



Serie Proyectos de Investigación e Innovación

Superintendencia de Seguridad Social
Santiago - Chile

INFORME FINAL

Determinación de las características físicas y químicas del polvo conteniendo sílice libre cristalizada, generado desde diferentes tipos de fuentes y presente en ambiente laborales

Michael Cisterna
2008





SUPERINTENDENCIA DE SEGURIDAD SOCIAL

SUPERINTENDENCE OF SOCIAL SECURITY

La serie Proyectos de Investigación e Innovación corresponde a una línea de publicaciones de la Superintendencia de Seguridad Social, que tiene por objetivo divulgar los trabajos de investigación e innovación en Prevención de Accidentes y Enfermedades del Trabajo financiados por los recursos del Seguro Social de la Ley 16.744.

Los trabajos aquí publicados son los informes finales y están disponibles para su conocimiento y uso. Los contenidos, análisis y conclusiones expresados son de exclusiva responsabilidad de su(s) autor(es), y no reflejan necesariamente la opinión de la Superintendencia de Seguridad Social.

Si requiere de mayor información, sobre el estudio o proyecto escriba a: investigaciones@suseso.cl.

Si desea conocer otras publicaciones, artículos de investigación y proyectos de la Superintendencia de Seguridad Social, visite nuestro sitio web: www.suseso.cl.

The Research and Innovation Projects series corresponds to a line of publications of the Superintendence of Social Security, which aims to disseminate the research and innovation work in the Prevention of Occupational Accidents and Illnesses financed by the resources of Law Insurance 16,744.

The papers published here are the final reports and are available for your knowledge and use. The content, analysis and conclusions are solely the responsibility of the author (s), and do not necessarily reflect the opinion of the Superintendence of Social Security.

For further information, please write to: investigaciones@suseso.cl.

For other publications, research papers and projects of the Superintendence of Social Security, please visit our website: www.suseso.cl.

Superintendencia de Seguridad Social
Huérfanos 1376
Santiago, Chile.



**DETERMINACIÓN DE LAS
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS
DEL POLVO CONTENIENDO SÍLICE LIBRE
CRISTALIZADA, GENERADO DESDE
DIFERENTES TIPOS DE FUENTES Y
PRESENTE EN AMBIENTES LABORALES**

Proyectos de investigación e innovación tecnológica en prevención de
accidentes del trabajo y enfermedades profesionales, ley N° 16.744
Informe Final



ÍNDICE

| | | |
|----|----------------------|----|
| 1 | Resumen | 3 |
| 2 | Introducción | 5 |
| 3 | Hipótesis de trabajo | 18 |
| 4 | Objetivo general | 18 |
| 5 | Objetivo específico | 18 |
| 6 | Materiales y métodos | 19 |
| 7 | Discusión | 22 |
| 8 | Resultados | 25 |
| 9 | Conclusiones | 28 |
| 10 | Bibliografía | 29 |

RESUMEN

La sílice o dióxido de silicio (SiO_2) es uno de los componentes principales de la corteza terrestre y se encuentra presente en todas las fracciones del suelo, incluyendo las más finas. En la naturaleza se puede encontrar en dos formas: cristalina y amorfa. Existen varias estructuras cristalinas, dentro de las cuales las más conocidas son el cuarzo, la cristobalita y la tridimita.

La silicosis es reconocida como uno de los problemas prioritarios de salud ocupacional en el mundo. Se trata de una enfermedad respiratoria crónica progresiva, que se caracteriza por una fibrosis pulmonar producida por la exposición a sílice, que conlleva a discapacidad permanente y pérdida de expectativas de vida, provoca disminución de la calidad de vida, pudiendo ser fatal (Tung-Sheng et al, 2007; Maxim et al, 1998; Cooper et al, 2002) y representa una carga para las economías nacionales y sistemas previsionales en términos de ausentismo por enfermedad, pérdida de días de trabajo, discapacidades, pago de subsidios y pérdida de mano de obra calificada

La presencia de polvo, que contiene sílice libre cristalizada en sus diferentes fases, en el ambiente laboral puede constituir un elemento contaminante de



importancia, ya que su exposición aguda o crónica se encuentra relacionada con la posibilidad del desarrollo de enfermedades pulmonares.

Las formas cristalinas más conocidas son el cuarzo, la cristobalita y la tridimita, y las formas amorfas son la tierra de diatomeas, el ópalo y el trípoli. Para el desarrollo de este trabajo se realizará un estudio cuantitativo de la presencia de sílice libre cristalizada en las diferentes fuentes, procesos y/o puestos de trabajo seleccionados de empresas adherentes a Mutua de seguridad C.Ch.C.

Esta investigación permitió explorar a que tipo de sílice libre cristalina (cuarzo, cristobalita y/o tridimita) estaba los trabajadores expuestos en sus lugares de trabajo, en los cuales existía la presencia polvo que contiene este agente químico y altas temperaturas, en distintas fuentes de emisión de la industria.

INTRODUCCIÓN

Según la Organización Internacional del Trabajo, OIT, un número importante de accidentes y enfermedades laborales ocurre anualmente, los que provocan la pérdida de alrededor de 2 millones de vidas y esto sigue en aumento debido a la rápida industrialización de algunos países en desarrollo.

El riesgo de contraer alguna enfermedad profesional se ha convertido en el peligro más frecuente al que se enfrentan los trabajadores en sus empleos.

Las enfermedades profesionales causan anualmente unos 1,7 millones de muertes y superan a los accidentes mortales en una proporción de cuatro a uno. Además, la OIT ha calculado que los accidentes y las enfermedades profesionales son responsables de que cerca del 4 por ciento del PIB mundial se pierda en concepto de pago de compensaciones y ausencias del trabajo.

El silicio (Si) es un elemento químico que no se encuentra en estado puro, sino formando compuestos oxigenados. En la corteza terrestre es uno de sus componentes principales y como sustancia el segundo lugar después del oxígeno, está presente en todas las fracciones del suelo, incluyendo las más

finas, El silicio se encuentra como dióxido de silicio (SiO_2) o como silicatos, este compuesto en cualquiera de sus formas recibe el nombre genérico de sílice, el cual es posible encontrar en forma cristalina y amorfa. Su forma cristalina, las más conocidas son el cuarzo, la cristobalita y la tridimita.

Existen muchas actividades laborales que generan la emisión de polvo que contiene sílice cristalizada a la atmósfera de trabajo; entre dichas actividades podemos encontrar: corte y pulido de materiales, excavaciones, demoliciones, chancado y molienda de rocas, tronaduras, y en la elaboración de productos para la construcción. La cristobalita y la tridimita se pueden encontrar en algunas operaciones industriales a altas temperaturas, como por ejemplo, en procesos de fundición, calcinación de tierras de diatomeas, fabricación del ladrillo y de la cerámica, producción del carburo de silicio, etc. Por lo tanto, existen trabajadores que, de forma directa, por las tareas que normalmente realizan, pueden estar expuestos a respirar material particulado que contiene este compuesto químico.

La vía de ingreso más importante del polvo al organismo es la respiración y su comportamiento en el tracto respiratorio dependerá básicamente de sus características físicas como tamaño y forma y a su composición química.

El polvo se define como una cantidad de partículas sólidas dispersas en el aire y producidas en un proceso físico de disgregación como por ejemplo la manipulación, molienda, trituración o desintegración y que se encuentra suspendido en el aire. El tamaño aerodinámico de estas partículas es habitualmente inferior a 100 micrómetros.

Una porción importante de este polvo corresponde a las partículas de tamaño respirable, las de diámetro aerodinámico menor de 10 micrómetros, llamado comúnmente polvo fracción respirable, debido a que estas partículas pueden ingresar al aparato respiratorio, traspasar los mecanismos de defensa que posee y penetrar profundamente en las vías respiratorias e instalarse en los alvéolos pulmonares, pudiendo causar daños importantes en la salud de las personas.

Las partículas de mayor tamaño quedarán depositadas en vías aéreas altas, para ser eliminadas en un corto periodo de tiempo, por el transporte mucociliar.

Las partículas menores de 5 micrómetros alcanzan el saco alveolar, depositándose en su pared mediante fenómenos de difusión o

sedimentación. Estas pueden llegar al intersticio alveolar y quedar retenidas en ese lugar, siendo capaces de provocar alguna enfermedad pulmonar.

La clasificación de la Norma Europea EN 481:1993, define tres fracciones de material particulado, inhalables, torácicas y respirables, dentro de las cuales, la más importante es la fracción de polvo respirable debido a sus potenciales efectos adversos sobre la salud. La fracción inhalable corresponde a la fracción másica del aerosol total que se inhala a través de la nariz y la boca; la fracción torácica es aquella fracción másica de las partículas inhaladas que penetran más allá de la laringe y la fracción respirable es la fracción másica de las partículas inhaladas que penetran en las vías respiratorias no ciliadas.

La figura 1, muestra los distintos tamaños, en micrómetros, para las distintas fracciones de material particulado:

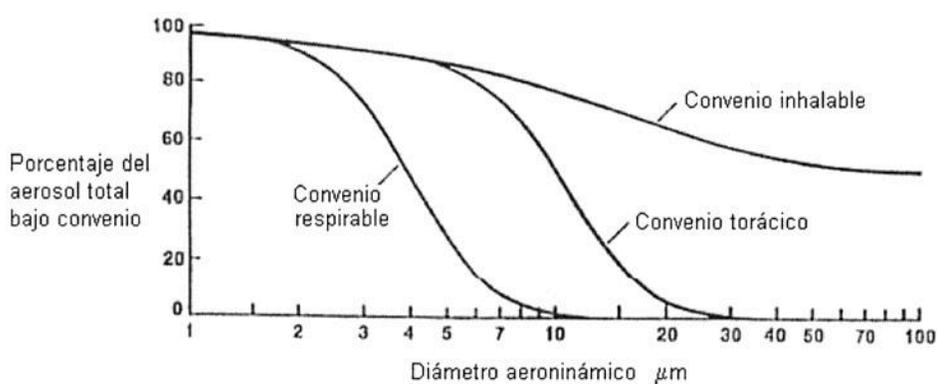




Figura 1: Convenios sobre material particulado inhalable, torácico y respirable como porcentajes del total de partículas en el aire, fuente: Guía de Buenas Prácticas – Sílice cristalina respirable, según EN 481.

La figura 1, muestra la probabilidad de que una partícula de un diámetro aerodinámico específico penetre en las diferentes partes del sistema respiratorio; por ejemplo, según convenio respirable, existe un 50% de posibilidades (probabilidad 0,5) de que una partícula de 4µm de diámetro aerodinámico penetre en la región alveolar pulmonar.

Como se señaló anteriormente, no sólo son importantes las características físicas del polvo en suspensión si no también su composición química, donde podemos encontrar compuestos orgánicos e inorgánicos, entre estos últimos, sílice libre cristalizada.

El cuarzo se encuentra en casi todos los tipos de roca: ígneas, metamórficas y sedimentarias. Puesto que es tan abundante, el cuarzo está presente en casi todas las operaciones mineras. Independientemente de las actividades industriales, la sílice cristalina está presente en el entorno ambiental.

La cristobalita y la tridimita no son abundantes en la naturaleza. Sin embargo, se encuentran en algunas rocas ígneas. En procesos industriales, la cristobalita se puede obtener al calentar el cuarzo a temperaturas superiores a 1470°C, por ejemplo, durante la producción y el uso de materiales refractarios (Guía de Buenas Prácticas – Sílice cristalina respirable, 2006).

Algunos estudios señalan que la cristobalita y la tridimita son más fibrogénicos que el cuarzo y que también podrían ser más cancerígenas, señalan que experimentos con animales han sugerido que la cristobalita tiene un mayor potencial de causar enfermedades pulmonares.

En las figuras N°2 y N°3 se muestran las diferentes formas de organización que tienen los cristales de sílice para así constituir las distintas formas cristalinas o polimorfos.

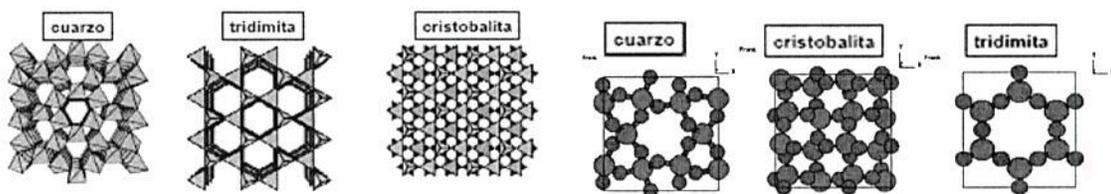


Figura N°2

Figura N°3



La sílice tiene muchas aplicaciones industriales que derivan de sus importantes propiedades físicas y químicas, tales como: dureza y resistencia, resistencia química, alto punto de fusión, piezoelectricidad y piroelectricidad.

Su uso industrial es diverso, se puede ocupar tanto como materia prima así como producto terminado y en algunos casos se llega a usar sin eliminar los contaminantes. Dentro de la variedad de industrias podemos mencionar entre otras, industria metalúrgica y de fundición, del vidrio y cerámica, de la construcción, de abrasivos, del petróleo, eléctrica.

Por sus características, la sílice no presenta riesgo significativo al estar en contacto con la piel o al ser ingerida; el problema se presenta al ser inhalada, ya que ha sido ampliamente aceptado que la inhalación de polvo de sílice cristalina provoca enfermedades como la silicosis y cáncer de pulmón, aunque los mecanismos exactos de estos efectos sobre la salud siguen siendo controversiales

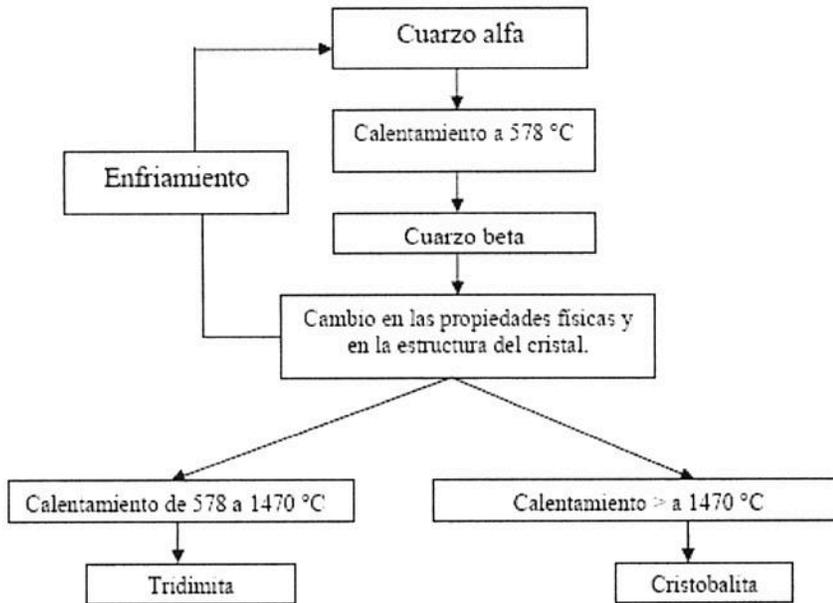
Es fundamental saber su forma cristalina, ya que la reactividad biológica de los tres tipos de sílice cristalina más comunes, cuarzo, cristobalita y tridimita, no es igual. Algunos autores señalan que la cristobalita y la tridimita se

consideran más tóxicos que el cuarzo. Estudios toxicológicos realizados en animales de experimentación mostraron que la cristobalita es más fibrogénica y que estos soportan menores niveles de exposición de tridimita y cristobalita. Esto se podría deber a las diferentes formas cristalinas, así como también a su hábito o micro-estructura (figura N°4), ya que la micro-estructura del cuarzo es granular y la de la cristobalita y tridimita es fibrosa.



Figura N°4

La cristobalita se asocia con la industria de la cerámica, de refractarios y tierras diatomáceas; también se forma cristobalita en el procesamiento de materiales crudos que involucran el calentamiento a altas temperaturas. Es importante entonces observar que el cuarzo puede ser transformado durante el proceso industrial especialmente si es sometido a procesos térmicos y esto puede cambiar su estructura cristalina. La figura 5 muestra como influye la temperatura en estructuras cristalinas de la sílice:



FiguraN°5: Influencia de la temperatura sobre la estructura cristalina del cuarzo.

La Ley N°16.744, sobre accidentes del trabajo y Enfermedades Profesionales, en su artículo 7º, define enfermedad profesional “la enfermedad causada de una manera directa por el ejercicio de la profesión o el trabajo que realice una persona y que le produzca incapacidad o muerte”.

La silicosis es la enfermedad pulmonar profesional más antigua conocida en todo el mundo, atribuible a la inhalación de polvo que contiene sílice libre cristalizada respirable, la que entra a los pulmones y crea la formación de

tejido de cicatriz reduciendo la capacidad de absorción de oxígeno en los pulmones.

La silicosis es uno de los tipos más comunes de neumoconiosis, que consiste en una fibrosis nodular progresiva provocada por la sedimentación de partículas respirables de sílice cristalina en los pulmones. La fibrosis resultante en la parte más interna de los pulmones puede provocar dificultades de respiración y, en algunos casos, la muerte.

La silicosis puede variar notablemente de intensidad, desde una "silicosis simple" a una "fibrosis masiva progresiva". En general, en la bibliografía se describen tres tipos de silicosis.

Los diferentes tipos de silicosis, dependerán del tiempo de exposición y las concentraciones presentes:

La silicosis crónica simple es producida por exposiciones a largo plazo (más de 20 años) a bajas cantidades de polvo de sílice. En los pulmones y ganglios linfáticos del tórax, se forman nódulos de inflamación crónica y cicatrización provocados por el polvo de sílice. Esta enfermedad puede caracterizarse por

la falta de aire y se puede asemejar a la enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC) de los fumadores.

La silicosis acelerada se presenta después de la exposición a cantidades mayores de sílice en un plazo entre 5 y 15 años. La inflamación, la cicatrización y los síntomas progresan más rápidamente en este tipo de silicosis que en la silicosis simple.

La silicosis aguda, que se produce como resultado de una exposición a concentraciones extremadamente alta a la sílice cristalina respirable durante un período de tiempo relativamente corto, desde meses a algunos años. La situación provoca rápidamente la falta de respiración progresiva y la muerte, normalmente a los pocos meses de diagnosticada la enfermedad.

Otro aspecto importante que se debe considerar respecto de esta sustancia y que ha añadido un nuevo riesgo potencial en la exposición de los trabajadores, es lo que señaló la Agencia Internacional para la investigación del cáncer, IARC sigla en inglés. Esta agencia en 1987 clasificó a la sílice cristalina en el Grupo II, es decir, un probable carcinógeno. Nuevos estudios hicieron que esto fuera reevaluado y en el año 1997, fue reclasificada en el

grupo I, esto es, como un carcinógeno, clasificación basada en la evidencia de carcinogenicidad en animales de experimentación y en humanos.

El Decreto Supremo N° 594, de 1999, Reglamento sobre condiciones sanitarias y ambientales básicas en los lugares de trabajo, establece un límite permisible ponderado para la sílice cristalizada, en sus formas más comunes, cuarzo, cristobalita y tridimita, en 0,08; 0,04 y 0,04 mg/m³, respectivamente. El límite permisible ponderado se refiere a concentraciones de sustancias o niveles de energía razonables a los cuales los trabajadores pueden estar expuestos durante su jornada laboral de trabajo de 8 horas diarias, con un total de 48 horas semanales, sin sufrir molestias ni daños a su salud a lo largo de su vida laboral.

Considerando que la silicosis es una enfermedad ocupacional prevenible, la OMS y la OIT el año 1995 establecieron el Programa Global de Erradicación de la Silicosis en el mundo para el año 2030.

En Chile, los Ministerios de la Salud y del Trabajo y Previsión Social, ratificaron el compromiso del Gobierno de Chile de trabajar para conseguir la Erradicación de la Silicosis, y se comprometieron a liderar el desarrollo de un



Plan Nacional Tripartito (gobierno, trabajadores y empresarios) para la disminución de la tasa de Incidencia de la silicosis para el año 2020 y su erradicación al 2030 y a su vez impartieron las instrucciones a las instituciones técnicas competentes de ambos Ministerios, con el objeto que en el más breve plazo formulen el Plan Nacional de Erradicación de la Silicosis y participen activamente en su análisis e implementación. Los objetivos estratégicos de este plan son: disminuir y controlar la exposición a sílice en los lugares de trabajo, disminuir la incidencia y prevalencia de silicosis, mejorar el acceso a las prestaciones médicas y pecuniarias de los trabajadores con Silicosis y fortalecer el sistema de información sobre silicosis.

HIPÓTESIS DE TRABAJO

La sílice libre cristalizada tiene distintas formas, las cuales generan diferentes efectos sobre la salud de las personas. Para lograr una prevención real de la salud de los trabajadores expuestos a atmósferas donde la sílice está presente, sería necesario determinar su concentración y forma cristalina.

OBJETIVO GENERAL

Determinar las características físicas y químicas del polvo, con contenido de sílice libre cristalizada, presente en el ambiente laboral en diferentes fuentes industriales.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Caracterizar física y químicamente las emisiones de polvo presentes en ambientes laborales y que son generados por los diferentes tipos de fuentes que contienen sílice libre cristalizada.

MATERIALES Y MÉTODO

Para el desarrollo de este trabajo se realizó un estudio cuantitativo de la presencia de sílice libre cristalizada en los diferentes puestos de trabajo seleccionados de distintas fuentes y/o procesos de empresas adherentes a Mutual de seguridad C.Ch.C.

Para la elección de los puestos de trabajo de diferentes fuentes y/o procesos que fueron seleccionadas para la realización de este trabajo, se realizó un muestreo aleatorio estratificado, el que consistió en seleccionar, del catastro elaborado, categorías típicas, diferentes entre sí (estratos) que poseían gran homogeneidad respecto a alguna característica, en este caso, el rubro, el proceso, puesto de trabajo y las emisiones. De esta manera se redujo el error muestral para un tamaño dado de la muestra. Esta forma de seleccionar las fuentes, procesos o puesto de trabajo a muestrear pretendió asegurar que todos los estratos de interés estén representados adecuadamente en el muestreo total. Cada estrato funciona independientemente, pudiendo aplicarse dentro de ellos el muestreo aleatorio simple o el estratificado para elegir las fuentes que formarán parte de la muestra.

Las muestras colectadas correspondieron a polvo no clasificado respirable.

Para la recolección de las muestras de polvo no clasificado fracción respirable se utilizó el Protocolo para la Toma de Muestra de Sílice Libre elaborado por el Departamento de Salud Ocupacional del Instituto de Salud Pública.

TOMA DE MUESTRAS EN TERRENO

Antes de tomar las muestras del agente químico en un ambiente laboral, se calibró el tren de muestreo, que consiste en una bomba de aspiración de volumen intermedio que se conecta a un ciclón tipo Dorr-Oliver, que contiene un portafiltro con un filtro de membrana de cloruro de polivinilo, PVC, de 37 mm de diámetro y 0,5 μm de tamaño de poro. La calibración se realiza en utilizando un patrón primario, a un flujo de 1,7 l/min \pm 5%, este es el mismo tren de muestreo que se utilizará en terreno para que la pérdida de carga sea similar.

El sistema de muestreo se instala en el trabajador en la zona respiratoria o en el ambiente laboral por un tiempo determinado, pasando a través del



filtro un volumen mínimo de 400 litros y un máximo de 800 litros. El cabezal de muestreo formado por ciclón, portafiltro y filtro.

Las muestras se envían a un laboratorio químico certificado ISO 17025 que determina la cantidad de sílice libre cristalizada presente en cada filtro de acuerdo al método NIOSH N° 7500. Para calcular su concentración en el aire se divide la cantidad detectada por el volumen de aire que pasó a través del filtro (mg/m^3).

DISCUSIONES.

Como se señaló anteriormente en este trabajo, existen muchas actividades laborales que generan la emisión a la atmósfera de trabajo de polvo que conteniendo sílice libre cristalizada en sus diferentes fases. Esto dependerá de los insumos que se utilicen y las temperaturas que existan en los procesos. El cuarzo, la tridimita y la cristobalita poseen estructuras que pueden ser transformadas de una a otra rápidamente y estas reacciones pueden ser reversibles, con la sola aplicación de temperatura. Todas estas reacciones han sido estudiadas y sus mecanismos se encuentran bien definidos, lo importante es que los cambios que se producen en la estructura cristalina ocurren sin la desintegración física del cristal.

Al hacer una revisión de la información referente a este agente químico de trabajos científicos publicados en revistas internacionales, se observa una mayor preocupación sobre los efectos que provoca la exposición a este tipo de agente, que en la determinación de las concentraciones, distribución de tamaño o especies presentes en las diferentes fuentes, procesos o puestos de trabajo. En los casos en que se realizan este tipo de evaluaciones, es fundamentalmente, como parte de los programas de salud ocupacional de

grandes y medianas en empresas que tienen implementados sistemas de gestión, en programas de control que son realizados por mutualidades o por solicitudes realizadas por las SEREMI de Salud.

Otro punto importante de destacar, es que muchas de estas evaluaciones realizadas en los puestos de trabajo en donde existe la presencia de sílice libre cristalizada, sean consideradas como cuarzo. Esto se ha debido principalmente a la falta de conocimientos en esta materia y de escasa cantidad de laboratorios que han implementado las técnicas de análisis fisicoquímico. Esto último, ha ido cambiando en el tiempo y hemos visto que el Instituto de Salud Pública en el marco del Programa Nacional de Erradicación de la Silicosis al 2030, las ha implementado.

La imposibilidad de determinar las diferentes formas químicas de este compuesto que pudieran estar presentes en los ambientes de trabajo, ha llevado en la práctica a subdimensionar el riesgo de exposición de los trabajadores y sus efectos sobre la salud, la Tridimita y la cristobalita son mucho más agresivas que el cuarzo; ello se ve reflejado en el Decreto Supremo N° 594 del Ministerio de Salud, que establece como límites

máximos permisibles para 8 horas de trabajo concentraciones de 0,08 mg/m³ para cuarzo y de 0,04 mg/m³ para tridimita y cristobalita.

De acuerdo a lo anterior, para un ambiente dado, puede que existan valores de concentración bajo el límite permisible ponderado para sílice libre cristalizada cuarzo, pero superiores al límite permisible para tridimita y cristobalita; esto exigiría diferencias sustanciales en las medidas de control de la exposición de los trabajadores, puesto que los efectos de cada una de las formas químicas de la sílice resultarían diferentes sobre la salud de las personas.

Por otra parte, si bien en este trabajo no fue posible detectar la presencia de sílice libre cristalizada en otras fases, es importante dar pasos en esta dirección, realizar investigaciones que permitan mejorar nuestro conocimiento sobre este tema y de acuerdo a nuestra realidad.

RESULTADOS

La tabla N° 1 muestra los resultados obtenidos en diferentes puestos de trabajo.

Tabla N° 1, muestra áreas de trabajo, concentración de polvo respirable y concentración de cuarzo detectada.

| Área de trabajo | Media geométrica Concentración polvo respirable (mg/m ³) | Media geométrica Concentración Cuarzo (mg/m ³) |
|--|---|---|
| Sector almas, Fundición | 1,83 | BLC |
| Sector. moldeo, Fundición | 0,346 | BLC |
| Sector horno vaciado fundición | <0,078 | BLC |
| Sector recuperación metales fundición | 1,320 | BLC |
| Sector granalladora | 0,235 | BLC |
| Mezcladora ladrillos refractorios | 0,399 | B.L.C |
| Sector control moldes (tejas) | 0.295 | 0.017 |
| Sector Pulido vidrio | <0,049 | BLC |
| Sector Corte de vidrio | 0,048 | BLC |
| Mezcladora vidrio (Proceso de elaboración) | 0,251 | 0, 01 |
| Área Molienda mineral inorgánico | 2,98 | 0,54 |
| Área Molienda mineral inorgánico | 0,92 | 0,18 |

BLC: bajo el límite de cuantificación

De acuerdo a los resultados que se muestran en la tabla N°1, podemos señalar que en la mayoría de los procesos estudiados se detectó la presencia de sílice libre cristalizada cuarzo. Si bien en algunos de ellos, la literatura nos señala que puede existir la presencia de sílice libre cristalizada en otras de sus fases, no se pudo determinar su presencia. Esto puede ser debido a que los procesos estudiados los puestos de trabajo no se encuentran tan cercanos a la fuente de emisión debido a las altas temperaturas que se encontraban y por lo tanto, en las atmósferas de trabajo pudieron diluirse las concentraciones y por lo tanto estar bajo el límite de detección de la técnica analítica utilizada.

En el caso del corte y pulido vidrio, si bien la literatura señala que tiene sílice amorfa, la intención de incluir fue realizar su análisis utilizando una técnica específica como lo es la difracción por rayos X y concluir que no tiene contiene ninguno de los poliformos que pretendemos encontrar en esta investigación.

Los resultados obtenidos en la molienda de minerales inorgánicos, en un proceso donde no existen altas temperaturas, era el constatar si existían otras fases (tridimita y cristobalita) distintas al cuarzo.



De las actividades estudiadas sólo en el proceso de molienda de minerales inorgánicos, las concentraciones de polvo respirable y sílice libre cristalizada cuarzo se encuentran sobre la norma establecida en el Decreto Supremo N°594, respectivamente.



CONCLUSIONES

El estudio físico y químico del polvo que contiene sílice libre cristalizada, en sus diferentes fases, permitió conocer las características esenciales de cada una de las fuentes estudiadas y con ello la información existente y por lo tanto, mejorar la calidad del catastro, elaborado por Mutual, sobre la exposición a este agente de los trabajadores de sus empresas adherentes.

Si bien no fue posible detectar sílice libre cristalizada en otras fases, la información obtenida en este trabajo nos ayudará a focalizar nuestros esfuerzos en las exposiciones que pudieran causar más daños a la salud de los trabajadores.

BIBLIOGRAFÍA

- Revista Panamericana de Salud Pública, Work-related accidents and diseases take a heavy toll, Sielo public health.
http://www.scielosp.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1020-49892002000800014.
- Donaldson, K. and Borm. P. 1998 The quartz hazard: a variable entity. Annals of occupational Hygiene. 42(5): 287-294.
- IARC Monograph.. IARC Monograph on the Evaluation of the Carcinogenic Risk of Chemicals to Humans. Vol. 68: Silica, some silicates, coal dust and para-aramid fibrils. 1997
- Instituto de Salud Pública de Chile, departamento Salud Ocupacional y C.A. 2007 Protocolo para la Toma de Muestra de Sílice Libre en su Fracción Respirable y de Polvo No Clasificado Total y Fracción Respirable.
- CDC (Centers for Disease Control and Prevention) Silicosis deaths among young adults _ United States, 1968-1994. MMWR 47(16):331-335. 1998.
- CHILE- Ministerio de Salud. Decreto Supremo N° 594-1999: Aprueba reglamento sobre condiciones sanitarias y ambientales básicas en los lugares de trabajo.

- Medical Surveillance of Workers Exposed to Crystalline Silica, American Collage of Occupational and Environmental Medicine. 2005.<http://www.ocoem.org/guidelines.aspx?id=746>
- Ramos, M, Presencia de contaminantes químicos en Diferentes Procesos Industriales”, Higiene Industrial, Servicios de Prevención IBERMUTUAMUR. 1992. www.angelfire.com/nb/higiene/index/contaminates.pdf
- NIOSH. 2002. Determination of Airborne Crystalline Silica. Hazard Review: Health effects of occupational exposure to respirable crystalline silica.
- Silica, Crystalline (Respirable Size)* First Listed in the Sixth Annual Report on Carcinogens 1991.
<http://ntp.niehs.nih.gov/ntp/roc/eleventh/profiles/s161sili.pdf>
- Rice, F., Park, R., Stayner, L., Smith, R., Gilbert, S. and Checkoway, H. 2001. Crystalline silica exposure and lung cancer mortality in diatomaceous earth industry workers: a quantitative risk assessment. Occupational and Environmental Medicine. 58:38-45.
- Chen, P., et al, Respirable Dust Exposure and Respiratory Health in Male Taiwanese Steelworkers Industrial Health, 2006 Vol. 44, N° 1 pp.190-199
- Archer, J., Cooper, G., Reist, P., Storm, J. and Nylander-French, L. 2002. Exposure to respirable crystalline silica in eastern North Carolina farm workers. AIHA Journal. 63(6): 750-755.

- Castranova, V. and Vallyathan, V. 2000. Silicosis and coal worker's pneumoconiosis. *Environmental Health Perspectives*. 108 (4): 675- 684.
- Cherry, N., Burgess, G., Turner, S. and McDonald, J. 1998. Crystalline silica and risk of lung cancer in the potteries. *Occupational and Environmental Medicine*. 55: 779-785.
- Cooper, G., Miller, F. and Germolec D. 2002. Occupational exposures and autoimmune diseases. *International Immunopharmacology*. 2: 303- 313.
- Donaldson, K. and Borm. P. 1998 The quartz hazard: a variable entity. *Annals of occupational Hygiene*. 42(5): 287-294.
- Guía de Buenas Prácticas para la Protección de la Salud del Trabajador para la Adecuada Manipulación y Uso de la Sílice Cristalina y de los Productos que la contengan. 2006. www.nepsi.eu
- Heaney, P., Prewitt, C. and Gibbs, G. 1994. Reviews in mineralogy, Silica: physical behaviour, geochemistry and materials applications. Mineralogical Society of America, Washington, D.C. 606p.
- IARC Monograph. 1997. IARC Monograph on the Evaluation of the Carcinogenic Risk of Chemicals to Humans. Vol. 68: Silica, some silicates, coal dust and para-aramid fibrils.
- Maxim, L.D., Venturin, D. and Allshouse, J. 1998. Respirable Crystalline Silica Exposure Associated with the Installation and Removal of RCF and Conventional Silica-Containing Refractories in Industrial Furnaces. *Regulatory Toxicology and Pharmacology* 29: 44-63.
- Medical Surveillance of Workers Exposed to Crystalline Silica, American Collage of Occupational and Environmental Medicine. 2005.
- www.acoem.org/guidelines.aspx?id=746

- Ministerio de la Protección Social. 2006. Guía de atención integral basada en la evidencia para neumoconiosis (silicosis neumoconiosis del minero de carbón y asbestosis). Bogotá, Colombia.
- Ministerio de Salud. 1999. D.S. N° 594, Reglamento sobre condiciones sanitarias y ambientales básicas en los lugares de trabajo. D.O. 07-11-2003.
- Ministerio de Salud y Ministerio del Trabajo. 2008. Propuesta Plan Estratégico Nacional 2008-2030 para la Erradicación de la Silicosis. Gobierno de Chile.
- Norma Europea, Comité técnico CEN/TC 137. Evaluación de la exposición en el lugar de trabajo. EN 481:1993.
- Parada, M., Aliste, V., Gil, R., Rodríguez, P., Fica, M., Herzog, C., Calabrán, L., y Undurraga, A. 2007. Silicosis y trasplante pulmonar. Revista Chilena Enfermedades Respiratorias. 23: 99-105.
- Parks, C., Cooper, G., Nylander-French, L., Storm, J. and Archer J. 2003. Assessing Exposure to Crystalline Silica from Farm Work: A Population-based Study in the Southeastern United States. Annals Epidemiology. 13(5): 385-392.
- Ramírez, J. 2003-2004. Química Industrial.
- www.diquima.upm.es/~jramirez/Quimica_Industrial/
- Rice, F., Park, R., Stayner, L., Smith, R., Gilbert, S. and Checkoway, H. 2001. Crystalline silica exposure and lung cancer mortality in diatomaceous earth industry workers: a quantitative risk assessment. Occupational and Environmental Medicine. 58:38-45.
- Searl, A., Nicholl, A. and Baxter, P. J. 2002. Assessment of the exposure of islanders to ash from the Soufriere Hills volcano, Montserrat, British West Indies. Occupational and Environmental Medicine. 59: 523-531.

- Steenland, K. and Stayner, L. 1997. Silica, asbestos, man-made mineral fibers, and cancer. *Cancer Causes and Control*. 8: 491-503.
- Trzepla-Nabaglo, K., Shiraki, R. and Holmén, B. 2006. Lidar characterization of crystalline silica generation and transport from a sand and gravel plant. *Journal of Hazardous Materials*. 132:14-25.
- Tung-Sheng, S., Pao-Yin L., Ching-Hwa C., Jhy-Charm S., Ching-Lang T. and Perng-Jy, T. 2007. Exposure profiles and source identifications for workers exposed to crystalline silica during a municipal waste incinerator relining period. *Journal of Hazardous Materials*. 154: 469-475.