



## SALUD OCUPACIONAL: MIRADA NORMATIVA PARA EL DIAGNÓSTICO DE SILICOSIS\*

### *Occupational health: normative view for the diagnosis of silicosis*

Diemen Delgado-García; Patricio Miranda-Astorga;  
Orly Leopoldo Delgado-García; Karla Gabriela Delgado-Ostaiza;  
Ashley Delgado-Cano; Jorge Olmedo-Vera; Jessenia Alcívar-Loor;  
Klever Murillo-Moreira; Tatiana Marcillo-García<sup>i</sup>; John Cevallos-Vélez;  
María Santos-Pinargote; Ana Romero-Meza; Teddy Cevallos-Mero\*\*

Recepción: 29 de julio de 2022. Aceptado: 27 de junio de 2023.

DOI: <http://dx.doi.org/10.21017/Rev.Repub.2023.v35.a158>

\* Artículo producto de proyecto de investigación en la que todos los investigadores participaron equitativamente en su desarrollo. Agradecimientos: al Dr. Anselmo López Guillén y Dr. Sergio Rovira Sans, por autorizar la reproducción de las imágenes que ilustran el trabajo. Además, a la Organización Internacional del Trabajo por permitir la reproducción de la Clasificación internacional de radiografías de neumoconiosis “imagen página 29”. Conflicto de Interés: Los autores declaran que esta publicación no presenta ningún tipo de conflicto de intereses.

Financiación: El estudio no requirió financiación.

\*\* Información de autores: **Diemen Delgado-García**: médico, Especialista en Salud Pública. Doctor en Ciencias de la Salud en el Trabajo. Docente e Investigador de la Universidad de Aconcagua. Los Andes, Chile. Miembro de la Sociedad Chilena de Enfermedades Respiratorias. Miembro de la Sociedad Chilena de Medicina del Trabajo. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2600-8425>. Correo: [diemen.delgado@uac.cl](mailto:diemen.delgado@uac.cl); **Patricio Miranda-Astorga**: médico, Magíster en Salud Pública con mención en Salud Ocupacional. Jefe del Departamento de Salud Ocupacional del Instituto de Salud Pública de Chile, Chile. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9786-3632>. Correo: [pmiranda@ispch.cl](mailto:pmiranda@ispch.cl); **Orly Leopoldo Delgado-García**: abogado, Doctor en Derecho Internacional. Docente de la Facultad de Derecho de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí (Manta, Ecuador). ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7523-9081>. Correo: [orly.delgado@uleam.edu.ec](mailto:orly.delgado@uleam.edu.ec); **Karla Gabriela Delgado-Ostaiza**: interna de medicina de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí (Manta, Ecuador), ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-0888-8051>, correo: [orlyleod@hotmail.com](mailto:orlyleod@hotmail.com); **Ashley Delgado-Cano**: interna de medicina de la Universidad Andrés Bello de Viña del Mar (Valparaíso, Chile), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8852-2780>, correo: [a.delgadocano@uandresbello.edu](mailto:a.delgadocano@uandresbello.edu); **Jorge Olmedo-Vera**: médico, estudiante de la Especialidad en Medicina del Trabajo de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2951-9397>, correo: [jorge.olmedo@pg.uleam.edu.ec](mailto:jorge.olmedo@pg.uleam.edu.ec); **Jessenia Alcívar-Loor**: médica, estudiante de la Especialidad en Medicina del Trabajo de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1920-8744>, correo: [jessenia.alcivar@pg.uleam.edu.ec](mailto:jessenia.alcivar@pg.uleam.edu.ec); **Klever Murillo-Moreira**: médico, estudiante de la Especialidad en Medicina del Trabajo de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5232-2365>, correo: [klever.murillo@pg.uleam.edu.ec](mailto:klever.murillo@pg.uleam.edu.ec); **Tatiana Marcillo-García**: médica, estudiante de la Especialidad en Medicina del Trabajo de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8907-2040>, correo: [tatiana.marcillo@pg.uleam.edu.ec](mailto:tatiana.marcillo@pg.uleam.edu.ec); **John Cevallos-Vélez**: médico, estudiante de la Especialidad en Medicina del Trabajo de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7538-1272>, correo: [jhon.cevallos@pg.uleam.edu.ec](mailto:jhon.cevallos@pg.uleam.edu.ec); **María Santos-Pinargote**: médica, estudiante de la Especialidad en Medicina del Trabajo de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3830-7900>, correo: [lissette.santos@pg.uleam.edu.ec](mailto:lissette.santos@pg.uleam.edu.ec); **Ana Romero-Meza**: médica, estudiante de la Especialidad en Medicina del Trabajo de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4147-526X>, correo: [maria.romero@pg.uleam.edu.ec](mailto:maria.romero@pg.uleam.edu.ec); **Teddy Cevallos-Mero**: médico, Estudiante de la Especialidad en Medicina del Trabajo de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2982-9923>, correo: [teddy.cevallos@pg.uleam.edu.ec](mailto:teddy.cevallos@pg.uleam.edu.ec).

## RESUMEN

La silicosis es una fibrosis pulmonar de origen ocupacional que se produce por la inhalación de polvo que contiene sílice cristalina libre. Su prevalencia puede variar en diferentes países y regiones. En el caso de Chile, la silicosis ha sido reconocida como un importante problema de salud ocupacional. La presentación clínica de la silicosis depende en gran medida de la intensidad y de la duración de la exposición. Aunque inicialmente no se encuentran signos ni síntomas. El diagnóstico diferencial se realizará fundamentalmente con tuberculosis pulmonar, aspergilosis pulmonar, metástasis pulmonar, sarcoidosis, neumonitis por hipersensibilidad y otras neumoconiosis. Luego de la confirmación diagnóstica sobreviene el proceso de calificación de origen de la patología, para lo cual se requiere Historia Ocupacional donde se describa la exposición ocupacional al agente de riesgo (sílice) en tiempo, magnitud y/o intensidad suficiente como para desarrollar una enfermedad de origen laboral, una Radiografía de Tórax con técnica OIT (Organización Internacional del Trabajo), en categoría 1 de la Clasificación OIT, interpretada (leída) por lectores certificados. La semejanza en las lecturas radiográficas obliga a hacer mayor énfasis en el diagnóstico diferencial entre estas patologías. Se recomienda realizar una tomografía computarizada de tórax sin contraste de alta resolución y solicitar una biopsia pulmonar en caso de comorbilidad, si se dispone de dichas pruebas diagnósticas. Finalmente se sugiere, que en etapas tempranas los trabajadores con diagnóstico de silicosis, deben ser identificados y retirados de la exposición a sílice, si queremos prevenir la discapacidad a través de la vigilancia médica.

**Palabras clave:** sílice, silicosis, neumoconiosis.

## ABSTRACT

Silicosis is an occupational lung fibrosis caused by the inhalation of dust containing free crystalline silica. Its prevalence can vary in different countries and regions. In the case of Chile, silicosis has been recognized as a significant occupational health problem. The clinical presentation of silicosis largely depends on the intensity and duration of exposure. Initially, there may be no signs or symptoms. The differential diagnosis is mainly performed with pulmonary tuberculosis, pulmonary aspergillosis, pulmonary metastasis, sarcoidosis, hypersensitivity pneumonitis, and other pneumoconiosis. After confirming the diagnosis, the process of determining the origin of the pathology begins, for which an Occupational History is required to describe occupational exposure to the risk agent (silica) in terms of time, magnitude, and/or intensity sufficient to develop an occupational-related disease. A Chest X-ray using the ILO (International Labour Organization) technique is necessary, classified as

category 1 according to the ILO Classification, and should be interpreted by certified readers. The similarity in radiographic readings necessitates a greater emphasis on the differential diagnosis among these conditions. A high-resolution chest computed tomography without contrast and a lung biopsy should be considered in case of comorbidity, if these diagnostic tests are available. Finally, it is suggested that workers diagnosed with silicosis in the early stages should be identified and removed from silica exposure to prevent disability through medical surveillance.

**Keywords:** silica, silicosis, pneumoconiosis.

## INTRODUCCIÓN

La silicosis es una fibrosis pulmonar de origen ocupacional que se produce por la inhalación de polvo que contiene sílice cristalina libre, afectando al sistema respiratorio y produciendo una reacción tisular consecutiva que conlleva a un proceso, en algunos casos, progresivo de afectación irreversible del aparato respiratorio<sup>1</sup>. El paciente puede presentar algunos de los siguientes síntomas y/o signos: dolor torácico, disnea, sibilancias, hemoptisis, tos seca o con expectoración. La presentación clínica de la silicosis depende en gran medida de la intensidad y de la duración de la exposición. Aunque en la forma inicial de la silicosis generalmente no se encuentran signos ni síntomas, los que sí se presentan en estados tardíos de la enfermedad, inclusive llegar hasta el cáncer pulmonar<sup>2</sup>.

## ASPECTOS METODOLÓGICOS

Para abordar estos temas, es esencial adoptar una perspectiva metodológica basada en el paradigma socio jurídico. Desde esta óptica, se reconoce que el análisis de los fenómenos sociales debe realizarse desde un enfoque jurídico. Esto se debe en parte a que la realidad presenta una variedad de posibilidades, problemas y debates que enriquecen la perspectiva teórica, metodológica y legal del derecho, especialmente en áreas de urgente actualidad como el diagnóstico de silicosis.

## RESULTADOS

Su prevalencia puede variar en diferentes países y regiones<sup>3</sup>. En el caso de Chile, la silicosis ha sido reconocida como un importante problema de salud ocupacional. La información epidemiológica específica sobre la silicosis en Chile

puede estar sujeta a cambios y actualizaciones. Sin embargo, se estima que la silicosis es una enfermedad ocupacional significativa en la industria minera y en otros sectores que involucran la manipulación de materiales con contenido de sílice<sup>4</sup>. En términos de prevención y control, Chile cuenta con legislación y regulaciones específicas para proteger la salud de los trabajadores expuestos a la sílice. La Ley N° 16.744 establece normas sobre enfermedades profesionales y accidentes del trabajo, y su reglamento (D.S. N° 101) incluye disposiciones relacionadas con la prevención y control de la silicosis.

### Formas clínicas

La silicosis se puede clasificar en diferentes formas clínicas en función de la gravedad de la enfermedad y los hallazgos clínicos y radiológicos. Las formas clínicas comunes de la silicosis incluyen:

**Silicosis crónica simple:** La silicosis crónica simple es una enfermedad pulmonar causada por la inhalación prolongada de partículas de sílice cristalina, como el polvo de sílice, presente en ciertos entornos de trabajo<sup>5</sup>. Es una forma menos grave de silicosis en comparación con la silicosis acelerada y la silicosis complicada. Los síntomas pueden variar desde leves a moderados e incluyen tos persistente, dificultad para respirar, fatiga, pérdida de peso y opresión en el pecho. Estos síntomas pueden tardar muchos años en desarrollarse, ya que la enfermedad progresa lentamente. La inhalación de partículas de sílice conduce a la formación de nódulos o cicatrices en los pulmones<sup>6</sup>. A diferencia de la silicosis acelerada y complicada, la silicosis crónica simple se caracteriza por una progresión lenta y estable de la enfermedad a lo largo del tiempo. Sin embargo, la exposición continua a la sílice puede empeorar los síntomas y provocar complicaciones adicionales.

**Silicosis aguda:** La silicosis aguda es una forma grave de silicosis que ocurre después de una exposición masiva y breve a altas concentraciones de sílice cristalina. A diferencia de la silicosis crónica, que se desarrolla después de una exposición prolongada, la silicosis aguda puede aparecer en cuestión de semanas o meses después de la exposición intensa<sup>7</sup>. Los síntomas de la silicosis aguda pueden aparecer rápidamente después de la exposición a altas concentraciones de sílice. Estos síntomas incluyen tos intensa y persistente, dificultad para respirar, fiebre, debilidad y fatiga. La exposición a altas concentraciones de sílice causa una reacción inflamatoria aguda en los pulmones. Esto conduce a la formación de tejido cicatricial y fibrosis pulmonar<sup>8</sup>, lo que limita la capacidad pulmonar y dificulta la respiración. La silicosis aguda aumenta el riesgo de desarrollar complicaciones graves, como insuficiencia respiratoria aguda, infecciones pulmonares recurrentes y enfermedades respiratorias crónicas.

**Silicosis acelerada:** La silicosis acelerada es una forma progresiva y grave de silicosis que se desarrolla en un período más corto de tiempo en comparación con la silicosis crónica. Se produce por una exposición intensa a altas concentraciones de sílice cristalina durante un período de 5 a 15 años. A diferencia de la silicosis crónica, que puede tardar décadas en desarrollarse, la silicosis acelerada se presenta en un período de 5 a 15 años después de la exposición a altas concentraciones de sílice. La silicosis acelerada se caracteriza por un rápido avance del daño pulmonar<sup>9</sup>. Esto se debe a que las partículas de sílice son más tóxicas y provocan una respuesta inflamatoria y fibrosis más intensa en los pulmones<sup>10</sup>. Los síntomas de la silicosis acelerada son similares a los de la silicosis crónica y pueden incluir tos persistente, dificultad para respirar, fatiga, pérdida de peso y debilidad generalizada. La silicosis acelerada aumenta el riesgo de desarrollar complicaciones graves, como infecciones pulmonares recurrentes, insuficiencia respiratoria y enfermedades pulmonares crónicas, como la tuberculosis.

### Pruebas diagnósticas

El diagnóstico de la silicosis se basa en una combinación de la historia ocupacional del paciente, los síntomas clínicos, los hallazgos radiológicos y las pruebas de función pulmonar. Algunas pruebas diagnósticas comunes utilizadas en la evaluación de la silicosis son las siguientes:

**Historia ocupacional:** El médico recopilará información detallada sobre la exposición del paciente a la sílice en el entorno laboral, incluyendo la duración y el nivel de exposición<sup>11</sup>.

**Examen físico:** Se realizará un examen físico para evaluar los síntomas respiratorios, auscultar los pulmones y detectar posibles signos de enfermedad pulmonar.

**Radiografía de tórax con técnica OIT:** La radiografía de tórax es una herramienta fundamental para el diagnóstico de la silicosis. Puede mostrar opacidades en forma de pequeñas opacidades nodulares en los pulmones, especialmente en los lóbulos superiores<sup>12</sup>.

**Tomografía computarizada (TC) de tórax:** En casos de diagnóstico diferencial y de silicosis más avanzada, se puede realizar una TC de tórax para obtener imágenes más detalladas de los pulmones y evaluar el grado de fibrosis pulmonar<sup>13</sup>.

**Pruebas de función pulmonar:** Las pruebas de función pulmonar, como la espirometría, se utilizan para evaluar la capacidad pulmonar y detectar posibles restricciones o limitaciones en la función respiratoria<sup>14,15</sup>.

**Biopsia pulmonar:** En casos específicos y cuando otros métodos no son concluyentes, se puede realizar una biopsia pulmonar para obtener una muestra de tejido pulmonar y analizarla en busca de signos de silicosis<sup>16</sup>.

### Diagnóstico diferencial

El diagnóstico diferencial se realizará fundamentalmente con:

**Tuberculosis pulmonar:** Los signos radiológicos de la tuberculosis pulmonar pueden variar según la etapa y la forma de presentación de la enfermedad<sup>17</sup>. Pueden aparecer como opacidades nodulares, consolidaciones o infiltrados lineales en los campos pulmonares superiores. La formación de cavidades en los pulmones es un hallazgo característico de la tuberculosis pulmonar avanzada. Estas cavidades pueden contener aire o líquido. La tuberculosis pulmonar puede estar asociada con la inflamación de los ganglios linfáticos hiliares o mediastínicos, que pueden ser visibles en las radiografías de tórax<sup>18</sup>. En etapas avanzadas de la tuberculosis pulmonar, puede desarrollarse fibrosis pulmonar, lo que resulta en opacidades reticulares en los campos pulmonares. En cuanto a la asociación con la silicosis, es importante destacar que la exposición a la sílice cristalina, que es el principal agente causante de la silicosis, puede aumentar el riesgo de infección por *Mycobacterium tuberculosis*<sup>19</sup>. La presencia de silicosis puede aumentar la susceptibilidad de una persona a desarrollar tuberculosis y también puede influir en la presentación radiológica de la enfermedad<sup>20</sup>. En pacientes con silicosis, los hallazgos radiológicos de la tuberculosis pulmonar pueden ser más pronunciados y extensos. Por ejemplo, las cavidades pulmonares y las lesiones infiltrantes pueden ser más grandes y más numerosas en aquellos con silicosis concomitante. Además, la presencia de silicosis puede afectar la respuesta inmunológica del organismo, lo que puede influir en la evolución clínica y radiológica de la tuberculosis<sup>21</sup>.

**Aspergilosis pulmonar:** La aspergilosis pulmonar necrotizante crónica es una rara enfermedad que tiende a afectar a personas con enfermedad pulmonar subyacente o inmunocomprometidos en grado leve. Es una complicación excepcional de la silicosis y su diagnóstico precisa un alto índice de sospecha pues simula otras enfermedades como tuberculosis y neoplasia, complicaciones más frecuentes en estos pacientes<sup>16</sup>. Se visualizan como módulos con halo en vidrio deslustrado sin o con cavitaciones<sup>22</sup>.

**Metástasis Pulmonar:** Los signos radiológicos de las metástasis pulmonares pueden variar dependiendo del tipo y la extensión de las lesiones metastásicas, suelen presentarse como múltiples nódulos pulmonares en ambos pulmones<sup>23</sup>. Estos nódulos pueden ser redondos u ovalados y suelen tener bordes bien

definidos. Pueden variar desde pequeños nódulos dispersos hasta grandes masas tumorales. Las metástasis pulmonares pueden tener un patrón de distribución centrípeto, es decir, más concentrado hacia el centro de los pulmones, o un patrón periférico. El patrón de distribución puede depender del tipo de cáncer primario y la vía de diseminación. En cuanto a la asociación con la silicosis, no hay una relación directa entre la silicosis y las metástasis pulmonares. Sin embargo, es importante destacar que la exposición crónica a la sílice cristalina, puede aumentar el riesgo de desarrollar ciertos tipos de cáncer pulmonar, tales como el carcinoma de pulmón de tipo escamoso y el carcinoma de pulmón de tipo microcítico. Estos tipos de cáncer pulmonar pueden tener la capacidad de metastatizar a los pulmones y, en consecuencia, pueden presentarse como nódulos metastásicos en las radiografías o tomografías computarizadas de tórax<sup>24</sup>.

**Sarcoidosis:** La sarcoidosis es una enfermedad granulomatosa sistémica de etiología desconocida, aunque se piensa que la exposición ocupacional a sustancias como la sílice y el berilio puede ser un desencadenante<sup>25</sup>. Una historia laboral incompleta puede conducir a un diagnóstico de sarcoidosis más que de neumoconiosis en muchos casos, aunque en la literatura se han reportado diversas asociaciones de estas dos enfermedades, como la coexistencia y detección de una antes o después de la otra. Radiológicamente la sarcoidosis pulmonar se caracteriza por la presencia de opacidades reticulonodulillares bilaterales de forma particular en regiones perivasculares, peribronquiales y subpleurales, especialmente en el tercio medio<sup>26</sup>.

**Neumonitis por hipersensibilidad:** La neumonitis por hipersensibilidad, también conocida como alveolitis alérgica extrínseca, es una enfermedad pulmonar inflamatoria causada por la inhalación de sustancias orgánicas o inorgánicas que desencadenan una respuesta inmunológica exagerada en los pulmones<sup>27</sup>. Algunos de los signos radiológicos característicos de la neumonitis por hipersensibilidad incluyen opacidad en los pulmones que tienen una apariencia difusa, borrosa y granular, similar a un vidrio deslustrado, tienen un patrón de distribución centrípeto, es decir, más pronunciado en las zonas periféricas de los pulmones y disminuyendo hacia el centro. En algunos casos de neumonitis por hipersensibilidad, se pueden observar nódulos centrales, que son áreas de opacidad más densas en el centro de los pulmones<sup>28</sup>. En cuanto a la asociación con la silicosis, es importante mencionar que la exposición crónica a la sílice cristalina, puede aumentar el riesgo de desarrollar neumonitis por hipersensibilidad. Esto se debe a que la presencia de la silicosis puede sensibilizar los pulmones y aumentar la susceptibilidad a otras enfermedades pulmonares de origen inmunológico, como la neumonitis por hipersensibilidad. Sin embargo, no todos los casos de silicosis desarrollarán neumonitis por hipersensibilidad.

Otras neumoconiosis:

**Neumoconiosis de los Trabajadores del Carbón:** La neumoconiosis de los trabajadores del carbón, también conocida como «pulmón negro» o «antracosis», es una enfermedad pulmonar crónica causada por la inhalación prolongada de polvo de carbón. Los signos radiológicos característicos de la neumoconiosis de los trabajadores del carbón incluyen, pequeños nódulos redondos en los campos pulmonares. Estos nódulos representan la acumulación de partículas de polvo de carbón en los pulmones<sup>29</sup>. Se puede apreciar un engrosamiento de los vasos linfáticos en los pulmones, que aparecen como líneas lineales o reticulares en las radiografías. En etapas más avanzadas de la enfermedad, puede haber fibrosis pulmonar. Esto se manifiesta como opacidades lineales, reticulares o en panal de abeja en las radiografías. En cuanto a la asociación con la silicosis, es importante mencionar que tanto la neumoconiosis de los trabajadores del carbón como la silicosis son enfermedades pulmonares causadas por la inhalación de partículas de polvo. Si bien ambas enfermedades tienen características radiológicas similares, la principal diferencia es el tipo de polvo al que están expuestos los trabajadores. Sin embargo, en algunos casos, los trabajadores del carbón también pueden estar expuestos a sílice en el entorno laboral, lo que podría resultar en una superposición de hallazgos radiológicos entre ambas enfermedades<sup>30</sup>.

**Neumoconiosis del Caolín:** La neumoconiosis del caolín es una enfermedad pulmonar causada por la exposición prolongada al polvo de caolín, un mineral de arcilla utilizado en la industria cerámica, de papel, plásticos y otros productos<sup>31</sup>. Los signos radiológicos de la neumoconiosis del caolín pueden incluir pequeños nódulos redondos en los campos pulmonares. Estos nódulos representan la acumulación de partículas de caolín en los pulmones. En etapas más avanzadas de la enfermedad, puede haber fibrosis pulmonar. Esto se manifiesta como opacidades lineales, reticulares o en panal de abeja en las radiografías. Es importante destacar que la neumoconiosis del caolín es una enfermedad distinta a la silicosis, aunque ambas están relacionadas con la exposición a partículas de polvo en el entorno laboral. Sin embargo, en algunos casos, puede haber una superposición de hallazgos radiológicos entre ambas enfermedades si existe una exposición concurrente al caolín y a la sílice<sup>32</sup>.

**Beriliosis:** La beriliosis es una enfermedad pulmonar causada por la exposición al berilio, un metal utilizado en diversas industrias, como la fabricación de dispositivos electrónicos, la metalurgia y la fabricación de cerámica<sup>33</sup>. Los signos radiológicos de la beriliosis pueden variar según la etapa de la enfermedad y pueden incluir nódulos pequeños y redondos en los campos pulmonares. Estos nódulos son característicos de la beriliosis y se denominan «nódulos de berilio». Pueden ser múltiples y distribuirse de manera uniforme

en ambos pulmones<sup>34</sup>. En algunas personas con beriliosis crónica, puede haber áreas de hiperlucencia, es decir, áreas donde los pulmones se ven más oscuros de lo normal en la radiografía. Esto puede indicar la presencia de enfisema, una complicación de la beriliosis. Es importante destacar que la beriliosis es una enfermedad distinta de la silicosis, aunque ambas están relacionadas con la exposición a partículas de polvo en el entorno laboral. Sin embargo, en algunos casos, puede haber una superposición de hallazgos radiológicos entre ambas enfermedades si existe una exposición concurrente al berilio y a la sílice.

**Siderosis:** La siderosis es una enfermedad pulmonar causada por la inhalación de partículas de hierro. Los signos radiológicos de la siderosis pueden variar y generalmente son más leves en comparación con otros trastornos pulmonares. Algunos de los posibles hallazgos radiológicos en la siderosis incluyen, opacidades reticulares en los campos pulmonares, que representan la deposición de partículas de hierro en los tejidos pulmonares<sup>35</sup>. Estas opacidades suelen ser más prominentes en los lóbulos superiores. En algunos casos, pueden aparecer nódulos pequeños en los pulmones. Estos nódulos son el resultado de la acumulación de partículas de hierro en los tejidos pulmonares. Es importante destacar que la siderosis se considera una enfermedad benigna y generalmente no produce síntomas clínicos significativos. A menudo es una condición asintomática y se diagnostica incidentalmente a través de pruebas radiológicas realizadas por otras razones<sup>36</sup>. En cuanto a la asociación entre la siderosis y la silicosis, es importante tener en cuenta que ambas enfermedades pueden estar presentes de manera concurrente en individuos expuestos a partículas de sílice cristalina y partículas de hierro. La exposición ocupacional a estos agentes puede ocurrir en ciertos entornos de trabajo, como la industria minera o la fundición de metales. En tales casos, es posible que se observen características radiológicas y clínicas superpuestas, lo que puede dificultar el diagnóstico diferencial.

**Neumoconiosis por Inhalación de Otros Metales:** La neumoconiosis por inhalación de otros metales, también conocida como neumoconiosis metálica, es una enfermedad pulmonar causada por la inhalación de partículas de metales distintos del hierro<sup>37</sup>. Los signos radiológicos de esta neumoconiosis pueden variar según el tipo de metal inhalado<sup>38</sup>. Sin embargo, en general, los hallazgos radiológicos pueden incluir pequeños nódulos en los campos pulmonares, que representan la acumulación de partículas de metal en los tejidos pulmonares. Estos nódulos suelen ser más prominentes en los lóbulos superiores. En algunos casos, se pueden observar líneas finas y lineales en los pulmones, que corresponden a la deposición de partículas de metal en los tejidos pulmonares. Es importante tener en cuenta que la neumoconiosis por inhalación de otros metales puede estar asociada con la exposición a metales como el aluminio, el estaño, el níquel, el cromo, el cobalto, entre otros<sup>39</sup>. La exposición ocupacional a estos metales puede ocurrir en diversas industrias,

como la minería, la metalurgia, la fabricación de baterías, la industria química, entre otras. En cuanto a la asociación con la silicosis, es posible que en algunos casos haya una superposición de características radiológicas y clínicas, especialmente cuando hay exposición concurrente a partículas de sílice cristalina y partículas de metal. En tales casos, el diagnóstico diferencial puede ser desafiante y requerir la evaluación de antecedentes laborales detallados y pruebas adicionales, como análisis de laboratorio y biopsia pulmonar.

### **Puestos de trabajo tradicionales asociados a silicosis**

Entre las actividades de riesgo más frecuentemente identificadas en la revisión de la literatura científica y en la práctica clínica, se encuentran aquellos trabajadores:

**Mineros:** Los mineros, especialmente aquellos que extraen minerales como el carbón, el oro, el cobre y el hierro<sup>40</sup>, están expuestos a altos niveles de sílice cristalina durante la excavación y el procesamiento de minerales.

**Canteros y talladores de piedra:** Los trabajadores que cortan y tallan piedra, como canteros, escultores y fabricantes de lápidas, están expuestos a sílice cristalina liberada durante el proceso de corte y pulido de la piedra<sup>41</sup>.

**Arenadores:** Los operadores de equipos de arenado con chorro de arena, utilizados en la limpieza y preparación de superficies, pueden inhalar partículas de sílice cristalina si no se toman las precauciones adecuadas.

**Trabajadores de la construcción:** Los trabajadores de la construcción que realizan actividades como demolición, perforación, corte de hormigón y manipulación de materiales como ladrillos y azulejos pueden estar expuestos a la sílice cristalina presente en estos materiales<sup>42</sup>.

Además de estos puestos de trabajo tradicionales, también hay puestos emergentes en los que los trabajadores pueden estar expuestos a sílice cristalina y correr el riesgo de desarrollar silicosis. Algunos ejemplos incluyen:

**Industria del fracking:** Los trabajadores en la industria del fracking, utilizada para la extracción de gas y petróleo de esquisto, pueden estar expuestos a altos niveles de sílice cristalina durante el proceso de fracturación hidráulica<sup>43</sup>.

**Fabricación de productos electrónicos:** Los trabajadores en la fabricación de productos electrónicos, como chips de computadora y placas de circuito impreso, pueden estar expuestos a sílice cristalina durante el proceso de pulido y grabado de los componentes<sup>44</sup>.

**Industria del vidrio reciclado:** Los trabajadores en la industria del vidrio reciclado pueden estar expuestos a sílice cristalina durante el proceso de trituración y fundición de vidrio reciclado<sup>45</sup>.

**Industria de la fabricación aditiva (impresión 3D):** Algunos métodos de impresión 3D, como la sinterización selectiva por láser, pueden utilizar materiales que contienen sílice cristalina, lo que puede representar un riesgo para los trabajadores involucrados en estos procesos<sup>46</sup>.

### **Criterio de calificación de enfermedad profesional**

El criterio de calificación de enfermedad profesional por agente sílice en Chile se encuentra establecido en la Ley N° 16.744 sobre Accidentes del Trabajo y Enfermedades Profesionales, y su reglamento (Decreto Supremo N° 109). Según esta normativa, la calificación de la enfermedad profesional por agente sílice se realiza a través de un proceso médico-legal en el cual se evalúa la relación causal entre la exposición a la sílice y la enfermedad pulmonar del trabajador.

Para calificar una enfermedad profesional por agente sílice, se deben cumplir los siguientes requisitos:

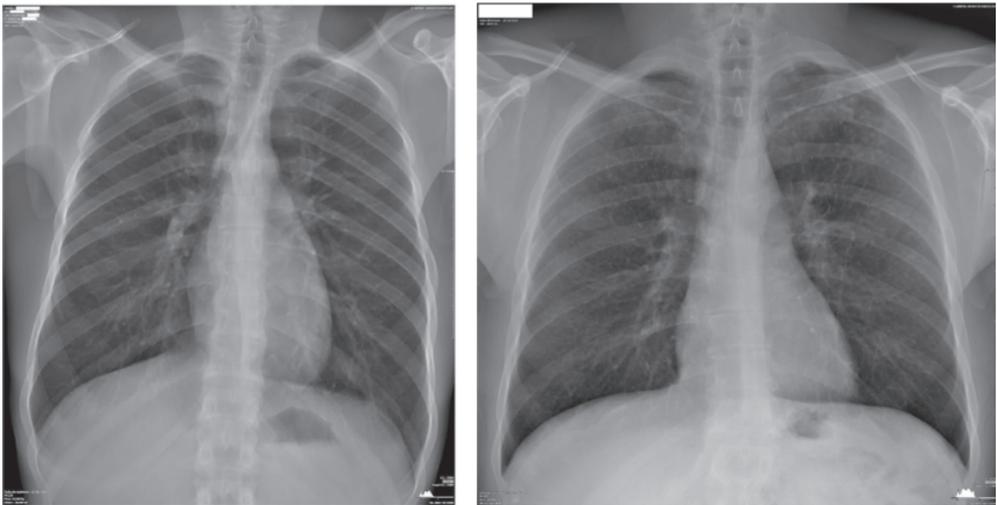
**Exposición laboral:** El trabajador debe haber estado expuesto a la sílice en su lugar de trabajo de manera significativa y continuada. Esta exposición puede haber ocurrido en diferentes sectores productivos, como la minería, la construcción, la fundición, entre otros.

**Enfermedad pulmonar:** El trabajador debe presentar una enfermedad pulmonar relacionada con la exposición a la sílice, como la silicosis o alguna otra patología pulmonar causada por esta sustancia.

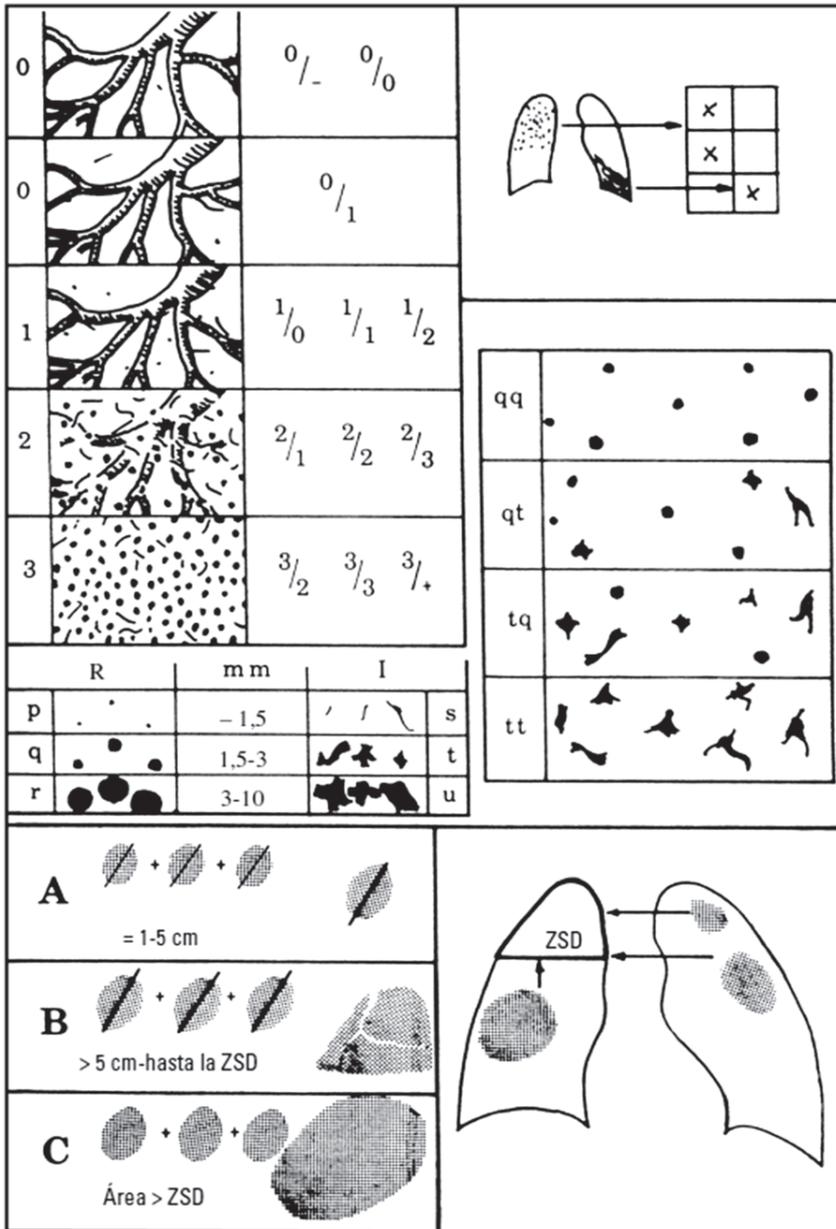
**Relación causal:** Se debe establecer una relación causal entre la exposición a la sílice y la enfermedad pulmonar del trabajador. Esto implica demostrar que la exposición a la sílice en el trabajo fue la causa principal o determinante de la enfermedad. El proceso de calificación de enfermedad profesional por agente sílice incluye la evaluación de los antecedentes clínicos y laborales del trabajador, así como la realización de exámenes médicos, pruebas diagnósticas y análisis de la exposición laboral. Es importante destacar que la calificación de enfermedad profesional por agente sílice otorga derechos y beneficios al trabajador, como la atención médica, el acceso a prestaciones económicas y la posibilidad de reubicación laboral, de acuerdo a lo establecido en la ley N° 16.744.

## Confirmación del diagnóstico de silicosis

**Obligatorias:** Si la radiografía de tórax con técnica OIT muestra una profusión de 1/0 o 1/1, esto indica la presencia de opacidades pulmonares que sugieren la posibilidad de silicosis. Sin embargo, es importante tener en cuenta que la radiografía de tórax por sí sola no puede confirmar definitivamente el diagnóstico de silicosis, ya que existen otras condiciones pulmonares que pueden tener una apariencia similar en la radiografía<sup>47</sup>. Para una confirmación más precisa del diagnóstico, es recomendable que la lectura de la radiografía de tórax sea realizada por un lector acreditado o especialista en enfermedades pulmonares ocupacionales. Estos profesionales tienen la experiencia y los conocimientos necesarios para evaluar las imágenes radiográficas en el contexto de la exposición a sílice y las características clínicas del paciente<sup>48</sup>. El informe de lectura realizado por un lector acreditado proporcionará una evaluación detallada de la radiografía de tórax, identificando las opacidades presentes, su localización, tamaño y distribución<sup>49</sup>. Esto ayudará a determinar si los hallazgos son consistentes con la silicosis y a descartar otras enfermedades pulmonares similares. Ver gráfico 1, imagen 1. Es importante destacar que el diagnóstico definitivo de silicosis puede requerir una tomografía computarizada (TC) de tórax de alta resolución para confirmar el diagnóstico de silicosis<sup>50</sup>. Ver imagen 1, gráfico 1.

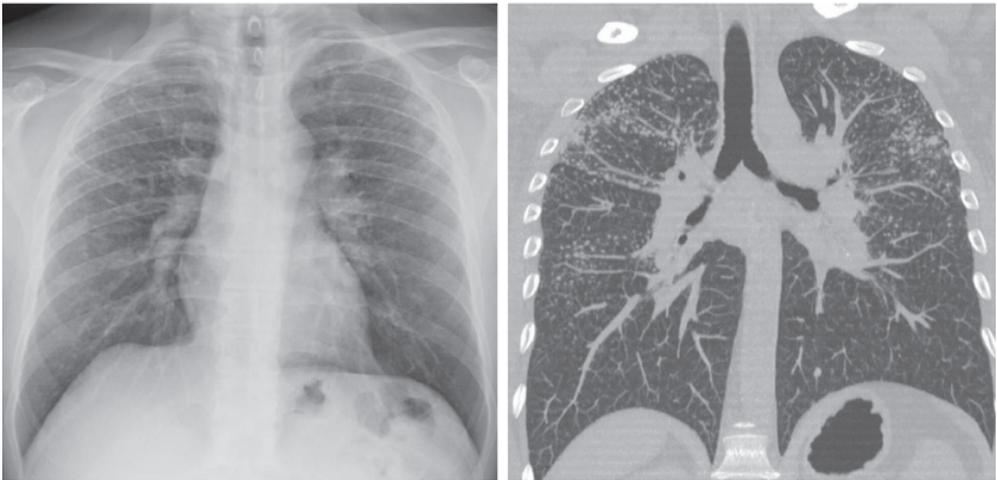


**Imagen 1.** Diferencia entre radiografía de tórax con técnica OIT en profusión 0/0 y 1/1. Imágenes gentileza de reproducción del Dr. Anselmo López Guillén y Dr. Sergio Rovira Sans.



**Gráfico 1.** Guidelines for the Use of the ILO International Classification of Radiographs of Pneumoconioses» (Edición revisada 2022), es una herramienta importante utilizada por expertos en salud ocupacional para evaluar y clasificar radiografías de tórax en relación con las neumoconiosis, que son enfermedades pulmonares causadas por la inhalación de polvos y partículas en el lugar de trabajo.

**Complementarias:** Es cierto que en algunos casos se puede requerir una tomografía computarizada (TC) de tórax de alta resolución para confirmar el diagnóstico de silicosis, especialmente cuando existen dudas o cuando la radiografía de tórax con técnica OIT no es concluyente. La TC de tórax de alta resolución proporciona imágenes más detalladas y precisas de los pulmones, lo que permite una mejor visualización de las lesiones pulmonares y una evaluación más precisa de la presencia y extensión de la silicosis<sup>13,50</sup>. En casos de sospecha de silicosis, si la radiografía de tórax con técnica OIT muestra una profusión de 1/0 o 1/1 pero se requiere una mayor certeza diagnóstica, el médico puede solicitar una TC de tórax de alta resolución<sup>12</sup>. Esta prueba puede revelar cambios característicos de la silicosis, como nódulos, fibrosis y engrosamiento pleural, que pueden ser más evidentes en comparación con la radiografía de tórax convencional. Es importante mencionar que la interpretación de la TC de tórax debe ser realizada por un radiólogo experimentado en enfermedades pulmonares y, en algunos casos, puede ser necesaria una evaluación adicional por parte de un neumólogo especializado. Ver imagen 2.



**Imagen 2.** Diferencia entre radiografía de tórax con técnica OIT y Tomografía computarizada de tórax de alta resolución (TCAR). Imágenes gentileza de reproducción del Dr. Anselmo López Guillén y Dr. Sergio Rovira Sans.

La biopsia pulmonar puede ser utilizada en casos de silicosis cuando existen dudas o necesidad de realizar un diagnóstico diferencial con otras enfermedades pulmonares<sup>16,51</sup>. Sin embargo, cabe mencionar que la biopsia pulmonar no es el método diagnóstico de elección para la silicosis, ya que generalmente se basa en la combinación de la historia ocupacional, los sín-

tomas clínicos y los hallazgos radiológicos. La biopsia pulmonar puede ser invasiva y conlleva ciertos riesgos, por lo que se considera una opción cuando otras pruebas no han sido concluyentes o cuando se sospecha la presencia de otras enfermedades pulmonares con características similares a la silicosis, como la sarcoidosis o las neoplasias pulmonares. La muestra obtenida se envía a laboratorio para su análisis histopatológico, donde se busca la presencia de lesiones características de la silicosis, como la fibrosis y la presencia de cuerpos de sílice.

La historia ocupacional es fundamental para evaluar la exposición laboral al agente de sílice y confirmar el diagnóstico de silicosis<sup>11</sup>. Es importante recopilar información detallada sobre los trabajos anteriores y actuales del individuo, incluyendo el tipo de industria en la que ha trabajado y las tareas específicas realizadas. Algunas ocupaciones y actividades laborales que pueden implicar exposición a la sílice incluyen la minería, la construcción, la fundición, la fabricación de vidrio, la cerámica, la producción de piedra y trabajos de demolición. Se debe investigar la duración de la exposición a la sílice en cada trabajo, es decir, cuánto tiempo el individuo estuvo expuesto al agente de sílice. Además, se debe considerar el nivel de exposición, que puede estar influenciado por factores como la concentración de sílice en el ambiente laboral y las medidas de control implementadas en el lugar de trabajo.

### **Declaración de enfermedad profesional**

**Compín:** Es un organismo público de Chile encargado de la evaluación y calificación de la invalidez, así como de la supervisión de la medicina preventiva y de los programas de rehabilitación en el ámbito laboral.

**Silicosis leve:** Enfermedad caracterizada por la presencia de pequeñas opacidades redondas, generalmente localizadas en los lóbulos superiores de ambos pulmones, con una profusión muy baja y sin causar ninguna alteración funcional en el individuo afectado. La única consecuencia de la silicosis leve es la disminución de la inmunidad celular, lo que los hace más propensos a infecciones respiratorias. Desde el punto de vista legal, estos pacientes han recibido una compensación y una resolución de la Comisión de Medicina Preventiva e Invalidez (Compín) que indica que su incapacidad alcanza el 25%.

**Silicosis moderada:** Enfermedad caracterizada por la presencia de opacidades redondas, generalmente ubicadas en los lóbulos superiores de ambos pulmones, con una profusión mediana y que generalmente no causa ninguna alteración funcional en la persona afectada. En estos pacientes, el compromiso de la inmunidad celular es más pronunciado. Desde el punto de vista legal, esta

forma de silicosis recibe los mismos beneficios que la silicosis leve en términos de compensación y resoluciones legales.

**Silicosis avanzada:** En esta etapa avanzada de la enfermedad, las opacidades redondas se extienden por todo el pulmón (lo cual es menos común) o se agrupan formando masas mayores a 1 cm de diámetro. El espectro radiográfico es amplio y complejo. La retracción pulmonar conduce a la formación de enfisema compensatorio o bullas, lo que hace que las infecciones del tejido pulmonar sean poco visibles. La alteración funcional puede variar desde ninguna hasta disnea en reposo. La afectación del ventrículo derecho del corazón dependerá del grado de destrucción del lecho vascular pulmonar y del nivel de hipoxemia que presente el paciente, lo que puede llevar desde ninguna repercusión hasta insuficiencia cardíaca derecha. La respuesta inmune en estos pacientes puede estar gravemente comprometida, lo que los hace muy susceptibles a las infecciones respiratorias bajas. Desde el punto de vista legal, esta forma de silicosis generalmente se califica con una pensión parcial (50% de incapacidad según Compín) y rara vez se concede una pensión completa (80% de incapacidad según Compín). Ver imagen 3.



**Imagen 3.** Diferencia entre radiografía de tórax con técnica OIT y Tomografía computarizada de tórax de alta resolución (TCAR), en la imagen A opacidades redondas confluyentes típicas de silicosis y en la imagen B coalescencia de opacidades redondas con formación de silicomas que puede caracterizar una fibrosis pulmonar masiva en curso. Imágenes gentileza de reproducción del Dr. Anselmo López Guillén y Dr. Sergio Rovira Sans.

## **Reubicación laboral**

La reubicación laboral en Chile por silicosis se refiere al proceso de trasladar a un trabajador diagnosticado con silicosis a otro puesto de trabajo dentro de la misma empresa o entidad, con el objetivo de evitar una mayor exposición a la sílice y reducir el riesgo de progresión de la enfermedad. La reubicación laboral por silicosis en Chile se rige por la Ley N° 16.744 sobre Accidentes del Trabajo y Enfermedades Profesionales, y su reglamento (Decreto Supremo N° 101). Esta legislación establece los derechos y responsabilidades tanto del empleador como del trabajador en relación con la salud ocupacional y la prevención de enfermedades profesionales. La reubicación laboral por silicosis implica el traslado del trabajador a un puesto de trabajo donde no esté expuesto a la sílice. Este proceso debe realizarse en coordinación con el empleador, los servicios de salud ocupacional y otras autoridades pertinentes, y se deben respetar los derechos laborales del trabajador, como el salario y las condiciones de trabajo. Es importante destacar que la reubicación laboral no implica la pérdida del empleo, sino la adaptación del trabajador a un entorno laboral más seguro y adecuado para su condición de salud.

## **DISCUSIÓN**

Se cumplió el objetivo al describir claramente los efectos en salud que ocasiona la exposición a sílice y la base teórica apegada a la legislación vigente en torno la Ley chilena N° 16.744 sobre Accidentes del Trabajo y Enfermedades Profesionales, la manera cómo abordar la calificación de enfermedad profesional en el marco de la silicosis y el respectivo proceso de reubicación. Al no existir estudios similares que focalicen esta enfermedad pulmonar de origen ocupacional, el estudio se ve limitado, sin embargo, abre oportunidades para el desarrollo de investigación en los diferentes países de la región, que también están inmerso en la problemática de salud ocupacional de trabajadores de grandes, mediana, pequeñas empresas como de los rubros artesanales que para su proceso productivo utilizan polvos neumoconiógenos.

## **CONCLUSIONES**

El entendimiento contemporáneo de la secuencia de eventos en la patogenia de la silicosis no ha alterado el enfoque convencional de la vigilancia de los trabajadores, pero ha mejorado significativamente las capacidades de diagnóstico médico temprano de la enfermedad. Es crucial identificar y retirar a las personas en las primeras etapas de la enfermedad de futuras exposiciones significativas si queremos prevenir la discapacidad a través de la vigilancia

médica. La similitud en las lecturas radiográficas requiere un mayor énfasis en el diagnóstico diferencial entre estas patologías. Debe realizarse una tomografía computarizada de alta resolución del tórax sin contraste, y se debe considerar una biopsia pulmonar en casos de sospecha de comorbilidad, si las pruebas diagnósticas disponibles lo permiten<sup>52</sup>. Es importante destacar que la prevención de la silicosis requiere una combinación de medidas técnicas, administrativas y de capacitación, así como un firme compromiso por parte de los empleadores y los trabajadores para cumplir con las prácticas seguras de trabajo y la protección de la salud. Por otro lado, la existencia de brechas en la normativa y la manera de abordar el diagnóstico de silicosis puede conllevar a un enfoque jurídico, ya aplicable en países de la región andina.

## AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Anselmo López Guillén y Dr. Sergio Rovira Sans, por autorizar la reproducción de las imágenes que ilustran nuestro trabajo. Además, a la Organización Internacional del Trabajo por permitir la reproducción de la Clasificación internacional de radiografías de neumoconiosis “imagen página 29”.

**Conflicto de Interés:** Los autores declaran que esta publicación no presenta ningún tipo de conflicto de intereses

**Financiación:** El estudio no requirió financiación.

**Contribución de los autores:** Todos los autores participaron de manera equitativa en el desarrollo del artículo.

## REFERENCIAS

1. Li R, Kang H, Chen S. From Basic Research to Clinical Practice: Considerations for Treatment Drugs for Silicosis. *International Journal of Molecular Sciences*. 2023; 24(9):8333. <https://doi.org/10.3390/ijms24098333>
2. Sato T, Shimosato T, Klinman DM. Silicosis and lung cancer: current perspectives. *Lung Cancer (Auckl)*. 2018; 9:91-101. doi: 10.2147/LCTT.S156376. PMID: 30498384; PMCID: PMC6207090.
3. Philippova A, Aringazina R, Kurmanalina G, Beketov V. Epidemiology, clinical and physiological manifestations of dust lung disease in major industrial centers. *Emerg Themes Epidemiol*. 2022;19(1):3. doi: 10.1186/s12982-022-00111-0. PMID: 35392938; PMCID: PMC8991489.

4. Virji MA, Kurth L. Peak Inhalation Exposure Metrics Used in Occupational Epidemiologic and Exposure Studies. *Front Public Health*. 2021; 8:611693. doi: 10.3389/fpubh.2020.611693. PMID: 33490023; PMCID: PMC7820770.
5. Barnes H, Goh NSL, Leong TL, Hoy R. Silica-associated lung disease: An old-world exposure in modern industries. *Respirology*. 2019;24(12):1165-1175. doi: 10.1111/resp.13695. Epub 2019 Sep 13. PMID: 31517432.
6. Pandey JK, Agarwal D. Biomarkers: A potential prognostic tool for silicosis. *Indian J Occup Environ Med*. 2012 Sep;16(3):101-7. doi: 10.4103/0019-5278.111746. PMID: 23776317; PMCID: PMC3683176.
7. Hasanl? YS, Türk M. Insidious Disease Diagnosed 20 Years After Exposure: Silicosis. A Case Report. *Acta Med Nicomedia*. 2022; 5(3): 214-217. doi: 10.53446/actamednicomedia.1132124
8. Hao X, Jin Y, Zhang Y, Li S, Cui J, He H, Guo L, Yang F, Liu H. Inhibition of Oncogenic Src Ameliorates Silica-Induced Pulmonary Fibrosis via PI3K/AKT Pathway. *International Journal of Molecular Sciences*. 2023; 24(1):774. <https://doi.org/10.3390/ijms24010774>
9. Tracy L Leong, et al. Unexpected case of accelerated silicosis in a female quarry worker, *Occupational Medicine*. 2022; 72(6): 420–423. <https://doi.org/10.1093/occmed/kqac016>
10. Ruimin Ma, et al. Lipid dysregulation associated with progression of silica-induced pulmonary fibrosis. *Toxicological Sciences*. 2023; 191(2):296–307. <https://doi.org/10.1093/toxsci/kfac124>
11. Louk AK, Patts JR, Haas EJ, Cecala AB. Evaluation of Engineering Controls at Bagging Operations to Reduce Exposures to Respirable Crystalline Silica Dust. *Min Metall Explor*. 2020;37(4):1055-1064. doi: 10.1007/s42461-020-00210-z. PMID: 32875279; PMCID: PMC7458487.
12. ?ener MU, ?im?ek C, Özkara ?, Evran H, Bursali ?, Gökçek A. Comparison of the International Classification of High-resolution Computed Tomography for occupational and environmental respiratory diseases with the International Labor Organization International Classification of Radiographs of Pneumoconiosis. *Ind Health*. 2019;57(4):495-502. doi: 10.2486/indhealth.2018-0068. Epub 2018 Oct 19. PMID: 30344228; PMCID: PMC6685792.
13. Masanori A. Imaging diagnosis of classical and new pneumoconiosis: predominant reticular HRCT pattern. *Insights into Imaging*. 2021;12(1):33. DOI: 10.1186/s13244-021-00966-y. PMID: 33689008; PMCID: PMC7947097.

14. Widajati N, Martiana T, Utami TN, Jalaludin J, Hamedon TR. Lung Function Analysis of Marble Home Industry Workers in Tulungagung Regency. *Pertanika Journal of Science and Technology*. 2023;31(2):947-960. doi: 10.47836/pjst.31.2.15
15. Younes Sohrabi, et al. Pulmonary function and respiratory symptoms in workers exposed to respirable silica dust: A historical cohort study. *Research article*. 2022; 8 (11): e11642. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e11642>
16. Valeyre D, Brauner M, Bernaudin JF, Carbonnelle E, Duchemann B, Rotenberg C, Berger I, Martin A, Nunes H, Naccache JM, Jeny F. Differential diagnosis of pulmonary sarcoidosis: a review. *Front Med (Lausanne)*. 2023; 10:1150751. doi: 10.3389/fmed.2023.1150751. PMID: 37250639; PMCID: PMC10213276.
17. Raanan R, Zack O, Ruben M, Perluk I, Moshe S. Occupational Silica Exposure and Dose-Response for Related Disorders – Silicosis, Pulmonary TB, AIDs and Renal Diseases: Results of a 15-Year Israeli Surveillance. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2022; 19(22):15010. <https://doi.org/10.3390/ijerph192215010>
18. Young C, Barker S, Ehrlich R, Kistnasamy B, Yassi A. Computer-aided detection for tuberculosis and silicosis in chest radiographs of gold miners of South Africa. *Int J Tuberc Lung Dis*. 2020;24(4):444-451. doi: 10.5588/ijtld.19.0624. PMID: 32317070
19. Sharma N, Kundu D, Dhaked S, Das A. Silicosis and silicotuberculosis in India. *Bull World Health Organ*. 2016;94(10):777-778. doi: 10.2471/BLT.15.163550. Epub 2016 Aug 31. PMID: 27843169; PMCID: PMC5043201.
20. Khemakhem R, Moussa N, Kotti A, Feki W, Mnif Z, Feki W, Kammoun S. Accelerated silicosis and silico-tuberculosis: A difficult diagnosis. *Clin Case Rep*. 2022;10(2): e05482. doi: 10.1002/ccr3.5482. PMID: 35223024; PMCID: PMC8855493.
21. Rajavel S, Raghav P, Gupta MK, Muralidhar V. Silico-tuberculosis, silicosis and other respiratory morbidities among sandstone mine workers in Rajasthan- a cross-sectional study. *PLoS One*. 2020;15(4): e0230574. doi: 10.1371/journal.pone.0230574. PMID: 32298271; PMCID: PMC7162522.
22. Garg M, Bhatia H, Chandra T, et al. Imaging Spectrum in Chronic Pulmonary Aspergillosis. *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*. 2023;108(1):15-21. doi:10.4269/ajtmh.22-0366
23. Kim J, Dabiri B, Hammer MM. Micronodular lung disease on high-resolution CT: patterns and differential diagnosis. *Clin Radiol*. 2021 ;76(6):399-406. doi: 10.1016/j.crad.2020.12.025. Epub 2021 Feb 7. PMID: 33563413.

24. Guerrini S, Del Roscio D, Zanoni M, Cameli P, Bargagli E, Volterrani L, et al. Lung Cancer Imaging: Screening Result and Nodule Management. *Int J Environ Res Public Health*. 2022;19(4):2460. doi: 10.3390/ijerph19042460. PMID: 35206646; PMCID: PMC8874950.
25. Du X, Song L, Feng R and Ye Q. Pulmonary sarcoid-like granulomatosis induced by aluminum dust: A case report and literature review. *Front. Med.* 2023; 10:1085716. doi: 10.3389/fmed.2023.1085716
26. Oliver LC, Sampara P, Pearson D, Martell J, Zarnke AM. Sarcoidosis in Northern Ontario hard-rock miners: A case series. *Am J Ind Med*. 2022;65(4):268-280. doi: 10.1002/ajim.23333. Epub 2022 Feb 14. PMID: 35156713; PMCID: PMC10138725.
27. Patel A, Hasany A, Tarlo SM. Occupational hypersensitivity pneumonitis after polyurethane adhesive exposure. *CMAJ*. 2022 ;194(29): E1027-E1030. doi: 10.1503/cmaj.220052. PMID: 35918092; PMCID: PMC9481262.
28. Kongsupon N, Walters GI, Sadhra SS. Occupational causes of hypersensitivity pneumonitis: a systematic review and compendium. *Occup Med (Lond)*. 2021;71(6-7):255-259. doi: 10.1093/occmed/kqab082. PMID: 34370035; PMCID: PMC8486273.
29. Assemi S, Pan L, Wang X, Akinseye T, Miller JD. Size Distribution, Elemental Composition and Morphology of Nanoparticles Separated from Respirable Coal Mine Dust. *Minerals*. 2023; 13(1):97. <https://doi.org/10.3390/min13010097>
30. Vanka KS, Shukla S, Gomez HM, et al. Understanding the pathogenesis of occupational coal and silica dust-associated lung disease. *European Respiratory Review*. 2022; 31:210250. <https://doi.org/10.1183/16000617.0250-2021>
31. Na Wang, Qinglin Yinband Xidong Du. Experimental Investigation into the Performances of Water Adsorption in Kaolinite Clay: Implications for Occupational Pneumoconiosis Prevention and Treatment. *Journal of Taibah University for Science*. 2022; 16(1): 535–49. <https://doi.org/10.1080/16583655.2022.2079329>
32. Guo ZY, Ye Q. [Research progress of occupational and environmental exposure and idiopathic pulmonary fibrosis]. *Zhonghua Lao Dong Wei Sheng Zhi Ye Bing Za Zhi*. 2022 ;40(10):790-794. Chinese. doi: 10.3760/cma.j.cn121094-20210309-00132. PMID: 36348566.
33. Hayashi F, Kido T, Sakamoto N, Zaizen Y, Ozasa M, Yokoyama M, et al. Pneumoconiosis with a Sarcoid-Like Reaction Other than Beryllium Exposure: A Case Report and Literature Review. *Medicina (Kaunas)*. 2020;56(11):630. DOI: 10.3390/medicina56110630. PMID: 33266389; PMCID: PMC7700418.

34. Hayashi F, Kido T, Sakamoto N, Zaizen Y, Ozasa M, Yokoyama M, et al. Pneumoconiosis with a Sarcoid-Like Reaction Other than Beryllium Exposure: A Case Report and Literature Review. *Medicina (Kaunas)*. 2020;56(11):630. doi: 10.3390/medicina56110630. PMID: 33266389; PMCID: PMC7700418.
35. Akar E, Yildiz T, Atahan S. Pulmonary siderosis cases diagnosed with minimally invasive surgical technique: A retrospective analysis of 7 cases. *Ann Thorac Med*. 2018; 13(3):163-7. DOI: 10.4103/atm.ATM\_152\_17
36. Zhou Y, Wang Y, Liu W, Wang H, He D, Jin J, et al. Case report: Application of morphology in the diagnosis of siderosis in a patient with tuberculosis infection. *Front Oncol*. 2023; 13:1001802. doi: 10.3389/fonc.2023.1001802. PMID: 36816928; PMCID: PMC9932527.
37. Misra S, Sussell AL, Wilson SE, Poplin GS. Occupational exposure to respirable crystalline silica among US metal and nonmetal miners, 2000–2019. *Am J Ind Med*. 2023; 66:199?212. doi:10.1002/ajim.23451212 | MISRA ET AL.
38. Assad N, Sood A, Campen MJ, Zychowski KE. Metal-Induced Pulmonary Fibrosis. *Curr Environ Health Rep*. 2018;5(4):486-498. DOI: 10.1007/s40572-018-0219-7. PMID: 30298344; PMCID: PMC6310083.
39. Park Y, Ahn C, Kim TH. Occupational and environmental risk factors of idiopathic pulmonary fibrosis: a systematic review and meta-analyses. *Sci Rep*. 2021;11(1): 4318. doi: 10.1038/s41598-021-81591-z. PMID: 33654111; PMCID: PMC7925580.
40. Wultsch G, Setayesh T, Kundi M, Kment M, Nersesyan A, Fenech M, Knasmüller S. Induction of DNA damage as a consequence of occupational exposure to crystalline silica: A review and meta-analysis. *Mutat Res Rev Mutat Res*. 2021; 787:108349. doi: 10.1016/j.mrrev.2020.108349. Epub 2020 Nov 21. PMID: 34083037.
41. Karata? M, Gündüzöz M, Büyük?ekerci M, Özak?nc? OG, Nadir Özi? T. Radiological progression and lung function decrements among silica-exposed ceramic workers: a longitudinal study. *Inhal Toxicol*. 2019;31(3):119-124. doi: 10.1080/08958378.2019.1613459. Epub 2019 May 10. PMID: 31074300.
42. Ophir N, Bar Shai A, Korenstein R, Kramer MR, Fireman E. Functional, inflammatory and interstitial impairment due to artificial stone dust ultrafine particles exposure. *Occup Environ Med*. 2019;76(12):875-879. doi: 10.1136/oemed-2019-105711. Epub 2019 Sep 27. PMID: 31562234; PMCID: PMC6902064.
43. Fedan JS. Biological effects of inhaled hydraulic fracturing sand dust. I. Scope of the investigation. *Toxicol Appl Pharmacol*. 2020; 409:115329. doi: 10.1016/j.taap.2020.115329. Epub 2020 Nov 9. PMID: 33181145; PMCID: PMC7745082.

44. Di Cristo L, Boccuni F, Iavicoli S, Sabella S. A Human-Relevant 3D In Vitro Platform for an Effective and Rapid Simulation of Workplace Exposure to Nanoparticles: Silica Nanoparticles as Case Study. *Nanomaterials (Basel)*. 2020;10(9):1761. doi: 10.3390/nano10091761. PMID: 32899988; PMCID: PMC7557931.
45. Marques Da Silva V, Benjdir M, Montagne P, Pairon J-C, Lanone S, Andujar P. Pulmonary Toxicity of Silica Linked to Its Micro- or Nanometric Particle Size and Crystal Structure: A Review. *Nanomaterials*. 2022; 12(14):2392. <https://doi.org/10.3390/nano12142392>
46. Hoy RF, Chambers DC. Silica-related diseases in the modern world. *Allergy* 2020; 75: 2805–2817. doi:10.1111/all.14202
47. Austin EK, James C, Tessier J. Early Detection Methods for Silicosis in Australia and Internationally: A Review of the Literature. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2021; 18(15):8123. <https://doi.org/10.3390/ijerph18158123>
48. Lee GM, Pope K, Meek L, Chung JH, Hobbs SB, Walker CM. Sarcoidosis: A Diagnosis of Exclusion. *AJR Am J Roentgenol*. 2020;214(1):50-58. doi: 10.2214/AJR.19.21436. Epub 2019 Oct 31. PMID: 31670585.
49. Nogami S, J-P NA, Nogami M, Matsui T, Ngatu NR, Tamura T, Kusaka Y, Itoh H, Suganuma N. Radiographic diagnosis of Pneumoconioses by AIR Pneumo-trained physicians: Comparison with low-dose thin-slice computed tomography. *J Occup Health*. 2020;62(1): e12141. doi: 10.1002/1348-9585.12141. PMID: 33176059; PMCID: PMC7384989.
50. Strizhakov LA, Garipova RV, Babanov SA, Guliaev SV, Berkheeva ZM, Lavrentyeva NE. Rapidly progressive silicosis: clinical observations. *Russian Journal of Occupational Health and Industrial Ecology*. 2023;63(3):206-211. (In Russ.) <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2023-63-3-206-211>
51. Kamenova A, Sathyamoorthy T, Bain G, Viola P, Margaritopoulos GA. Bilateral mediastinal lymphadenopathy with cough and shortness of breath. *Breathe (Sheff)*. 2022;18(4):220218. doi: 10.1183/20734735.0218-2022. Epub 2023 Feb 14. PMID: 36865940; PMCID: PMC9973520.
52. Delgado-García D, Miranda-Astorga P, Delgado-Cano A, Gómez-Salgado J, Ruiz-Frutos C. Workers with Suspected Diagnosis of Silicosis: A Case Study of Sarcoidosis Versus Siderosis. *Healthcare*. 2023; 11(12):1782. <https://doi.org/10.3390/healthcare11121782>

