerzos por su control y prevención, continúa siendo un problema de salud pública a nivel mundial. No existen cifras claras sobre la prevalencia de la silicosis, debido a que no se conoce exactamente cuanta población está expuesta a inhalación de sílice.

En el año 2000 se conoció que 3.2 millones de personas estaban expuestas en la Unión Europea (7). Se estima que en EE.UU hay 2.2 millones de trabajadores expuestos a polvo de sílice. Más precisamente en Colombia en el año 2005, se conoció que 1.8 millones de trabajadores están expuestos a sílice (6).

En Colombia, la silicosis es una enfermedad netamente de origen laboral. Se presenta principalmente en trabajadores del área de la minería, tallado y pulido de rocas trabajos de fundición con exposición al polvo de la arena de moldeo y de la construcción (8). La exposición a sílice cristalina por encima de niveles máximos permisibles, puede llevar a desarrollar patología pulmonar rápidamente progresiva, que va desde algunos síntomas como disnea y tos, hasta enfermedades como el cáncer de pulmón, de carácter no curable o irreversible; ocasionando gran discapacidad en la persona que la sufre y llevándola hasta la muerte.

En el año 2005, la NIOSH creó la estrategia de eliminación de la silicosis en las Américas+. Específicamente en el año 2009, se llevó a cabo en Bogotá el cuadragésimo segundo Congreso Anual de Salud, Seguridad y Medio Ambiente; donde se identificó el control de exposición a sílice como una necesidad crítica para la fuerza de trabajo colombiana. Actualmente el Ministerio de Salud está desarrollando legislación que incluya un enfoque de control de bandas para el control de carcinógenos ocupacionales (9).

Con este estudio se pretende crear una línea base respecto a las concentraciones de sílice cristalina en las plantas cementeras de Colombia, durante los años 2007 a 2014 y con esto invitar a realizar sistemas de vigilancia epidemiológica eficaces y efectivos, con el fin de prevenir, diagnosticar y realizar un tratamiento adecuado de los trabajadores expuestos a este mineral para prevenir consecuencias fatales.

Igualmente servirá como fuente de consulta para futuras investigaciones en el tema aportando a estudiantes, universidades, centros de investigación y entidades del ámbito laboral e industrial, material bibliográfico actualizado con bases técnicas y científicas.

1.3 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Cuáles son los niveles de exposición a sílice en las plantas cementeras, legalmente constituidas de Colombia según la geografía, cargo y áreas de trabajo durante el periodo 2007 . 2014?

2. MARCO TEÓRICO

2.1 DEFINICIÓN

La sílice (dióxido de silicio), también conocida como cuarzo o cristobalita, es el principal componente de la corteza terrestre. En la naturaleza juega un papel muy importante, siendo responsable de la rigidez de los tallos de muchas plantas y de la formación de las espinas de las mismas. En la vida animal ha sido menos evidente su participación, sin embargo, nuestra estructura ósea y cerebral contiene cerca de la mitad de un gramo de sílice (10).

La sílice como elemento, forma un compuesto al unirse con el oxígeno, denominado dióxido de sílice. Este compuesto a su vez, forma enlaces con diferentes metales, ya sea de hierro, magnesio, calcio, aluminio, sodio, potasio, creando así los minerales de silicato como suele encontrarse en la naturaleza (11). Es común atribuirle el nombre de sílice a estos minerales de silicato y, por lo tanto, de ahora en adelante, cada vez que nos refiramos a dicho mineral, se denominará con el nombre de sílice.

En la naturaleza, la sílice se encuentra en estado amorfo y cristalino. En este último, los átomos de oxígeno se disponen en forma de tetraedros en torno al átomo de sílice adoptando una forma tridimensional. Cuando se repiten varios tetraedros, crean una distribución especial con varias formas y por eso se dice que la sílice cristalina es polimórfica. Las formas primarias de la sílice cristalina son el cuarzo, la cristobalita y la tridimita(12).

En el estado amorfo, en cambio, hay una distribución equitativa entre los átomos de oxígeno y de sílice, pero estos no se organizan en un patrón repetitivo y de ahí su apariencia amorfa. Este estado particular de la sílice lo encontramos en los vidrios naturales y manufacturados, así como en el ópalo, que son hidratos de sílice amorfa (13).

El cuarzo es la forma más común de sílice cristalina y representa casi el 12% de la corteza terrestre. A su vez, el alfa cuarzo es el subtipo que se encuentra en casi todas las formaciones rocosas de la naturaleza y es la clase de sílice más encontrada en los puestos de trabajo, por lo que es la que con mayor frecuencia se tiene en cuenta en las mediciones ambientales del material particulado (10).

La sílice cristalina tiene varios usos, como por ejemplo en la industria del vidrio, la cerámica y la porcelana. En la industria de la construcción se puede encontrar sílice cristalina en el concreto, cemento, granito y arena. En los procesos de fundición se utiliza durante el moldeo; también en la fabricación de ladrillos para hornos refractarios. Además su uso en lentes y prismas para instrumentos ópticos(3).

Más específicamente en la industria del cemento, la caliza es una roca sedimentaria conformada por carbonato de calcio y magnesio, la cual se encuentra en la mayor parte de lechos montañosos del mundo y es empleada como materia prima para la fabricación del cemento. Durante su extracción se liberan partículas de polvo suspendidas en el aire, con contenido en sílice, las cuales por su tamaño microscópico ingresan al tracto pulmonar fácilmente, si no se dispone de una adecuada protección (12).

2.2 EXPOSICIÓN OCUPACIONAL A SÍLICE CRISTALINA

En principio, cualquier proceso que implique movimiento de tierra o de productos que contengan sílice, como en albañilería, mampostería y hormigón, pueden exponer a los trabajadores a este mineral. Las ocupaciones que con mayor frecuencia están expuestas a sílice son: excavaciones en minas, túneles, canteras; fabricación de cemento y concreto; tallado y pulido de rocas silíceas; trabajos en seco, de trituración, tamizado y manipulación de minerales y rocas; fabricación de vidrio, porcelana, loza y otros productos cerámicos; trabajos con chorro de arena y esmeril; industria cerámica; protésicos dentales; industria de la construcción, entre otros (14).

Las evaluaciones de las concentraciones de sílice presentes en el ambiente laboral, determinan la necesidad de la intervención del riesgo, dado que la exposición continua a concentraciones que superen los límites permisibles, pueden ayudar a generar enfermedades respiratorias agudas y crónicas, si no se cuentan con las medidas correctivas y preventivas que requiera el proceso (12).

La ACGIH (American Conference Governmental Industrial Hygienists), anualmente publica una relación de los valores admisibles en el ambiente de trabajo . TLV-, para sustancias químicas, agentes físicos e indicadores biológicos de exposición. Los TLV, son límites recomendables y no una frontera entre condiciones seguras y peligrosas(12).

Los métodos para determinar la concentración de contaminantes químicos deben ser de gran sensibilidad y precisión. La metodología de muestreo y analíticas para cada una de las diferentes sustancias químicas, son presentadas por la OSHA y la NIOSH (Instituto Nacional para la Seguridad y Salud Ocupacional, por sus siglas en inglés) (8).

OSHA ha llevado a cabo una extensa revisión de la literatura sobre los efectos adversos a la salud asociados con la exposición a sílice cristalina respirable, encontrando que los empleados expuestos a esta sustancia, presentan un incremento en la morbilidad y mortalidad atribuida a enfermedades como cáncer de pulmón y silicosis. Las exposiciones ocupacionales a sílice cristalina también dan lugar al aumento de riesgo de muerte por otras enfermedades respiratorias no malignas, incluyendo EPOC y enfermedades del riñón(12).

Por todo lo anterior la OSHA, en su artículo publicado en marzo de 2016, establece un nuevo límite permisible de exposición de 50 microgramos/m³ de sílice cristalina en un tiempo ponderado de 8 horas de jornada laboral (12).

2.3 SÍLICE Y LA INDUSTRIA CEMENTERA

En cuanto a la industria cementera, la sílice juega un papel fundamental, debido a que este mineral es el responsable de las propiedades de durabilidad y fuerza propias del cemento.

2.3.1 Materias primas del cemento: Para fabricar cemento pueden utilizarse tanto minerales de origen natural como productos industriales. Como minerales de partida sirven sustancias minerales, que contienen los componentes principales del cemento: cal, sílice, alúmina y óxidos de hierro. Estos componentes raramente se encuentran en las proporciones deseadas, en una sola sustancia. Por tanto, la mayoría de las veces se ha de elegir la mezcla de un componente rico en cal (componente calcáreo) con otro pobre en cal pero que contiene más alúmina y óxidos de hierro (componente arcilloso). Estos dos componentes son, por regla general, la caliza y la arcilla o la caliza y la marga, de cuya fundición se obtiene el denominado Clinker, el cual contiene en promedio entre 16 al 26% de sílice(15).

- Caliza: Su nombre técnico es el carbonato cálcico (CaCO_3); abunda en la naturaleza en muchas de las formaciones geológicas, algunos en sus formas

más puras. Fuente importante de sílice, para cuya extracción se precisa de explosivos y se requiere de triturar para entrar al proceso productivo del cemento (15).

- Marga: Son las calizas que van acompañadas de sílice y de productos arcillosos, así como de óxido de hierro. Debido a su abundancia, las margas se utilizan con mucha frecuencia como materia prima para la fabricación del cemento. Contiene un 33.2% de óxido de sílice (10).
- Arcilla: La segunda materia prima más importante para la fabricación del cemento. La parte principal de las arcillas está formada por hidrosilicatos de alúmina, conteniendo también sílice en proporción variada dependiendo de la variedad (10).
- Componentes correctores: Se añaden en los casos en que las materias primas disponibles no contienen en cantidad suficiente uno de los químicos necesarios en el crudo. Así, se aplica arena como material adicional para elevar el contenido de sílice, así como también arcillas con alto contenido en sílice (16).

2.3.2 Proceso productivo del cemento: Existen diferentes procesos para la fabricación del cemento: Proceso vía húmeda y proceso vía seca. Esto depende básicamente de la forma de transportar la materia prima luego de su extracción.

En el proceso vía húmeda, la materia prima se combina con agua, obteniendo una pasta con un grado de humedad comprendido entre el 30 y el 40%. Una de las ventajas de este proceso radica en que las pérdidas de polvo son normalmente pequeñas lo que conlleva a menor material particulado en el ambiente; sin embargo, para obtener el cemento mediante este proceso, se requiere de un gran consumo de energía, así como una adición de una zona dentro del horno para la deshidratación del mismo. El proceso vía seca, por el contrario, utiliza un crudo con una humedad inferior al 1%, lo que hace que a su llegada a los hornos, produzca una gran cantidad de material particulado a su interior (10).

Las operaciones básicas a considerar en la fabricación del cemento son las siguientes:

- Extracción y trituración.
- Dosificación y prehomogenización.
- Secado y molienda de crudo.
- Homogenización.
- Fabricación del Clinker.
- Molienda.
- Empaque (10).

Con miras a una mayor comprensión de los cargos desarrollados dentro de las plantas cementeras, se hará un breve resumen de las principales características de cada una de las operaciones básicas.

- **Extracción y trituración:** En la labor de extracción que se realiza en cantera mediante procesos de voladura, se le suma la utilización de máquinas perforadoras cuya función final es disponer los bloques de materia prima que se llevarán a las trituradoras. Estas cumplen a su vez, la función de desmenuzar dicho material, hasta convertirlo en bloques de escala relativamente gruesa (10).
- **Dosificación y prehomogenización:** El material triturado es transportado a través de bandas o de camiones y depositado en hangares preparados para esta labor, en donde también se almacenan el resto de las materias primas necesarias para el proceso. A continuación, se procede a la mezcla o prehomogenización de los componentes, en cuya parte de la operación se genera gran cantidad de material particulado debido a la manipulación que conlleva esta actividad. A este punto, cabe hacer una distinción entre los procesos de vía húmeda y seca, ya que es aquí donde se adiciona agua en la totalidad de la mezcla en el primer caso, hasta formar una pasta apta para ser conducida por bombas y tuberías hasta la siguiente parte del proceso (16).
- **Secado y molienda de crudo:** Según el proceso empleado, la molienda se realiza en seco o en húmedo. En el caso de la vía seca, se precisa realizar un secado previo para que no genere limitaciones técnicas en los molinos, mientras que, en la vía húmeda, por el contrario, el material se mezcla con una cantidad conveniente de agua para ser molturado como papilla de materias primas. En este punto del proceso, se producen gases con contenido de polvo importante, razón por la cual se requiere del uso de dispositivos de desempolvo llamados electrofiltros, que depuran el gas limpio entre un 98 a 99.5%(10).
- **Homogenización:** En esta fase del proceso se determina la composición elemental del crudo resultante y se establecen relaciones numéricas entre los componentes químicos más importantes. Esta parte del proceso debe ser eficiente ya que de ella depende el correcto funcionamiento del horno (16).
- **Fabricación del Clinker:** A la salida del proceso de homogenización, en el caso de la vía seca lo que obtenemos es un material llamado harina, que no es más que el crudo con una granulometría fina, mientras que en el proceso húmedo el material resultante es la pasta homogenizada. En ambos casos, dichos materiales pasan a los hornos, sufriendo allí varios procesos físico . químicos a medida que va adquiriendo temperatura, llegando al proceso de

clinkerización, con temperaturas entre 1250 y 1475 °C. Luego de esto el Clinker sufre un proceso de enfriamiento a base de grandes volúmenes de aire, el cual debe realizarse rápidamente para garantizar las propiedades de fraguado del cemento. En este punto también se utilizan filtros que realizan la función de desempolvar el gas residual, con un porcentaje de depuración en condiciones favorables del 99.7% (10).

- Molienda de cemento: El Clinker a su salida de los enfriadores es llevado a los silos para su almacenamiento. De allí es extraído y transportado mediante bandas, para ser mezclado con el yeso y demás adiciones, en la calidad y proporción adecuadas al tipo de cemento que se esté fabricando. La mezcla dosificada de componentes es molida hasta la granulometría necesaria y almacenada en silos dependiendo del tipo de cemento resultante (10).
- Empaque: Este proceso consiste en disponer el cemento almacenado en los silos en los camiones dispensadores denominados pipas, en el caso del cemento a granel. Cuando el cemento será empacado en sacos, dicha actividad es realizada por una máquina automatizada cuyo producto final terminado debe ser dispuesto en bodegas para su ulterior transporte. En esta fase final del proceso se produce gran cantidad de material particulado, el cual es filtrado mediante dispositivos de desempolvamiento (16).

2.4 ENFERMEDADES ATRIBUIDAS A LA SÍLICE

La exposición a sílice ha sido ampliamente estudiada y vinculada a múltiples resultados patológicos en la población expuesta, que la mayoría de las veces son trabajadores de la construcción, las principales complicaciones son respiratorias, pero se ha relacionado con el desarrollo de múltiples patologías como son:

2.4.1 Silicosis: Según la Enciclopedia de la Salud y seguridad en el trabajo de la OIT, la silicosis es una enfermedad pulmonar profesional atribuible a la inhalación de dióxido de silicio, comúnmente denominado sílice, en formas cristalinas, generalmente como cuarzo, pero también en otras formas cristalinas importantes de sílice, como la cristobalita y la tridimita. Estas formas también reciben el nombre de sílice libre para diferenciarlas de los silicatos.

Dicha enfermedad, afecta la calidad de vida de los individuos que la padecen y suele manifestarse de forma crónica, aproximadamente 5 a 10 años de

exposición. La silicosis tiene diferentes formas clínicas, según las características clínicas, radiológicas y funcionales pudiendo clasificarse como crónica simple, crónica complicada, fibrosis pulmonar intersticial, acelerada y aguda (17).

La silicosis es una enfermedad crónica e irreversible y dado que no existe un tratamiento efectivo actual, precisa de una correcta prevención en el ámbito laboral y de un diagnóstico de la enfermedad en su estadio inicial para evitar la progresión y evitar las posibles complicaciones asociadas (17).

El diagnóstico de la silicosis requiere la presencia de una historia de exposición laboral a polvos de sílice y estudios radiológicos compatibles tras la exclusión de otras posibles entidades (17).

Existen tres formas de presentación de la silicosis:

- La silicosis crónica hace referencia a una enfermedad de evolución crónica, que aparece después de una exposición de varios años. Esta forma crónica tiene a su vez dos formas clínicas: Simple, caracterizada por un patrón nodular en la radiografía de tórax y complicada, caracterizada por la presencia de masas llamadas fibrosis masiva progresiva.
- La silicosis aguda es una forma clínica rápidamente progresiva que puede evolucionar en un corto período de tiempo, después de exposición intensa a sílice. Se parece a la proteinosis alveolar y suele ser de mal pronóstico.
- La silicosis acelerada es otra forma clínica, intermedia entre la aguda y la crónica (17).

La silicosis obedece a una relación exposición efecto. Dentro de los factores que determinan su prevalencia, latencia y progresión se han mencionado:

- Proporción de sílice en el polvo inhalado.
- Porcentaje de partículas capaces de alcanzar el alvéolo.
- Concentración de polvo en el aire (número de partículas o peso, por unidad de volumen).
- Duración de exposición (años de trabajo) (17).

2.4.2 Sílice y Cáncer: A pesar del reconocido carácter carcinógeno de múltiples contaminantes ambientales y ocupacionales, que permiten señalar la relación con la exposición a dichas sustancias, persisten muchos mitos y debates en torno a su origen. Dentro de estos, la sílice es uno de los más frecuentes debido a sus múltiples usos.

El número total de trabajadores expuestos a sustancias reconocidas como carcinogénicas no está claramente definido, sin embargo, en España en 1998 usando el sistema de información internacional en exposición ocupacional a carcinogénicos (CAREX) se estimó en 12.162.830 empleados expuestos entre 1991 y 1993 (18).

Las industrias más importantes para esta exposición son la construcción y la agricultura y a su vez la exposición más común a agentes carcinogénicos fueron la radiación solar, sílice y al polvo de madera (18).

En el tema en cuestión (sílice) y según la IARC, este se clasifica en el grupo 2A (probablemente carcinogénico en humanos) y se estima una exposición de 404.729 trabajadores en España (18) y de 590000 en Gran Bretaña en un trabajo publicado en 2007 (19).

Hay una fuerte evidencia epidemiológica que soporta la asociación entre cristales de sílice y varias patologías como el cáncer de pulmón, tráquea y el cáncer gástrico (20).

- Cáncer de pulmón y laringe: La Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC por sus siglas en inglés) determinó que la exposición ocupacional a cristales de sílice es carcinogénico en los humanos (21). Múltiples estudios han demostrado la asociación entre niveles altos de exposición a sílice y cáncer pulmonar.

2.4.3 Cáncer gástrico y de esófago: Se ha tratado de establecer una relación entre cáncer gástrico y esofágico y la exposición a sílice, aunque esta asociación ha sido mejor establecida y reportada en trabajadores de minas de oro, hierro, zinc (21)(20) y en trabajadores de joyerías(19,20). Un estudio en Canadá encontró un aumento estadísticamente significativo en casos confirmados histológicamente de cáncer de estómago en 25 pacientes con historia importante de exposición a sílice comparado con los controles no expuestos(24). Una revisión de la IARC (21) que encontró una relación entre la exposición al sílice y el cáncer de pulmón no encontró un incremento significativo en el riesgo de cáncer gástrico o esofágico.

2.4.4 Esclerosis sistémica: Se ha planteado la relación entre la esclerosis sistémica y la exposición a sílice. Sin embargo, GM Calvert y colaboradores en un análisis basado en el análisis de las actas de defunción en EEUU, encontraron la relación de sólo dos casos de esclerosis sistémica y la exposición (MOR 2; 95% IC 0.4 a 10.3) sugiriendo que dicho planteamiento era equivocado. Un estudio reciente en hombres australianos demostró una diferencia significativa en la presentación de la esclerosis sistémica en relación con la exposición a cristales de sílice (OR 3.93; 95% IC 1.84 a 8.54)(25).

2.4.5 Lupus Eritematoso Sistémico: Diversos estudios han tratado de establecer la relación entre la exposición a la sílice y el LES (Lupus eritematoso sistémico). En un estudio de casos y controles (265 casos y 355 controles) realizado en EEUU estableció un OR (5.2; 95% IC 1.2 a 21.4) en los controles en comparación de un OR (7.5; 95% IC 1.4 a 37.1) en los casos que eran trabajadores de una fábrica de cerámica (26).

2.4.6 Artritis reumatoidea: Se ha encontrado una relación consistente entre la silicosis y la presencia de artritis reumatoidea. Por el contrario, la relación entre exposición a cristales de sílice y la aparición de la artritis no está debidamente soportada (25). Un estudio realizado en trabajadores del granito encontró un incremento del riesgo de presentar artritis con respecto a la población general (27) pero otros estudios no han encontrado relación entre el aumento del riesgo y la exposición a partículas respirables de sílice (28).

2.4.7 Falla renal (aguda y crónica) y glomerulopatías: Hay evidencia reciente entre la asociación de la exposición a cristales de sílice y la aparición de enfermedades como la granulomatosis de Wegener; glomerulopatías rápidamente progresivas y enfermedad renal en estado terminal (25).

2.4.8 Dermatitis ocupacional: La acción mecánica de las partículas de sílice produce micro traumatismos en la piel. La causticidad de la caliza y los silicatos del cemento alteran el manto ácido de la piel, que es uno de sus mecanismos de defensa. Además, el secuestro hídrico y el calor de los materiales da lugar a la abrasión de la piel que permite la entrada de sustancias químicas. La localización de las lesiones suele abarcar dorso de manos y dedos, y el tercio inferior del antebrazo. A veces se observan también lesiones en dorso de pies (2).

2.5 DISTRIBUCIÓN DE LA SÍLICE EN ANTIOQUIA SEGÚN LITOLOGÍA

Según el geólogo Diego Alejandro Gonzalez, Líder de Materias Primas en Cementos Argos, la sílice se encuentra presente en todo tipo de rocas, debido a que es el mineral más abundante de la naturaleza. Sin embargo, la variedad de sílice, su pureza y el porcentaje de composición sí cambia dependiendo de la edad de las rocas, el origen y los procesos de transformación por los que ha pasado. De esto precisamente se trata la litología, de estudiar las rocas y conocer, con base en sus características particulares, su composición y comportamiento ante ciertos efectos de la naturaleza.

En este orden de ideas, comenta González que se podría afirmar que los depósitos de playa y desembocaduras de río al mar, poseen un tipo de roca sedimentaria, con lo cual se explica que en esta zona el porcentaje de sílice sea superior al 80%. Esto se ve en la porción costera de la región del Urabá Antioqueño; ubicándonos más hacia el centro de dicha región, la cantidad de sílice en las formaciones rocosas tiende a bajar un poco, entre el 60% y el 80% aproximadamente.

La región occidente de Antioquia, la más cercana al Río Atrato, tiene formaciones rocosas con contenido en sílice superior al 80%. En cambio, el norte y un poco más hacia el este, debido a que posee rocas volcánicas, su contenido en sílice está entre el 55% y el 65%, siendo principalmente de tipo amorfa.

El porcentaje de sílice presente en el bajo Cauca oscila entre el 70% y el 80%, ya que en esta zona predominan las rocas sedimentarias, en las cuales lo último en degradarse es la sílice y por esto tienen alto contenido de este mineral.

En la región del oriente antioqueño hay una gran cantidad de granodiorita, un tipo de roca cuyo 20% es representado por cuarzo y un 60% por otros tipos de sílice. Esto lo hace ser un sector sumamente atractivo para la industria cementera ya que cuenta con importantes yacimientos de materias primas.

El suroccidente, por su parte, no se queda atrás. Según la litología de esta zona, las formaciones rocosas alcanzan un contenido de sílice superior al 80%, encontrándose esta en diversas formas no muy puras.

2.6 ESTRATEGIAS MUNDIALES PARA MITIGAR LA EXPOSICIÓN A SÍLICE

En América Latina hay pocos datos acerca de la exposición a sílice. Chile se ha convertido en uno de los pocos países que han realizado estudios serios acerca de esta problemática. En una encuesta realizada en ese país, el 35% del total de las empresas evaluadas (132 empresas) tenían niveles por encima de lo permitido, sólo el 23% de las empresas habían realizado alguna medición en los últimos 3 años y solo el 17% de estas contaban con un programa de vigilancia de la Salud (29).

Con respecto a los EPP el 18% de las empresas contaban con programas de EPP respiratorio, a su vez el 59% de las empresas otorgaba protección respiratoria a sus trabajadores pero solo el 61% de estas los habían capacitado sobre el uso de estos (29).

En Colombia el panorama no es diferente; Leonardo Briceño en su trabajo "Prevención de riesgos ocupacionales en empresas colombianas" (30), encontró que de 120 empresas analizadas y dividiendo a su vez estas en cuanto a su cotización a las ARL (por número de trabajadores), el 75% de las grandes cotizantes tienen programas de prevención frente al 16% de las pequeñas cotizantes (30), delegando las empresas esta responsabilidad en las ARL. Es de anotar que este estudio tomó en cuenta todos los programas de prevención y no estuvo enfocado en las empresas expuestas a sílice.

Dentro de los países en Latinoamérica que cuentan con programas de prevención específica se encuentran:

- México: NORMA Oficial Mexicana NOM-010-STPS-1999, Condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se manejen, transporten, procesen o almacenen sustancias químicas capaces de generar contaminación en el medio ambiente laboral.
- Chile: Guía técnica para la prevención de la silicosis, 2009. En este país a su vez, la silicosis es la única enfermedad profesional reconocida por la ley (31).

2.6.1 Medidas de prevención de la exposición: Estas medidas se agrupan en obligaciones generales y recomendaciones al trabajador.

Obligaciones Generales:

Para hacer una correcta prevención de la silicosis, la NIOSH sugiere seguir los siguientes pasos (32):

- Realizar controles del aire en el lugar de trabajo para medir la exposición del trabajador a la sílice cristalina.

- Minimizar las exposiciones controlando y evitando que las partículas floten en el aire, por ejemplo, perforación húmeda, ventilación con escape local, etc.
- Si es posible, eliminar la sílice, reemplazándola con materiales más seguros.
- Proveer ropa protectora, respiradores, y facilidades para lavarse (duchas) y cambiarse de ropa.
- Proveer información a los trabajadores sobre los peligros que causa la sílice cristalina, la silicosis y sus efectos a la salud.
- Formación a los trabajadores sobre:
 - Los riesgos de exposición al polvo de sílice y las medidas de prevención adecuadas.
 - Conocer la etiqueta de la sílice.
 - Reconocer las situaciones en las que se puede generar polvo de sílice y aplicar medidas preventivas.
 - Uso, mantenimiento y limpieza de los equipos de protección individual.
- Uso adecuado del equipo protector(32) .

Recomendaciones al trabajador:

- Evitar una exposición innecesaria al polvo de sílice manteniendo una buena higiene personal:
- Lavar las manos y cara antes de comer, beber, ir al baño, fumar o ponerse maquillaje.
- No comer o beber, fumar, en áreas donde se usa la sílice cristalina.
- Usar ropa protectora y respiradores de acuerdo al Estándar de Protección Respiratoria de OSHA. Recordar que las máscaras de papel no son adecuadas para protegerse de la sílice cristalina que está flotando en el aire. Los respiradores tienen que ajustarse a la cara (evitar tener barba o bigote).
- Antes de salir del trabajo, ducharse y vestirse con ropa limpia, para así evitar contaminar su coche y/o su casa. Dejar la ropa con polvo en el trabajo.
- No fumar. El cigarro y la silicosis son una combinación fatal (32).

2.7 DIFICULTADES EN LA MEDICIÓN DE SÍLICE Y CONTROL DE LA EXPOSICIÓN

La característica principal que se encuentra a nivel mundial es el subregistro de las mediciones ambientales de sílice, dado que la mayoría de empresas se reservan esta información y la utilizan solo para su monitoreo y análisis interno. Temen publicar estos datos, por tener una actividad laboral de alto riesgo en la

salud de las personas y fácilmente pueden ser cerradas dichas empresas o sometidas a sanciones económicas altas.

Además, el registro de las enfermedades pulmonares de origen laboral ha sido subvalorada o subdiagnosticada, por no tener los elementos y datos precisos para las mediciones ambientales.

Anteriormente el subregistro era mayor, dada la cantidad de cementeras y minas no registradas ante las entidades territoriales. No se tenía el conocimiento, ni la prevención, ni el seguimiento de las enfermedades, tipo silicosis.

En Colombia la información que se tiene sobre sílice es baja, por lo que se tiene como referencia otros países. El Ministerio de Trabajo de España, en el año 2011, planteó rebajar a la mitad el nivel de sílice permitido en el ambiente laboral.

Actualmente se tiene como nivel máximo permitido en dicho país 0,1 miligramos por metro cúbico de polvo de sílice. Por encima de ese umbral existe riesgo para la salud. Lo que propone el ministerio es rebajar este índice límite a la mitad, es decir, a 0,05 de polvo de sílice por metro cúbico, buscando aumentar las condiciones de salubridad de las personas expuestas a la sílice.

Entre los objetivos estratégicos definidos por la OIT está el disminuir y controlar por parte de las empresas la exposición a sílice en los lugares de trabajo, implementando y evaluando periódicamente un sistema de gestión de los riesgos laborales, así como cuantificando y controlando la exposición. Pese a esto, hay un gran subregistro por parte de las empresas legalmente constituidas y falta de información de empresas ilegales, ya que no se tiene control sobre ellas.

Las empresas deben contar con un departamento de prevención de riesgos profesionales que se encargue de las actividades preventivas. Al haber empresas con una actividad económica micro, pequeña y mediana, los recursos económicos e información varían y, dependiendo del grado de estas, los trabajadores pueden ser más vulnerables a las consecuencias de la exposición a sílice (33).

2.8 ACTIVIDADES ECONÓMICAS CON EXPOSICIÓN A SÍLICE

Nuestro país tiene potencial para la explotación de arena sílice que tiene varios usos: en el sector industrial, como material refractario, se usa en cerámicas, vidriado y esmaltados; como elemento fertilizante en forma de mineral primario rico en silicio en la agricultura; también, como elemento de aleación en fundiciones, en la fabricación de vidrio para ventanas y aislante.

En la medicina, se usa para la elaboración de implantes de seno y lentes ópticos y de contacto.

De igual manera, la sílice es un constituyente del hormigón y los ladrillos, para el reforzamiento de obras civiles, para la fabricación de acero, para la producción de cemento haciendo de este un mercado atractivo que quizá no está siendo aprovechado en un 100% actualmente.

La arena sílice en el territorio nacional es utilizado en las líneas comerciales como: pegantes, siliconas, silicatos, producción de arenas según la necesidad de su uso desde arenisca, limo, gravas (lo que define el tamaño del grano de arena), también en la producción de cerámicas con los diferentes procesos de granulometrías para la separación de partículas con tamaños variables.

Esta arena es la materia prima para la fabricación de vidrio, ladrillo, cemento, así como también el césped artificial, morteros secos, pinturas, bunkers golf, jardines, lija, abrasivos, prefabricados industriales, lentes ópticos, filtros depuradora (34).

2.9 DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DE COLOMBIA

En Colombia se identifican 6 regiones naturales por sus diferentes relieves, ecosistemas y climas. Dentro de las más representativas y con mayor índice de exposición a sílice se encuentran la región andina, que abarca la tercera parte del territorio nacional y en la cual se concentra el mayor número de habitantes del país con un 75% de la población y por ende es la que más fuerza productiva aporta. Abarca los departamentos de Risaralda, Caldas, Quindío, Tolima, Huila, Cundinamarca, Boyacá Santander, Norte de Santander y en parte Nariño, Cauca, Valle del Cauca, Chocó, Antioquia, Meta, Córdoba, Cesar, Casanare, Caquetá y Putumayo. Su economía gira alrededor de la ganadería, la agricultura y la minería

La región Caribe abarca los departamentos de Córdoba, Sucre, Cesar, Magdalena, Bolívar, Atlántico, Guajira y parte de Antioquia y Santander. Se destacan las actividades industrial, comercial, financiera, de transporte y turismo. Vale la pena destacar la producción de minerales como el carbón, el ferro-níquel y el gas natural. Tiene lugar igualmente la explotación de sal.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Identificar los diferentes niveles de exposición a sílice en plantas cementeras de Colombia según la geografía, cargo y áreas de trabajo durante el periodo 2007 . 2014.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar topográficamente las áreas de mayor nivel de exposición a sílice en Colombia.
- Determinar las áreas de trabajo con mayor exposición a sílice dentro de las plantas cementeras.
- Identificar los niveles de exposición a sílice en los diferentes cargos desempeñados dentro del proceso productivo del cemento.
- Proponer planes de mejora según los hallazgos obtenidos.

4. METODOLOGÍA

4.1 ENFOQUE METODOLÓGICO DEL PROYECTO

Cuantitativo

4.2 TIPO DE ESTUDIO

Observacional, descriptivo, transversal.

4.3 DELIMITACIÓN DEL OBJETO DE ESTUDIO

Todas las plantas cementeras, legalmente constituidas de Colombia.

4.4 CRITERIOS DE OBSERVACIÓN Y MEDICIÓN

Registros e informes detallados de las mediciones ambientales de material particulado realizados en las plantas cementeras de Colombia.

Para las evaluaciones de material particulado respirable, se aplicó la metodología NIOSH 0600 (National Institute for Occupational Safety Health), ésta ofrece el protocolo y condiciones de muestreo necesarias. Estas metodologías son las de mayor aceptación a nivel mundial para la cuantificación de las exposiciones

ocupacionales. Este método indica entre otros aspectos, el medio de captura a utilizar, volumen de aire a muestrear, el caudal de muestreo, tipo de filtro y la forma analítica a utilizar una vez recolectadas las muestras.

De dichas evaluaciones, se analizaron a través del laboratorio acreditado por al AIHA Bureau Veritas North America Inc. (ubicado en la ciudad de Movi, Estados Unidos), análisis de Sílice con clasificación (para tipo . Cuarzo y Cristobalita), siguiendo el método NIOSH 7500.

Los Límites de Reporte (L.R.) para los diferentes compuestos evaluados fueron:
Sílice . cuarzo: 0.005 mg
Sílice Cristobalita: 0.005 mg

Para la realización de las evaluaciones se utilizaron las bombas de muestreo personal marca GILAIR. Los equipos utilizados se sometieron a proceso de verificación anual, para garantizar calidad y fiabilidad en los resultados.

4.5 CRITERIOS DE INCLUSIÓN Y EXCLUSIÓN

4.5.1 Criterios de inclusión:

- Registros sistematizados de plantas cementeras de Colombia.
- Mediciones de material particulado y sílice cristalina, realizadas a partir del 1 enero de 2007 hasta el 31 de diciembre de 2014.

4.5.2 Criterios de exclusión:

- Datos obtenidos de equipos sin calibración vigente.

4.6 RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN Y CONTROL DE SESGOS

El grupo de investigación analizará los datos de exposición previamente recolectados por un tercero (fuente anexa) en las plantas cementeras de Colombia, específicamente en las regiones andina y caribe, entre el período ya establecido; luego de lo cual se consolidará en bases de datos en Excel, para una posterior interpretación y análisis.

Los sesgos no será posible controlarlos debido a que la información ya fue tomada.

4.7 REGISTRO DE LA INFORMACIÓN

Se utilizará Microsoft Office para el registro y consolidación de la información, utilizando para esto bases de datos en Excel.

5. RESULTADOS

Para el análisis de los resultados de Material particulado y Sílice tipo Cuarzo, se va a tener en cuenta el concepto de Índice de Riesgo de la NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health): El índice de Riesgo es la relación existente entre la concentración estándar y el Valor Límite Permisible corregido para cada oficio evaluado. Si el Índice de Riesgo es superior a uno (1) se considera que la exposición es Superior a los límites permisibles y que existe riesgo aparente para la salud del trabajador; si resulta entre 0.5 y 1, la exposición es Media; y si es menor a 0.5, la exposición es Baja. El cálculo del IR se realiza por medio de la siguiente expresión matemática:

$$\text{IR} = \frac{\text{Concentración a condiciones estándar}}{\text{TLV corregido}}$$

En este orden de ideas y, de acuerdo al concepto de la NIOSH, se tendrá en cuenta como nivel de acción un valor de IR= 0.5.

5.1 ANÁLISIS DE RESULTADOS REGIÓN ANDINA COLOMBIANA

5.1.1 En lo que respecta al Índice de Riesgo de Material particulado (I.R.MP), se realizó el análisis de los datos teniendo en cuenta los Grupos de Exposición Similar (GES) y su comportamiento año tras año (tabla 1).

GES	2.007	2.008	2.009	2.010	2.011	2.014
Ayudante de perforación	0,08	1,11		3,88	0,08	
Ayudante de planta	1,45	0,52	0,13	0,67		0,37
Ayudante Trituración	1,67					
Control de calidad		0,09				
Operador de Equipo Pesado I	0,51		0,10	0,03		
Operador de Equipo Pesado II				0,17		
Operador de Equipo Pesado III				0,09		
Operador de Perforación	0,41			0,58	0,48	
Operador de Producción I			0,72	0,12		0,20
Operador de Producción II	0,28			0,22	0,04	
Operador Empacadora	1,41	0,28	0,28	1,17		0,77
Operador General	0,24	0,11		0,66		
Operario Trituradora	0,23	0,04		0,87		

Tabla 1. Comportamiento del I.R.MP en cada cargo evaluado durante los años 2007 a 2014

Los cargos con mayores mediciones fueron los de ayudante de planta y operador de empacadora, lo que permite realizar una trazabilidad a los resultados, analizando su comportamiento.

Para el cargo de ayudante de planta, se evidencia que para el año 2007 presentó un I.R.MP que superó el límite permisible. No obstante, para el año siguiente muestra un comportamiento hacia la baja, con un nivel Medio de exposición. En el año 2009 logra cifras por debajo del nivel de acción, las cuales se mantienen así para el año 2014.

En lo que respecta al cargo de Operador de Empacadora, se puede afirmar que a lo largo de los años ha presentado una ligera disminución, pasando de superar los límites de exposición en el 2007, a tener un nivel Medio de exposición en el 2014.

El cargo de Ayudante de perforación, que para el año 2010 obtuvo un resultado muy por encima de los límites permisibles, comportándose de manera atípica al compararse con el resto de GES e inclusive con su mismo GES en relación con los años anteriores. Al analizar más a profundidad las mediciones del año en cuestión, se encuentra que se realizaron dos mediciones, obteniendo un I.R.MP de 0.27 en octubre y de 7.59 en diciembre. Esta diferencia tan marcada entre una

medición y otra, resta confiabilidad a la muestra y por lo tanto debe ser repetida bajo condiciones estándar de trabajo.

5.1.2 Los resultados de las mediciones de Sílice tipo Cuarzo se encuentran en la tabla 2.

GES	2.007	2.008	2.009	2.010	2.011	2.014
Ayudante de perforación	0,38	0,38		2,18	0,52	
Ayudante de planta	0,62	0,41	0,37	1,60		0,55
Ayudante Trituración	1,22					
Control de calidad		0,41				
Operador de Equipo Pesado I	0,39		0,33	0,30		
Operador de Equipo Pesado II				0,83		
Operador de Equipo Pesado III				0,30		
Operador de Perforación	1,02			0,53	0,27	
Operador de Producción I			3,26	0,45		0,27
Operador de Producción II	0,68			0,81	4,19	
Operador Empacadora	0,76	0,40	0,34	1,60		3,40
Operador General	0,66	0,39		1,59		
Operario Trituradora	0,85	0,34		4,29		

Tabla 2. Comportamiento del I.R. Sílice Cuarzo en cada cargo evaluado durante los años 2007 a 2014.

Los cargos Operador de trituradora, Operador de Producción II y Operador de Empacadora fueron los que más alto I.R. de Sílice tipo Cuarzo presentaron, en los años 2010, 2011 y 2014, respectivamente. En lo que respecta a las mediciones realizadas al tercer cargo en mención, se hace una revisión de las que corresponden al 2014, encontrando solo un evento aislado con un valor de 3.40 en enero, seguido de varias muestras confirmatorias realizadas en el mes de febrero con valores inferiores a 0.27. Dicho resultado nos acerca a la conclusión de que el cargo operador de empacadora no presenta exposición a Sílice tipo Cuarzo por encima de los límites permisibles para el año 2014.

En contraste con lo anterior, al cargo operador de producción II se le realizó una única medición en 2011, arrojando como resultado un I.R. de Sílice tipo Cuarzo de 4.19, siendo esta la última medición registrada. Si bien es cierto que las mediciones realizadas en años anteriores exhibieron una exposición por debajo

del nivel de acción, es importante mencionar que finalizando el año 2010 se presentó un incremento que superó el límite de exposición y posterior a ello el hallazgo en 2011 muy por encima de las cifras habituales para este GES.

Es importante mencionar también las mediciones realizadas al cargo Operador de Trituradora, ya que para el año 2010 presentó un I.R. de Sílice tipo Cuarzo de 4.29, no registrando posterior a ello más mediciones.

5.2 ANÁLISIS DE RESULTADOS REGIÓN CARIBE COLOMBIANA

La Región Caribe realizó muestreo a un menor número de GES y durante menos años en comparación con la Región Andina. Esto hace que los resultados no sean estadísticamente concluyentes y que la trazabilidad no se pueda hacer con mayor nivel de detalle.

5.2.1 Los resultados concernientes a I.R.MP están consignados en la tabla 3

GES	2.007	2.008	2.010	2.014
Ayudante de perforación			0,28	
Ayudante de planta	0,24	0,15	0,21	1,84
Ayudante Trituración	0,51			
Operador de campo				1,07
Operador de Equipo Pesado I	0,09		0,03	0,27
Operador de Perforación			0,10	
Operador de Producción I	0,19			
Operador de Producción II	0,17		0,11	
Operador Empacadora	0,57	0,53	0,35	1,15
Operador General	0,26	0,51	0,11	0,03
Operario Trituradora	0,52			

Tabla 3. Comportamiento del I.R.MP en cada cargo evaluado durante los años 2007 a 2014

Los cargos de ayudante de planta, operador de empacadora y operador de campo, fueron los que presentaron valores que superaron los límites permisibles,

con un comportamiento similar a través de los años evaluados, arrojando cifras por encima del nivel de acción y alcanzando el pico de mayor nivel en el 2014.

5.2.2 La Región Caribe realizó también mediciones de Sílice tipo Cuarzo, cuyos resultados se encuentran consolidados en la tabla 4.

GES	2.007	2.008	2.010	2.014
Ayudante de perforación			0,28	
Ayudante de planta	0,92	0,44	0,95	0,69
Ayudante Trituración	0,29			
Operador de campo				0,54
Operador de Equipo Pesado I	0,34		0,30	4,15
Operador de Perforación			0,25	
Operador de Producción I	0,46			
Operador de Producción II	1,24		0,64	
Operador Empacadora	0,37	0,50	0,38	0,51
Operador General	0,63	9,96	1,07	0,45
Operario Trituradora	0,39			

Tabla 4. Comportamiento del I.R. Sílice Cuarzo en cada cargo evaluado durante los años 2007 a 2014

Para el año 2014, solo el cargo de operador de equipo pesado I presentó un I.R. Sílice Cuarzo muy superior al límite permisible. El resto de GES, para este mismo año, tuvieron un resultado MEDIO de exposición.

Solo el cargo de operador general se sale de los parámetros de homogeneidad con los cuales se comportan en general todos los GES de esta región, y obedece a una medición puntual realizada en 2008 que supera por mucho, el límite permisible. Dicha muestra, sin embargo, fue repetida en el mismo mes de la medición inicial, obteniendo a consecuencia un I.R. bajo.

5.3 COMPARACIÓN NIVELES DE EXPOSICIÓN DE LAS DOS REGIONES

La Región Andina realizó en total 76 mediciones durante los años 2007 al 2014, mientras que la Región Caribe ejecutó 59 mediciones en el mismo período de tiempo.

En cuanto a I.R.MP, ambas regiones presentan un comportamiento similar, en el sentido de que el cargo de Operador de Empacadora es el que exhibe mayor nivel

de exposición en comparación con otros GES. Sin embargo, para la Región Caribe, dicho nivel de exposición supera los límites permisibles, mientras que para la Región Andina la exposición es MEDIA para el año 2014 (gráfica 1).

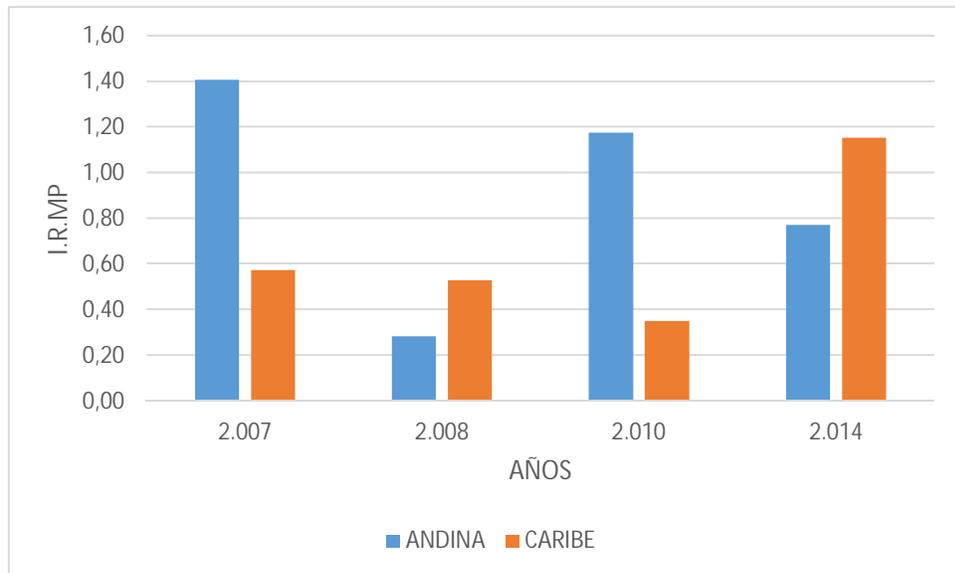
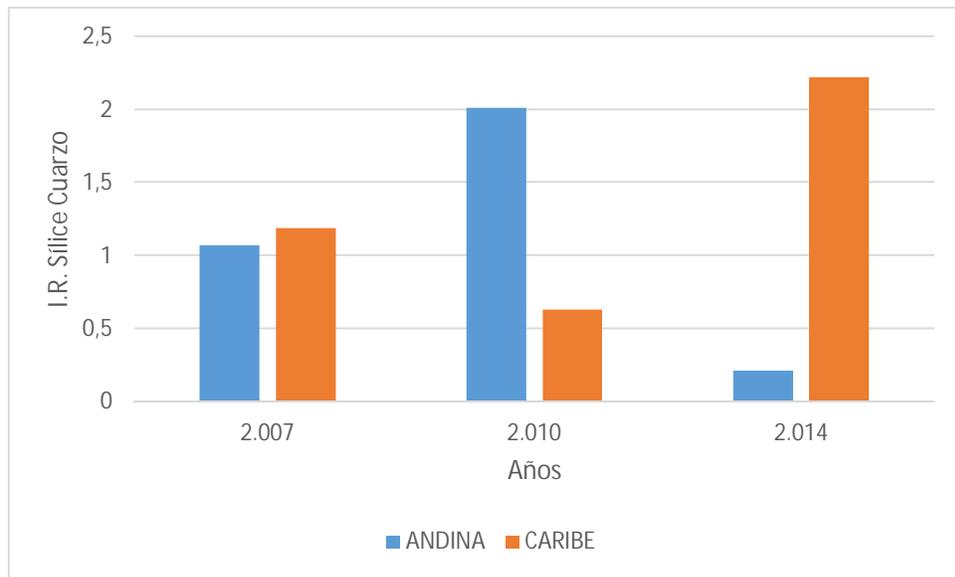


Gráfico 1. Comparativo entre regionales de las mediciones de Material Particulado para el cargo Operador de Empacadora.

Cuando se realiza el análisis de las mediciones de Sílice tipo Cuarzo, se encuentra que la Región Caribe presenta las cifras más elevadas de exposición, no guardando relación con los GES entre una y otra regional.

Mientras que para la Región Andina los GES con mayor nivel de exposición fueron los cargos de Operador de Producción II y Operador de Trituradora, para la Región Caribe fue el cargo de Operador de Equipo Pesado I.

Si fuésemos a hacer el análisis basándonos en áreas y no en GES, encontramos, sin embargo, que para ambas regionales es el área de extracción y trituración de materias primas, aquella con mayor nivel de exposición a Sílice tipo Cuarzo (gráfica 2).



Gráfica 2. Comparación entre regionales de los I.R. Sílice Cuarzo para el área de extracción y trituración de materias primas.

6. DISCUSIÓN

Los cargos de ayudante de perforación, ayudante de trituración, operador de equipo pesado y operador de perforador, son los que se desempeñan en el proceso de la extracción y prehomogenización de la materia prima. Llama la atención que, si bien esta etapa de la generación del cemento es una de aquellas donde mayor material particulado se pudiese generar, estos cargos exhibieron un I.R.MP por debajo de los niveles de acción. Este hecho se podría interpretar como un logro de los controles implementados en la fuente y en el medio, que han hecho que al trabajador llegue una exposición por debajo de los límites permisibles.

Entre los controles en el medio que se contemplan para mitigar la exposición a material particulado en esta área, se encuentran los sistemas de riego de las carreteras y las canteras, que hacen que el material particulado que se levanta por la circulación de equipos pesados sea mínima y no genere repercusiones negativas en la salud de los trabajadores.

Sin embargo, al hacer una interpretación de los resultados obtenidos en las mediciones de sílice, se encuentra que, para la Región Caribe, es el cargo de operador de Equipo Pesado el que presenta mayores niveles de exposición a sílice, superando inclusive los límites permisibles.

La Región Andina Colombiana, por su parte, presentó las cifras más elevadas de exposición a sílice en el cargo de operador de trituradora, solo que dicha cifra obedece a una medición en 2010 y posterior a ello, no se registran más mediciones.

El hecho que, en ambas regiones, el área de extracción y trituración de materias primas sea la que mayor I.R. a sílice tipo cuarzo exhiba en sus mediciones, y que dicho hallazgo contraste con el de material particulado, hace necesario que se incrementen las medidas de control de carácter administrativo y de ingeniería. Esto debido a que el trabajador de esta área, al no evidenciar tan claramente el material particulado como un riesgo para su salud, puede omitir los controles individuales como el uso de máscaras y respiradores. Es por esto que la educación y el entrenamiento deben estar adecuadamente fortalecidos entre este personal, para que aprendan a identificar que, a pesar de que no se evidencie a primera vista el peligro, la exposición a sílice está presente y se deben optimizar todos los controles requeridos.

La otra parte del proceso en donde describe la literatura que se produce gran cantidad de material particulado es en el área de empaque. Allí se desempeña el cargo de operador de empacadora, y como bien se expone en los resultados, fue el cargo con mayor I.R.MP, presentando cifras que se enmarcan en el nivel Medio de exposición. En esta etapa del proceso se suelen utilizar como medidas de control en la fuente, dispositivos de desempolvamiento que hacen que disminuya el material particulado en el ambiente. Una medida de intervención basada en los resultados obtenidos, podría ser entonces mantener en óptimas condiciones todos los sistemas de control de material particulado con miras a garantizar la eficiencia requerida en cada uno de los procesos.

Pasando a otro punto en la discusión, es importante resaltar las mediciones obtenidas en el cargo de operador de equipo pesado, ya que para ambas regiones mostró un I.R.MP muy por debajo de los niveles de acción. A pesar de que es un cargo que se desempeña en el área de extracción de materia prima, el hecho de que tenga estos niveles de exposición tan bajos permite concluir que las medidas de control como el aislamiento de la cabina, sistema de aire acondicionado normo-funcionante, entre otros, son exitosas para la mitigación de la exposición.

Se presentaron casos donde las mediciones para un cargo determinado variaban considerablemente entre un año y otro, siendo necesario reevaluar esa muestra y en muchos casos, no tenerlas en cuenta para el análisis. Cuando una medición refleja un comportamiento de este tipo, se hace necesario cuestionar en primer lugar las condiciones bajo las cuales se llevó a cabo dicha medición. Esto se explica por el hecho de que una medición ambiental se debe realizar en el marco de la normalidad de la ejecución de las tareas; un escenario óptimo de medición es aquel en el que se realizan las tareas que rutinariamente se llevan a cabo. Si se realizan tareas extraordinarias como desatasques y en general operación de equipos que se salen de la rutina, pueden generar sesgos de interpretación de la exposición, generando falsos positivos que a su vez conllevaría a tomar medidas de mitigación cuando no habría lugar para estas.

7. CONCLUSIONES

La sílice es el principal componente de la corteza terrestre y se encuentra en los productos de materia prima para múltiples actividades económicas. Su exposición continúa siendo un problema de salud pública en el mundo. Aunque se han diseñado múltiples estrategias para disminuir los niveles de exposición, es casi imposible reducirlos a cero. Es por esto que emergen los programas de seguridad y salud en el trabajo, para que, en apoyo con las leyes, los empresarios y los mismos trabajadores se procure la mínima exposición, la captación de posibles casos a tiempo y disminuir las consecuencias de las patologías asociadas.

Dentro de las patologías más importantes y la que nos interesa mayormente está la silicosis. Siendo esta una enfermedad que no tiene cura, se hace necesario implementar medidas de higiene y medicina del trabajo para evitar la exposición a polvos de sílice por encima de los límites permisibles y realizar una vigilancia epidemiológica rigurosa con el fin de identificar los casos sospechosos de forma temprana para su remisión oportuna a los servicios de salud.

Las ocupaciones que con mayor frecuencia están expuestas a sílice son: excavaciones en minas, túneles, canteras; fabricación de cemento y concreto; tallado y pulido de rocas silíceas; trabajos en seco, de trituración, tamizado y manipulación de minerales y rocas; fabricación de vidrio, porcelana, loza y otros productos cerámicos; trabajos con chorro de arena y esmeril; industria cerámica; protésicos dentales; industria de la construcción, entre otros.

Dentro de la industria cementera, la sílice es el responsable de las propiedades de durabilidad y fuerza propias del cemento; por lo que su exposición es obligatoria durante todo el proceso.

En Colombia, a pesar de tener plenamente identificado el problema, no se han realizado estudios concluyentes de los niveles de exposición al material. En este acercamiento que se ha realizado se observan niveles de exposición generalmente fuera de límites permisibles en las dos regiones evaluadas, por lo que podría ser una base para la implementación de programas de prevención que brinden herramientas a las industrias para reforzar las medidas de control en estos procesos tanto en la fuente como en el medio y en el individuo.

Acorde con los resultados evidenciados en las mediciones de material particulado, se hace necesario que las plantas cementeras adopten ciertas estrategias de control tanto en la fuente, como en el medio y finalmente en el individuo.

Como medidas de control en la fuente se propone realizar mejoras en los diseños de captación, transporte y caudales de aire, así como implementar gamas de mantenimiento a las tuberías y accesorios, con miras a prolongar su vida útil y garantizar la eficiencia requerida en cada uno de los procesos. Adicional a esto podría ser pertinente realizar una mejora técnica en los sistemas de sellado a la entrada y salida de los equipos de molienda, y así evitar fugas o pérdida de material.

En cuanto a la limpieza de las áreas de trabajo, se propone implementar el uso de aspiradoras industriales que reducen la suspensión de partículas en el ambiente laboral.

Como medidas en el medio, se sugiere establecer un sistema de limpieza de pisos basado en barredoras industriales, con recorridos frecuentes por las áreas de circulación de equipos pesados. Así mismo, en dichas áreas, realizar ciclos de humectación de vías, que ayude a disminuir el levantamiento de material particulado.

En este mismo sentido, se propone activar el Sistema de Vigilancia Epidemiológica de neumoconiosis, en donde se identifiquen los trabajadores que se desempeñan en los cargos con exposición a sílice y se les realicen los exámenes de vigilancia pertinentes, los cuales son Rayos X de tórax con técnica OIT (Organización Internacional del Trabajo) y espirometría.

En el último nivel en la jerarquía de controles, se propone afianzar entre los colaboradores el uso de los elementos de protección personal respiratorios; esto se logra dando una adecuada capacitación, pero también realizando un seguimiento a su utilización. Como medidas efectivas para generar conciencia frente al autocuidado, se sugiere implementar estrategias de neuroseguridad, en donde se conduce al trabajador a una generación de conciencia respecto a los motivantes personales que le inspiran a cuidarse y se le invita a la reflexión mostrándole lo que perdería si no aplica las medidas de seguridad adecuadamente.

BIBLIOGRAFÍA

1. Organización Mundial de la Salud. Límites de exposición profesional a los metales pesados que se recomiendan por razones de salud. Ginebra: Organización Mundial de la Salud; 1980.
2. FLORIÁN MAN, ESPITIA RV, AL TDGPO, OCUPACIONAL EES, PALACIO CMQ, OCUPACIONAL MMES, et al. EFECTOS EN LA SALUD DE LOS TRABAJADORES EXPUESTOS A CEMENTO PORTLAND HEALTH EFFECTS OF WORKERS EXPOSED TO PORTLAND CEMENT.
3. Gobierno de Chile, Ministerio de Salud, Organización Panamericana de la Salud, Instituto de Salud Pública de Chile. Estudio de la exposición a sílice. 2004.
4. Steenland K, Ward E. Silica: a lung carcinogen. CA Cancer J Clin. febrero de 2014;64(1):63-9.
5. Maciejewska A. Occupational exposure assessment for crystalline silica dust: approach in Poland and worldwide. Int J Occup Med Environ Health. 2008;21(1):1-23.
6. Contextualización P, de Apoyo L. Entornos Laborales Saludables: Fundamentos y Modelo de la OMS. 2010;
7. Fernández Álvarez R, Martínez González C, Quero Martínez A, Blanco Pérez JJ, Carazo Fernández L, Prieto Fernández A. Normativa para el diagnóstico y seguimiento de la silicosis. Arch Bronconeumol. febrero de 2015;51(2):86-93.
8. Ministerio de la Protección Social. Guía técnica para el análisis de exposición a factores de riesgo ocupacional en el proceso de evaluación para la calificación de origen en la enfermedad profesional. Imprenta Nacional de Colombia; 2011.
9. Beaucham CC, Lentz TJ, Rice FL. Expanding control banding for workplace silica exposures throughout the Americas. Int J Occup Environ Health. diciembre de 2012;18(4):344-7.
10. Duda, Walter H. Cement data book. Berlín, Alemania.: Bauverlag GmbH; 1977. 345 p.
11. Iler RK. The chemistry of silica: solubility, polymerization, colloid and surface properties, and biochemistry. Wiley; 1979.

12. Occupational Safety and Health Administration (OSHA), Department of Labor. Occupational Exposure to Respirable Crystalline Silica. Final rule. Fed Regist. 25 de marzo de 2016;81(58):16285-890.
13. Vansant EF, Van Der Voort P, Vrancken KC. Characterization and chemical modification of the silica surface. Vol. 93. Elsevier; 1995.
14. Fernández Álvarez R, Martínez González C, Quero Martínez A, Blanco Pérez JJ, Carazo Fernández L, Prieto Fernández A. Guidelines for the diagnosis and monitoring of silicosis. Arch Bronconeumol. febrero de 2015;51(2):86-93.
15. Marceau M, Nisbet MA, Van Geem MG, Portland Cement Association. Life cycle inventory of portland cement concrete. Portland Cement Association; 2007.
16. Taylor HF. Cement chemistry. Thomas Telford; 1997.
17. Colombia. Ministerio de la Protección Social. Guía de atención integral basada en la evidencia para neumoconiosis (silicosis, neumoconiosis del minero de carbón y asbestosis). Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana; 2007.
18. González CA, Antonio Agudo. Occupational Cancer in Spain.
19. Cherrie JW, Van Tongeren M, Semple S. Exposure to Occupational Carcinogens in Great Britain. Ann Occup Hyg. 31 de octubre de 2007;51(8):653-64.
20. Belli S, Comba P, Germani D, Grignoli M, Lagorio S, Paganoni R. Mortality study among lead-zinc Italian (Val Seriana) miners. Med Lav. 1989;80(6):467-78.
21. IARC Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, International Agency for Research on Cancer, World Health Organization. IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. Vol. 51. World Health Organization; 1991.
22. Kusiak RA, Ritchie AC, Springer J, Muller J. Mortality from stomach cancer in Ontario miners. Br J Ind Med. febrero de 1993;50(2):117-26.
23. Hayes RB, Dosemeci M, Riscigno M, Blair A. Cancer mortality among jewelry workers. Am J Ind Med. diciembre de 1993;24(6):743-51.
24. Parent M-É, Siemiatycki J, Fritschi L. Occupational exposures and gastric cancer. Epidemiology. 1998;9(1):48-55.

25. Calvert G, Rice F, Boiano J, Sheehy J, Sanderson W. Occupational silica exposure and risk of various diseases: an analysis using death certificates from 27 states of the United States. *Occup Environ Med.* 2003;60(2):122-9.
26. Parks C, Cooper G, Nylander-French L, Savitz D. A population-based study of occupational exposure to crystalline silica and systemic lupus erythematosus. En *OXFORD UNIV PRESS INC JOURNALS DEPT, 2001 EVANS RD, CARY, NC 27513 USA; 2000.* p. S82-S82.
27. Klockars M, Koskela R, Järvinen E, Kolari P, Rossi A. Silica exposure and rheumatoid arthritis: a follow up study of granite workers 1940-81. *BMJ.* 1987;294(6578):997-1000.
28. Turner S, Cherry N. Rheumatoid arthritis in workers exposed to silica in the pottery industry. *Occup Environ Med.* 2000;57(7):443-7.
29. Bélgica Bernales, Katihusca Devivo, María Angélica Moreno. Guía técnica para la prevención de la silicosis. Ministerio de Salud de Chile; 2007.
30. Leonardo Briceño. Prevención de riesgos laborales en empresas colombianas. *Rev Cienc Salud Bogotá Colomb* 1 1. junio de 2003;31-44.
31. Gustavo Contreras, Bernardita Torrealba, Mauricio Salinas. Enfermedades respiratorias laborales en Chile. *Rev Chil Enfermedades Respir.* 2014;30:27-34.
32. Algranti E, Handar Z, Ribeiro F, Bon AT, Santos A, Bedrikow B. Exposición a sílice y silicosis en el Programa Nacional de Eliminación de Silicosis en Brasil (PNES). *Cienc Trab.* 2004;6(11):1-13.
33. International Labour Office, Chile, Ministerio de Salud, Chile, Ministerio del Trabajo y Previsión Social, ILO Subregional Office for the Southern Cone of Latin America. Directrices específicas sobre sistemas de gestión de seguridad y salud en el trabajo para empresas con riesgo de exposición a sílice (SGSST-SILICE 2013). Santiago: OIT; 2013.
34. Alexandra Ximena Cahuana Mojica. Sílice: El aliado oculto y estratégico para el desarrollo empresarial de la industria nacional. 2014.