

# EXPOSICIÓN LABORAL A SÍLICE LIBRE CRISTALINA

**EXPOSICIÓN LABORAL A SÍLICE LIBRE CRISTALINA**

**Q. Marcela González González.**  
Sección Laboratorio Toxicología Ocupacional.  
Departamento Salud Ocupacional.  
Instituto de Salud Pública de Chile.  
Septiembre 2016.

---

# EXPOSICIÓN LABORAL A SÍLICE LIBRE CRISTALINA

---

## 1. ¿QUÉ ES LA SÍLICE CRISTALINA?

La sílice cristalina es un compuesto mineral que se encuentra en forma abundante en rocas, suelo y arena, constituido por un átomo de silicio y dos átomos de oxígeno ( $\text{SiO}_2$ ). El dióxido de silicio puede encontrarse en estado amorfo o cristalino. También se encuentra en el hormigón, ladrillo, cemento y en otros materiales para la construcción. La sílice cristalina puede presentarse en varias formas, el cuarzo es la más común; es tan abundante, que en general se usa cuando se habla de sílice cristalina.

La cristobalita y la tridimita son otras dos formas de la sílice cristalina, se encuentra en el suelo y en rocas, y se producen en operaciones industriales cuando el cuarzo o la sílice amorfa es calentada (Ejemplo: fábricas de ladrillo y cerámica). La quema de desechos en la agricultura puede producir cristobalita a partir de la sílice amorfa.

Las tres formas cristalinas, pueden convertirse en partículas que se pueden inhalar cuando los trabajadores, tallan, cortan, perforan o trituran objetos que contienen sílice cristalina.



## 2. USOS DE LA SÍLICE CRISTALINA.

La exposición a partículas pequeñas de sílice que se encuentran en el aire, principalmente el polvo de cuarzo, se da mayormente en entornos industriales y ocupacionales. La exposición laboral se asocia a trabajos que alteran la corteza terrestre, faenas que requieren movimiento de tierra/arena, fracturación de rocas, trabajadores que usan sierras de mano para cortar materiales como hormigón y ladrillo, así como también en actividades realizadas principalmente en los sectores de la Industria Manufacturera (del vidrio, de la cerámica, en la fabricación de ladrillos refractarios, entre otras) y de la construcción (9.1). Los materiales o productos que contienen sílice representan un peligro en la medida que ésta alcance un tamaño de partícula de polvo respirable (partículas menores a 10 micrones), ya que al inhalarse, estas partículas pueden penetrar profundamente en los pulmones, siendo en ocasiones imperceptibles a simple vista.



La principal ruta de exposición en la población general, es por inhalación de sílice cristalina en el aire al usar productos comerciales que contienen cuarzo. Estos productos son entre otros, artículos de limpieza, cosméticos, arcillas y esmaltes para arte, arenas utilizadas por animales domésticos, talco, masilla y pintura (9.2).

## 3. ¿QUÉ ES LA SILICOSIS?

En el mundo existen millones de trabajadores en riesgo de adquirir silicosis debido a que el dióxido de silicio es el componente predominante de la corteza terrestre. Se trata de una antigua patología ocupacional producida por la exposición a Sílice, la silicosis es una fibrosis pulmonar con formación de nódulos en el tejido pulmonar alrededor de los vasos sanguíneos en la zona de los bronquiólos respiratorios.

Es una enfermedad crónica, incurable e irreversible, potencialmente mortal que altera la capacidad respiratoria del trabajador. Por otra parte, la IARC (Agencia Internacional de Investigación contra el Cáncer) clasifica en el año 1996 a la sílice como cancerígena en humanos (grupo 1).

La silicosis no tiene cura. Dado que la silicosis afecta el funcionamiento de los pulmones, el individuo es más susceptible de contraer infecciones pulmonares como la tuberculosis. Además el hecho de fumar, puede dañar los pulmones y empeorar el daño que causa la inhalación de polvo de sílice.

La inhalación a Sílice cristalizada (cuarzo, cristobalita y tridimita) produce una reacción pulmonar que conlleva una Insuficiencia Respiratoria permanente.

Esta enfermedad no sólo afecta la calidad de vida de los trabajadores que la poseen, sino también al interior de las familias.

En Chile la Silicosis es considerada como un problema de salud pública y la mejor solución es la prevención.

**Figura 1**

*Pulmón de un hombre que nunca ha fumado ni trabajado en un ambiente con polvo.*



**Figura 2.**

*Endurecimiento de los pulmones en la forma de nódulos oscuros.*



Existen tres tipos de silicosis: silicosis crónica o clásica, acelerada y aguda (9.3).

La silicosis **crónica o clásica**, la más común, se produce al cabo de 10 a 20 años de exposiciones moderadas o bajas a la sílice cristalina respirable.

Los síntomas asociados con la silicosis crónica pueden ser o no evidentes; por lo tanto, los trabajadores necesitan hacerse una radiografía de tórax para determinar si hay daño pulmonar.

A medida que avanza la enfermedad, al trabajador puede faltarle el aliento cuando hace un esfuerzo o puede presentar signos clínicos de un intercambio deficiente de oxígeno y dióxido de carbono. En las últimas etapas, el trabajador puede sentirse cansado, falta de aliento extrema, tos, dolor de pecho o insuficiencia respiratoria.

La silicosis **acelerada** puede ocurrir con 5 a 10 años de exposición elevada a la sílice cristalina respirable. Es similar a la silicosis crónica pero avanza con mayor rapidez. Los síntomas incluyen tener debilidad y pérdida de peso.

La silicosis **aguda** ocurre en unos cuantos meses o hasta 2 años después de la exposición a muy altas concentraciones de sílice cristalina respirable. Los síntomas de la silicosis aguda incluyen una falta de aliento gradual y grave, debilidad y pérdida de peso. Aunque la silicosis aguda es mucho menos común que las otras formas de silicosis, casi siempre lleva a la discapacidad y la muerte.

#### 4. ERRADICACIÓN DE LA SILICOSIS.

La silicosis es una de las enfermedades ocupacionales más antiguas, no obstante, todavía mata a miles de personas en el mundo cada año. Es una enfermedad pulmonar incurable e irreversible causada por la inhalación de polvo que contiene sílice cristalina. Conlleva discapacidad permanente y pérdida de expectativa de vida; provoca sufrimiento humano, disminución de la calidad de vida, con un importante impacto al interior de la familia, 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 (9.4).

En el estado brasileño de Minas Gerais, más de 4.500 trabajadores han sido diagnosticados con silicosis. La silicosis tuvo una tasa del 53.7% de prevalencia entre talladores de piedra que hacen figuras para los turistas en Petrópolis, Brazil.

En los Estados Unidos, se calcula que cada año, más de un millón de trabajadores están expuestos ocupacionalmente al polvo de la sílice cristalina, de los cuales, unos 59.000 eventualmente desarrollarán silicosis.

En Quebec, Canadá, entre los años 1988 y 1994, 40 trabajadores diagnosticados fueron compensados por contraer silicosis en el lugar de trabajo. Doce trabajadores tenían menos de 40 años de edad.

El Gobierno Colombiano calcula que 1,8 millones de trabajadores en el país corren el riesgo de desarrollar silicosis.

Según datos de la OMS, en varios países del mundo la Silicosis es un problema vigente y en muchos de ellos se desconoce su verdadera prevalencia. Por lo señalado y considerando que esta patología es prevenible, la OMS y la OIT el año 1995 establecieron el programa Global de Erradicación de la Silicosis en el mundo al año 2030. Éste incluye:

- Formulación de planes de acciones nacionales, regionales y mundiales;
- La movilización de los recursos para la aplicación de la prevención primaria y secundaria;
- Vigilancia epidemiológica;
- Monitoreo y evaluación de los resultados; y
- Las capacidades nacionales requeridas para el fortalecimiento y el establecimiento de programas nacionales.

En el año 2005, el Ministerio de Salud organiza la primera reunión regional del Plan de Erradicación de la Silicosis en las Américas con el apoyo de la organización Mundial de la Salud (OMS), la Organización Panamericana de la Salud (OPS) y la Organización Internacional del Trabajo (OIT). En dicha instancia se consolida el inicio de los compromisos para abordar el problema de silicosis.

En el 2006, OMS, la Organización Panamericana de la Salud (OPS), el Ministerio de Salud y OIT solicitaron que el Instituto Nacional para la Seguridad y Salud Ocupacional (NIOSH) proporcionara asistencia técnica de formación de capacidades para eliminar la silicosis en las Américas. Esta iniciativa es el primer enfoque regional para mitigar la silicosis y se basa en compartir las habilidades y destrezas para beneficiar a los trabajadores y comunidades de muchos países (9.5).

La segunda reunión regional del Plan de Erradicación de la Silicosis en las Américas, realizada en el año 2007, reforzó los compromisos establecidos. En dicha instancia el Ministerio de Salud y el Ministerio del Trabajo y previsión Social, firmaron una declaración conjunta, donde ratificaron el compromiso del Gobierno de Chile de trabajar para conseguir la erradicación de la silicosis y se comprometen a liderar el desarrollo de un Plan Nacional tripartito (Gobierno, trabajadores y empresarios), para la erradicación de la silicosis.

El 6 de agosto del 2009 se realizó el lanzamiento del Plan Nacional para la Erradicación de la Silicosis en la ciudad de Antofagasta, hito que ratifica el compromiso de todos los actores que han trabajado en esta importante iniciativa, dando inicio a la acción conjunta hacia una mejora en la salud laboral de los trabajadores.

Posterior al lanzamiento, se conformó la Mesa Nacional Tripartita del Plan Nacional para la Erradicación de la Silicosis. Esta mesa realizará las coordinaciones necesarias con las mesas tripartitas regionales para dar cumplimiento a los planes de acción bianuales que forma parte de la estrategia de implementación del plan a nivel nacional.

En abril del 2016 se realizó el relanzamiento del Plan Nacional para la Erradicación de la Silicosis en todas las regiones del país. La actividad tuvo como objetivos destacar la importancia del Plan Nacional de Erradicación de la Silicosis, reforzar las actividades para el cumplimiento de metas a nivel regional, difundir logros de gestión e identificar desafíos emergentes en la región; y en ella participaron integrantes de la Mesa Tripartita regional, sindicatos, agrupaciones de trabajadores y empleadores, mutualidades, universidades, entre otros.

Con el propósito de contribuir a disminuir la incidencia y prevalencia de la silicosis, se aprueba en junio del 2015 el Protocolo de Vigilancia del Ambiente de trabajo y de la salud de los trabajadores con exposición a sílice, con la finalidad de aumentar la población bajo control y mejorar la eficiencia y oportunidad de las medidas de control en los lugares de trabajo, para evitar el deterioro de la salud de los trabajadores, determinando procedimientos que permitan detectar precozmente a aquellos con silicosis. La aplicación de este protocolo es de carácter obligatorio para los organismos administradores de la Ley N° 16.744 y para las empresas donde exista presencia de sílice, y corresponderá a la Autoridad Sanitaria Regional y a las Inspecciones del Trabajo fiscalizar su cumplimiento en las materias de su competencia (9.6).

## 5. LEGISLACIÓN CHILENA.

Según la legislación chilena, el empleador es responsable del cuidado y protección de la salud y seguridad de los trabajadores.

El Art. 184 del Código del Trabajo establece que “el empleador estará obligado a tomar todas las medidas necesarias para proteger eficazmente la vida y salud de los trabajadores, manteniendo las condiciones adecuadas de higiene y seguridad en las faenas, como también los implementos necesarios para prevenir accidentes y enfermedades profesionales.

Deberá asimismo prestar o garantizar los elementos necesarios para que los trabajadores, en caso de accidente o emergencia, puedan acceder a una oportuna y adecuada atención médica, hospitalaria y farmacéutica”.

Complementariamente, corresponde aplicar la normativa establecida en la Ley 16.744 y sus reglamentos, específicamente el DS 101/1968 del Ministerio del Trabajo (MINTRAB).

En este marco regulatorio, se propone la siguiente pauta de control de exposición a sílice, orientada particularmente a las MIPYMES, pero de utilidad para todas las empresas con riesgo de exposición a este tóxico.

### **PAUTA DE CONTROL DE EXPOSICIÓN A SÍLICE (9.7)**

Si en una faena productiva se realizan actividades que incluyan cortar, romper, aplastar, perforar, demoler, triturar o hacer limpieza abrasiva con vidrio, cerámica, porcelana, concreto, cemento, granito, arena o ladrillos u otro material que pueda contener sílice, o hace limpieza abrasiva con chorro de arena en seco, los trabajadores pueden estar expuestos al riesgo de sílice en el aire respirable. Ante la sospecha de este riesgo, el empleador debería:

- Solicitar a su Organismo Administrador (OA) de la Ley 16.744 (Mutualidad o Instituto de Seguridad Laboral) que concurra a su faena para realizar, en conjunto, la identificación de presencia de sílice en las distintas áreas de trabajo.
- Si se confirma la presencia de sílice, solicite a su OA la realización de mediciones ambientales (estacionarias) de sílice y mediciones personales (dosimetrías) para definir a los trabajadores expuestos.
- Solicite a su OA el informe técnico con los resultados de las mediciones realizadas, y las recomendaciones de control de riesgos necesarias de implementar.
- Con estas evaluaciones, construya, en conjunto con su OA, el mapa de riesgo para exposición a sílice en su faena.
- Implemente las medidas de seguridad y control indicadas por el OA, el Departamento de Prevención de Riesgos (DPR) y el Comité Paritario de Higiene y Seguridad (CPHS), según corresponda, de conformidad con las facultades que la ley N°16.744 reconoce a estas entidades.
- Confeccione, en conjunto con su OA, el listado de los trabajadores que se desempeñan en puestos de trabajo con exposición a 50% o más del LPP establecido en el DS 594/1999 del MINSAL, para su inclusión en el Programa de Vigilancia de la Salud (PVS) que debe desarrollar su OA.
- Facilite la asistencia de los trabajadores a los controles médicos programados para el cumplimiento del Programa de Vigilancia de la Salud (PVS).
- En caso de haber trabajadores con resolución de incapacidad permanente por silicosis otorgada por la COMPIN respectiva, reubíquelos en puestos de trabajo sin exposición a sílice.

El porcentaje de sílice libre que contiene el material y el tiempo de exposición son factores cruciales en la generación de silicosis, puesto que determinan el nivel de exposición a que está sometido un trabajador: a mayor exposición, mayor daño.



En Chile, los niveles máximos permisibles de exposición son los siguientes:

Límites Permisibles Ponderados (LPP), según tipo de Sílice Libre Cristalizada, de acuerdo al DS 594/1999(9.8) del Ministerio de Salud (MINSAL)	
Tipo de Sílice Libre Cristalizada	LPP (mg/m3)*
Cuarzo	0,08
Cristobalita	0,04
Tridimita	0,04
Tierra de Tripoli	0,08

\*Los valores referidos en la tabla previa aluden a la fracción respirable de sílice en el ambiente laboral para una jornada laboral de 8 hrs/día y un total de 45 horas semanales y altura geográfica de hasta 1000msnm.

## 6. COMO PROTEGERSE A LA EXPOSICIÓN DE SÍLICE CRISTALINA.

Varias son las medidas que los empleadores y trabajadores pueden tomar para tratar de evitar la silicosis. Reemplazar materiales de sílice cristalina con sustancias seguras, cuando sea posible (9.9).

- Brindar controles de ingeniería y administración, en la medida de lo posible, tales como ventilación en la zona y contenedores para la limpieza abrasiva. Donde se requiera reducir las exposiciones a niveles inferiores al límite permisible de exposición, utilizar equipo de protección u otras medidas de protección.
- Utilizar todas las prácticas de trabajo disponibles para controlar las exposiciones al polvo, tales como mojar las superficies antes de proceder a limpiarlas, no barrer nunca en seco ni limpiar el polvo con aire comprimido.
- Utilizar solamente un respirador certificado. No se debe modificar el respirador. No se debe utilizar un respirador con una barba o con un bigote que impida un buen encaje entre el respirador y la cara.
- Utilizar ropa de trabajo que se pueda tirar o lavar y ducharse si se hallan duchas disponibles. Utilizar una aspiradora para limpiarse el polvo de la ropa o ponerse ropa limpia antes de salir del lugar de trabajo.
- Participar en la formación, la supervisión de exposición y los programas de análisis y vigilancia con el fin de monitorear cualquier efecto negativo en la salud debido a exposiciones de sílice cristalina.
- Tomar conciencia de las operaciones y tareas que crean exposiciones a la sílice cristalina en el lugar de trabajo y aprender cómo protegerse a uno mismo.
- Tomar conciencia de los peligros de salud asociados con las exposiciones a la sílice cristalina. El hecho de fumar empeora el daño a los pulmones que causan las exposiciones a la sílice.
- No comer, beber, fumar o utilizar productos cosméticos en zonas donde existe polvo de sílice cristalina. Limpiarse las manos y la cara fuera de las zonas que contienen polvo antes de realizar cualquiera de estas tareas.

## 7. MÉTODOS ANALÍTICOS.

La fracción respirable del polvo suspendido en el aire se recoge haciendo pasar, a través de un sistema separador de tamaños de partícula y un filtro de membrana (PVC), una cantidad conocida de aire, con la ayuda de una bomba de muestreo personal, quedando la fracción de interés del polvo retenido en el filtro.

El peso del polvo respirable se determina por análisis gravimétrico. Luego el filtro es procesado y analizado según la técnica disponible. Existen diferentes métodos, cada uno tiene asociado efectos de acuerdo al tamaño de partícula.

Las técnicas más usadas son: Difracción de Rayos X (DRX), Espectrometría Infrarroja (IR) y espectrofotometría colorimétrica. Las sensibilidades de estas tres técnicas dependen del tamaño de partícula de la muestra.

### 7.1. Difracción de Rayos X.

Para asegurar la exactitud del análisis de sílice, la muestra depositada debe ser uniforme en el filtro. Como las muestras no siempre están distribuidas en forma uniforme en el filtro, las muestras deben ser redepositadas en un filtro diferente para su análisis. El filtro puede ser calcinado (mufla) o disuelto (Tetrahidrofurano). La muestra de sílice luego es suspendida en un solvente y redepositada en un filtro de plata por medio de un sistema de filtración. La redepositación de la muestra es difícil de realizar para muestras con baja carga y requiere que el analista demuestre una buena reproducibilidad intralaboratorio (9.10).

Los ángulos difractados asociados con la estructura cristalina permite que la DRX sea más versátil en la identificación de cuarzo. La difracción es capaz de distinguir entre los diferentes polimorfos de la sílice cristalina: cuarzo, cristobalita y tridimita. Se pueden usar hasta cuatro diferentes ángulos en una muestra para identificar y cuantificar el cuarzo y hasta tres ángulos para identificar y cuantificar cristobalita.

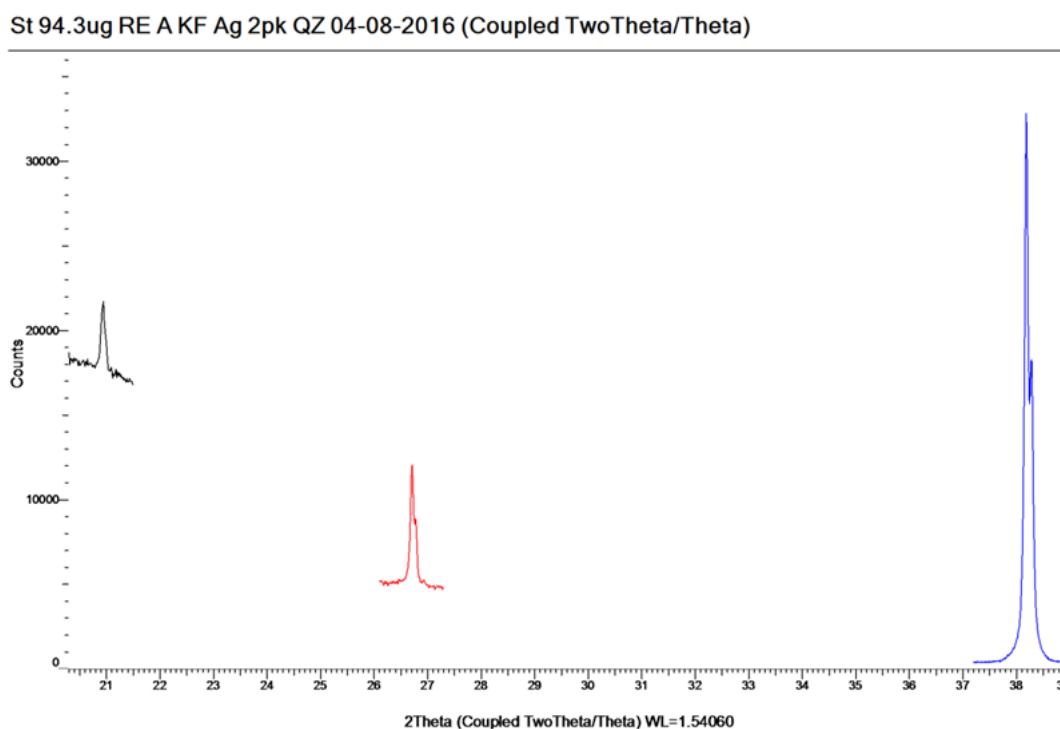
MINERAL	PRINCIPAL 2 $\theta$	SECUNDARIO 2 $\theta$	TERCIARIO 2 $\theta$
cuarzo	26,66	20,85	50,16
cristobalita	21,93	36,11	31,46
tridimita	21,62	20,50	23,28

La línea de difracción principal para  $\alpha$ -cuarzo es 26,66° 2 $\theta$  (3.343Å). Dado que la sílice se presenta a menudo en una matriz con otros minerales, algunos de los cuales presentan espectros que se solapan con el peak principal de difracción de cuarzo, puede ser necesario el uso de peaks alternativos para la cuantificación. El uso de peaks secundarios y terciarios da lugar a una disminución de la sensibilidad.

Propiedades inherentes de la muestra, tales como cristalinidad, puede afectar la intensidad de medida del peak. También los parámetros relacionados con la preparación de muestras que incluyen homogeneidad de la muestra, la distribución de tamaño de las partículas, el tamaño de la superficie de la muestra expuesta al haz de rayos X y el espesor de la capa de muestra depositada.

**Figura 3.**

Difractograma Std 94,3µg de α-cuarzo, peak principal (26,66°2θ) y secundario (20,85°2θ).

**7.2. Infrarrojo.**

Para medir una muestra, un rayo de luz infrarroja atraviesa la muestra, y se registra la cantidad de energía absorbida en cada longitud de onda. A partir de esto, se puede trazar un espectro de transmitancia o absorbancia, el cual muestra a cuales longitudes de onda la muestra absorbe el IR, y permite una interpretación de cuales enlaces están presentes.

Esta técnica funciona exclusivamente con enlaces covalentes, y como tal es de gran utilidad en química orgánica. Espectros nítidos se obtienen de muestras con pocos enlaces activos al IR y altos niveles de pureza. Estructuras moleculares más complejas llevan a más bandas de absorción y a un espectro más complejo.

Cuando una molécula es irradiada con radiación electromagnética, los enlaces vibrarán absorbiendo energía si la frecuencia de la luz y las vibraciones son idénticas.

La Espectroscopía Infrarroja es sensible a los enlaces que existen en una molécula de cuarzo y puede medir la energía de vibración entre átomos.

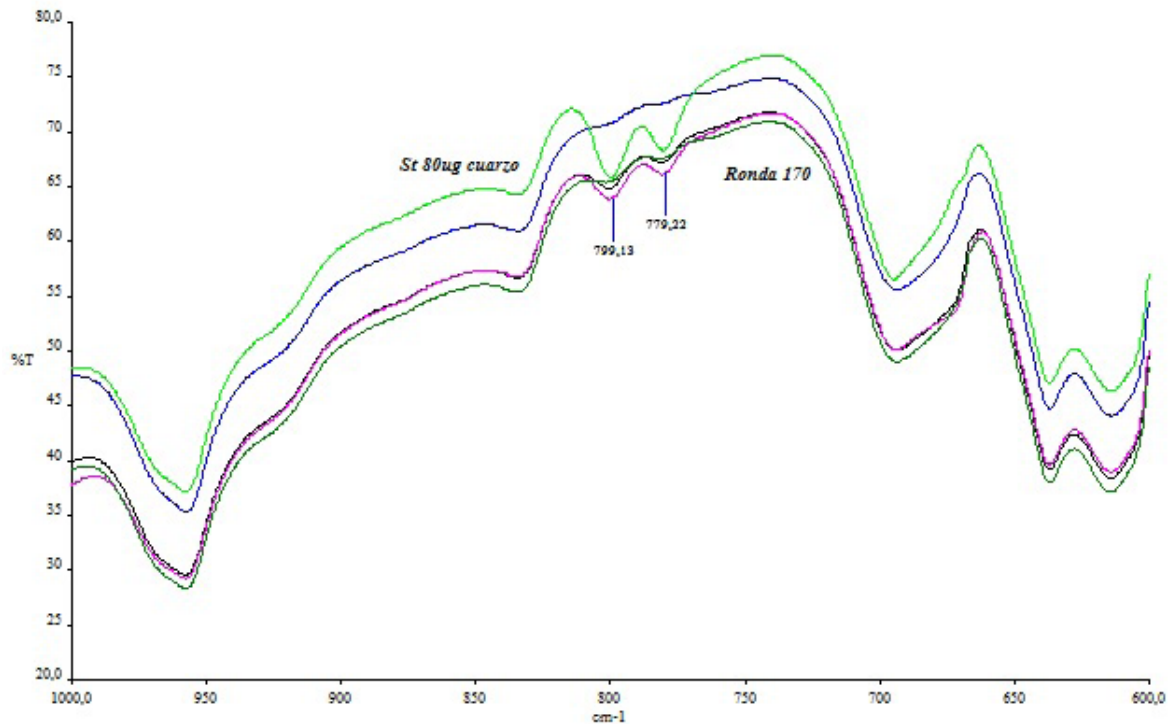
En teoría, no hay dos compuestos con el mismo espectro de absorción. En la práctica, este no es el caso, una de las desventajas es la habilidad de otros silicatos con una estructura tetraédrica similar, pueden interferir en la determinación de cuarzo.

El Infrarrojo es menos específico que DRX, no puede distinguir entre los polimorfos de sílice cristalina, la técnica es más barata que DRX y se puede optimizar para medir cuarzo en matrices bien definidas.

Muestras que contienen otros silicatos, como caolinita y sílice amorfa pueden presentar interferencias en el análisis.

**Figura 4.**

*Espectro IR de Std 80µg de α-cuarzo y de muestras de la ronda 170 de AIHA, doblete de cuarzo a 798cm<sup>-1</sup>.*



En el Infrarrojo la respuesta de absorción del cuarzo y cristobalita es dependiente del tamaño de las partículas. La respuesta aumenta a medida que disminuye el tamaño de partícula a aproximadamente 1,5 µm. Si una muestra contiene una parte importante de sílice amorfa, la respuesta disminuye debido a la presencia de una capa superficial amorfa.

**7.3. Métodos colorimétricos.**

Los métodos colorimétricos incluyen una etapa de calentamiento programado, en el que se utiliza ácido fosfórico para disolver la sílice amorfa. La digestión ácida puede resultar en la pérdida de algunas de las partículas cristalinas más pequeñas.

El método colorimétrico exhibe un rango lineal limitado. Se ha observado una alta variabilidad intralaboratorio (hasta dos veces más alto que DRX o IR) de los métodos colorimétricos en muestras de rondas de ensayo interlaboratorio (PAT).

El método colorimétrico es menos preciso que los métodos de Difracción de rayos X o IR y no tiene ninguna ventaja sobre estas dos técnicas de análisis, por lo tanto los métodos colorimétricos ya no deben ser utilizados para la medición rutinaria de la concentración de sílice cristalina (9.11).

## 8. CONCLUSIONES.

La inhalación de Sílice cristalina (cuarzo, cristobalita y tridimita) produce una reacción pulmonar, que deriva en una serie de complicaciones y daños pulmonares permanentes (fibrosis pulmonar) y eventualmente en el fallecimiento.

Los trabajadores que están expuestos al polvo de la sílice cristalina en actividades como tallar, cortar, perforar o triturar objetos que contienen este agente químico, por un período prolongado, sin considerar las medidas de protección, seguridad y prevención adecuadas, probablemente desarrollara esta enfermedad, en forma progresiva e incapacitante.

La Organización Mundial de la Salud y la Organización Internacional del Trabajo establecieron el programa Global de Erradicación de la Silicosis en el mundo para el año 2030. Chile se sumó a la iniciativa y el año 2009 lanzó el Plan Nacional de Erradicación de la Silicosis (Planesi).

Las principales líneas de acción del Planesi son la disminución de la exposición a sílice, a través del control del riesgo en el origen (fuente); la vigilancia ambiental y de la salud de los trabajadores expuestos al riesgo de silicosis; la difusión del plan a nivel nacional, con un enfoque preventivo y la atención de salud a los trabajadores.

## 9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- 9.1. Situación de Exposición Laboral a Sílice en Chile; Bernales B., Alcaíno J., Solís R., 2008, Cienc Trab. Ene-Mar; 10 (27): 1-6.
- 9.2. Instituto Nacional del Cáncer, 20/03/2015, <http://www.cancer.gov/espanol/cancer/causas-prevencion/riesgo/sustancias/silice-cristalina>
- 9.3. U.S. Department of Labor, Occupational Safety and Health Administration, OSHA HA3567, 2012.
- 9.4. Plan Nacional para la Erradicación de la Silicosis 2009-2030, 2008.
- 9.5. Eliminación de la Silicosis en la iniciativa de las Américas, NIOSH y OPS.
- 9.6. Protocolo de Vigilancia del Ambiente de Trabajo y de la Salud de los Trabajadores con Exposición a Sílice, Minsal, Junio 2015.
- 9.7. Directrices Específicas sobre sistemas de gestión de seguridad y salud en el trabajo para empresas con riesgo de exposición a sílice, (SGSST-SÍLICE 2013). Ministerio de Salud y Ministerio del Trabajo y Previsión Social.
- 9.8. DS 594/1999 del Ministerio de Salud (MINSAL), Aprueba reglamento sobre condiciones sanitarias y ambientales básicas en los lugares de trabajo, Artículo 66, última modificación 24/01/2015.
- 9.10. U.S. Department of Labor, Occupational Safety and Health Administration, OSHA 3179, 2003 (Revised).
- 9.11. NIOSH, Manual of Analytical Methods (NMAM), Method 7500: SILICA, CRYSTALLINE, by XRD (filter redeposition). Issue 4, 15 March 2003.
- 9.12. Determination of airborne crystalline silica, Rosa J. Key-Schwartz, Paul Baron, David Bartley, Faye L. Rice and Paul C. Schlecht, NIOSH Manual of Analytical Methods, 3/15/03.