

**Características y signos imagenológicos de la silicosis en la Minería Aurífera de Socavón, en el Municipio de Marmato (Caldas) Durante el Último Quinquenio**

Edwin Andres Machado Pino

Juan Alejandro Otalvaro Bermudez

Karol Liceth Valencia Marin

Asesor

John Alexander Calderón Restrepo

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD

Escuela Ciencias de la Salud ECISA

Tecnología en Radiología e Imágenes Diagnósticas

2023

## **Agradecimientos**

De manera inmensa agradezco a Dios por primeramente tener la fortaleza espiritual que me ha dado y la guía en el camino para llegar al éxito, agradezco profundamente a cada persona que ha hecho parte de este proceso y ha participado en la elaboración de este tan importante proyecto, pues ha sido un trabajo de equipo.

A mi tutor por su paciencia y dedicación, pues en cada paso siempre nos ha brindado palabras y correcciones que nos sirvieron para mejorar, sin sus consejos no podríamos encontrarnos en esta instancia tan anhelada, lo llevaré siempre en mi memoria y recorrido profesional.

A mis compañeros porque siempre han estado ahí luchando a mi lado para culminar el proyecto, compartiendo sus opiniones y trabajando unidos para lograrlo, a cada uno los admiro por esta dedicación, han sido meses en los que no solo nos fortalecimos individualmente sino también en conjunto como una buena amistad.

Como último, pero con igual de importancia, siempre agradecerle a mi madre y a mi hermano que han estado brindándome su apoyo y oraciones hacia cada logro obtenido y cada meta propuesta, pues han sido ese motor que me impulsa y no me deja decaer, gracias por la comprensión en cada paso y el amor brindado.

*Karol Valencia*

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a Dios, por ser mi guía, fortaleza y bastón durante todo este proceso académico. Su presencia en mi vida me ha dado la fuerza, la sabiduría y el equilibrio necesario para enfrentar los desafíos que me permitirán alcanzar esta meta tan importante.

Agradezco de corazón a mi madre, por ser mi mayor y más grande apoyo, por ser la persona que más admiro en el mundo y que a mi parecer es la más sabia, su motivación incondicional, su amor, dedicación y aliento, empuje constante ha sido fundamental en cada paso que he dado hacia la culminación de cualquier proyecto en mi vida.

A mi abuela por ser la matriarca de una familia extraordinaria. Familia que con su comprensión, paciencia, amor y apoyo inquebrantable han logrado día a día que su filosofía de vida y sus enseñanzas se reflejan en cada uno de los integrantes. Su confianza en mí ha sido un motor para seguir adelante y perseguir mis sueños sin miedo a sentirme solo nunca.

A mis compañeros Edwin y Karol, quienes han estado presentes en los momentos de estudio y de distracción, brindándome su amistad, compañerismo y alegría, lo cual me ha permitido mantener el equilibrio y la motivación en este proceso que sin duda alguna es gracias a ellos una de las mejores experiencias de mi vida académica.

Cada uno de ustedes ha sido parte fundamental de mi camino hacia la culminación de este tan inigualable proceso. Sus palabras de aliento, consejos y presencia en mi vida han dejado una huella imborrable en mi ser y por supuesto en mi corazón. Gracias a todos por ser mis pilares y por compartir este logro conmigo.

Sin su apoyo y amor incondicional, este trabajo no habría sido posible. Hoy celebro este logro con la certeza de que sus contribuciones han sido determinantes para mi éxito.

Que Dios los bendiga a todos por ser parte de este importante capítulo en mi vida académica. Con gratitud y cariño

*Juan Alejandro*

A Dios por haberme brindado la oportunidad de recibir una educación y la posibilidad de alcanzar mis metas académicas. Su generosidad me ha permitido adquirir conocimientos y habilidades que serán fundamentales en mi crecimiento personal y profesional.

Quisiera expresar mi más sincero agradecimiento a los profesores de la universidad que han sido parte fundamental en mi proceso de formación y desarrollo académico. Su dedicación, paciencia y sabiduría han dejado una huella indeleble en mi camino.

En primer lugar, deseo agradecer al profesor John Alexander Calderón, su guía constante, apoyo incondicional, sus valiosas sugerencias y comentarios constructivos han sido fundamentales para mejorar la calidad de mi trabajo y expansión de mi visión académica, gracias profe por esas largas noches de tertulia académica y por esos valiosos consejos de vida.

A mi madre y mi compañera de vida, quienes han sido mi fuente constante de inspiración y motivación, les agradezco infinitamente por apoyarme desde todos los puntos de vista el valor inculcado de la educación y el esfuerzo es invaluable. Su apoyo incondicional ha sido fundamental en cada paso que he dado.

Deseo agradecer a Karol y a Juan que, desde el inicio de este proyecto, con una gran pasión por la investigación y su habilidad para analizar datos, han sido un pilar fundamental en nuestro equipo. Su enfoque meticuloso y habilidades complementaron perfectamente el grupo, permitiéndonos abordar cada desafío con confianza.

Cada uno de ustedes ha aportado un grano de arena a mi vida, enriqueciendo a cada paso dado este proyecto, Esta experiencia me ha enseñado la importancia de la colaboración y la comprensión de los diferentes pensamientos

Gracias por ser parte de este proyecto y por hacer de esta experiencia una etapa inolvidable en mi vida académica.

*Edwin Andrés Machado.*

Por último y no menos importante, queremos como grupo agradecer a todas aquellas personas e instituciones que nos abrieron sus puertas sin esperar nada a cambio, solo podemos ofrecerles nuestro más sincero sentimiento, estamos conscientes que no es posible citar a todas las maravillosas personas del municipio de Marmato aun así dejamos algunas personas carismáticas en este trabajo de grados.

Agradecemos de corazón a Claudia, quien fue un referente importante para nuestro trabajo, sus notas, su conocimiento de la población y su enorme amabilidad, es y será fundamental para la creación de este proyecto, mil y mil gracias a esa persona dedicada y sin duda alguna apasionada por cuidar y proteger a los habitantes, amigos y familiares de su amada Marmato.

Expresamos de manera muy cordial agradecimientos a las personas que trabajan en las minas San Antonio, La Esperanza y demás personas que aportaron un grano de arena para la construcción de este proyecto. Sus valiosos conocimientos técnicos sobre seguridad, salud e invaluable experiencia dentro y fuera de las minas permitieron enriquecer aún más las páginas de este trabajo.

Agradecemos especialmente a las personas que dedican su vida al trabajo de la minería de socavón, como lo son los integrantes de la empresa minera la Billonza por su excelente disposición, ya que aportaron valiosos conocimientos ancestrales y datos demográficos a nuestro trabajo de grados mil gracias por su aporte mineros de Marmato.

## Ficha RAE

### Resumen analítico especializado (RAE)

<b>Título</b>	Características y signos imagenología de la silicosis, en la minería aurífera de socavón, en el municipio de Marmato (caldas) durante el último quinquenio.
<b>Modalidad de trabajo de grado</b>	Proyecto aplicado.
<b>Línea de investigación</b>	Epidemiología, salud pública y familiar.
<b>Núcleo problemático</b>	<p>En la minería es muy latente el riesgo físico y de salubridad debido a las condiciones en las que trabajan, pero en la pequeña minería el riesgo es aún mayor, ya que no siguen todos los parámetros establecidos por la ley y se labora bajo muy malas condiciones y con muy pocos requisitos de seguridad.</p> <p>“En Colombia, la silicosis es una enfermedad común entre los trabajadores mineros, especialmente aquellos que trabajan en la extracción de carbón, oro y otros minerales. La exposición prolongada al polvo de sílice puede generar daños en los pulmones y en el sistema respiratorio, la silicosis puede ser una enfermedad debilitante e incluso mortal”.</p>

Naranjo Celis, F. L., y Sierra Gómez, L. (2008). Métodos de control para evitar la silicosis por exposición a sílice cristalina en trabajadores de la industria manufacturera. [Trabajo de grado especialización]. Pontificia Universidad Javeriana.  
<http://hdl.handle.net/10554/54950>

La mayoría de los mineros auríferos de socavón, están expuestos a niveles peligrosos de polvo de sílice, el límite de exposición permisible recomendado por NIOSH para la sílice cristalino respirable es de 0.05 mg/m<sup>3</sup> (50 µg/m<sup>3</sup>), en la minería subterránea se manejan máquinas como el taladro neumático, el cual genera pulverización de la roca, esto generando polvo que contiene partículas nocivas para salud del trabajador ocupacionalmente expuesto.

---

<b>Autores</b>	Edwin Andrés Machado Pino  Juan Alejandro Otalvaro Bermúdez  Karol Liceth Valencia Marín
<b>Institución</b>	Universidad Nacional Abierta y a Distancia.
<b>Fecha</b>	26 de julio de 2023.
<b>Palabras claves</b>	Silicosis, sílice, neumoconiosis, diagnóstico, normatividad, minería, socavón.



---

**Descripción**

A pesar de los beneficios económicos que ha traído la minería, también se han reportado impactos negativos en el medio ambiente, la salud y la seguridad de las comunidades locales, así como en los derechos humanos. La explotación minera a gran escala ha causado la deforestación, la contaminación de los ríos y la degradación del suelo, lo que ha afectado la biodiversidad y ha puesto en peligro la salud y el ambiente donde habitan estas comunidades locales.

Muchas enfermedades se han derivado de la actividad minera, los accidentes laborales, la pérdida de capacidad laboral e incluso la pérdida de vida, hace que sea una de las actividades económicas más riesgosas y que debería ser la más vigilada por los entes de control del ministerio de trabajo.

La silicosis es una enfermedad respiratoria producida por la inhalación de polvo de sílice, que se encuentra en muchos minerales y rocas, incluyendo el carbón, la arcilla, la arena y la piedra.

En Colombia, la silicosis es una enfermedad común entre los trabajadores mineros, especialmente aquellos que trabajan en la extracción de carbón, oro y otros minerales. La exposición prolongada al polvo de sílice puede generar daños en los pulmones y en el sistema respiratorio, la silicosis puede ser una enfermedad debilitante e incluso mortal. Los síntomas de la silicosis incluyen dificultad para respirar, tos persistente, fatiga y debilidad. La falta de medidas de seguridad

---

---

adecuadas, la falta de protección respiratoria y la exposición prolongada al polvo de sílice son ciertos elementos que favorecen a la propagación de la enfermedad.

---

**Fuentes**

Biblioteca Nacional de Chile (s.f). Minería colonial (1541-1810).

Memoria chilena. <https://www.memoriachilena.gob.cl/602/w3-article-752.html>

Naranjo Celis, F. L., y Sierra Gómez, L. (2008). Métodos de control para evitar la silicosis por exposición a sílice cristalina en trabajadores de la industria manufacturera. [Trabajo de grado especialización]. Pontificia Universidad Javeriana.  
<http://hdl.handle.net/10554/54950>

DANE. (2018). Censo Nacional de Población y Vivienda - CNPV 2018.  
<https://www.dane.gov.co/files/censo2018/informacion-tecnica/CNPV-2018-VIHOPE-v2.xls>

Ministerio de la Protección Social y Pontificia Universidad Javeriana.  
(2007). Guía de Atención Integral Basada en la Evidencia para Neumoconiosis (silicosis, neumoconiosis del minero de carbón y asbestosis). Minsalud.  
<https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RI/DE/DE/guia-atencion-integral-neumoconiosis.pdf>

González Ramírez, E., Canney Villa, P., y Pantoja Agreda, Y. E.  
(2007). Empresa saludable: prevención de la silicosis

ocupacional. ARL Sura.

[https://www.arlsura.com/pag\\_serlinea/distribuidores/doc/documentacion/doc\\_sve\\_prevention\\_silicosis.pdf](https://www.arlsura.com/pag_serlinea/distribuidores/doc/documentacion/doc_sve_prevention_silicosis.pdf)

Poveda Ramos, G. (2016). La minería colonial y republicana. Revista Credencial.

<https://www.revistacredencial.com/historia/temas/la-mineria-colonial-y-republicana>

Molina Londoño, L. F. (2017). Las finanzas públicas. Banco de la República Colombia. <https://www.banrepcultural.org/biblioteca-virtual/credencial-historia/numero-150/las-finanzas-publicas>

Cárdenas, M. y Reina, M. (2008). La minería en Colombia: impacto socioeconómico y fiscal.

[https://www.repository.fedesarrollo.org.co/bitstream/handle/11445/893/CDF\\_No\\_25\\_Abril\\_2008\\_Esp.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://www.repository.fedesarrollo.org.co/bitstream/handle/11445/893/CDF_No_25_Abril_2008_Esp.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Organización Internacional del Trabajo. (1998). Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo. Ministerio de Trabajo y Economía Social España. <https://www.insst.es/tomo-i>

Arenas Vásquez, J. A., Betancourth Jiménez, H. D., y López Ávila, J. C. (2016). EPOC del minero, una propuesta de inclusión en las guías de atención integral en salud ocupacional basadas en la evidencia (gatiso). [Trabajo de grado especialización].

Universidad CES.

<https://repository.ces.edu.co/handle/10946/1615>

Strickland, B., y Urquhart, W. (2014). Digital arteriography, with reference to nail dystrophy. The British Institute of Radiology.

<https://doi.org/10.1259/0007-1285-36-427-465>

Mettler, F., y Guiberteau, M. (2006). Essentials of nuclear medicine imaging. Elsevier.

Parejo, M. (2020). Técnicas seldinger clásica y modificada: ¿qué diferencias existen?. Campus Vygon.

<https://campusvygon.com/tecnicas-seldinger-clasica-y-modificada-que-diferencias-existen/>

Radimagen. (2022). Historia de la tomografía axial computarizada.

Radimagen especialistas radiólogos.

<https://radimagen.com/historia-de-la-tomografia-axial-computarizada/>

Casas Anguita, J., Repullo Labrador, R., y Donado Campos, J. (2003).

La encuesta como técnica de investigación. Elaboración de cuestionarios y tratamiento estadístico de los datos (I). Atención Primaria, Volume 31(8), pp: 527-538,

[https://doi.org/10.1016/S0212-6567\(03\)70728-8](https://doi.org/10.1016/S0212-6567(03)70728-8).

Rodríguez Sanz, M., Borrell, C. (2006). Manual de l'Esta de salut de

Barcelona. Consorci Sanitaria de Barcelona.

<https://www.aspb.cat/wp-content/uploads/2016/05/Manual-Enquesta-de-Salut-2006.pdf>

Seidman, I. (2006). *Interviewing as Qualitative Research. A guide for researchers in education and the social sciences*. Teachers College, Columbia University.

<https://www.researchgate.net/file.PostFileLoader.html?id=563ce2da6225ff3cae8b4590&assetKey=AS%3A292843798188032%401446830810198>

Fontana, A., y Frey, J. H. (2005). *The Interview: From Neutral Stance to Political Involvement*. In N. K. Denzin & Y. S. Lincoln (Eds.), *The Sage handbook of qualitative research*, pp. 695–727.

<https://psycnet.apa.org/record/2005-07735-027>

Ministerio de Salud. Colombia. Resolución 8430 de 1993, por la cual se establecen las normas científicas, técnicas y administrativas para la investigación en salud.

<https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RI/DE/DE/DIJ/RESOLUCION-8430-DE-1993.PDF>

Varona-Uribe, M. (2016). *Evaluación de la exposición laboral a sílice en empresas de diferentes sectores económicos en Colombia*. Universidad del Rosario.

<https://repository.urosario.edu.co/handle/10336/12239>

Martínez Álvarez, F. I. (2015). Silicosis: casos, estudio epidemiológico radiológico y presentación de una guía de actuación. Prevención Integral. <https://www.prevencionintegral.com/canal-orp/papers/orp-2015/silicosis-casos-estudio-epidemiologico-radiologico-presentacion-guia-actuacion>

Lara, A. (2020). Silicosis. Manual MSD. <https://www.msmanuals.com/es-co/professional/trastornos-pulmonares/enfermedades-pulmonares-medioambientales/silicosis>

---

## Contenidos

Introducción  
Planteamiento del problema  
Justificación  
Objetivo general  
Objetivos específicos  
Marco teórico y conceptual  
    Definiciones técnicas  
    Aspecto técnico patológico  
    EPOC del minero  
Marco legal  
Instrumento Tipo Encuesta  
Tipos de Encuesta de Salud  
La entrevista  
Proyección de la entrevista  
    Tipos de pregunta  
Guion Neumólogo  
Metodología

---

---

Enfoque de investigación
Alcance y diseño de investigación
Población y muestra
Análisis de resultados
Consideraciones éticas
Análisis
Discusión
Conclusiones y recomendaciones
Referencias bibliográficas
Bibliografía recomendada
Apéndices
Apéndice 1: Carta de aceptación proyecto de grado
Apéndice 2: Entrevista a Neumólogo
Apéndice 3. Instrumento Tipo Encuesta a personal minero
Apéndice 4: Instrumento tipo encuesta Tecnólogos en imágenes diagnósticas y radiología
Apéndice 5: Folleto informativo tipo Brochure

---

**Metodología  
de la  
investigación**

*Enfoque de investigación:*

Análisis investigativo, cualitativo o mixto en el que se realizará la búsqueda de datos de la silicosis en Colombia.

*Alcance y diseño de investigación:*

Descriptivo

*Población:*

Grupo de personas mediante análisis de información existente en bases de datos y observación de grupos focales afectados.

*Técnicas de investigación:*

*Instrumento tipo encuesta:* datos existentes en la población y datos tomados a un número de personas de la población en cuestión (... personas)

*Entrevista:* datos sobre la salud por personal médico especialista en neumología clínica y radiología.

*Observación:* base de datos demográficos y sanitarios existentes.

*Grupo focal:* trabajadores de minería de socavón en Marmato Caldas

*Análisis de resultados*

*Estudio transversal:* compilación de datos adquiridos en los diferentes métodos de investigación, mediante una cartilla informativa en la que se guie ocupacionalmente al trabajador de minería en socavón

*Entregable:* Cartilla informativa tipo brochure con información acerca de signos y síntomas, cuidados y recomendaciones para la prevención y cuidado del polvo de sílice

---

**Conclusiones**

La alta probabilidad de que los trabajadores mineros desarrollen silicosis debido a la constante exposición al polvo de sílice. Se destaca que más del 65% de los encuestados carece de acceso a servicios de salud, lo que aumenta el riesgo de complicaciones de la silicosis y otras

---



---

afecciones relacionadas con el trabajo. Se enfatiza la necesidad de intervenciones tanto en el lugar de trabajo como en el sistema de salud, incluyendo la reducción de la exposición a la sílice y la provisión de equipos de protección. Además, se sugiere la implementación de programas educativos para concienciar a los trabajadores sobre los riesgos de la silicosis y la importancia de la atención médica preventiva.

Se subraya la importancia de la colaboración entre el sector minero, las autoridades de salud y las organizaciones laborales para abordar eficazmente este problema. También se menciona que la falta de oportunidades laborales alternativas y la necesidad de mantener a las familias son factores que motivan a las personas a trabajar en la minería debido a los salarios que ofrece, que ayudan a cubrir las necesidades básicas como alimentación, vivienda y educación.

---

## Referencias

Barrera, M. (2008). Enfermería, F., Medicina, Y., De Salud, E.,

Tercer, O., Santa, S., & De Bogotá, F.

[https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/1055](https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/54976/BarreraOsorio%2CJoseSolMauro.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

[4/54976/BarreraOsorio%2CJoseSolMauro.pdf?sequence](https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/54976/BarreraOsorio%2CJoseSolMauro.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

[=1&isAllowed=y](https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/54976/BarreraOsorio%2CJoseSolMauro.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Blanco Pérez, J. J., Arnalich Montiel, V., Salgado-Barreira, Á.,

Alvarez Moure, M. A., Caldera Díaz, A. C., Melero

Gonzalez, R., Pallarés Sanmartín, A., Fernandez Villar,

A., & González Barcala, F. J. (2021). Prevalencia e impacto clínico de las enfermedades reumatológicas autoinmunitarias sistémicas en pacientes con silicosis. *Archivos de Bronconeumología*, 57(9), 571–576.  
<https://doi.org/10.1016/j.arbres.2020.04.012>

Blanco Pérez, J., Rincón, C., & Cerdeira Rodríguez, L. (2012). > REVISIÓN Inhalación de sílice y sus efectos en la salud. *Pneuma*, 8(1). [https://www.sogapar.info/wp-content/uploads/2012/10/revision\\_v8n1.pdf](https://www.sogapar.info/wp-content/uploads/2012/10/revision_v8n1.pdf)

Canals, M. (2008). Historia de la resonancia magnética de Fourier a Lauterbur y Mansfield: En Ciencias,

CT in Silicosis: Correlation with Plain Films and Pulmonary Function Tests. (1986, marzo). *American journal of Roentgenology*. Recuperado 21 de enero de 2023, de <https://www.ajronline.org/>

Cubillos Munki, B., García Herrera, A., Contreras Tudela, G., Villafranca Aravena, C., López Soto, C., Azócar Guerrero, P., Sánchez Espinoza, G., Zorzano Sepúlveda, F. (2016). Patrón de lectura radiológica digital para la clasificación de imágenes compatibles con silicosis.

Ciencia & Trabajo, 18(55), 37–41.

<https://doi.org/10.4067/s0718-24492016000100007>

Documentales Externado. (2017, 30 mayo). MARMATO

[Archivo de vídeo]. YouTube.

[https://www.youtube.com/watch?v=0giOwyOD\\_4E](https://www.youtube.com/watch?v=0giOwyOD_4E)

Enney G, Patricia C, Yoldy E, (2007), Empresa saludable,

prevención de la silicosis ocupacional, ARL sura,

[https://www.arlsura.com/pag\\_serlinea/distribuidores/doc](https://www.arlsura.com/pag_serlinea/distribuidores/doc)

[/documentacion/doc\\_sve\\_preencion\\_silicosis.pdf](https://www.arlsura.com/pag_serlinea/distribuidores/doc/documentacion/doc_sve_preencion_silicosis.pdf)

Fernández Álvarez, R., Martínez González, C., Quero Martínez,

A., Blanco Pérez, J. J., Carazo Fernández, L., & Prieto

Fernández, A. (2015). Normativa para el diagnóstico y

seguimiento de la silicosis. Archivos de Bronco

neumología, 51(2), 86-93.

<https://doi.org/10.1016/j.arbres.2014.07.010>

---

**Anexos**

Carta de aprobación de proyecto de grado, instrumento tipo encuesta, entrevista y flyer informativo.

---

## Tabla de contenido

Introducción.....	32
Planteamiento del problema .....	34
Justificación .....	39
Objetivos.....	42
<i>Objetivo General</i> .....	42
<i>Objetivos específicos</i> .....	42
Marco teórico y conceptual .....	43
Definiciones técnicas .....	58
Aspecto técnico patológico .....	63
EPOC del minero .....	66
Marco legal .....	81
Instrumento Tipo Encuesta.....	86
Tipos de Encuesta de Salud .....	88
La entrevista .....	92
Proyección de la entrevista.....	94
Tipos de pregunta.....	96
Guion Neumólogo .....	97
Metodología.....	100
Enfoque de investigación .....	100
Alcance y diseño de investigación.....	100
Población y muestra.....	100

Análisis de resultados .....	101
Consideraciones éticas.....	102
Análisis .....	104
Discusión .....	127
Conclusiones y recomendaciones .....	132
Referencias bibliográficas .....	137
Bibliografía recomendada.....	141
Apéndices .....	143
Apéndice A Carta de aceptación proyecto de grado .....	143
Apéndice B Entrevista a Neumólogo.....	144
Apéndice C Instrumento Tipo Encuesta a personal minero.....	150
Apéndice D Instrumento tipo encuesta Tecnólogos en imágenes diagnósticas y radiología .....	157
Apéndice E Folleto informativo tipo Brochure .....	161

**Lista de tablas**

<b>Tabla 1</b>	<i>Clasificación de la gravedad de la limitación del flujo aéreo en la EPOC .....</i>	67
<b>Tabla 2</b>	<i>Resumen de los datos epidemiológicos para las diferentes exposiciones .....</i>	68
<b>Tabla 3</b>	<i>Lineamiento normativo de la minería en Colombia.....</i>	83

## Lista de Figuras

<b>Figura 1</b> <i>Minería colonial 1541-1810</i> .....	44
<b>Figura 2</b> <i>Llegada de los españoles a América</i> .....	45
<b>Figura 3</b> <i>Minería metálica en Colombia</i> .....	47
<b>Figura 4</b> <i>Historia de la minería, origen y evolución</i> .....	48
<b>Figura 5</b> <i>Zonas minera de Marmato, Caldas</i> .....	49
<b>Figura 6</b> <i>El auge, explotación de oro en Antioquia, octubre 1940</i> .....	51
<b>Figura 7</b> <i>La fiebre del oro en California: aventuras y codicia en la historia que cambió para siempre el sueño americano</i> .....	52
<b>Figura 8</b> <i>John Bull</i> .....	54
<b>Figura 9</b> <i>Gran Colombia Gold Colombia historia de la minería en Colombia</i> .....	56
<b>Figura 10</b> <i>Prevención integral/2017/guía para el control del riesgo por exposición a sílice cristalina respirable</i> .....	58
<b>Figura 11</b> <i>Imagen rx de tórax</i> .....	60
<b>Figura 12</b> <i>TC de Torax</i> .....	62
<b>Figura 13</b> <i>RX de tórax patrón</i> .....	65
<b>Figura 14</b> <i>Israel Chávez, el diario de atacama chile/2023/foto epoc del minero</i> .....	66
<b>Figura 15</b> <i>Historia de la radiología. Academia Nacional De Medicina De Colombia</i> .....	71
<b>Figura 16</b> <i>Escáner cerebral EMI CT</i> .....	76
<b>Figura 17</b> <i>Tomografía de cuarta generación</i> .....	78
<b>Figura 18</b> <i>Mapa de Marmato</i> .....	104
<b>Figura 19</b> <i>Mapa de Colombia</i> .....	105
<b>Figura 20</b> <i>¿Cuánto tiempo ha trabajado en la industria minera?</i> .....	106
<b>Figura 21</b> <i>¿Qué cargo tiene usted en la mina?</i> .....	107

<b>Figura 22</b> <i>Fotos mineros Marmato</i> .....	108
<b>Figura 23</b> <i>¿Qué medida de seguridad se implementan en su lugar de trabajo?</i> .....	109
<b>Figura 24</b> <i>Ingeniero con elementos de protección personal</i> .....	111
<b>Figura 25</b> <i>¿Usted sabe que es la silicosis o ha escuchado algo sobre esta enfermedad?</i> .....	112
<b>Figura 26</b> <i>¿Ha experimentado en el último año algún síntoma cómo?</i> .....	113
<b>Figura 27</b> <i>¿Utiliza los servicios de salud cuando presenta algún síntoma relacionado?</i> .....	114
<b>Figura 28</b> <i>¿Sabe cuáles son las consecuencias de la minería en las fuentes hídricas?</i> .....	115
<b>Figura 29</b> <i>¿Considera usted que la minería ha traído prosperidad al municipio o, por lo contrario, su percepción es desfavorable?</i> .....	117
<b>Figura 30</b> <i>Silicosis pulmonar. Muestra de tejido pulmonar con silicosis observados con luz brillante (izquierda) y la luz polarizada (derecha)</i> .....	119
<b>Figura 31</b> <i>Rx efectos de la silicosis</i> .....	120
<b>Figura 32</b> <i>Mineros perforadores</i> .....	121
<b>Figura 33</b> <i>Tc silicosis conglomerada</i> .....	122
<b>Figura 34</b> <i>¿Puedes identificar características radiológicas típicas de la silicosis en una radiografía de tórax?</i> .....	123
<b>Figura 35</b> <i>¿Qué técnicas radiológicas son más efectivas para detectar silicosis en sus primeras etapas?</i> .....	124
<b>Figura 36</b> <i>¿Cuál es el principal propósito de la tomografía computarizada (TC) en el diagnóstico de la silicosis?</i> .....	125
<b>Figura 37</b> <i>¿Qué otras pruebas de diagnóstico complementarias podrían ser útiles en casos de silicosis dudosa?</i> .....	126
<b>Figura 38</b> <i>Opacidades Redondeadas</i> .....	129
<b>Figura 39</b> <i>Opacidades irregulares</i> .....	129



<b>Figura 40</b> <i>Imagen tórax 2002 infiltrados intersticiales retículo-nodulares de predominio en lóbulos superiores</i> .....	130
<b>Figura 41</b> <i>Minero marmato</i> .....	134

**Lista de Apéndices**

<b>Apéndice A</b> <i>Carta de aceptación proyecto de grado</i> .....	143
<b>Apéndice B</b> <i>Entrevista a Neumólogo</i> .....	144
<b>Apéndice C</b> <i>Instrumento Tipo Encuesta a personal minero</i> .....	150
<b>Apéndice D</b> <i>Instrumento tipo encuesta Tecnólogos en imágenes diagnósticas y radiología</i> .....	157
<b>Apéndice E</b> <i>Folleto informativo tipo Brochure</i> .....	161

**Tema del proyecto**

Características y signos imagenología de la silicosis, en la minería aurífera de socavón, en el municipio de Marmato (Caldas) durante el último quinquenio.

## Resumen

Durante la época colonial los españoles explotaron los diferentes yacimientos de metales preciosos en México, Perú, Bolivia y otros países de la región. La minería era una actividad muy intensa que involucraba la explotación de mano de obra indígena y esclava, lo que a menudo daba como resultado condiciones laborales inhumanas (Biblioteca Nacional de Chile [s. f.]).

La minería en Latinoamérica se remonta a la época precolombina, las civilizaciones indígenas aprendieron la extracción de metales y minerales para su uso, beneficiándolos debido a que gracias a ello desarrollaron herramientas, joyas y ornamentos. Al momento de la llegada de los españoles en el siglo XVI, notaron que, estas nuevas tierras eran ricas en piedras preciosas, oro, plata y demás minerales importantes, esto conllevó a que la minería se convirtiera en una actividad económica importante para la colonización y el enriquecimiento de los colonizadores.

Al ser otra cultura, los nativos fueron despojados violentamente de sus derechos ancestrales sobre la tierra, la gran mayoría de ellos fueron esclavizados, así mismo conforme a la explotación de sus tierras, llegando a tener un trasfondo sombrío para toda una cultura, pues para ellos simplemente era extraer todo lo que se pudiera vender y que tuviera una rentabilidad, sin importar el daño colateral. Ya para principios del siglo XVII fueron llegando personas con estudios específicos en minería provenientes de países anglosajones, los cuales se instalaron en diferentes puntos geográficos, como punto de referencia especial las minas de plata en Santa Ana y las diferentes minas de oro en los municipios caldenses de Marmato y de Supía, con sus conocimientos y experiencias estos ingenieros dieron un nuevo enfoque a la minería de socavón y la aluvial.

Al impartir estos conocimientos se pudo lograr una formación a los mineros sobre mineralogía, hidráulica práctica y agrimensura, esto además impulso a tener un nuevo concepto acerca de las técnicas y procesos que eran utilizados en el viejo continente.

A pesar de los beneficios económicos que ha traído la minería, también se han reportado impactos negativos en el medio ambiente, la salud y la seguridad de las comunidades locales, así como en los derechos humanos. La explotación minera a gran escala ha causado la deforestación, la contaminación de los ríos y la degradación del suelo, lo que ha afectado la biodiversidad y ha puesto en peligro la salud y el ambiente donde habitan estas comunidades locales.

Muchas enfermedades se han derivado de la actividad minera, los accidentes laborales, la pérdida de capacidad laboral e incluso la pérdida de vida, hace que sea una de las actividades económicas más riesgosas y que debería ser la más vigilada por los departamentos del Ministerio de Trabajo y el Ministerio de Minas y Energía.

La silicosis es una enfermedad respiratoria producida por la inhalación de polvo de sílice, que se encuentra en muchos minerales y rocas, incluyendo el carbón, la arcilla, la arena y la piedra.

La exposición prolongada al polvo de sílice puede generar daños en los pulmones y en el sistema respiratorio, la silicosis puede ser una enfermedad debilitante e incluso mortal. Los síntomas de la silicosis incluyen dificultad para respirar, tos persistente, fatiga y debilidad. La falta de medidas de seguridad adecuadas, la falta de protección respiratoria y la exposición prolongada al polvo de sílice son ciertos elementos que favorecen a la propagación de la enfermedad.

**Palabras Clave:** Silicosis, sílice, neumoconiosis, diagnóstico, normatividad, minería, socavón.

### **Abstract**

During the colonial era, the Spanish exploited different deposits of precious metals in Mexico, Peru, Bolivia and other countries in the region. Mining was a very intense activity that involved the exploitation of indigenous and slave labor, which often resulted in inhumane working conditions (Biblioteca Nacional de Chile [n.d.]).

Mining in Latin America dates back to pre-Columbian times, indigenous civilizations learned the extraction of metals and minerals for their use, benefiting them because thanks to this they developed tools, jewelry and ornaments. At the time of the arrival of the Spanish in the 16th century, they noticed that these new lands were rich in precious stones, gold, silver and other important minerals, this led to mining becoming an important economic activity for colonization and the enrichment of the colonizers.

Being another culture, the natives were violently stripped of their ancestral rights over the land, the vast majority of them were enslaved, likewise according to the exploitation of their lands, coming to have a dark background for an entire culture, because for them . It was simply extracting everything that could be sold and had a profitability, regardless of the collateral damage.

Already at the beginning of the 17th century, people with specific studies in mining were arriving from Anglo-Saxon countries, who settled in different geographical points, as a special point of reference the silver mines in Santa Ana and the different gold mines in the Caldenses municipalities. From Marmato and Supía, with their knowledge and experiences, these engineers gave a new approach to underground and alluvial mining. By imparting this knowledge, it was possible to train miners on mineralogy, hydraulic practice and surveying, this also encouraged them to have a new concept about the techniques and processes that were used on the old continent.

Despite the economic benefits that mining has brought, negative impacts on the environment, the health and safety of local communities, as well as human rights have also been reported. Large-scale mining exploitation has caused deforestation, river pollution and soil degradation, which has affected biodiversity and endangered the health and environment where these local communities live.

Many diseases have been derived from mining activity, work accidents, loss of work capacity and even loss of life, making it one of the riskiest economic activities and which should be the most monitored by the departments of the Ministry of Labor and the Ministry of Mines and Energy.

Silicosis is a respiratory disease caused by inhalation of silica dust, which is found in many minerals and rocks, including coal, clay, sand and stone.

Prolonged exposure to silica dust can cause damage to the lungs and respiratory system; silicosis can be a debilitating and even fatal disease. Symptoms of silicosis include difficulty breathing, persistent cough, fatigue, and weakness. The lack of adequate safety measures, the lack of respiratory protection and prolonged exposure to silica dust are certain elements that favor the spread of the disease.

**Keywords:** Silicosis, silica, pneumoconiosis, diagnosis, regulations, mining, adit.

## Introducción

La silicosis es una enfermedad pulmonar crónica causada por la inhalación de partículas de sílice cristalina, que se encuentra en la tierra, la arena, la roca y otros materiales. Esta enfermedad es común en trabajadores de la minería, entre otras profesiones. En Colombia, la historia de la silicosis se remonta a la época colonial, cuando se inició la minería de oro en Antioquia. Durante esta época, los mineros utilizaban métodos rudimentarios para extraer el oro y se sabe que muchos de ellos sufrieron de enfermedades respiratorias debido a la exposición al polvo de sílice.

A pesar de los avances en la tecnología y la seguridad en el lugar de trabajo, la silicosis sigue siendo un problema importante en Colombia y en todo el mundo. Por lo tanto, es importante investigar y desarrollar estrategias para prevenir y tratar esta enfermedad. En este proyecto de grado, se plantea el problema de la silicosis en Colombia y se propone una alternativa de trabajo de grado para abordar este problema.

El marco conceptual y teórico de este proyecto de grado se basa en la minería como principal detonante a la patología de estudio en distintos entornos geográficos. La minería es una actividad económica importante en el país y en todo el mundo, es por esto por lo que nos proponemos con esta investigación demostrar la importancia de los hallazgos imagenológicos.

Este proyecto tiene como objetivo contribuir al conocimiento y la prevención de esta enfermedad en nuestro territorio, así como en otros países donde la minería es una actividad económica importante. Sin embargo, la minería también puede tener impactos negativos en el medio ambiente y en la salud de las personas que trabajan en esta industria.



El riesgo detonante más importante para la salud de los trabajadores mineros es la exposición directa a dicho material.

El polvo de sílice puede causar la silicosis, una enfermedad pulmonar crónica. En este proyecto, se busca determinar la prevalencia y la distribución de los signos radiológicos de esta en la población minera de Marmato, Caldas, y evaluar la utilidad de técnicas de imagen más avanzadas, como la tomografía computada, para la detección de los signos radiológicos de dicha enfermedad. El objetivo principal del proyecto busca contribuir al conocimiento y la prevención de la silicosis en Colombia.

Aunque la silicosis es incurable, se pueden tomar medidas para prevenirla, como el uso de equipos de protección personal, la ventilación adecuada en el lugar de trabajo y la reducción de la exposición al polvo de sílice, buscando estrategias para la promoción y prevención se podrá poco a poco mitigar la contaminación al polvo de sílice en la población minera.

## **Planteamiento del problema**

Durante la época colonial, los mineros utilizaban métodos rudimentarios para extraer el oro, y se sabe que muchos de ellos sufrieron de enfermedades respiratorias debido a la exposición al polvo de sílice.

Históricamente, se sabe que la minera fue un haz para los beneficios de las grandes metrópolis y parte de esto lo podemos ver en la cantidad de palacios, templos lujosos y más ostentosas que se aprecian a simple vista, mostrando solo lo bueno, más escondiendo un trasfondo de explotación, muertes y saqueos a toda una cultura.

En el departamento de Caldas se ubica el municipio conocido como Marmato, en el centro-occidente de Colombia. La economía de este municipio está fundada en la extracción de minerales, especialmente del oro y plata. La región es muy conocida por tener algunas de las minas de oro más antiguas de Colombia. Aproximadamente 470 años practicando este método de trabajo del cual vive gran parte de su población, teniendo en cuenta que en este sector cuenta con una población aproximada de 8,485 habitantes, según información del año 2018 (DANE, 2018).

Esto ha puesto a la minería en el municipio como una actividad económica importante durante siglos, pero desde siempre ha estado esta actividad económica asociada con problemas sociales, culturales y ambientales. La minería a gran escala en la región ha llevado a la reubicación forzada de comunidades locales, la venta obligada de predios históricamente de los nativos del municipio, conflictos sociales, vulnerando los derechos propios de los Marmateños.

Dentro de esta problemática se encuentra el mal estado de los pozos sépticos y el precario sistema de vertimiento de materiales residuales, debido a los procesos

contaminantes, inmersos en la explotación minera, además que los diferentes métodos que se llevan a cabo en el interior de los socavones como es la clasificación, pulverización y acumulación de desechos terminan generalmente en yacimientos de agua o afluentes cercanos, generando una gran cadena de envenenamiento pasivo de las fuentes hídricas.

En los últimos años, la minería ilegal ha aumentado en la región, lo que ha agravado los problemas ambientales y sociales asociados con la actividad minera. Esta práctica, cuando es desarrollada de manera artesanal o mal llamada ilegal, se ha asociado con la explotación laboral, la criminalidad y la violencia en la región. Con la ilegalidad han retornado técnicas rudimentarias que involucran la excavación de túneles y el uso de mercurio para extraer el oro.

Estas técnicas rudimentarias son altamente contaminantes y han causado daños irreparables al medio ambiente y a la salud de las personas que viven en dicho entorno social, y aunque no hay datos específicos disponibles sobre la prevalencia de la silicosis en el municipio, se sabe que dicha patología es una afección de salud pública en la industria minera en nuestro país. La historia de la silicosis en Colombia se remonta a la época colonial, cuando se inició la minería de oro en Antioquia.

Según la OMS, la silicosis es una enfermedad común entre los trabajadores mineros, especialmente aquellos que trabajan en la extracción de carbón, oro y otros minerales, según la guía de atención integral basada en la evidencia para neumoconiosis (Ministerio de la Protección Social y Pontificia Universidad Javeriana, 2007).

La exposición prolongada al polvo de sílice puede provocar daños en los pulmones y en el sistema respiratorio, siendo esta una enfermedad debilitante e incluso mortal. Los síntomas de la silicosis incluyen dificultad para respirar, tos persistente, fatiga y debilidad

La silicosis la podemos denominar enfermedad silenciosa y progresiva, con el tiempo la exposición prolongada hará que síntomas como la tos, cansancio a la marcha, entre otros, se vuelvan los primeros signos relevantes, aunque el daño a los pulmones sea desde mucho antes.

El reporte de casos de silicosis entre los trabajadores mineros, los trabajadores informales y los trabajadores migrantes muestran la gran vulnerabilidad a esta patología. La falta de medidas de seguridad adecuadas, la falta de protección respiratoria y la exposición prolongada al polvo, son algunos de los factores que contribuyen a la propagación de la enfermedad, esto según Gonzáles Ramírez, Canney Villa y Pantoja Agreda (2007).

Sumado a esto, el poco conocimiento por parte de estos trabajadores que al ser informales o migrantes pasan desapercibidos los riesgos que pueden generar a largo plazo dicha actividad, esto debido a la necesidad de subsistencia día tras día. Las empresas de igual forma, al ser dicho personal mano de obra barata, también minimizan la seguridad de estos.

Debido a lo anterior, el gobierno colombiano ha implementado medidas para prevenir la silicosis y para proteger la salud de los trabajadores mineros, respaldada en la Resolución 468 del 6 de agosto del 2021. Estas medidas incluyen la promoción de prácticas de trabajo seguro, la supervisión de las condiciones de obra-labor en las minas y la educación de los trabajadores sobre los riesgos que conlleva esta actividad económica. Además, se han establecido programas de atención médica para los trabajadores que han sido diagnosticados con dicha etiología, a pesar de estos esfuerzos, es necesario seguir trabajando para mejorar las condiciones de trabajo y para proteger la salud de los trabajadores mineros en el país.

Los autores Naranjo Celis y Sierra Gómez (2008) mencionan que para lograr reconocer y consecutivamente llegar a un diagnóstico de silicosis, diversos escritores aconsejan la evaluación médica detallada y en profundidad, en donde se lleve a cabo lo siguiente:

1. Una historia clínica minuciosa, donde se pueda determinar el tiempo de exposición al polvo de sílice en el medio ambiente y laboral,
2. Una evaluación física detallada,
3. Imágenes radiológicas
4. Pruebas de función pulmonar (p. ej. espirometría)
5. Procedimientos que ayuden a concluir el diagnóstico como la biopsia

Desde el ámbito científico, el diagnóstico de esta patología es netamente radiológico, ya que son las características que aparecen en la radiografía de tórax donde podremos ver que en los pulmones hay presencia de características propias de la enfermedad. Estos signos son típicamente vistos en la forma de pequeñas manchas blancas (opacidades) y/o nódulos, que son depósitos de sílice en los pulmones. Los signos radiológicos pueden ser clasificados según la etapa de la enfermedad y su severidad.

En la etapa temprana de la silicosis, los signos radiológicos pueden no ser evidentes o pueden aparecer como pequeños nódulos en la radiografía. A medida que la enfermedad avanza, dichos nódulos pueden multiplicar su tamaño y aumentar su número, también pueden fusionarse para formar grandes conglomerados.

En la etapa avanzada los signos radiológicos pueden incluir la presencia de grandes masas de tejido cicatricial y la aparición de un patrón en forma de panal de abeja. Estos signos son indicativos de una pérdida significativa de la función pulmonar y un mayor riesgo de complicaciones.

Es por ello por lo que nos planteamos el siguiente interrogante, ¿cuáles son las características y signos imagenológicos de la silicosis, en la minería aurífera de socavón, en el municipio de Marmato (Caldas) durante el último quinquenio?

## **Justificación**

La historia de la silicosis en Colombia se remonta a la época colonial, cuando se inició la minería de oro en Antioquia. Durante la época colonial, los mineros utilizaban métodos rudimentarios para extraer el oro, y se sabe que muchos de ellos sufrieron de enfermedades respiratorias debido a la exposición al polvo de sílice. En el siglo XX, la minería en Colombia se expandió, y la extracción de carbón se convirtió en una actividad importante en el país. A medida que la industria minera crecía, también aumentaba la exposición de los trabajadores al polvo, y la silicosis se convirtió en una enfermedad común entre los trabajadores mineros.

Durante décadas, los mineros en Colombia se han propuesto mejorar las alternativas de trabajo con el fin de mejorar sus condiciones laborales. A pesar de que la silicosis es reconocida como una enfermedad profesional en Colombia, muchos trabajadores no tienen acceso a la atención médica y a la compensación por enfermedades laborales. Su prevalencia es difícil de evaluar debido a la ausencia de datos puntuales y la no publicación de casos. Según el Instituto Nacional de Salud (INS), en el período comprendido entre 2010 y 2019 se reportaron 2.176 casos de silicosis en Colombia, aunque se cree que el número real de casos es mucho mayor.

Siendo una enfermedad ocupacional de declaración obligatoria en Colombia y los empleadores están obligados a reportar todos los casos de la enfermedad a las autoridades de salud. Sin embargo, la sub notificación de casos es común debido a la falta de conciencia de la enfermedad, la falta de capacitación en seguridad y salud ocupacional y la falta de supervisión y regulación adecuadas en los lugares de trabajo.

Dicha enfermedad sigue siendo un problema de salud pública en Colombia y en todo el mundo, y es importante que se tomen medidas para prevenir la exposición a la sílice cristalina, mejorar la detección temprana y el tratamiento de la enfermedad en aquellos que ya han sido expuestos.

Cabe anotar que las cifras de esta etiología en las zonas de influencia es catalogada como un problema de salud pública, Marmato municipio ubicado en el departamento de Caldas, en el centro-occidente de Colombia, no ha sido la excepción, esto adherido a los altos costos para su diagnóstico y tratamiento inicial, una falencia de tecnología de punta, una intervención de los servicios de salud a tiempo, debido a un sistema de salud carente de oportunidades ha empeorado en los sitios de inflexión una patología de sangrante para cualquier sistema de salud, en un país carente de oportunidades médicas en las zonas apartadas y rurales de nuestro territorio.

Según la empresa saludable prevención de la silicosis sura ARL, La silicosis es una enfermedad respiratoria causada por la inhalación de polvo de sílice, que se encuentra en muchos minerales y rocas, incluyendo el carbón, la arcilla, la arena y la piedra, La exposición prolongada a este puede provocar daños irreversibles en los seres humanos así como un daño ambiental en las regiones influenciadas por su extracción, la falta de medidas de seguridad adecuada, la falta de protección respiratoria y la exposición prolongada son algunos de los factores que contribuyen a la propagación de la enfermedad entre los trabajadores ocupacionalmente expuestos.

Desde la guía de la atención integral basada en la evidencia para neumoconiosis, las imágenes de la radiografía de tórax en silicosis se caracterizan por un patrón difuso de opacidades redondeadas pequeñas, de predominio en los lóbulos superiores del pulmón



asociados a adenomegalias y ganglios del mediastino con calcificaciones en cáscara de huevo, la silicosis simple se manifiesta como opacidades redondeadas difusas.

En una tomografía computarizada de tórax, la silicosis se puede ver como pequeñas opacidades en forma de puntos en los pulmones. Estas opacidades pueden ser de diferentes tamaños y distribuciones, dependiendo de la etapa y gravedad de la enfermedad. En las etapas tempranas, las opacidades pueden ser pequeñas y distribuidas en forma de mancha, mientras que en las etapas avanzadas pueden ser más grandes y tener una distribución más difusa en los pulmones.

Además de las opacidades, la TC también puede mostrar otros cambios en los pulmones asociados con la silicosis, como áreas de fibrosis pulmonar o engrosamiento de las paredes bronquiales. Estos cambios pueden afectar la capacidad de los pulmones para expandirse y funcionar correctamente.

Es importante tener en cuenta que la silicosis puede ser difícil de distinguir de otras enfermedades pulmonares en las imágenes de TC, por lo que se requiere una evaluación cuidadosa por un médico en la especialidad de radiología, quien esté experimentado en enfermedades respiratorias para hacer el diagnóstico correcto.

Es por esto que nuestro proyecto busca demostrar la identificación temprana de signos radiológicos propios que genera la silicosis durante sus diferentes etapas, para con ello aportar en la construcción de diferentes estrategias para el abordaje, ejecución e implementación de soluciones sobre las condiciones laborales de los mineros Marmateños por su latente problemática de salud pública por el alto índice de minería ilegal o artesanal en dicho municipio.

## **Objetivos**

### **Objetivo General**

Establecer cuáles son las características y signos imagenológico de la silicosis, en la minería aurífera de socavón, en el municipio de Marmato (Caldas) durante el último quinquenio.

### **Objetivos específicos**

Identificar y evaluar la correlación de signos radiológicos de la silicosis en trabajadores mineros expuestos a sílice en la minería artesanal aurífera del municipio de Marmato, Caldas.

Determinar la prevalencia y la distribución de los signos radiológicos de la silicosis en población minera de Marmato, Caldas.

Evaluar la utilidad de técnicas de imagen más avanzadas, como la tomografía computarizada, para la detección de los signos radiológicos de la silicosis.

Buscar las estrategias de promoción y prevención para mitigar la exposición al polvo de sílice en la población minera.

### **Marco teórico y conceptual**

La minería, como práctica de explotación o estirpe de minerales y recursos naturales en distintos entornos geográficos, se cimienta en la extracción de metales como el cobre, oro, plata, aluminio, plomo, hierro y la de no metales como carbón, petróleo, gas, sal, entre otros. La minería forma parte de las actividades del sector primario si se refiere a la extracción de minerales y del sector energético si se refiere a la extracción de combustibles fósiles.

Existen dos tipos de minería, la de cielo abierto, la cual es mucho más favorable debido a que esta se encuentra a muy poca profundidad, y la de socavón, la cual es utilizada cuando algunos minerales y recursos se encuentran a gran profundidad, tales como el petróleo, el gas natural entre otros.

La minería en Latinoamérica se remonta a la época precolombina, las civilizaciones indígenas aprendieron la extracción de metales y minerales para su uso, beneficiándolos debido a que gracias a ello desarrollaron herramientas, joyas y ornamentos. Al momento de la llegada de los españoles en el siglo XVI, notaron que, estas nuevas tierras eran ricas en piedras preciosas, oro, plata y demás minerales importantes, esto llevo a que la minería se convirtiera en una actividad económica importante para la colonización y el enriquecimiento de los colonizadores.

**Figura 1**

*Minería colonial 1541-1810*



*Nota.* tomado de Memoria Chilena, por Biblioteca Nacional de Chile,

[https://www.memoriachilena.gob.cl/602/articles-752\\_recurso\\_img1.thumb\\_iTwitter.jpg](https://www.memoriachilena.gob.cl/602/articles-752_recurso_img1.thumb_iTwitter.jpg)

Para esa época el oro, al ser un metal tan cotizado por tenerse como una muestra de ostentación y poder siendo América latina, una tierra rica en él, género que los ojos de los exploradores del viejo continente estuvieran puestos sobre esta nueva tierra; colocándolo dentro de las rutas de comercio de oro, plata y materiales preciosos, incrementando así la fluctuación de diferentes colonizadores.

**Figura 2***Llegada de los españoles a América*

*Nota.* tomado de La llegada de los españoles a América [imagen], Evelyn Irizarri, 2017, <https://www.elcaribe.com.do/gente/cultura/la-llegada-los-espanoles-america/>

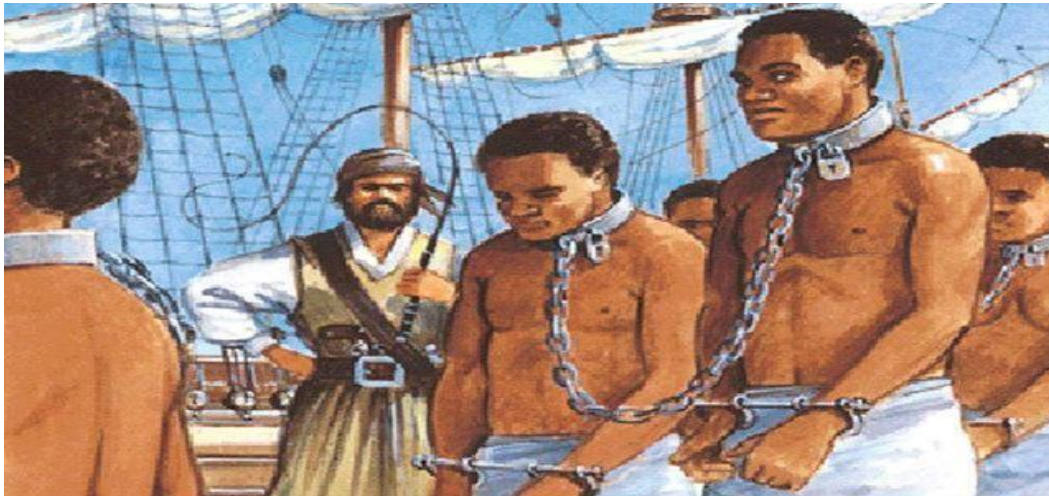
Los ríos en Colombia que brotan en las tres cordilleras, para ese entonces, constaban de inmensas cantidades de oro y plata en gránulos esparcidos en sus arenas ribereñas y en su fondo. La “batea” o “cuna” despertaba en los españoles o en un mestizo con excelente estado físico, codicia y tenacidad en abundancia para que de esta forma dedicara gran parte de su vida a desarrollar este trabajo y paulatinamente pudiera enriquecerse, a no ser que en el transcurso de este tiempo no sufriera algún tipo de accidente, se enfermase o que algún animal salvaje no terminara con su vida antes. En escasos sitios del Nuevo Reino Unido de Granada existieron minas de socavón, y de esta extraían sus minerales de la manera más rudimentaria, alrededor de tres siglos y un poco

más la minería neogranadina laboró de forma arcaica y simple, en algunas circunstancias en “reales de minas” que hacía parte de la propiedad del lejano rey de España, y en algunas otras circunstancias en minas de particulares las cuales debían entregar al gobierno virreinal el 20% de lo obtenido para ser transferido a la metrópoli, según Poveda Ramos (2016).

Estos impuestos desde tiempos antiguos eran vistos como algo necesario, aunque de diferentes formas para algunas culturas, en el caso de las minas particulares dichos impuestos hacían parte importante de ingreso para el Estado, al mismo tiempo servía para que aquellas minas particulares pudieran laborar de forma más tranquila al cumplir con este requisito.

Por años la ambición ha llevado al hombre a arriesgar su vida por llenar sus bolsillos o en su debido caso, aquellos que poseían poder arriesgaban la de sus subalternos; para ese tiempo no existía ningún tipo de empatía, ya que dicha codicia superaba los límites humanos, en su concepto, quien más oro y plata tuviera más poder y estatus adquirirían, sin embargo, nunca era suficiente, siempre se quería más de lo que se tenía.

En su momento la mano de obra indígena se empezó a escasear debido a la numerosa mortandad, España permitió la exportación de afrodescendientes que arribaban a las playas de Cartagena, en ese momento eran vendidos a sus nuevos dueños, los cuales los distribuían a las regiones mineras designadas tales como Antioquia, el Alto de Cauca, el Chocó y el Valle del Patía. Por otra parte, la población mestiza e indígena fueron utilizados en las regiones de Tolima, Huila y Santander utilizando el viejo método de la Mita, el cual consistía en garantizar el aporte de trabajo indígena que se volcaba a las obras públicas o diferentes actividades económicas como la minería, agricultura, ganadería y servicios de tambos.

**Figura 3***Minería metálica en Colombia*

*Nota.* Tomado de Minería Metálica Colombia.

<https://www.timetoast.com/timelines/mineria-metalica-colombia>

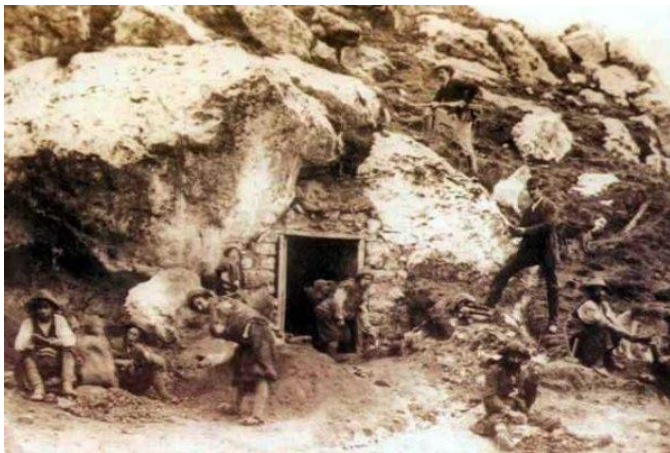
En el transcurso de los tres siglos siguientes, la denominada Nueva Granada generó oro y lo exportó a España alrededor de más de cuatro toneladas métricas por año, en este lapso no se vieron realizadas ninguna invención tecnológica en la minería neogranadina, debido a que esta solo poseía mano de obra esclava, una que otra herramienta de hierro y la pólvora negra como método de producción, según Poveda Ramos (2016).

La mano de obra esclava prevaleció por un largo lapso de tiempo, debido a que se consideraba en su época que estas personas no tenían derecho a nada por ser de raza impura y lo que observaban era la constitución física que les permitían ejecutar labores de forma más rápida y que podían trabajar por años, desarrollando así un negocio abundante que se encontraba en su furor, pero esto también contribuyó al estancamiento del desarrollo minero, debido a la poca necesidad de aplicación de maquinaria y el bajo costo que se manejaba al trabajar con mano de obra esclava.

Al ser otra cultura, los nativos fueron despojados violentamente de sus derechos ancestrales sobre la tierra, la gran mayoría de ellos fueron esclavizados, así mismo conforme a la explotación de sus tierras, llegando a tener un trasfondo sombrío para toda una cultura, pues para ellos simplemente era extraer todo lo que se pueda vender y que tuviera una rentabilidad, sin importar el daño colateral.

#### **Figura 4**

*Historia de la minería, origen y evolución*



*Nota.* tomado de Curiosfera Historia, <https://curiosfera-historia.com/wp-content/uploads/Origen-e-historia-de-la-mineria.jpg>

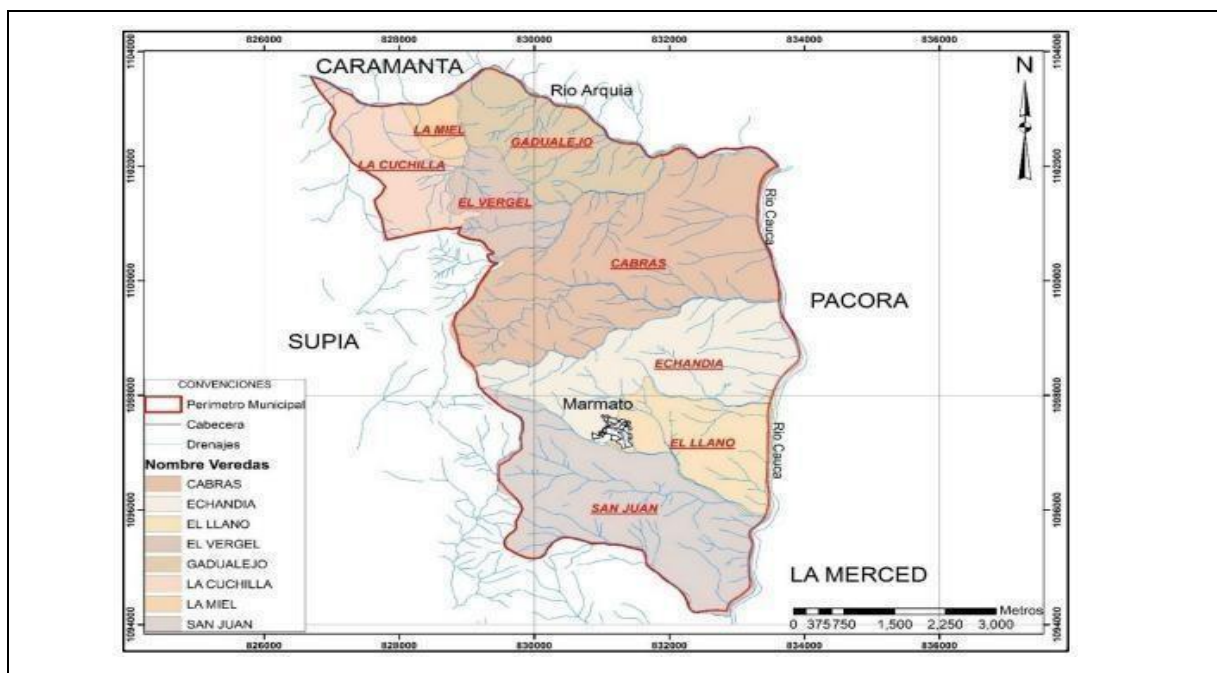
Ya para principios del siglo XVII fueron llegando personas con estudios específicos en minería provenientes de países anglosajones, los cuales se instalaron en diferentes puntos geográficos, como punto de referencia especial las minas de plata en Santa Ana y las diferentes minas de oro en los municipios caldenses de Marmato y de Supía, con sus conocimientos y experiencias estos ingenieros dieron un nuevo enfoque a la minería de socavón y la aluvial. Al impartir estos conocimientos se pudo lograr una formación a los mineros sobre mineralogía, hidráulica práctica y agrimensura, esto además impulsó a tener



un nuevo concepto acerca de las técnicas y procesos que eran utilizados en el viejo continente.

**Figura 5**

*Zonas mineras de Marmato, Caldas*



### Demografía De Marmato

Población	8 175 HABITANTES
Densidad de población del municipio de Marmato	199,4 HAB./KM <sup>2</sup>
Población con afiliación a régimen de salud	30% contributivos, 70% subsidiados
Población con afiliación a ARL	30% si se encuentran afiliados, 70% no cuentan con ARL

### Números Oficiales Del Municipio De Marmato

Código del municipio de Marmato	17442
Código postal	178007

### Territorio Del Municipio De Marmato

Superficie del municipio de Marmato	4 100 hectáreas 41,00 km <sup>2</sup> (15,83 sq mi)
Altitud del municipio de Marmato	1 096 metros de altitud
Coordenadas geográficas	Latitud: 5.467 Longitud: -75.6 Latitud: 5° 28' 1" norte Longitud: 75° 36' 0" oeste

*Nota.* tomado de Libro Municipio de Marmato Caldas, Concejo Municipal para la Gestión del Riesgo de Desastre, CMGRD; septiembre 2015; PDF

En casi todo el siglo XIX el oro fue la primordial utilidad de exportación y permitió nivelar nuestra pequeña e indeterminada balanza de comercio. Este metal, adicional de la plata y el platino, fue un distintivo para llamar la atención desde el inicio a inversionistas extranjeros, los cuales ayudaron a traer tecnología y capital. Detrás de ellos llegó así mismo el molino californiano, la amalgamación con mercurio, la cianuración, la topografía de precisión, la química metalúrgica, la turbina Pelton, las bombas hidráulicas, la máquina de vapor, la dinamita, la draga de ríos, el monitor hidráulico y gran variedad de inversiones tecnológicas que fueron surgiendo alrededor del mundo.

En Antioquia y en el Cauca aparecieron empresarios de minas colombianas que se prepararon y lograron con esfuerzo y éxito crear sus propias empresas y llevarlas a un crecimiento según las necesidades del mercado, según Poveda Ramos (2016).

En un territorio distinguido desde la colonia por la minería a mediados del siglo XIX, fue incursionando en la gran empresa, en su tentativa por agrandar el nivel y la productividad de trabajo, adicionando al consenso de diferentes modelos organizacionales y métodos de explotación más eficaces. De esta forma nacieron más de una empresa importante del país en el siglo XIX, entre esas la Sociedad de Zancudo, la cual llegó a ser la más grande y beneficiosa de Colombia, según el autor Molina Londoño (2017).

**Figura 6**

*El auge, explotación de oro en Antioquia, octubre 1940*



*Nota.* tomado de En auge, explotación del oro en Antioquia, El Colombiano, 1942.

<https://www.elcolombiano.com/blogs/casillero-de-letras/en-auge-explotacion-de-oro-en-antioquia/9748>

Estos proyectos importantes lograron un gran avance y desarrollo para Colombia, implicando un crecimiento exponencial en la economía y educación utilizando sus propios recursos para crecer, las empresas marcaron tanto al país como en el caso de la sociedad del zancudo que emitió sus propios billetes y explotó por años una de las minas más importantes del suroeste de Antioquia.

Cuando el general José Hilario López dio la orden de liberar a los esclavos, en Antioquia ya casi no estaba esa situación, pero en el Cauca, Tolima y Santander debían ser liberados y en su lugar utilizar obra de mano asalariada y en 1886, al extender la Constitución de ese año, el gobierno de Núñez acogió para toda Colombia el ya antiguo Código de Minas del Estado Soberano de Antioquia, que fue así el primer reglamento minero de alcance nacional.

Paralelamente, la fiebre del oro de California en la década de 1850 precipitó grandes cantidades de personas de diferentes partes del continente y propios a las minas, afluentes y deferentes yacimientos, generando un alcance tan significativo, llevando a diferentes regiones Latinoamericanas al descubrimiento y explotación de nuevos yacimientos en esta región, impulsando así las economías locales y motivando la inversión extranjera.

### **Figura 7**

*La fiebre del oro en California: aventuras y codicia en la historia que cambió para siempre el sueño americano*



*Nota.* tomado de La fiebre del oro en California, Infobae, 2022,

<https://www.infobae.com/historias/2022/02/23/la-fiebre-del-oro-en-california-aventuras-y-codicia-en-la-historia-que-cambio-para-siempre-el-sueno-americano/>

La minería en Colombia se destaca por ser una de las actividades económicas más próspera, pero también ha generado controversia debido a sus impactos ambientales, sociales y económicos. Colombia es rica en recursos minerales, como carbón, oro, plata, níquel, cobre y otros metales, ha sido un importante productor y exportador de carbón durante muchos años.

A pesar de los beneficios económicos que ha traído la minería, también se han

reportados impactos negativos en el medio ambiente, la salud y la seguridad de las comunidades locales, así como en los derechos humanos. La explotación minera a gran escala ha causado la deforestación, la contaminación de los ríos y la degradación del suelo, lo que ha afectado la biodiversidad y ha puesto en peligro la salud y el ambiente donde habitan estas comunidades.

Además, se han reportado conflictos entre empresas mineras, comunidades locales y lo más grave aún son los cientos de casos reportados de flagelación a los derechos humanos, entre ellos los desplazamientos forzados de las comunidades nativas y afrodescendientes de las diferentes regiones.

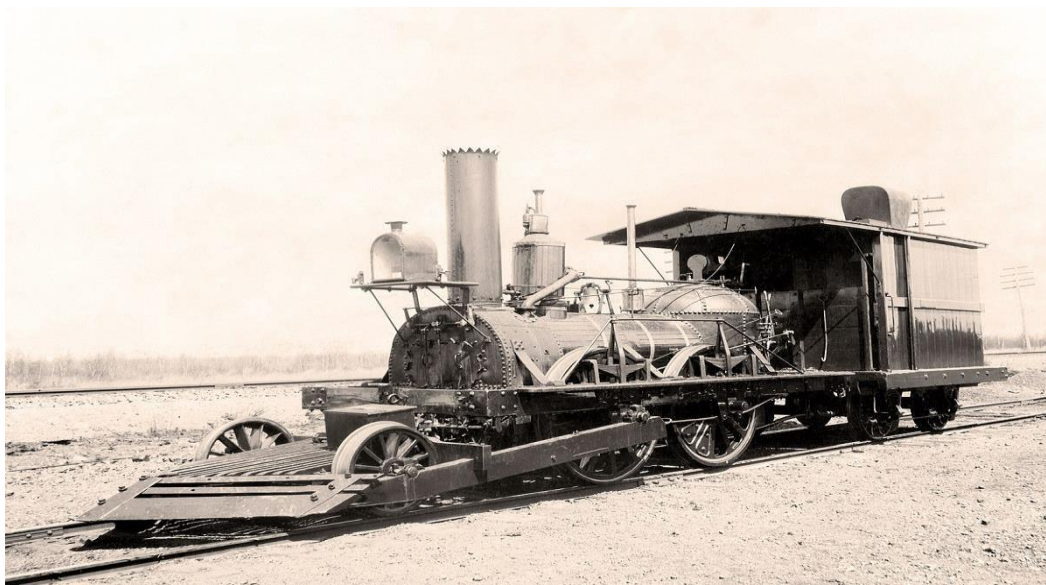
La falta de colaboración de las colectividades en la toma de decisiones sobre la tierra y sus recursos han abierto una brecha socioeconómica gigante en dichas comunidades, beneficiando a unos pocos y degradando económica y socialmente a muchos. A pesar de estos impactos negativos, la minería sigue siendo una actividad importante para la economía del país y el gobierno ha implementado medidas para mejorar la regulación y la supervisión de la industria minera, así como para mejorar las condiciones de vida y salud de las comunidades locales afectadas por ella.

Al inicio del siglo XIX, los metales preciosos fueron únicamente los únicos productos de la minería nacional. Entre 1910 y 1912 se inició la producción de algo de hulla para las inaugurales locomotoras de vapor. En 1920 se inició la perforación en Barrancabermeja para la producción de petróleo. Entre 1930 y 1937 arribaron las dos primeras cementeras con las cuales se comenzó la explotación de depósitos de calizas. En 1941 se alcanzó el tope en la obtención de oro, el cual desde ese momento arrancó en un extenso periodo de declive, pero, para compensarlo, inicio el aumento de los minerales no

metálicos de utilización industrial, tales como caliza, cuarzo, azufre, arcilla, yeso entre otros, según Poveda Ramos (2016).

### **Figura 8**

*John Bull*



*Nota.* tomado de Wikimedia Commons,

[https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/0/06/John\\_Bull.jpg/1200px-John\\_Bull.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/0/06/John_Bull.jpg/1200px-John_Bull.jpg)

En 1963, el Gobierno Nacional se vio en la obligación de hacer el arqueo de los recursos mineros aprovechables del país y formó una nueva institución que continuó laborando frente al Servicio Geológico, el Inventario Minero Nacional. Este heredó para futuras generaciones información sobre síntesis de la geología y los recursos mineros de inmensas áreas del territorio nacional, si no, un legado científico importante porque se estableció en una escuela para la geología colombiana. Aun actualmente, ciertos geólogos colombianos con gran experiencia fueron formados en el Inventario Minero Nacional.

El inventario minero nacional era el encargado de tener el registro de cada mina del país favoreciendo a la toma de decisiones de la industria minera, esta empresa nació como una necesidad y fue creciendo en importancia a lo largo de los años como un legado.

En 1968 se vio la creación de una nueva organización llamada Instituto Nacional de Investigaciones Geológico-Mineras, o INGEOMINAS, que combinó el Servicio Geológico Nacional, el Inventario Minero y el Laboratorio Químico Nacional.

Luego de la erupción del volcán Nevado del Ruiz en 1985 y del terremoto de Popayán en 1983, INGEOMINAS asumió la creación y administración de los observatorios vulcanológicos del país y de la Red Sismológica Nacional a partir de la década de los 80. Fue asignado para liderar la investigación fundamental sobre desastres naturales con causas geológicas por parte del gobierno colombiano.

INGEOMINAS asumiendo el nombre de Instituto Colombiano de Geología y Minería en 2004, la institución comenzó a ejercer la potestad minera a través de su Servicio de Minería, mientras que los estudios fundamentales aún se realizaban a través de su Servicio Geológico. La Agencia Nacional de Minería, que acababa de crearse, tomó el control de los asuntos mineros en 2011, lo que cambió la situación.

Las empresas mineras internacionales han aumentado sus inversiones globales en exploración y explotación en los últimos años. En medio del crecimiento reciente, América Latina ha sido un lugar preferente para la inversión minera. Cuando comenzó el auge de la exploración actual en 2001, la región de América Latina era el paraje más activo para la inversión minera extranjera, recibiendo cerca del 30% de los flujos totales. La cantidad gastada en exploración en el área se ha duplicado desde entonces. Las exportaciones

mineras de la región se han incrementado notablemente como resultado de esta actividad (Cárdenas y Reina, 2008).

### **Figura 9**

*Gran Colombia Gold Colombia historia de la minería en Colombia*



*Nota.* tomado de GCM Mining anuncia resultados del primer trimestre de 2022, NotiGuajira, 2022, <https://notiguajira.com/2022/05/18/gcm-mining-anuncia-resultados-del-primer-trimestre-de-2022/>

Actualmente en Colombia, para poder realizar cualquier tipo de actividad minera, toda empresa minera debe cumplir una serie de etapas:

*Primera etapa:* centrada en la investigación y búsqueda de un posible yacimiento minero, con la finalidad de saber su extensión, los diferentes minerales que contiene y qué riesgos acarrea, estos pueden ser económicos, geográficos, tecnológicos, medioambientales y legales, a raíz de su explotación.



*Segunda etapa:* tras compilar toda la investigación necesaria sobre el yacimiento, y evidenciar que sea factible, se procede a indagar la técnica óptima para la extracción del mineral.

*Tercera etapa:* después que se ha verificado y superado los puntos anteriores, a continuación, el trabajo se concentra en la compilación de inversión, trabajo, materiales y tecnología para hacer viable el proyecto.

*Cuarta etapa:* después de varios años de la realización de la actividad, y apenas se establezca el cierre de la mina, el último paso se agrupa en el desmonte de todas las infraestructuras, acompañado de una acción total de reforestación, con el fin de dejar el medio mejorado por completo, tal y como se hallaba antes de iniciarse la actividad minera.

Muchas enfermedades se han derivado de la actividad minera, los accidentes laborales, la pérdida de capacidad laboral e incluso la pérdida de vida, hace que sea una de las actividades económicas más riesgosas y que debería ser la más vigilada por los departamentos de seguridad y salud en el trabajo.

La silicosis es una enfermedad respiratoria producida por la inhalación de polvo de sílice, que se encuentra en muchos minerales y rocas, incluyendo el carbón, la arcilla, la arena y la piedra.

**Figura 10**

*Prevención integral/2017/guía para el control del riesgo por exposición a sílice cristalina respirable*



*Nota.* tomado de Guía para el control del riesgo por exposición a sílice cristalina respirable, Prevención Integral, 2017.

<https://www.prevencionintegral.com/ca/actualidad/noticias/2017/07/25/guia-para-control-riesgo-por-exposicion-silice-cristalina-respirable>

Silicosis, término derivado del latín “sílex” (pedernal), es probablemente la enfermedad ocupacional más antigua del grupo de las neumoconiosis y puede haber existido desde el Paleolítico. Hipócrates describió este síntoma cuando observó disnea en los esclavos dentro de una excavación de metal.

**Definiciones técnicas**

*Polvo respirable* (fracción respirable): la fracción que llega a los alvéolos y allí tiene un efecto muy dañino. Suelen tener menos de 5 micras.

*Polvo Respirable (Respirable Dust):* porcentaje de partículas que permanecen en el tracto respiratorio superior sin llegar a los alvéolos. Por lo general, tienen un diámetro de 10 a 5 micrones.

*Sílice cristalina:* un componente básico del suelo, arena, granito y muchos otros minerales. El cuarzo es la forma más común de sílice cristalina, la tridimita y la cristobalita son otras formas de sílice cristalina. Las tres formas pueden generar partículas respirables cuando los trabajadores tallan, cortan, taladran o pulen objetos que contienen sílice cristalina.

*Sílice amorfa:* un componente natural de la tierra, existe en toda la tierra en forma de diatomeas o puede sintetizarse por rutas físicas o químicas en forma de sílice seca, ahumada o modificada.

*Carcinógeno:* puede causar cáncer.

Lo anterior son definiciones según los autores Gonzáles Ramírez, Canney Villa y Pantoja Agreda (2007).

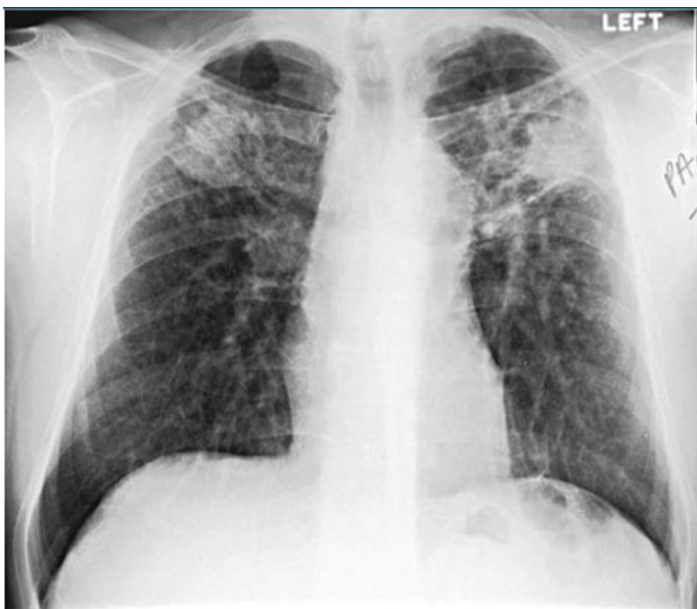
En Colombia, la silicosis es una enfermedad frecuente entre los trabajadores mineros, especialmente aquellos que trabajan en la extracción de carbón, oro y otros minerales. La exposición prolongada al polvo de sílice puede generar daños en los pulmones y en el sistema respiratorio. La falta de medidas de seguridad adecuadas, la falta de protección respiratoria y la exposición prolongada al polvo de sílice son ciertos elementos que favorecen a la propagación de la enfermedad.

Esta tiene varios estadios, que van desde la no manifestación de síntomas, síntomas generales, síntomas respiratorios como: dificultad para respirar, especialmente después del

ejercicio físico, tos seca, fatiga, pérdida del apetito, dolor en el pecho y fiebre hasta síntomas respiratorios agudos, tales como, dificultad respiratoria severa que puede requerir oxígeno, falla respiratoria y muerte; así como la disminución de sus mecanismos de defensa a otras enfermedades. La silicosis puede avanzar al estado de mayor gravedad, aun cuando el trabajador ya no se encuentre expuesto a polvo de sílice y puede ser responsable directa o indirecta de la muerte del trabajador.

### **Figura 11**

*Imagen rx de tórax*



*Nota.* tomado de Silicosis, Abraham Gampel, Fabiola romero, Francisco González, et all, 2016, <https://www.elsevier.es/es-revista-medicina-general-familia-edicion-digital--231-articulo-silicosis-S1889543316000177>

Estadios:

*Silicosis Aguda:* resulta de la inhalación de grandes concentraciones de sílice cristalina en un período corto de tiempo (7 meses a 5 años).

*Silicosis acelerada:* resulta de la inhalación de concentraciones muy altas de polvo de sílice, puede desarrollarse después de años o meses de exposición más intensa (similar a la silicosis aguda) durante períodos relativamente cortos de tiempo de 5 a 10 años. La sílice también puede causar cáncer de pulmón. Cuando se inhala sílice pirogénica, ingresa a los pulmones, donde es absorbida por células como los macrófagos.

*Simple crónica:* es la primera etapa de la silicosis crónica. En esta etapa, el área de la cicatriz es un pequeño nódulo redondo. Finalmente, la silicosis crónica compleja ocurre cuando las áreas cicatrizadas se fusionan en grandes masas. Ocasionalmente, estas grandes masas se fusionan en masas más grandes (fibrosis masiva progresiva).

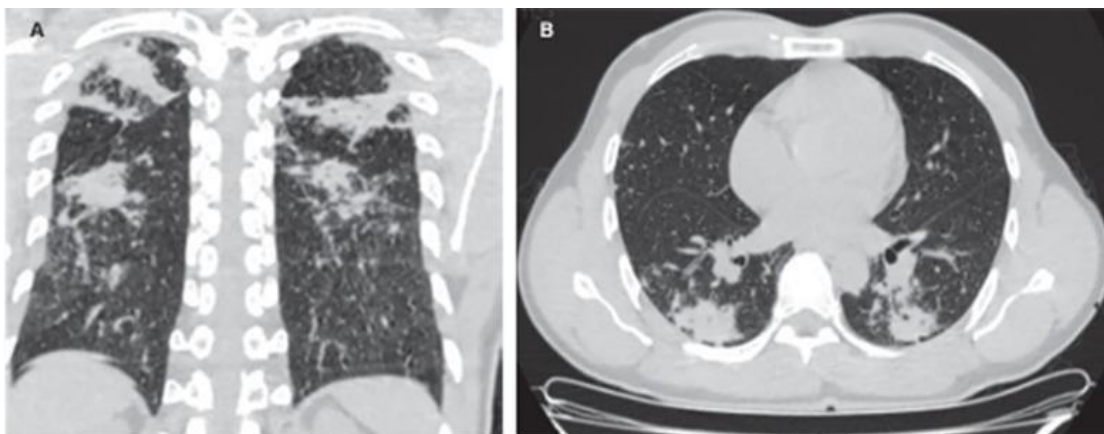
Estas áreas fibrosas imposibilitan el paso normal del oxígeno a la sangre. Como resultado, los pulmones pierden su elasticidad y requieren un mayor esfuerzo para respirar. La dificultad para respirar empeora rápidamente en la silicosis aguda.

*Silicosis crónica:* es la forma más común de silicosis. Los cambios fibróticos en el pulmón ocurren después de 10 a 30 años de la inhalación de concentraciones elevadas de polvo de sílice. Puede continuar produciendo cambios fibróticos en el pulmón aun después de que la exposición cesa.

La silicosis crónica generalmente no causa síntomas durante años, pero a muchas personas les falta el aire con el tiempo y con el ejercicio. En algunos casos, la dificultad para respirar puede progresar y causar dificultad incluso en reposo. Algunas personas tienen tos con flema.

## Figura 12

*TC de Torax*



*Nota.* tomado de Silicosis pulmonar, José Mier, Claudia Mier, 2015,

<https://revistas.asoneumocito.org/index.php/rcneumologia/article/view/73/70>

*Tuberculosis pulmonar:* las partículas de ácido silícico pueden interrumpir o alterar el metabolismo de los macrófagos pulmonares y reducir su capacidad de defensa antimicrobiana. La exposición ocupacional a la sílice pirogénica aumenta la susceptibilidad a desarrollar tuberculosis pulmonar y nocardiosis en las personas expuestas.

*Cáncer de pulmón:* en 1997 la sílice cristalina fue clasificada como carcinógeno humano por la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer. El cáncer de pulmón es el único cáncer asociado con la exposición a la sílice. La sílice cristalina se ha asociado con casos de enfermedades autoinmunes como esclerodermia, lupus eritematoso sistémico, fiebre reumática y otras enfermedades.

La respiración también empeora años después de dejar de usar sílice. El daño pulmonar reduce los niveles de oxígeno en la sangre y, en última instancia, sobrecarga el lado derecho del corazón. Esta sobrecarga provoca un tipo de insuficiencia cardíaca llamada cor pulmonale, que puede ser mortal. Las personas con silicosis acelerada

experimentan los mismos síntomas que las personas con silicosis crónica, pero los síntomas se desarrollan y empeoran en un corto período de tiempo.

Los efectos sobre la salud asociados con el polvo de sílice cristalina se relacionan con la capacidad de formación de fibrillas del cuarzo inhalado, que se ha relacionado con el desarrollo de enfermedades pulmonares ocupacionales en el grupo de neumoconiosis, el cáncer de pulmón y un mayor riesgo de tuberculosis pulmonar.

El término neumoconiosis significa literalmente "polvo en los pulmones" y la Organización Internacional del Trabajo (OIT) lo define como "la acumulación de polvo en los pulmones y la respuesta tisular a su presencia" (1998). La inhalación prolongada de sílice pirogénica en concentraciones suficientes puede causar la formación de lesiones fibróticas que forman nódulos fibrosos específicos.

### **Aspecto técnico patológico**

A pesar de los esfuerzos de prevención, la enfermedad sigue siendo incurable y afecta a millones de trabajadores que realizan trabajos peligrosos con polvo en muchos países. La silicosis sigue siendo uno de los principales problemas de salud relacionados con el trabajo en todo el mundo, ya que puede causar una discapacidad progresiva y permanente. La sociedad tiene lo necesario para luchar contra esta enfermedad prevenible, desafortunadamente, no existe un tratamiento específico para ella.

Durante la respiración normal, el aire pasa a través de la nariz, la tráquea y hacia las vías respiratorias, alejándose luego en espacios más pequeños del pulmón denominados bronquios. Los bronquios se dividen en bronquiolos y finalmente en grupos de sacos delgados y frágiles parecidos a uvas llamados alvéolos. Los alvéolos son donde el oxígeno se intercambia por dióxido de carbono en la sangre.

El ácido silícico es un cristal natural común, siendo este el principal componente de la arena. Pequeñas partículas de sílice llegan en cada inhalación a los sacos alveolares a través de vías respiratorias más pequeñas. En los alvéolos, las células inmunitarias, los llamados macrófagos, absorben las partículas de silicato. Los macrófagos usan enzimas específicas para destruir microbios extraños en el cuerpo.

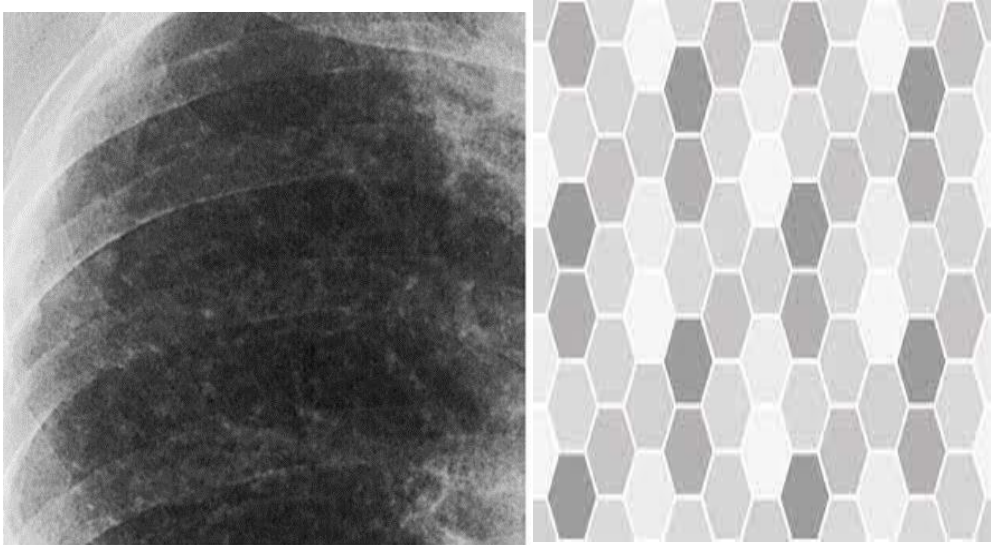
Desafortunadamente, los macrófagos no destruyen el ácido silícico, sino que son letales para estas células inmunitarias, liberando enzimas cuando las células inmunitarias mueren. Cuando se libera la enzima, actúa como un irritante en los pulmones y desencadena el proceso inflamatorio. Cuando esto sucede, células especiales llamadas fibroblastos invaden y comienzan a depositar tejido fibroso alrededor de las partículas, formando nódulos de tejido cicatricial en los pulmones.

En las primeras etapas de esta enfermedad, la inflamación ocurre debido a la acumulación de glóbulos blancos (leucocitos), macrófagos y líquido rico en proteínas en los intersticios pulmonares. A medida que continúa la inflamación, el tejido pulmonar normal se reemplaza por tejido cicatricial (fibrosis). Cuando los alvéolos se destruyen, son reemplazados por quistes de paredes gruesas (llamados panales porque se asemejan a las células del panal de una colmena).



**Figura 13**

*RX de tórax patrón*



*Nota.* tomado de Enfermedades pulmonares medioambientales, Mds Manual,

<https://www.msmanuals.com/es-co/professional/trastornos-pulmonares/enfermedades-pulmonares-mediambientales/silicosis>

La formación de tejido cicatricial finalmente reduce el intercambio de oxígeno en los pulmones y empeora la dificultad para respirar. Otros síntomas de la silicosis incluyen dolor en el pecho y una tos aguda y seca que arroja sangre (hemoptisis). El diagnóstico se basa en una radiografía de tórax o una tomografía computada (TC).

**Figura 14**

*Israel Chávez, el diario de atacama chile/2023/foto epoc del minero*



*Nota.* tomado de Uno de los mineros de "los 33 de Atacama" deberá usar oxígeno permanentemente por su silicosis, Emol, 2018, <https://www.emol.com/noticias/Nacional/2018/01/03/889665/Minero-de-los-33-recibe-tanque-de-oxigeno-como-donación-para-tratar-su-silicosis.html>

**EPOC del minero**

La función pulmonar se evalúa de acuerdo con la clasificación GOLD (Clasificación de la gravedad de la limitación del flujo aéreo en la enfermedad pulmonar obstructiva crónica), se visualizará en la Tabla 1 auspiciada por el National Heart, Lung, and Blood Institute (NHLBI) de Estados Unidos y la Organización Mundial de la Salud (OMS). La cual está enmarcada en 5 categorías en el momento del estudio. Hnizdo y Valyathan 2003. Encontraron que el EPOC representaba la mayoría de las muertes por enfermedades respiratorias no malignas en trabajadores expuestos a la sílice.

**Tabla 1**

*Clasificación de la gravedad de la limitación del flujo aéreo en la EPOC.*

En pacientes con <b>VEF1/CVF &lt;07.</b>		
<b>GOLD 1</b>	Leve	VEF1 $\geq$ 80% del valor predicho
<b>GOLD 2</b>	Moderada	50 % $\leq$ VEF1 < 80% del valor predicho
<b>GOLD 3</b>	Grave	VEF1 entre 30% a 50% del valor predicho
<b>GOLD 4</b>	Muy grave	VEF1 < VEF1 30% del valor predicho

*Nota.* clasificación de la gravedad de la limitación del flujo de aire VEF1, Volumen espiratorio forzado en un segundo; CVF, capacidad vital forzada; EPOC, enfermedad pulmonar obstructiva crónica.

En el cual se demostró una tasa de mortalidad estándar correspondiente a 161 (IC del 95%: 135 a 190 partículas inhaladas). Además, se descubrió que el 64 % de las muertes por EPOC podrían prevenirse sin exposición a la sílice. Otros estudios demostraron la importancia de asociar la enfermedad con la exposición a este, concluyendo que el exceso de mortalidad por enfermedad respiratoria no maligna, incluida la enfermedad pulmonar obstructiva crónica, se puede expresar que está directamente relacionado con la exposición y la concentración media al polvo de sílice.

Cabe señalar que se utilizaron métodos adaptativos para trabajadores con diagnóstico de silicosis, que en su mayoría eran fumadores, pero que dejaron de fumar en el momento del ingreso a la cohorte, los individuos diagnosticados con silicosis se vieron particularmente afectados por la mortalidad de enfermedades respiratorias no malignas.

Se ha establecido que existen múltiples mecanismos por los cuales las partículas de sílice inducen daño celular que conduce al EPOC. Esto incluye la citotoxicidad causada por radicales de oxígeno y nitrógeno. Además de las citocinas, elastasas y factores fibrogénicos, también interviene la liberación de los factores pro inflamatorios antes mencionados, provocando cambios en las paredes de las vías respiratorias pequeñas y los alvéolos. Dependiendo del patrón de exposición y la susceptibilidad individual. Esto según Arenas Vásquez, Betancourth Jiménez y López Ávila (2016).

**Tabla 2**

*Resumen de los datos epidemiológicos para las diferentes exposiciones*

<i>Autor</i>	<i>Año</i>	<i>Tipo de estudio</i>	<i>Exposición</i>	<i>Muestra</i>	<i>Espirometría</i>	<i>Factor de confusión</i>	<i>Prevalencia</i>	<i>Mortalidad</i>
<i>LATse, et al</i>	2007	<i>Cohorte retrospectiva</i>	<i>Silece</i>	2789	NR	<i>Silicosis Tabaco</i>	NR	<i>EPOC: 101 (3,6%) TME ajustada a fumadores 2.03 (IC del 95% 1.66 a 2.48)</i>
<i>Girdler-Browmn et al</i>	2008	<i>Cohorte</i>	<i>Silece</i>	610	<i>VEF1/CVF0.7 : 19.6% VEF1&lt;80% 7.8%</i>	NR	27.4%	NR
<i>Attfield MD et al</i>	2008	<i>Cohorte</i>	<i>Carbón</i>	8.899	NR	<i>Tabaco</i>	NR	<i>TME: Bronquitis :69 ( 95% IC 22-161) Enfisema: 89 (95% IC 61-125) EPOC + Neu</i>

								<i>Moconiosis: 308 (95% IC 278-341)</i>
<b>Graber JM et al</b>	2014	Cohorte	Carbón	8.829	NR	Tabaco	NR	3.5% TME: 1.11;95% CI 0.99 a 1.24
<b>Delpierre S. et al</b>	2002	Cohorte retrospectiva	Asbesto	97	*VEF1 y VEF1/CV: 63 (65%) VEF1/CVF <60%: 30 (31%) VEF1 normal: 28 (29%)  *FEF25-75%: 17 (18%)	Tabaco	63 (65%)	NR
<b>VEF1: Volumen espiratorio forzado en el 1er segundo</b>						<b>CVF: capacidad vital</b>		
<b>FEF25-75%: Flujo espiratorio forzado entre el 25-75% de la maniobra</b>						<b>IC: intervalo confianza</b>		
<b>TME: tasa de mortalidad estandarizada</b>						<b>NR: no reportado</b>		

*Nota.* se reseñan los diversos hallazgos, así como algunas alteraciones espirometrías que se presentan en los trabajadores, incluyendo su prevalencia y mortalidad. Tomado de Arenas Vásquez, Betancourth Jiménez y López Ávila (2016). Epoc del minero.

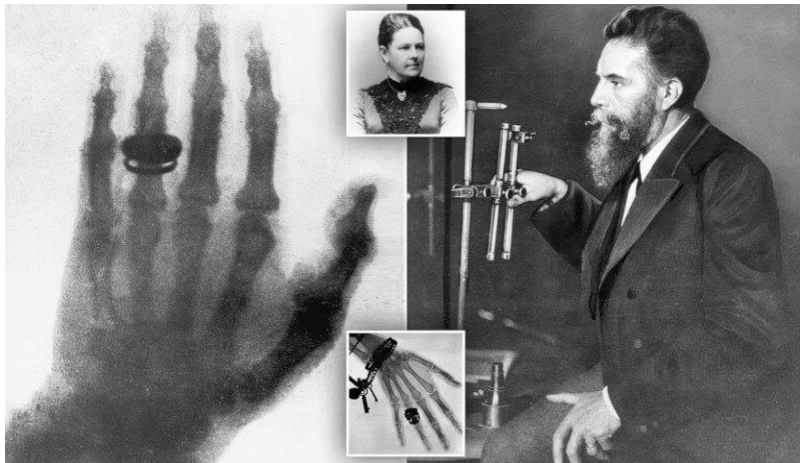
La historia de la radiología precede desde el siglo XIX, a raíz de la necesidad constante de los científicos en acallar sus cuestionamientos, esto conllevaría personas como los esposos Curie, Wilhelm Conrad Roentgen, Godfrey Hounsfield, entre otros, que comenzaran a estudiar las propiedades radioactivas de algunos elementos, las posibles aplicaciones médicas y también los posibles avances tecnológicos para este campo.

La radiología como aplicación médica evolucionó, volviéndose una extensión fundamental para todo aquello que los médicos quisieran estudiar, diagnosticar y tratar, la diferencia de otros métodos es la utilización de radiación ionizante, electromagnética y ultrasonido para generar imágenes del interior del cuerpo humano y ayudar al diagnóstico oportuno de diferentes condiciones o patologías, a su vez el alcance ha sido tan grande e importante que con estas mismas técnicas diagnósticas podemos llevar a cabo procedimientos e intervenciones para darle una continuidad al tratamiento de diferentes enfermedades.

En 1895 Wilhelm Conrad Roentgen, ingeniero y físico alemán, descubrió los rayos X cuando adelantaba experimentos con radiación de electrones en un tubo de rayos catódicos, estos por accidente le mostraron que unos rayos tenían la capacidad de atravesar las estructuras del cuerpo y grabar una imagen en una placa fotográfica, la primera imagen obtenida con esta investigación fue la mano de su esposa Anna Bertha Ludwig (figura 15), con esta imagen Roentgen dio al mundo médico el avance más grande del siglo, pero la historia de la radiología no solo se remonta a ese momento, en 1898 los esposos Curie adelantaban experimentos con miles de toneladas de residuos de uranio, dichos experimentos dieron como resultado el descubrimiento del Radio y el Polonio, elementos radiactivos que, por sus propiedades radioactivas, la radiología se impulsara como disciplina médica.

## Figura 15

*Historia de la radiología. Academia Nacional De Medicina De Colombia*



*Nota.* tomado de Historia de la radiología, Academia Nacional de Medicina de Colombia, 2021, <https://anmdecolombia.org.co/historia-de-la-radiologia/>

Las imágenes de rayos X se capturaron por primera vez en placas fotográficas durante los primeros días de la radiología. Sin embargo, la visualización en tiempo real no fue posible. Thomas Edison creó la primera pantalla de fluoroscopia en 1896, que era una pantalla cubierta con una sustancia fluorescente que liberaba luz cuando se exponía a los rayos X, como el sulfuro de zinc. Los rayos X se podían ver directamente en esta pantalla. Sentando las bases para la fluoroscopia actual en tiempo real, según los autores Strickland y Urquhart (2014).

Dos años después, Thomas Edison desarrolló un equipo al cual llamó “el fluoroscópico de Edison”, un dispositivo que permitió en su momento la visualización de los rayos X en tiempo real. El “fluoroscópico de Edison” consistía en un tubo de rayos X y una pantalla fluorescente recubierta de platino-cianuro de bario, que al ser golpeada por los

rayos X emitía una luz intensa. Esto permitió visualizar estructuras internas de diferentes objetos y claro, más importante, el cuerpo humano.

Después de muchos intentos, de experimentar con objetos inanimados, animales disecados y demás opciones, diferentes médicos alrededor del mundo decidieron experimentar con esta tecnología.

En 1896, el médico británico John Macintyre utilizó la fluoroscopia para obtener imágenes de objetos extraños dentro del cuerpo humano. Por ejemplo, logró visualizar una aguja de costura en el brazo de un paciente.

En 1898, el médico francés Eugène Doyen realizó una serie de imágenes fluoroscópicas en vivo durante procedimientos quirúrgicos, como la visualización de la sonda en la uretra de un paciente y la observación del movimiento del estómago durante una operación gástrica.

En 1898, el médico alemán Hugo Roesler realizó una serie de imágenes fluoroscópicas de órganos internos, como el corazón, los pulmones y el estómago, utilizando un fluoroscopio especialmente diseñado para esos fines.

Lo anterior, según la información de los autores Mettler y Guiberteau (2006).

En las primeras décadas del siglo XX, la radiología como herramienta médica se volvió fundamental para el diagnóstico de diversas patologías, como fue el caso de las unidades móviles de rayos X que en la actualidad se conocen como dispositivos portátiles, que la misma Marie Curie desarrolló en la Primera Guerra Mundial con el fin de diagnosticar lesiones de los soldados en el frente de batalla, este avance evitó la amputación



de alguna extremidad permitiendo la visualización de fracturas y daños internos sin la necesidad de procedimientos invasivos.

Alrededor del mundo, la curiosidad y la pericia de la comunidad científica siguieron innovando en técnicas y procedimientos gracias al descubrimiento de Roentgen, siendo la angiografía una de esas técnicas revolucionarias, permitió el diagnóstico y tratamiento de una cantidad considerable de patologías, estudios y tratamientos de manera mínimamente invasiva, disminuyendo los riesgos y aumentando las posibilidades de éxito apoyado por los avances en la fluoroscopia

En 1927 el neurólogo portugués Egas Moniz desarrolló la angiografía cerebral implementando un método propio, conocido como “arteriografía cerebral selectiva”, apoyado en la técnica fluoroscópica ya existente, donde pudo ver los vasos sanguíneos del cerebro. Para obtener imágenes precisas, esta técnica consiste en inyectar un agente de contraste radiopaco mapeando las arterias cerebrales. Años más tarde, en 1953, el radiólogo sueco Sven-Ivar Seldinger introdujo un método revolucionario conocido como la “técnica de Seldinger”. Esta consiste en inyectar un agente de contraste en el vaso sanguíneo seleccionado, mediante esta técnica, se debe insertar una aguja a través de la piel en alguna vena o arteria de buen calibre, seguida de un catéter. Al hacer la angiografía más segura y menos invasiva, la técnica de Seldinger lo facilitó.

De hecho, en algún momento de su vida Sven-Ivar Seldinger (s.f), mencionó lo siguiente:

Me encontraba luchando con el problema de desarrollar un mejor método de cateterismo cuando tuve un severo ataque de sentido común: después de un intento

fallido al utilizar esta técnica, me encontré decepcionado, con tres objetos en mi mano: una aguja, un alambre y un catéter, y en una fracción de segundo me di cuenta en qué secuencia debería utilizarlos. Colocó la aguja, por dentro el alambre, retiro la aguja, avanzó el catéter sobre el alambre y retiro el alambre (citado en Parejo, 2020).

Esta novedosa técnica se usa en la actualidad en todos los rincones del globo para diferentes procedimientos angiográficos tanto para tratamientos y diagnósticos, sin duda alguna logró complementarse exitosamente con otras técnicas radiológicas como lo sería la tomografía computada y la resonancia magnética.

La técnica de fluoroscopia anteriormente descrita evolucionó a través del tiempo al asociarse con los intensificadores de imagen, la cual se introdujo por primera vez como un nuevo método para ver imágenes en vivo a principios de los años 50. Empleaba una pantalla de fluoroscopia que, junto con un intensificador de imágenes, amplificaba la intensidad de los rayos X para producir una imagen más brillante en una pantalla, disminuyendo la dosis de radiación y aumentando los detalles que se pueden visualizar en la estructura a estudiar.

El cambio que experimentó la fluoroscopia implicó muchos avances en las décadas siguientes. Desde el desarrollo de los sistemas de fluoroscopia digital, las imágenes pueden adquirirse y visualizarse digitalmente en lugar de usar películas. Para garantizar la seguridad del operador y del paciente, también se mejoraron los sistemas de control de dosis de radiación.

El médico alemán Albert Salomón avanzó en la investigación sobre las características radiológicas de las lesiones en las mamas, comenzó a usar rayos X para examinar enfermedades mamarias y enfatizó el valor de la detección temprana del cáncer de mama.

Como resultado de la introducción de métodos de imagen de vanguardia como la tomografía y la radiografía de contraste en las décadas de 1940 y 1950, la radiología experimentó un mayor crecimiento. La capacidad de los médicos para diagnosticar a los pacientes con mayor precisión, gracias a la tomografía, les dio acceso a imágenes tridimensionales del cuerpo humano, resaltando órganos y estructuras específicas con técnicas avanzadas que emplean los rayos X, la radiografía de contraste implica inyectar un medio de contraste en el cuerpo, para una mejor visualización de las estructuras internas.

Aunque a Sir Godfrey Hounsfield se le acredita como el inventor de la tomografía, primero debemos hablar sobre el Sr. Johann Radón, un ingeniero alemán que en la década de 1910 sentaría las bases matemáticas para el desarrollo de los principios para la reconstrucción tridimensional con esta técnica. A pesar de que Radón parecía haberse adelantado décadas a su tiempo en lo que respecta al uso de proyecciones angulares para crear imágenes, la tecnología en ese momento le impedía aplicar esto a la medicina.

El primer escáner TC fue creado en 1971 por el ingeniero británico Sir Godfrey Hounsfield, con una sola fuente de rayos X y un solo detector que se movía linealmente a través del paciente, este escáner de TC de primera generación se basó en los cálculos de radón para la reconstrucción de imágenes. Godfrey Hounsfield, ingeniero, comenzó su carrera investigadora en el sello discográfico EMI (Electro Musical Industries) de los Beatles, donde también trabajó en la creación de armas a control remoto. Al reconocer la

naturaleza incierta y riesgosa de la industria de la música, el director de EMI, John Read, le dio rienda suelta a Hounsfield y estableció un fondo de investigación para apoyar sus esfuerzos creativos. Terminó el prototipo EMIMARK 1 (figura 16) de su primer escáner de rayos X o tomógrafo cerebral en 1967 y desde ese momento trabajó sin descanso para mejorarlo. Se descubrió un gran quiste circular en el lóbulo frontal de una mujer adulta que se sometió a una tomografía computarizada en el Hospital Atkinson Morley de Londres en 1971, lo que marcó el comienzo de esta tecnología médica innovadora. El tiempo que se tardó en realizar cada corte o giro en el tubo emisor de radiación fue de 4:55, más 60 segundos adicionales para reconstruir la imagen (Hrescak, 2012, citado en Radimagen, 2022).

### **Figura 16**

*Escáner cerebral EMI CT*



*Nota.* tomado de EMI CT Brain Scanner, de Science Museum Group, 1980,

<https://collection.sciencemuseumgroup.org.uk/objects/co134790/emi-ct-brain-scanner-ct-scanner>

Tiempo después se presentaron mejoras, se pasó de tener detectores de tubo de rayos X utilizados en la primera generación a detectores de estado sólido en TC, en lo que se denominaron de segunda generación. Estos detectores de estado sólido pueden ofrecer una mayor sensibilidad y eficiencia, lo que mejora la calidad de la imagen y reduce la exposición del paciente a la radiación. El tiempo de adquisición y la resolución espacial de los escáneres TC de segunda generación también pueden ser más rápidos.

Los tomógrafos de tercera generación, que usaban una matriz de detectores fijos como un cambio significativo y una fuente de rayos X giratoria para permitir una velocidad de adquisición más rápida y una mayor precisión, se desarrollaron a mediados de la década de 1970. Denominada Excelencia visual.

En la década de los 90, se introdujeron los escáneres TC de cuarta generación (figura 17), que tenían un anillo completo de detectores fijos alrededor del paciente y una fuente de rayos X en el centro. Con esto se consiguieron tiempos de adquisición mucho más cortos, pasando de aproximadamente 10 o 15 minutos por imagen a reducirla a segundos. Este tipo de tomógrafos fueron los preferidos por las unidades médicas por su eficiencia y confiabilidad.

**Figura 17**

*Tomografía de cuarta generación.*



*Nota.* tomado de La tomografía computada: principios e historia de su desarrollo, Grupo CT Scanner, <https://grupoctscanner.com/la-tomografia-computada-principios-e-historia-de-su-desarrollo>

La radiología se benefició del avance de la tecnología digital e informática en las décadas de 1970 y 1980. La tomografía computarizada (TC) se desarrolló para brindar a los profesionales médicos imágenes más precisas y detalladas de todas las estructuras internas del cuerpo y la radiología digital reemplazó la película de rayos X con imágenes digitales.

En la década de 1980 se presentaría al mundo una nueva técnica; esta técnica sería fuera de lo común y conocida, permitiría ver y trabajar el cuerpo humano sin el factor “radiación” y todos los efectos desfavorables que conlleva, se convertiría en una de las formas de diagnóstico médico más eficientes, confiables y significativas.

La resonancia magnética nuclear (RMN) fue descubierta de forma independiente en 1946 por dos físicos estadounidenses, Felix Bloch y Edward Mills Purcell. Este descubrimiento estableció los fundamentos teóricos para el avance de las imágenes por resonancia magnética como método de imágenes médicas. La primera persona que usó la

resonancia magnética para obtener imágenes del cuerpo humano fue Raymond Damadian, un médico e investigador estadounidense, quien teorizó que esta diferencia en las señales podría usarse para crear imágenes de las estructuras internas del cuerpo. Le tomó casi 30 años hacer este gran avance usando una máquina que había creado llamada Indomitabile, Damadian y su equipo crearon la primera resonancia magnética de un cuerpo humano en 1977. En la misma década que Paul Lauterbur, un químico estadounidense, desarrolló la técnica de codificación espacial que permitió obtener imágenes en tres dimensiones, usando esta técnica también mostró en su estudio que había diferencias en las señales de resonancia entre tejidos sanos y cancerosos, sentando las bases para el uso de resonancia en el diagnóstico de cáncer.

Ya en 1980, los avances significativos en la tecnología de resonancia magnética permitieron una mejor calidad de imagen y tiempos de adquisición más rápidos. Los imanes, las bobinas de radiofrecuencia y las secuencias de pulsos que se utilizan en la resonancia magnética han experimentado mejoras, haciendo cada día más ágil esta tecnología.

Hoy en día, la radiología sigue evolucionando y dando pasos agigantados en el pro de brindar mejores y más oportunos diagnósticos. Los médicos, ingenieros y científicos se han adherido y apoyado de descubrimientos y estudios previos para desarrollar e introducir nuevas técnicas de imagen. La tomografía por emisión de positrones (PET) es una de esas nuevas técnicas revolucionarias y que aún hoy en día siguen en crecimiento, este método de imágenes médicas que hace uso de un marcador radiactivo, una sustancia que emite positrones, para visualizar cómo funcionan y metabolizan los órganos y tejidos del cuerpo.

El físico estadounidense Carl D. Anderson hizo el descubrimiento de la aniquilación de los positrones, que son partículas subatómicas cargadas positivamente, en la década de 1930. Anderson descubrió el desarrollo de pistas que se enroscaban en la dirección opuesta a las pistas de partículas cargadas negativamente, como los electrones, durante sus experimentos utilizando una cámara de niebla. El descubrimiento de la aniquilación de positrones marcó un importante punto de inflexión en la física de partículas y ayudó a allanar el camino para el avance de la tomografía por emisión de positrones (PET) en el campo de la medicina.

Las primeras investigaciones en el uso de detectores de positrones en imágenes médicas se realizaron en esta década de los 70. Los estudios clínicos en sujetos humanos comenzaron después del debut de los primeros escáneres PET. Los avances significativos en la tecnología de tomografía por emisión de positrones comenzaron en la década de 1980. Para producir imágenes de mayor calidad y precisión, se crearon detectores más sensibles y se introdujeron nuevas técnicas de reconstrucción de imágenes.



### **Marco legal**

Muchas enfermedades se han derivado de la actividad minera, los accidentes laborales, la pérdida de capacidad laboral e incluso la pérdida de vida, hace que sea una de las actividades económicas más riesgosas y que debería ser de las más vigiladas por los departamentos de seguridad y salud en el trabajo.

En 1979 la Ley 9 le da vida al Ministerio de Salud y Protección Social como el organismo encargado de formular y ejecutar las políticas en materia de salud en Colombia, cinco años después ya el formado Ministerio del Trabajo y Protección Social con el Decreto 614 sienta las bases para la organización y administración de la salud ocupacional en el país, consiguiente a esto el Min Trabajo siguió buscando formalizar todo aquello que necesitaban los trabajadores de zonas relacionadas con minería y trabajos subterráneos, es así, como en 1987 con el Decreto 1335 se ha establecido el reglamento de seguridad para labores subterráneas.

El Ministerio del Trabajo en Colombia establece con la Resolución 6398 de 1991 el programa de Salud Ocupacional en el país. Esta resolución tiene como objetivo promover y regular la implementación de programas de salud ocupacional en las empresas, con el fin de proteger la salud y garantizar la seguridad de los trabajadores.

A continuación, algunas definiciones respecto a la salud:

*Definición de salud ocupacional:* establece que la salud ocupacional es una disciplina que busca promover y mantener el más alto grado de bienestar físico, mental y social de los trabajadores en todas las ocupaciones, prevenir los riesgos laborales, mejorar las condiciones de trabajo y adaptar el trabajo a las capacidades de los trabajadores.

*Obligaciones de los empleadores:* establece que los empleadores tienen la responsabilidad de implementar programas de salud ocupacional en sus empresas, los cuales deben incluir actividades de prevención, promoción, diagnóstico, tratamiento y rehabilitación en materia de salud ocupacional.

*Programas de Salud Ocupacional:* establece que los programas de salud ocupacional deben ser elaborados de acuerdo a las características de cada empresa y sus trabajadores, las cuales, deben contemplar actividades de prevención de riesgos laborales, promoción de la salud, vigilancia epidemiológica, capacitación y adiestramiento, entre otros aspectos.

Ya en 2007 el Ministerio de Protección Social bajo la resolución 2844 establece la guía de atención integral de salud ocupacional para neumoconiosis (silicosis), uno de los documentos adoptados mediante esta norma es la Gatiso-Asma (Guía de Atención Integral de Salud Ocupacional Basada en la Evidencia para Asma Ocupacional). Con el decreto 1886 del año 2015, se actualizó el reglamento de seguridad en las labores subterráneas ya establecido en el año 87, este decreto prohíbe el trabajo a menores de 18 años en minas de cielo abierto y subterráneas y mujeres en estado de embarazo deben ser reubicadas en los periodos de gestación y lactancia.

La ley 417 de 1994 establece que toda entidad administradora de riesgos profesionales está obligada a realizar actividades de prevención de accidentes de trabajo y de enfermedades profesionales en las empresas afiliadas. Para este efecto, deberá contar con una organización idónea, estable, propia o contratada.

**Tabla 3***Lineamiento normativo de la minería en Colombia*

<b>Autor</b>	<b>Año</b>	<b>Ente</b>	<b>Radicado</b>	<b>Norma</b>
Congreso de la república	1979	Código sanitario nacional	Ley 9 <sup>a</sup> Resolución 2400	Se dictan medidas sanitarias a nivel nacional, se reglamenta sobre agentes físicos, químicos y biológicos
Presidente de la República	1984	Ministerio de salud	Decreto 614	Da las bases para la organización y administración en salud ocupacional
Presidencia de la República	1987	Ministerio de trabajo	Decreto 1335	La cual expide el reglamento de seguridad en las labores subterráneas
Presidencia de la República	1989	Ministerio de trabajo y seguridad social	Resolución 1016, art. 4 y 10	Por la cual se fundamentan la organización, fundamento y forma de los programas de salud ocupacional que deben desarrollar los patronos o empleadores en el país
Presidencia de la República	1991	Ministerio de trabajo y seguridad social	Resolución 6398, pág. 36 de 117	todo empleador está obligado a practicar exámenes médicos ocupacionales de ingreso con el fin de conocer sus aptitudes físicas y mentales, Pág. 36 de 117
El presidente de la República	1993	Ministerio de trabajo y seguridad social	Decreto 2222	El presidente de la República de Colombia: Por la cual se expide el Reglamento de higiene y seguridad en las labores del cielo abierto

presidente de la República	1994	Ministerio de trabajo y seguridad social	Decreto 35, Decreto 1832	Por la cual se dictan unas disposiciones en materia de seguridad minera. Se adopta tabla de enfermedades profesionales, se incluye la silicosis como una de las 42 patologías identificadas como enfermedad ocupacional y se define la silicosis como enfermedad producida por manipulación de agentes químicos y polvo
Congreso de la República	2001	Ministerio de trabajo y seguridad social	Ley 685	Expide el código de minas y dicta otras disposiciones, establece como obligación dar cabal cumplimiento a las obligaciones de carácter legal
Precedencia de la República	2007	Ministerio de protección social	Resolución 2844	Se adopta la guía de atención integral de salud ocupacional para neumoconiosis (silicosis), uno de los documentos adoptados mediante esta norma es la Gatiso.
Presidencia de la República	2008	Ministerio de protección social	Resolución 01458	Se conformó la Comisión Nacional de Salud Ocupacional del Asbesto, Crisotilo y otras fibras.
Presidencia de la República	2011	Ministerio de protección social	Resolución 00000007	Se adopta el reglamento de higiene y seguridad de crisólito y otras fibras de uso familiar
Congreso de Colombia	2012	Ministerio de protección social	Ley 1562	Por la cual se modifica el sistema de riesgos laborales y se dicta otras disposiciones en materia de salud ocupacional

Presidente de la República	2014	Ministerio de trabajo	Ley 1443, Decreto 1447	Se dictan disposiciones para implementación de SST, Se actualiza la tabla de enfermedades laborales
Presidente de la República	2015	Ministerio de protección social	Decreto 1886	Actualiza el reglamento de seguridad en las labores mineras subterráneas del decreto 1335 del 1987
Presidencia de la República	2021	Ministerio de protección social	Ley 417	El numeral 17 del artículo 2 de la ley 417, que el artículo 59 del decreto de ley 1295 de 1994, establece que todas las empresas están obligadas a adoptar y poner en práctica medidas especiales de prevención
Congreso de Colombia	2022	Ministerio de protección social	Resolución 2467	1 de julio de 2022, resolución 2467, por la cual se adopta el reglamento de higiene y seguridad para la prevención y el control del riesgo por exposición a sílice cristalina respirable.

*Nota.* tomado de la página web del Ministerio de Protección Social, legislación colombiana en el área de seguridad y salud en el trabajo. <https://www.mintrabajo.gov.co>

### **Instrumento Tipo Encuesta**

El instrumento básico utilizado en la investigación por encuesta es el cuestionario, que podemos definir como el “documento que recoge de forma organizada los indicadores de las variables implicadas en el objetivo de la encuesta”. Casas Anguita, Repullo Labrador y Donado Campos (2003, p. 530). De esta definición podemos concluir que la palabra encuesta se utiliza para denominar a todo el proceso que se lleva a cabo, mientras la palabra cuestionario quedaría restringida al formulario que contiene las preguntas que son dirigidas a los sujetos objeto de estudio.

Las encuestas ayudan a obtener información específica de grupos de personas, como sus clientes, empleados, usuarios o pacientes. Es difícil confiar en las respuestas u opiniones de un individuo, pero preguntar a un gran grupo de personas puede hacer que las respuestas sean más claras y de aplicación más general. Las encuestas deben crearse y distribuirse de manera cualitativa para que las respuestas sean confiables.

Una encuesta es un método de investigación que recopila información, datos y comentarios a través de una serie de preguntas específicas, la mayoría de las investigaciones se llevan a cabo con el objetivo de hacer suposiciones sobre una población, un grupo de referencia o una muestra representativa; las encuestas permiten el análisis, la interpretación y la sinapsis que ayudan a informar para la toma de decisiones, generar estrategias y acciones específicas.

Usar el instrumento tipo encuesta nos permite obtener una muestra representativa de un determinado grupo de personas de nuestro interés. Esto significa que se puede obtener información de una amplia variedad de personas, esto da como resultado una comprensión más completa y precisa del estado de salud de la población, lo que permite una amplia

cobertura. Las encuestas pueden cubrir una gran cantidad de individuos en diferentes lugares y con diferentes experiencias. Esto es especialmente importante en el campo de la salud, que requiere la recopilación de información sobre diversas condiciones, hábitos de salud y factores de riesgo en grandes grupos poblacionales.

Este recurso permite a los miembros responder de forma confidencial y anónima, lo que los alienta a ser más honestos y directos en sus respuestas, los participantes se sienten más cómodos compartiendo información personal y confidencial si se perciben seguros. También se debe tener en cuenta que la eficiencia, el bajo costo del diseño y la implementación de la encuesta la convierten en una de las mejores formas de recopilación de datos en comparación con otros métodos de investigación, como las entrevistas cara a cara o el análisis de registros médicos. Además, las encuestas en línea o telefónicas pueden reducir aún más los costos y aumentar la eficiencia.

## **Tipos de Encuesta de Salud**

Los tipos de encuesta de salud pueden variar dependiendo del objetivo de la investigación, pero algunos ejemplos incluyen encuestas de satisfacción del paciente, encuestas epidemiológicas, encuestas de evaluación de necesidades de la comunidad y encuestas de comportamiento relacionado con la salud.

### *La Encuesta Nacional de Salud (ENS 2006)*

La Encuesta Nacional de Salud 2006 (ENS-2006) examinó la capacidad para analizar la salud de la población desde una perspectiva de género e identificar las desigualdades de género en salud y se compara con la ENS-2003, la cual consideró los determinantes de normas y valores sociales, organizadores de estructuras sociales y la disponibilidad de recursos y poder.

La ENS-2006 introduce suficientes cambios como para confirmar que es una mejora significativa desde la perspectiva de género. La investigación futura debería reexaminar los problemas del tiempo de trabajo remunerado y reproductivo, que son relevantes para caracterizar la división del trabajo por género y la doble carga. Una futura actualización de la ENS también supondrá la recogida de información sobre permisos de maternidad, paternidad y parentales. Los retrasos de los pacientes en la atención médica están bien documentados, pero aún queda por preguntar sobre los retrasos del sistema de atención médica.

Este estudio es una investigación estadística a nivel estatal, diseñada con la finalidad de obtener datos sobre el estado de la salud, utilización de servicios sanitarios, prevención y factores de riesgo de las personas. La trascendencia de estos objetivos y las



características del servicio público de la ENS-2006, pone sobre la mesa su importante y valiosa colaboración de una población ávida en un análisis poblacional.

#### *Técnica de encuesta Barcelona 2006*

Las encuestas de salud mediante entrevistas son herramientas útiles para obtener información sobre fenómenos subjetivos relacionados con la salud de la población. La Encuesta de Salud de Barcelona proporciona información sobre la percepción de salud, morbilidad, calidad de vida, salud mental, lesiones no intencionadas, limitaciones de la actividad y discapacidad física en general. También permite recopilar información sobre estilos de vida relacionados con la salud como el tabaquismo, el consumo de alcohol, el uso de drogas, la actividad física y la alimentación en menores de edad. Las encuestas de salud, por su parte, incluyen información sobre el uso de los servicios de salud como la atención primaria, especializada y hospitalaria o la implementación de medidas preventivas. A su vez, es de utilidad para identificar aspectos y opiniones relacionados con la satisfacción en los servicios de salud, las redes sociales, el medio ambiente, el ambiente laboral y otros aspectos socioeconómicos que son importantes en la salud y la calidad de vida de las personas.

Una de las principales ventajas de las encuestas de salud es brindar información sobre toda la población, incluidos aquellos que rara vez utilizan los servicios de salud. Así, proporcionan información adicional sobre diversos aspectos de la población que no están disponibles a través de los sistemas tradicionales de información en salud, tales como estadísticas de mortalidad, enfermedades de declaración obligatoria, registros de los centros de salud, entre otros.

La Encuesta de Salud de Barcelona 2006 es la quinta encuesta de salud impulsada por la Agencia de Salud Pública de Barcelona, según Rodríguez Sanz y Borrell (2006).

### *El Método Sampieri*

Se basa en la metodología de la investigación planteada en el libro “Metodología de la investigación” de Roberto Hernández Sampieri, Carlos Fernández Corrado y Pilar Baptista Lucio. Esta es ampliamente usada en la academia y proporciona una guía completa para la investigación científica en diversas disciplinas. Este método se centra en un enfoque de investigación sistemático y estructurado que brinda orientación y asesoramiento en todas las etapas del proceso, desde la formulación de preguntas hasta el análisis de datos y la presentación de resultados. Algunos elementos claves del método Sampieri son el planteamiento del problema, el diseño de la investigación, recopilación de datos, análisis e interpretación de resultados. Este se ha convertido en una referencia clave para muchos investigadores y estudiantes, ya que proporciona una estructura sólida y detallada para llevar a cabo investigaciones científicas de alta calidad.

La investigación científica se concibe como un conjunto de procesos sistemáticos y empíricos que se aplican al estudio de un fenómeno, es dinámica, cambiante y evolutiva. Se puede manifestar de tres formas: cuantitativa, cualitativa y mixta. Esta última implica combinar las dos primeras. Cada una es importante, valiosa y respetable por igual.

Por sus características cuantitativas y cualitativas, el método Sampieri se ajusta de manera adecuada a las necesidades específicas del problema planteado en este proyecto, cumpliendo con los requerimientos de esta al realizar una encuesta clara, centrada a una

población definida la cual será afectada con un resultado científico que ayudará a informar sobre la patología de estudio y aclarar dudas sobre dicha enfermedad.

## La entrevista

Es un proceso de tipo comunicativo en el que una persona (el entrevistador) le hace a otra persona (el entrevistado) una serie de preguntas para obtener información relevante o de interés. Las entrevistas pueden servir para una variedad de propósitos, como recopilar información de investigación, seleccionar candidatos para un trabajo, recopilar opiniones, preparar noticias y más. Existen diferentes tipos de entrevistas clasificadas según su propósito y estructura.

*Entrevistas de trabajo:* los empleadores las utilizan para evaluar a los candidatos y determinar si cumplen con los requisitos y las habilidades requeridas para un puesto en particular.

*Entrevista de prensa:* el propósito es obtener información sobre un tema específico, recabar opiniones o testimonios de expertos, celebridades o personas involucradas en el hecho o situación.

*Entrevista de investigación:* realizada en un campo académico o científico para recopilar datos e información para un estudio o investigación específicos.

*Entrevistas personales:* se usan en medios como revistas o programas de televisión para conocer la vida, las experiencias y las opiniones de personas conocidas en su campo (como artistas, escritores, atletas, etc.).

*Entrevista de evaluación psicológica:* se utiliza en psicología y recursos humanos para evaluar las características psicológicas, habilidades, tendencias y personalidad de una persona.

*Entrevistas Clínicas:* son empleadas en el ámbito sanitario donde los profesionales sanitarios entrevistan a los pacientes para obtener información relevante sobre su historial médico, síntomas, sentimientos y otros aspectos relacionados con su salud. Lo anterior, según el autor Seidman (2006).

Las características de este proyecto, su finalidad, el rango de información que se desea recopilar y los profesionales a los cuales se les va a efectuar este recurso, se considera que las entrevistas clínicas y de investigación se acomodan perfectamente a las necesidades de este proyecto, su orientación científica y propósito específico las convierten en las opciones más idóneas para desarrollar a plenitud esta investigación.

## Proyección de la entrevista

Antes de comenzar a planificar la conversación, es importante comprender claramente cuál es el propósito de esta, pensando en estos interrogantes, ¿qué información le gustaría recibir?, ¿cuál es el objetivo principal de la entrevista?, esto ayudará a determinar el enfoque y las preguntas correctos. También identificar previamente a quién o quiénes serán entrevistados y quién o quiénes serán los entrevistadores. Si se trata de una entrevista con un experto, asegúrese de investigar sus antecedentes y experiencia para obtener el contexto adecuado.

Durante la entrevista, el entrevistador se sienta frente al entrevistado y ambos están listos para comenzar a hablar, el ambiente debe ser relajado y propicio para presentaciones informativas. Se comienza con una cálida bienvenida, se presenta al entrevistado, enfatizando su experiencia y conocimiento del tema en discusión, como primer paso el entrevistador determina el propósito de la entrevista, que es explorar y profundizar el tema elegido. Ya, durante la entrevista, el entrevistador hace preguntas estructuradas y apropiadas sobre el tema específico, esperando que las respuestas del encuestado sean claras y bien informativas, donde el entrevistado comparte experiencias y brinda información valiosa. La conversación debe fluir de forma natural, dando lugar a intercambios interesantes y con base en las respuestas dadas por el encuestado, el entrevistador hace preguntas de seguimiento para investigar más ampliamente el tema y permitir que el encuestado desarrolle sus propios pensamientos y creencias.

Entrevistador y entrevistado mantienen una comunicación espontánea, respetuosa y dinámica, esto crea un equilibrio entre preguntas abiertas, que permiten respuestas detalladas, reflexivas y preguntas cerradas, que brindan respuestas más precisas y

específicas. Durante la entrevista se discuten varios aspectos relacionados con el tema y se exploran diferentes perspectivas y enfoques, con los importantes ejemplos y casos que comparte el entrevistado se genera un enriquecimiento en la conversación por su experiencia adquirida en práctica.

El entrevistador muestra un interés genuino en las respuestas del entrevistado, asintiendo y haciendo preguntas de seguimiento para desarrollar más los puntos, esto ayudará a generar una atmósfera de confianza que aliente al entrevistado a responder con honestidad y sinceridad. Al final de la entrevista, el entrevistador hará algunas preguntas para llegar a una conclusión satisfactoria y entrando al cierre de la entrevista, el entrevistado tiene la oportunidad de agregar comentarios finales o reflexiones adicionales sobre el tema.

Finalmente, el entrevistador agradece al entrevistado por participar y compartir conocimientos. Ambos quedando satisfechos con la entrevista y el intercambio de información y opiniones. Según los autores Fontana y Frey (2005).

El guion de entrevista es un documento que define la estructura y la serie de preguntas para una entrevista organizada. La introducción es la primera parte de este, se basa en presentar al entrevistador y al entrevistado se debe incluir un saludo y agradecimiento introductorio, se continúa con el desarrollo, esta parte del guion contiene las preguntas que se harán durante la entrevista. El entrevistador debe investigar el tema y preparar preguntas relacionadas en una secuencia lógica para profundizar en el tema y obtener información interesante del entrevistado, y ya, para finalizar la entrevista se habla en forma de conclusión con algunas preguntas y respuestas para completar la entrevista correctamente. El encuestado tiene la opción de agregar un comentario final y despedirse.

## **Tipos de pregunta**

*Preguntas abiertas:* Estas preguntas permiten respuestas más amplias y detalladas. Son ideales para obtener información completa y fomentar una conversación más extensa.

*Preguntas cerradas:* Estas preguntas tienen respuestas limitadas y suelen requerir una respuesta corta y específica. Son útiles para obtener información concreta y verificar hechos.

*Preguntas de opción múltiple:* estas preguntas presentan al entrevistado una serie de opciones predefinidas entre las cuales debe elegir. Son útiles para obtener preferencias u opiniones específicas.

*Preguntas situacionales:* estas preguntas plantean situaciones hipotéticas para evaluar cómo el entrevistado responderá en determinadas circunstancias. Son útiles para evaluar habilidades y capacidades de resolución de problemas.

*Preguntas conductuales:* estas preguntas se basan en experiencias pasadas del entrevistado para predecir su comportamiento futuro. Solicitan ejemplos específicos de situaciones previas y cómo se manejaron.

*Preguntas de conocimientos técnicos:* estas preguntas evalúan el conocimiento y la competencia técnica del entrevistado en un área específica relacionada con el trabajo.

*Preguntas de valores y motivación:* estas preguntas exploran los valores, creencias y motivaciones del entrevistado para determinar si encaja con la cultura y los objetivos de la empresa. Según el autor Seidman (2006).



## **Guion Neumólogo**

### *Introducción*

Entrevistador: ¡Buenos días! Hoy tenemos el honor de tener con nosotros al Dr. [Nombre del médico], un destacado neumólogo especializado en enfermedades respiratorias. El tema que abordaremos hoy es la silicosis, una enfermedad relacionada con la exposición a la sílice. ¡Bienvenido, Dr. [Apellido del médico]!

Dr. [Apellido del médico]: Respuesta

Entrevistador: Antes de adentrarnos en la silicosis, ¿podría explicarnos brevemente qué es la sílice y cómo puede afectar a la salud?

Dr. (Apellido del médico): Respuesta

### *Desarrollo:*

Entrevistador: Dr. (Apellido del médico). Pero primero, ¿podría definirnos qué es la silicosis y qué la causa?

Dr. (Apellido del médico): Respuesta

Entrevistador: ¿Cuáles son los principales factores de riesgo para desarrollar silicosis?

Dr. (Apellido del médico): Respuesta

Entrevistador: ¿Cuáles son los síntomas más comunes de la silicosis y cómo se diagnostica?

Dr. (Apellido del médico): Respuesta

Entrevistador: ¿Cuáles son las principales técnicas radiológicas que usted evalúa para diagnosticar silicosis?

Dr. (Apellido del médico): Respuesta

Entrevistador: ¿Qué características imagenológicas, espera encontrar en estas imágenes cuando sospecha de que un paciente padece o ya tiene la enfermedad?

Dr. (Apellido del médico):

Entrevistador: ¿Con qué criterios podríamos clasificar la gravedad de la silicosis con base en los hallazgos clínicos y radiológicos?

Dr. (Apellido del médico):

Entrevistador: Sabiendo que la silicosis se puede dividir entre aguda o crónica ¿Cuáles podrían ser las diferencias más significativas entre una y la otra según las imágenes radiológicas?

Dr. (Apellido del médico):

Entrevistador: ¿Qué papel entra a jugar la radiología para la detección de enfermedades como tuberculosis o la fibrosis pulmonar progresiva como complicación asociada a la silicosis?

Dr. (Apellido del médico): Respuesta

Entrevistador: ¿A futuro que ve usted venir a nivel imagenológico para el diagnóstico de esta enfermedad?

Dr. (Apellido del médico):

Entrevistador: ¿Existe algún tratamiento para la silicosis? ¿Cómo se aborda la enfermedad?

Dr. (Apellido del médico):

Entrevistador:

*Conclusión:*

Entrevistador: Dr. (Apellido del médico) para concluir ¿qué consejos o medidas preventivas recomendaría para proteger a los trabajadores de las industrias de alto riesgo como la minería?

(Dr... en etapas tempranas de la silicosis es posible que se diagnostique otra enfermedad por su similitud en sus síntomas y signos radiológicos)

Dr. (Apellido del médico): Respuesta

Entrevistador: Muchas gracias, Dr. (Apellido del médico), por compartir su conocimiento y experiencia sobre la silicosis. Ha sido una entrevista muy enriquecedora.

## **Metodología**

### **Enfoque de investigación**

Se realizará un análisis investigativo cualitativo o mixto, también, una búsqueda de datos de la silicosis en Colombia, en la que se reflexiona el conocimiento de los datos bibliográficos existentes de esta patología y nos centraremos a un grupo de personas que están expuestas en su trabajo a esta enfermedad silenciosa, a los que pretendemos alcanzar de manera indirecta con unos resultados específicos en nuestra investigación.

### **Alcance y diseño de investigación**

Se investigará de manera descriptiva en la población específica (Marmato, Caldas), ya que dicha población históricamente cuenta con la minería como actividad económica principal, sus pobladores están expuestos al polvo de la sílice, acercándonos por medio de datos estadísticos existentes y con acompañamiento de la entidad de salud municipal de la población realizaremos un formulario tipo encuesta para obtener datos fiables sobre las condiciones laborales, los elementos de protección personal y posibles síntomas

### **Población y muestra**

*Población:* se investigará a un grupo de personas mediante análisis de datos existentes partiendo de información brindada por bases de datos en la web, información de entrevistas y observación de grupos focales afectados por la silicosis.

*Encuesta:* datos sobre la salud laboral.

*Entrevista:* datos existentes en la población y datos tomados a un número de personas de la población en cuestión (140 personas).

*Observación:* se investigarán datos demográficos existentes, datos sanitarios a los que podamos acceder.

*Grupo focal:* el interés está en personas que actualmente trabajan en minería de socavón en Marmato, Caldas, o que fueron trabajadores de esta actividad económica y que podamos investigar directa o indirectamente.

### **Análisis de resultados**

*Estudio transversal:* gracias a estos resultados se espera realizar la compilación de una cartilla informativa en la que se ayude al trabajador de minería en socavón para extraer oro con la prevención de la silicosis, ayudaremos a obtener un diagnóstico temprano para que el trabajador minero, ya sea empleado por una compañía extractora del mineral o bien sea una persona oriunda del municipio trabajador nativo artesanal, pueda llevar un estilo de vida saludable y continuar ejerciendo la actividad laboral.

*Entregable:* cartilla informativa tipo brochure con información acerca de signos y síntomas, cuidados y recomendaciones para la prevención y cuidado del polvo de sílice.

## Consideraciones Éticas

De acuerdo con los principios establecidos en el Reporte Belmont, Principios y guías éticos para la protección de los sujetos humanos de investigación y en la Resolución 8430 de octubre 4 de 1993 y debido a que esta investigación se consideró como categoría de investigación sin riesgo y en cumplimiento con los aspectos mencionados con el Artículo 6 de la presente resolución, este estudio se desarrollará conforme a los siguientes criterios:

Que al tenerse en cuenta la *investigación sin riesgo* como categoría principal de este proyecto y que bajo el artículo 11 de la presente resolución considerado como criterio axiológico e identificando como:

Estudios que emplean técnicas y métodos de investigación documental, retrospectivos y aquellos en los que no se realiza ninguna intervención o modificación intencionada de las variables biológicas, fisiológicas, psicológicas o sociales de los individuos que participan en el estudio, entre los que se consideran: revisión de historias clínicas, entrevistas, cuestionarios y otros en los que no se le identifique ni se traten aspectos sensitivos de su conducta (Ministerio de Salud, 1993, p. 3).

A saber, el presente estudio *Características y signos imagenológico de la Silicosis, en la Minería Aurífera de Socavón, en el municipio de Marmato (Caldas) durante el último quinquenio*, tendrá como instrumento de recolección de datos una encuesta exploratoria.

Según el párrafo primero del artículo 16 de la presente resolución en el que se indica que:

En el caso de investigaciones con riesgo mínimo, el Comité de Ética en Investigación de la institución investigadora, por razones justificadas, podrá autorizar que el Consentimiento Informado se obtenga sin formularse por escrito y por la cual se establecen las normas científicas, técnicas y administrativas para la investigación en salud tratándose de investigaciones sin riesgo, podrá dispensar al investigador de la obtención del mismo (Ministerio de Salud, 1993, pp. 5-6).

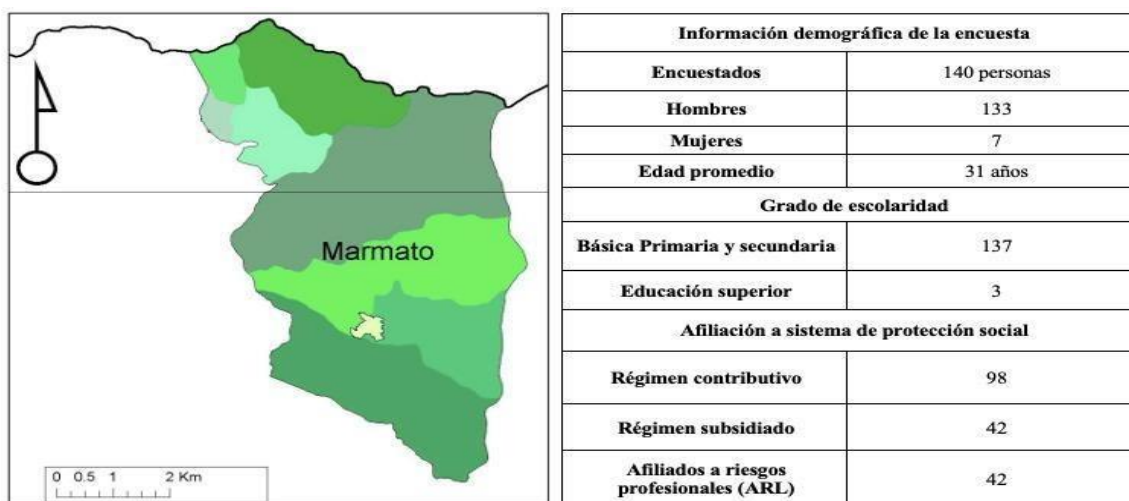
De acuerdo con lo mencionado anteriormente, el proyecto no requiere el uso del Consentimiento Informado por escrito.

## Análisis

La silicosis, una enfermedad pulmonar devastadora, ha sido un tema de preocupación en el ámbito médico, diagnóstico y de la salud pública originada por la exposición prolongada a partículas de sílice cristalina, esta enfermedad afecta principalmente a los trabajadores dedicados a la extracción de minerales, es por esto que nuestro trabajo se ha centrado en la población minera de socavón en el municipio de Marmato, Caldas, de la cual realizamos un estudio de campo en el que podemos demostrar los siguientes hallazgos.

### Figura 18

*Mapa de Marmato*



*Nota.* Elaboración propia.

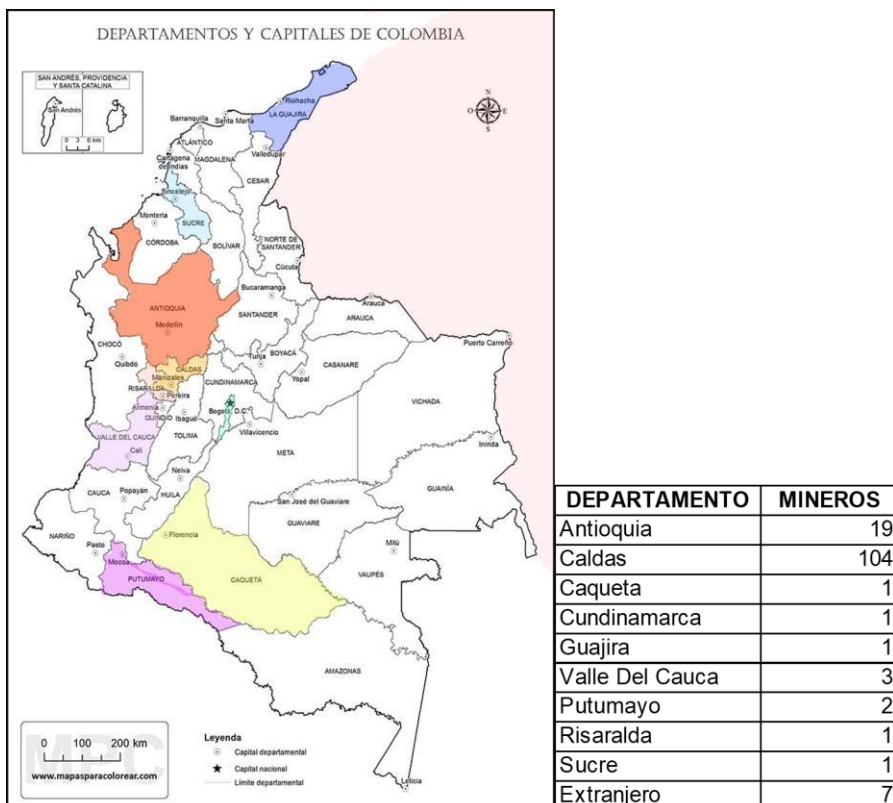
Se llevó a cabo una encuesta en el municipio de Marmato en el departamento de Caldas, en la que participaron 140 personas provenientes de diferentes departamentos del país y extranjeros que encontraron en la minería de socavón una actividad laboral y



económica en diferentes minas del sector, la encuesta mostró un rango de edad que oscila desde los 18 a los 59 años, con una media de 34. Los resultados arrojaron información valiosa sobre la salud y seguridad de los trabajadores en esta industria crítica.

**Figura 19**

*Mapa de Colombia*



*Nota.* Elaboración propia.

Históricamente, la minería de socavón ha sido una actividad realizada por el género masculino para la extracción del mineral hasta poder comercializarlo en el mercado como oro en joyas, gracias a este trabajo de campo podemos confirmar esta estadística que se ha presentado desde la minería colonial o antes. Si bien se considera que esta actividad podría ser netamente masculina por la necesidad de fuerza física, encontramos una pequeña cantidad, no más del 5% de mujeres haciendo parte de este oficio, pero que su contribución

en actividades administrativas o logísticas en la boca mina y es posible que nunca ingresen a la mina.

## Figura 20

*¿Cuánto tiempo ha trabajado en la industria minera?*



*Nota.* Gráfica propia correspondiente a encuesta mineros en Marmato.

Según la información arrojada por la encuesta el promedio de tiempo laborado en la mina es de 5 a 10 años, después de este tiempo el minero busca independizarse buscando otras actividades que si bien están relacionadas con la minería no requieren tanto esfuerzo físico como lo es la compra de material particulado para hacer lo que ellos denominan barequeo y así sustraer oro, en cambio, unos pocos logran establecer su propio negocio como lo es un molino para triturado de material o establecimientos para compra y venta de oro.

En muchas regiones, especialmente en áreas rurales o remotas, la minería puede ser una de las principales fuentes de empleo disponible. Esto atrae a personas en busca de oportunidades laborales estables y bien remuneradas y en particular la extracción de

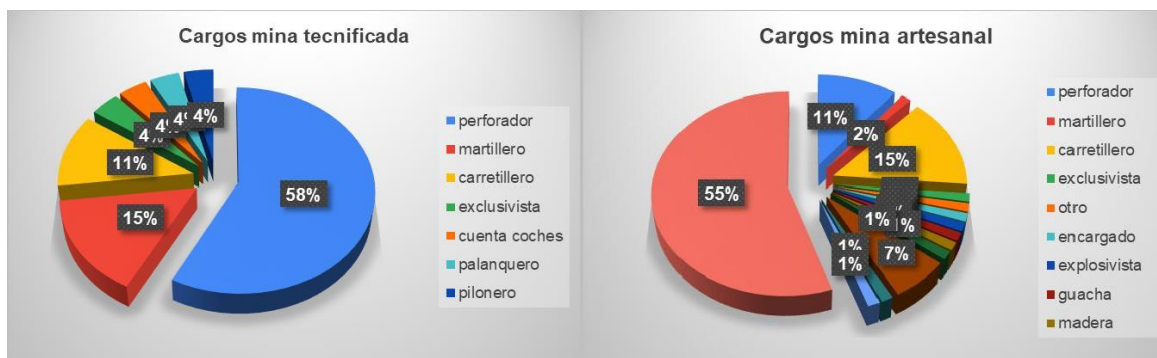
minerales valiosos como el oro, el diamante o el petróleo, a menudo ofrece salarios relativamente altos en comparación con otras ocupaciones disponibles en la misma región.

En algunas áreas, las opciones de empleo pueden ser limitadas. La falta de acceso a la educación formal o la falta de oportunidades en otros sectores puede llevar a las personas a buscar empleo en la minería como una de las pocas alternativas viables.

Cabe resaltar que los motivos para realizar esta actividad pueden variar, pero a la hora de preguntar a los encuestados sobre cuál es su motivación para dedicarse a este oficio, tres respuestas sobresalieron con valores de más del 23% siendo las pocas oportunidades laborales de la región, la tradición familiar y con más del 26% el sustento familiar, mostraron la situación real por la cual atraviesan las personas en este municipio y sitios aledaños, tomando la decisión de trabajar en este oficio.

**Figura 21**

*¿Qué cargo tiene usted en la mina?*



*Nota.* Gráfica propia correspondiente a encuesta mineros en Marmato.

En la necesidad de conocer un poco sobre los procesos dentro y fuera de las minas, formulamos esta pregunta “¿Cuál es su cargo o posición actual en la mina?”, a los diferentes mineros que participaron, entre ellos había algunos que podían hacer parte de una mina legal o también denominada tecnificada, entre los demás se recopiló información

sobre minería artesanal o también mal llamada ilegal, esto con el fin de evidenciar las labores propias de cada uno de ellos, al cuantificar las respuestas se evidencia que trabajar de manera artesanal no te da un cargo o un puesto fijo, haciendo que se trabaje en diferentes ámbitos dentro como fuera del socavón aumentando significativamente el riesgo de sufrir de algún tipo de enfermedad, incidente o accidente debido a la falta de capacitación en un solo cargo.

## Figura 22

*Fotos mineros Marmato*



*Nota.* Foto propia, tomada en bocamina la Billonza, Marmato, Caldas.

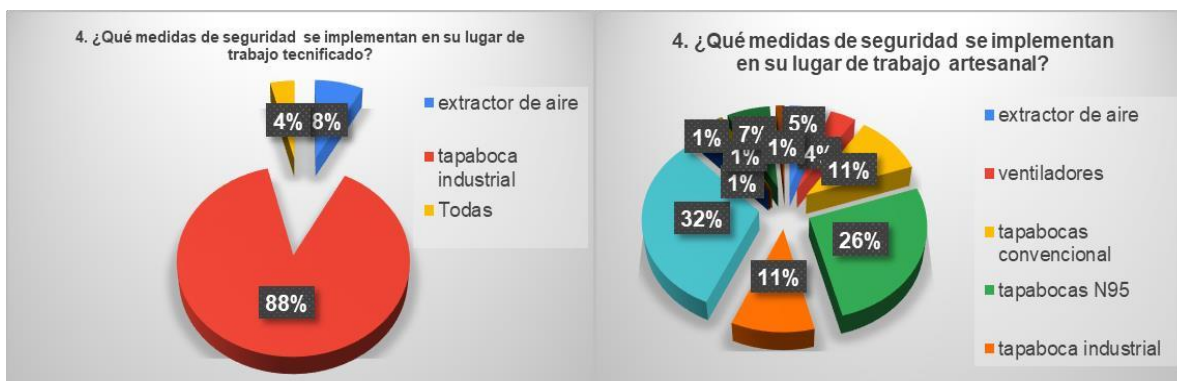
La eficiencia es otro punto de contraste, en la mina artesanal puede ser ineficiente en términos de producción y recursos. El trabajo manual limita la cantidad de mineral que se puede extraer y las operaciones son más propensas a interrupciones debido a problemas técnicos. En la mina tecnificada, la eficiencia es el objetivo principal, las máquinas en conjunto con los mineros y operarios con cargos bien establecidos operan de manera

conjunta, constante y rápida, permitiendo un mayor rendimiento y un menor desperdicio de recursos, esto se puede notar en la asignación de labores y por ende la capacitación para desempeñar dichos cargos como se puede observar en la gráfica 3.

La mina artesanal y la mina tecnificada son dos caras de una misma moneda. Ambas tienen un papel en la extracción de minerales, pero difieren radicalmente en términos de seguridad, eficiencia, impacto ambiental y cumplimiento normativo. Mientras que la primera a menudo representa tradición y lucha por la supervivencia, la segunda busca modernidad y rentabilidad. La elección entre estas dos realidades tiene profundas implicaciones para los trabajadores, las comunidades y el medio ambiente que las rodea.

### Figura 23

*¿Qué medida de seguridad se implementan en su lugar de trabajo?*



*Nota.* Gráfica propia correspondiente a encuesta mineros en Marmato.

Los mineros al momento del ingreso a la mina para cumplir con sus respectivas actividades necesitan elementos de protección personal tales como extractor de aire, ventiladores, tapabocas convencional, tapabocas N95, tapaboca industrial, respirador industrial con filtro intercambiable, careta, casco y guantes, entre otros.

Cada uno de estos elementos cumple una función específica para proteger a los trabajadores de los riesgos presentes en esta actividad económica, las lesiones musculares por caídas, el aplastamiento, los golpes con elementos sueltos dentro de los socavones, el riesgo químico y biológico es latente, estas condiciones hacen que la minería esté clasificada como una de las actividades laborales más peligrosas alrededor del mundo (Varona-Uribe, 2016).

Pero este riesgo aumenta más cuando se labora de manera ilegal o artesanal, al realizar la encuesta pudimos observar la gran diferencia que existe entre un lugar con áreas encargadas de la seguridad y salud en el trabajo con aquella que no cumple dichos estándares, la minería artesanal no brinda los elementos de protección, ya que en este tipo de minería no se cuenta con un área encargada de suministrar dichos elementos, por ende se vuelve necesidad de cada uno de los mineros adquirir sus propios elementos y así cuidar de su salud, el uso y requerimientos de los mismos se vuelve algo de poca importancia para estas personas, a diferencia, de los datos recopilados en la mina tecnificada, demuestra que al contar con el área encargada de brindar dichos elementos, donde cada uno de los trabajadores debe cumplir con el uso y el cuidado de los mismos, esto se refleja en el casi 90% de los encuestados que afirman usar dichos elementos.

**Figura 24**

*Ingeniero con elementos de protección personal.*

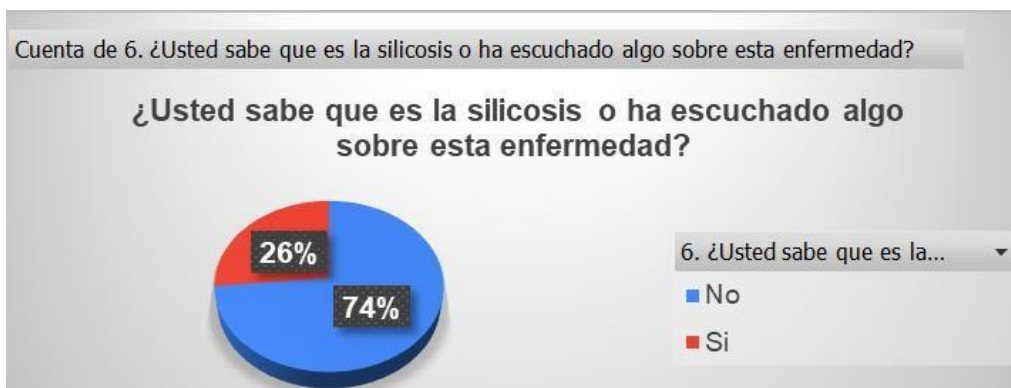


*Nota.* Autoría propia.

Con gran preocupación notamos que el 7% del personal no utiliza ningún tipo de protección a la hora de realizar su labor en la mina artesanal, debido a los pocos recursos que se manejan en esta y a las pocas medidas de seguridad que se implantan en contraste con la tecnificada.

**Figura 25**

*¿Usted sabe que es la silicosis o ha escuchado algo sobre esta enfermedad?*



Nota: gráfica propia correspondiente a encuesta mineros en Marmato.

De los 140 mineros encuestados, 103 que representan aproximadamente el 73.6%, afirman no saber nada sobre la silicosis. Esto sugiere una falta significativa de conocimiento sobre una enfermedad que puede ser una amenaza grave para su salud dentro de la población minera, esto tiene implicaciones negativas, ya que limita la capacidad de las personas para comprender y abordar adecuadamente su labor.

Aunque Marmato es un pueblo minero por excelencia, solo un puñado de personas que se dedican a esta actividad tienen conocimientos básicos de esta enfermedad. Esto se debe a que solo conocen de ella por el voz a voz de algún compañero o familiar que la ha escuchado o la padece. Sin embargo, es alarmante notar que no tengan un conocimiento más notorio si es una enfermedad tan latente en este tipo de actividad.

Solo 37 mineros, alrededor del 26.4%, dicen saber algo sobre la silicosis. Aunque este grupo representa una minoría, es alentador ver que un segmento de la población minera tiene al menos cierta conciencia de esta enfermedad y estos resultados resaltan la necesidad urgente de programas de promoción y prevención sobre este flagelo que afecta la



comunidad minera. La falta de conocimiento puede llevar a una exposición desinformada y potencialmente peligrosa a partículas de sílice.

### Figura 26

*¿Ha experimentado en el último año algún síntoma cómo?*



*Nota.* Gráfica propia correspondiente a encuesta mineros en Marmato.

La presencia de síntomas como la dificultad para respirar, debilidad y tos frecuente es una señal de alarma, esta sintomatología en conjunto representa casi el 53% de los encuestados que mencionaron presentar alguna afección. Se demuestra con este dato que la población minera está en riesgo alto de sufrir silicosis a futuro.

Al preguntarse sobre las medidas de protección que se utilizan posterior a la jornada laboral, se destacan acciones como el cambio de uniforme, el baño personal y guardar los elementos de protección personal en el lugar de trabajo. Solo el 50% de los trabajadores aplica estos cuidados en su totalidad, mientras que el otro 50% no lo hacen debido a la falta de condiciones necesarias para llevar a cabo estas precauciones, como la falta de casilleros

y duchas o sitios para el lavado de su ropa, también el conocimiento y capacitación juega un factor importante en este proceso que se creería poco relevante, pero no lo es.

### Figura 27

*¿Utiliza los servicios de salud cuando presenta algún síntoma relacionado?*



*Nota.* Gráfica propia correspondiente a encuesta mineros en Marmato.

Cabe anotar que el 65% de los encuestados utilizan los servicios de salud al presentar algún tipo de síntomas, lo que da pie a corroborar el acceso a la atención médica formal que presentan el personal expuesto. A diferencia del 35% de mineros que buscan otras alternativas médicas que, según los datos suministrados, muestran razones tales como: preocupaciones económicas, falta de confianza en los servicios de salud, barreras geográficas o culturales (medicinas alternativas), entre otras. La búsqueda de alternativas antes de visitar los servicios médicos podría exponer a los trabajadores a riesgos adicionales, agravando sus condiciones de salud y a futuro sufrir consecuencias más graves. La prevención para dichos casos sería el acercamiento de centros médicos a las zonas

mineras, programas de salud ocupacional y la sensibilización sobre enfermedades relacionadas con la minería, como la silicosis u otras afecciones pulmonares.

Las autoridades y las empresas involucradas en la industria minera deben evaluar y fortalecer sus políticas de salud y seguridad laboral. Esto incluye la promoción de la atención médica preventiva, la inversión en instalaciones médicas y la implementación de prácticas seguras en el lugar de trabajo.

### Figura 28

*¿Sabe usted cuáles son las consecuencias de la minería en las fuentes hídricas?*



*Nota.* Gráfica propia correspondiente a encuesta mineros en Marmato.

Al abordar temas ambientales con los encuestados de Marmato, con el fin de saber el grado de conciencia que puede tener esta población en especial sobre las afectaciones de las fuentes hídricas, cambio climático y desplazamiento de animales de su hábitat propios de la región, el 63% concuerdan que las temperaturas han ido cambiando; con preocupación destaca que el 66% de los trabajadores son conscientes que las fuentes hídricas han cambiado y no son aptas para el consumo humano debido a que se encuentran contaminadas con algunos desechos químicos provenientes de la mina.

Aproximadamente el 80% considera que la fauna y la flora se ha visto afectada, debido al aumento de la contaminación presente durante esta actividad, generando así que poco a poco los animales busquen mejores lugares donde reproducirse y un deterioro masivo de su flora nativa.

No todo es malo y las diferentes entidades ambientales del municipio, según sus pobladores, llevan a cabo labores que, si bien por ahora no son suficientes, buscan cambiar un poco este daño ambiental que a través de los años se viene dando en la región, labores como la reforestación, la limpieza de las fuentes hídricas y el reciclaje han dado una leve conciencia de la importancia de cuidar el medio ambiente a sus pobladores.

## Figura 29

*¿Considera usted que la minería ha traído prosperidad al municipio o, por lo contrario, su percepción es desfavorable?*



*Nota.* Gráfica propia correspondiente a encuesta mineros en Marmato.

La minería, al ser un campo laboral que favorece al municipio, tiene un valor agregado, ya que un 94% considera que no solamente trae prosperidad al municipio, sino que también al país, debido a esto Marmato se convierte en un punto estratégico para que personas foráneas puedan laborar fácilmente, pero esto también abre un interrogante sobre las condiciones de seguridad, la delincuencia en gran medida pudiese aumentar aunque solo un 38% de sus habitantes está de acuerdo con esta presunción, indicando que los marmateños sienten un municipio seguro tanto para moradores como visitantes

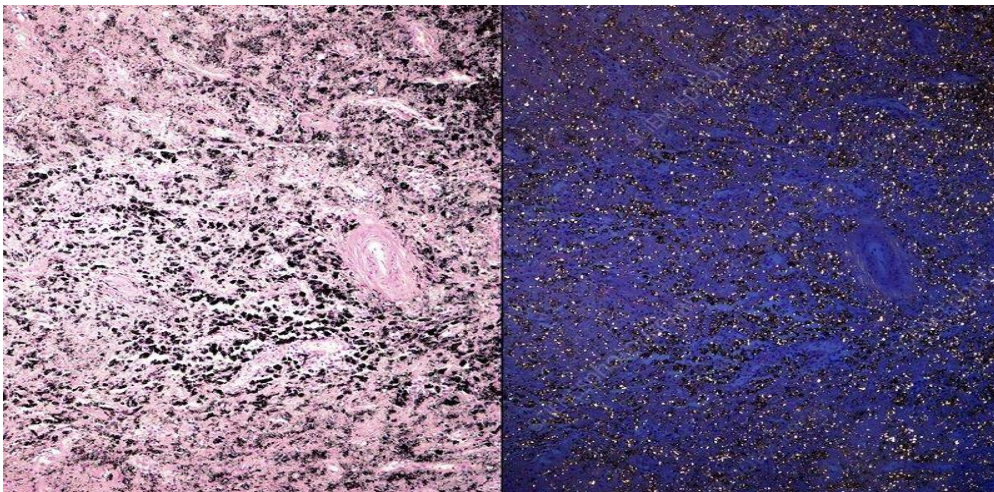
Paralelo al proceso del instrumento tipo encuesta se tuvo la oportunidad de charlar con el Dr. Jaime Echeverri, médico neumólogo, el cual nos presenta una definición clara y concisa de la sílice, resaltando su abundancia en la tierra y cómo puede afectar la salud de las personas cuando se inhala sin protección adecuada. Esta explicación inicial es

fundamental para la comprensión del tema. Refiere que la silicosis es una neumoconiosis y cómo se desarrolla en los pulmones a través de la inhalación de partículas de sílice. El Dr. Echeverri subraya que, aunque se asemeja a una enfermedad de lesiones malignas, no es un cáncer, pero puede causar graves lesiones pulmonares. En la charla se logra establecer claramente el factor de riesgo principal: la exposición a materiales que contienen sílice en trabajos como minas y construcción sin protección adecuada. Se detallan los síntomas comunes de la silicosis, como la tos seca y la disnea, así como la necesidad de pruebas de imagen para el diagnóstico. Resaltando la importancia de confirmar el diagnóstico a través de biopsias pulmonares usando la técnica de luz polarizada.

La microscopía de luz polarizada es una herramienta valiosa para confirmar el diagnóstico de silicosis al permitir la visualización de las partículas de sílice en las muestras de tejido pulmonar. Los patólogos pueden examinar estas muestras bajo el microscopio con luz polarizada y observar la forma, tamaño y distribución de las partículas de sílice, lo que ayuda a confirmar la presencia de la enfermedad. Las partículas de sílice en el tejido pulmonar afectado por la silicosis tienen la propiedad de birefringencia. Esto significa que cuando la luz polarizada pasa a través de estas partículas, su estructura cristalina hace que la luz se desvíe o se refracte de manera diferente en comparación con el tejido circundante.

**Figura 30**

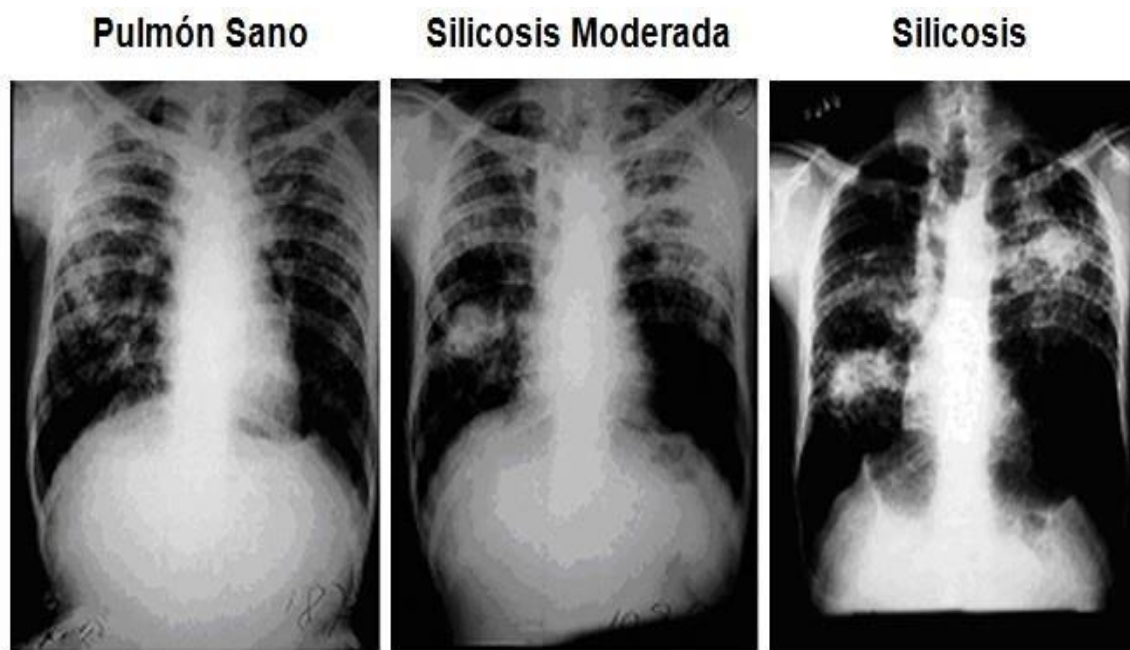
*Silicosis pulmonar. Muestra de tejido pulmonar con silicosis observados con luz brillante (izquierda) y la luz polarizada (derecha)*



*Nota.* tomado de Science Photo Library, José Calvo, 2018, <https://www.alamy.es/silicosis-pulmonar-muestra-de-tejido-pulmonar-con-silicosis-observados-con-luz-brillante-izquierda-y-la-luz-polarizada-derecha-a-diferencia-de-pigmento-anthracotic-silice-image335278146.html>

Debido a la birefringencia de las partículas de sílice, cuando se iluminan con luz polarizada, estas partículas se destacan y son más fáciles de distinguir en el tejido pulmonar en comparación con el tejido normal circundante. Esto permite a los patólogos y médicos identificar de manera más precisa y específica la presencia de partículas de sílice en las biopsias pulmonares.

En la entrevista se resalta el papel crucial de la radiología en la detección temprana de la silicosis y sus complicaciones, como la tuberculosis y la fibrosis pulmonar. Este aspecto subraya la importancia de las imágenes en el diagnóstico y seguimiento de la enfermedad por parte de salud pública, ya que puede ir de la mano la silicosis con la tuberculosis.

**Figura 31***Rx efectos de la silicosis*

*Nota.* Tomado de Efectos de la sílice sobre la salud, por Sofía Ruiz,

2021, <https://www.elportaldelasalud.com/efectos-de-la-silice-sobre-la-salud/>.

El Dr. Echeverri explica cómo se evalúa la gravedad de la silicosis en función del compromiso funcional y los hallazgos radiológicos, destacando que estos dos no siempre se correlacionan directamente y se aborda la distinción entre la silicosis aguda y crónica, enfatizando que las diferencias radiológicas no son siempre notorias siendo las pruebas de función pulmonar las que mejor definiría la gravedad de la enfermedad.

Con preocupación se pregunta cuál sería el tratamiento idóneo para la silicosis y él aclara que no existe un tratamiento específico para ella y que solo se proporciona tratamiento de soporte o sintomático. Esta información es esencial para comprender las limitaciones en el manejo de la enfermedad.

Al preguntarle sobre las formas de prevenir o de evitar la enfermedad, hace hincapié en la importancia de la prevención, con una mención específica a la necesidad de elementos



de protección personal, como caretas y filtros, para evitar la inhalación y el depósito de partículas de sílice en los pulmones.

### **Figura 32**

*Mineros perforadores*

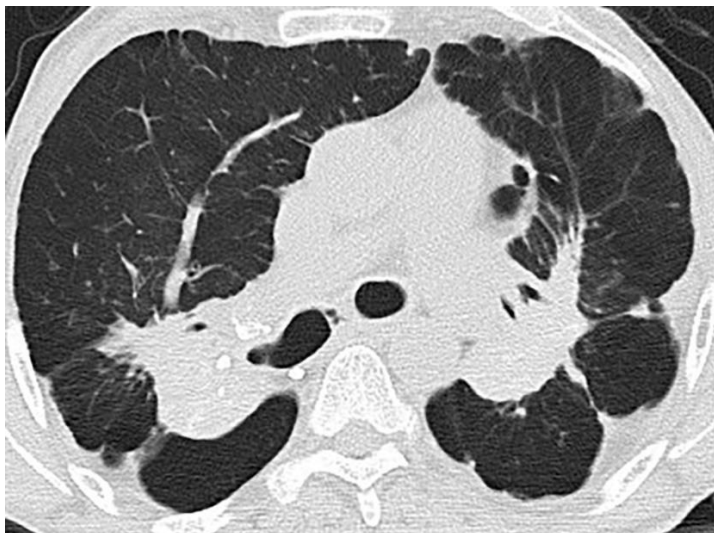


*Nota.* Foto propia, tomada en el interior de la mina la Esperanza, Marmato, Caldas.

Las tecnologías radiológicas que avanzan rápidamente dan un parte de aliento para el diagnóstico de la enfermedad, como menciona el Dr. Echeverri, el avance en la digitalización y en la capacidad de las nuevas generaciones de tomógrafos de aumentar el número de cortes en la imagen van a permitir que, a futuro no sea necesario el estudio histopatológico que por ahora es fundamental para el diagnóstico de la enfermedad, esto nos muestra que cada vez la radiología crece en aras de disminuir la necesidad de intervenir quirúrgicamente a un paciente para llegar a un diagnóstico.

**Figura 33**

*Tc silicosis conglomerada*



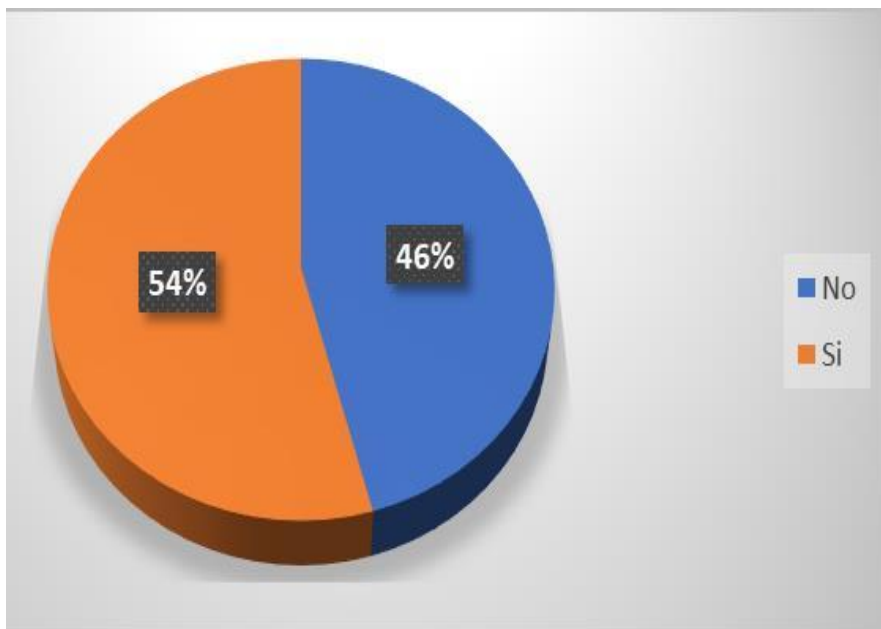
*Nota.* tomado de Silicosis conglomerada, de María Alejandra Pérez, Jorge Alberto Carrillo, Juan Mauricio Pardo, en Repositorio Institucional Universidad del Rosario, <https://repository.urosario.edu.co/sitios/12362/>

Adicional se realizó una encuesta al personal tecnológico, responsable de la producción de imágenes diagnóstica con el fin de conocer su apropiación sobre características, técnicas utilizadas y conocimientos básicos de la patología. Dentro de los 24 tecnólogos encuestados, que poseen una media de experiencia de cinco años en su labor y agrupados en entidades públicas y privadas de las principales ciudades mineras del territorio, encontramos una gran preocupación que existe confusión de los valores predictivo, la utilización de técnicas radiológicas actuales y las características predictivas que enfrenta la silicosis en el sector sanitario.

Sin embargo, hay una apropiación de las condiciones y características morfológicas, técnicas básicas y posibles complicaciones asociadas a la inhalación del polvo de sílice en el sector minero.

**Figura 34**

*¿Puedes identificar características radiológicas típicas de la silicosis en una radiografía de tórax?*

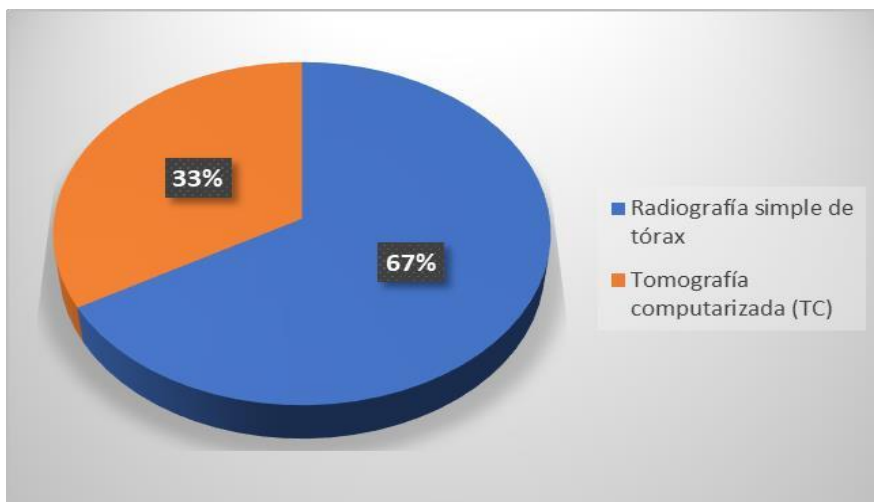


*Nota.* Gráfica propia correspondiente a encuesta mineros en Marmato.

El 8% no está relacionado con la enfermedad y aún hay un porcentaje considerable que no puede identificar las características típicas de la silicosis, se debe tener en cuenta este índice para futuras capacitaciones. En general, los resultados de la encuesta indican que las personas que participaron en ella están familiarizadas con la definición de silicosis, han tenido experiencia en la realización de imágenes radiológicas con pacientes diagnosticados con silicosis y pueden identificar características radiológicas típicas de la enfermedad. Además, la mayoría de los encuestados reconocen que una radiografía de tórax de un paciente con silicosis muestra un incremento en la opacidad pulmonar en comparación con una radiografía normal.

**Figura 35**

*¿Qué técnicas radiológicas son más efectivas para detectar silicosis en sus primeras etapas?*

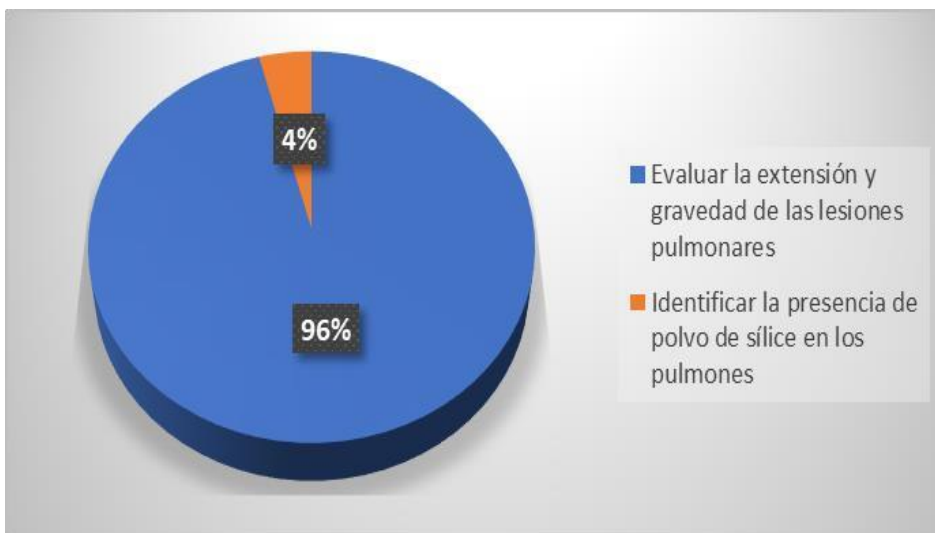


*Nota.* Gráfica propia correspondiente a encuesta mineros en Marmato.

La radiografía simple de tórax se menciona como la técnica más utilizada (67%), mientras que la tomografía computarizada (TC) se menciona en un porcentaje de hasta un 33%. Es importante tener en cuenta que la elección de la técnica radiológica puede depender de varios factores, como la disponibilidad de equipos y la evaluación clínica del paciente, la aparición de lesiones nodulares ostenta para los encuestados la característica principal en la aparición de signos radiológicos en el trasluz temprano de aparición de la sintomatología ocupando un 92%. Es de igual importancia tener en cuenta que estos métodos pueden variar en su enfoque y alcance, y la elección del método de evaluación puede depender de la disponibilidad de recursos y la experiencia del tratante. En cualquier caso, la evaluación radiológica regular sigue siendo fundamental para monitorear la progresión temprana de la silicosis y tomar decisiones de tratamiento adecuadas.

**Figura 36**

*¿Cuál es el principal propósito de la tomografía computarizada (TC) en el diagnóstico de la silicosis?*

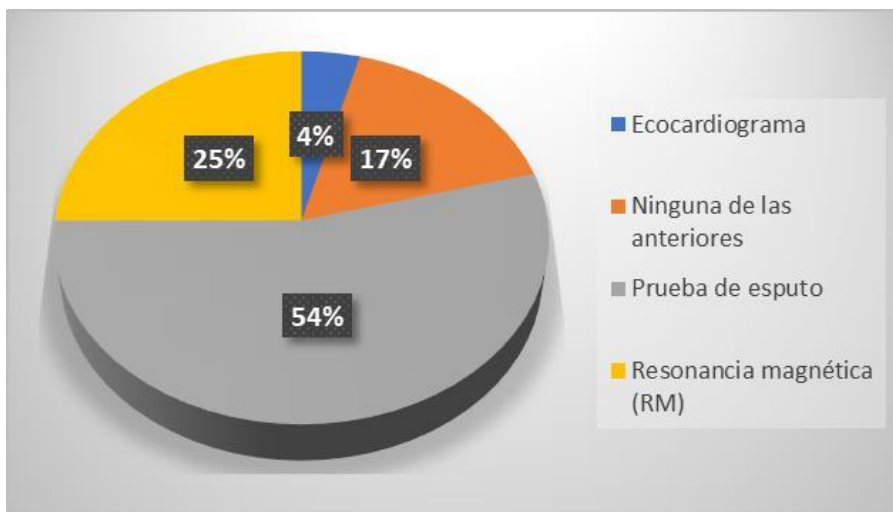


*Nota.* Gráfica propia correspondiente a encuesta mineros en Marmato.

La identificación del polvo de sílice en los pulmones mediante la TC puede ayudar a confirmar el diagnóstico, visualizando patrones distintivos relacionados con la enfermedad. Además, la TC sigue siendo el Gold estándar en la evaluación, extensión y gravedad de las lesiones pulmonares (96%), lo que proporciona información valiosa para el tratamiento y seguimiento de los pacientes con silicosis.

**Figura 37**

*¿Qué otras pruebas de diagnóstico complementarias podrían ser útiles en casos de silicosis dudosa?*



*Nota.* Gráfica propia correspondiente a encuesta mineros en Marmato.

Un diagnóstico se realiza cuando un trabajador expuesto al polvo de sílice ya sea de manera directa (minero) o indirecta (familia o habitante del entorno) se le toma una tomografía computarizada (TC) de tórax mostrando patrones infiltrativos acordes con la enfermedad. Además puede realizarse una radiografía de tórax prueba confirmatoria del diagnóstico, pero cuando los resultados de los estudios de imagen no son claros, las muestras de tejido pulmonar ayudan a confirmar el diagnóstico, al mirar la gráfica anterior donde solo un 17% reconoce que ninguna de las pruebas anteriores es diagnóstico complementario de la patología, se demuestra con preocupación que existe confusión dentro del gremio productor de imágenes diagnósticas ante un valor predictivo de las técnicas radiológicas actuales ya que un ecocardiograma o una resonancia magnética (RM) no define el diagnóstico de la silicosis. Cabe notar como nota aclaratoria que la prueba de esputo puede ser útil solo en algunos casos reportados.

## Discusión

En el presente estudio, se procedió a discutir los resultados en consonancia con los objetivos planteados en el núcleo problémico. La investigación aplicada se orientó hacia la identificación de métodos para el diagnóstico de la silicosis. Para este fin, se consideraron los resultados más concluyentes de los artículos revisados, en conjunto con el marco teórico, los cuales fungieron como pilares fundamentales para la construcción de nuestra discusión académica.

La silicosis es una enfermedad pulmonar grave causada por la inhalación crónica de partículas de sílice cristalina, que son comunes en ambientes de trabajo como la minería. Esta enfermedad puede tener un impacto significativo en la salud de los trabajadores mineros y se puede diagnosticar mediante signos radiológicos específicos en las imágenes de tórax.

Los hallazgos de este trabajo revelaron que es factible controlar la silicosis mediante la aplicación de medidas preventivas, destacando el uso de equipos de protección respiratoria. De hecho, se observó que el 48% de los mineros encuestados emplea respiradores industriales de la marca 3M. Estos resultados concuerdan con la investigación realizada por Sierra y su equipo en 2023, quienes concluyeron que el sector minero presenta un elevado grado de exposición a la sílice cristalina. Su estudio demostró que un turno operativo de ocho horas podría exponer a los trabajadores a valores de hasta diez veces el límite permitido ocupacionalmente en el área de estudio. Dicho límite corresponde a un valor de exposición permisible recomendado por NIOSH para la sílice cristalino respirable, (0.05 mg/m<sup>3</sup>). Según Martínez Álvarez (2015).

Los signos radiológicos de la silicosis son una herramienta crucial para la detección y el seguimiento de esta enfermedad en la población minera. Identificar opacidades nodulares y reticulares en las imágenes de tórax puede permitir una intervención médica oportuna y medidas preventivas en el lugar de trabajo para proteger la salud de los trabajadores mineros. La concientización sobre la importancia de las evaluaciones médicas regulares y la interpretación adecuada de las imágenes radiológicas son esenciales para abordar este grave problema de salud pública.

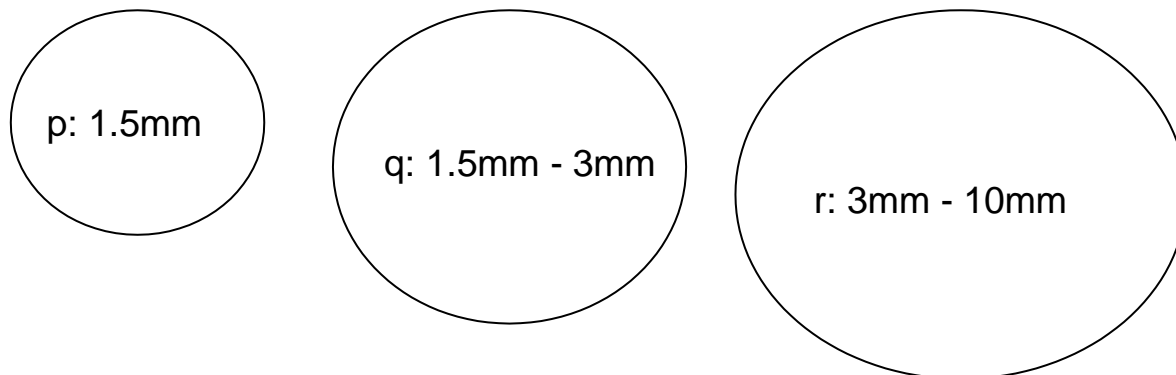
Lo que demuestra que, sin ninguna protección, la inhalación de polvo en los túneles de las minas artesanales es un hecho indiscutible encontrando cambios radiológicos típicos descritos por la Organización Internacional del Trabajo (OIT) y que Mier e Iñiguez en su Revista Colombiana de Neumología (2015), describen como anormalidades parenquimatosas consistentes en opacidades pequeñas (redondeadas o irregulares) y opacidades grandes.

**Opacidades pequeñas (p) hasta 1.5 mm:** Se describen por la profusión (concentración de las lesiones en las zonas afectadas del pulmón).

**Opacidades redondeadas:** Se le asigna una letra en orden alfabético según el tamaño ascendente de la lesión visible en la radiografía, la letra p: hasta 1,5 mm, q: > 1,5 a 3 mm,

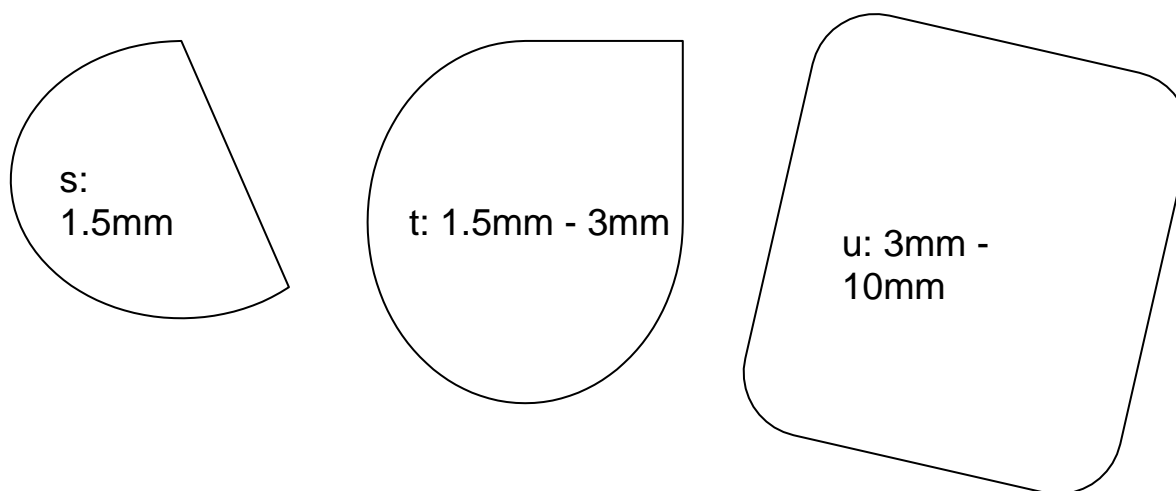
r: > 3 a 10 mm según el tamaño.



**Figura 38***Opacidades Redondeadas*

*Nota.* Elaboración propia.

**Opacidades irregulares:** En estas se utilizan las siglas, s: hasta 1,5 mm, t: > 1,5 a 3 mm, u: > 3 a 10 mm para identificar el tamaño de las lesiones irregulares visibles en la radiografía.

**Figura 39***Opacidades irregulares*

*Nota.* Elaboración propia.

**Las opacidades grandes** se clasifican en las categorías A, B y C. A.: Opacidad con un tamaño máximo de 50 mm. B: Opacidad cuya dimensión mayor exceda los 50 mm, pero no exceda el área equivalente del área superior derecha; o varias opacidades cuyas mayores dimensiones sumen más de 50 mm, pero no excedan el área equivalente del área superior derecha; y C: Gran opacidad que excede el área equivalente de la zona superior derecha; o varias opacidades grandes que juntas exceden el área equivalente de la zona superior derecha.

#### **Figura 40**

*Imagen tórax 2002 infiltrados intersticiales retículo-nodulares de predominio en lóbulos superiores*



*Nota.* tomado de Silicosis pulmonar, José Mier, Claudia Lucía Mier, 2015, en Revista Colombiana de Neumología,  
<https://revistas.asoneumocito.org/index.php/rcneumologia/article/view/73/70>

El diagnóstico temprano de la silicosis es esencial para la atención médica oportuna y el seguimiento de los trabajadores mineros. Cuanto antes se identifiquen los signos

radiológicos de la enfermedad, antes se pueden tomar medidas para reducir la exposición a la sílice y evitar una progresión grave de la enfermedad. Además, un diagnóstico precoz puede ayudar a los trabajadores a acceder a los beneficios médicos y legales que les corresponden.

### **Conclusiones y recomendaciones**

Los macrófagos alveolares fagocitan las partículas de sílice libre inhaladas e ingresan a los ganglios linfáticos y al tejido intersticial. Los macrófagos causan la liberación de citocinas (factor de necrosis tumoral-alfa, interleucina-1), factores de crecimiento (factor de crecimiento tumoral-beta) y oxidantes, que estimulan la inflamación parenquimatosa, la síntesis de colágeno y, por último, la fibrosis (Lara, 2020).

El hecho de que la población minera esté expuesta a condiciones laborales que generan una alta probabilidad de desarrollar silicosis es evidente, la silicosis es una enfermedad pulmonar grave causada por la inhalación de polvo de sílice y es común en trabajadores mineros de socavón, debido a la exposición constante de partículas de sílice.

El hallazgo de que aproximadamente el 35% de los encuestados no tienen acceso a un servicio de salud estable es alarmante, esto sugiere que hay una falta de atención médica adecuada para los trabajadores, lo que puede aumentar el riesgo de complicaciones de la silicosis y otras afecciones pulmonares, esta situación destaca la necesidad urgente de intervenciones en el lugar de trabajo para el cumplimiento de la normativa y con ello lograr disminuir el riesgo de exposición.

La falta de oportunidades laborales alternativas en la región puede ser un factor determinante para que muchas personas opten por la minería. Cuando las opciones de empleo son limitadas, la minería puede parecer una de las pocas fuentes de ingresos disponibles y en algunas comunidades, la minería puede ser una ocupación arraigada en la tradición familiar, lo que influye en la elección de la profesión por parte de los jóvenes miembros de la familia.

En consecuencia, mientras que los motivos mencionados son comprensibles, es esencial que las comunidades mineras y las autoridades trabajen juntas para mejorar las condiciones laborales, garantizar la seguridad de los trabajadores y diversificar las oportunidades de empleo. Esto ayudará a reducir la dependencia exclusiva de la minería y a crear un futuro más sostenible y seguro para las familias en esta región.

Para cambiar la visión y perspectiva sobre la silicosis en la población minera es esencial comenzar con una sólida base de educación y concientización. Programas educativos y materiales visuales como carteles y folletos que pueden ayudar a explicar de manera clara y accesible los riesgos de la exposición al polvo de sílice. Además, escuchar testimonios de trabajadores mineros que hayan experimentado los efectos de la silicosis o que conozcan a alguien que lo ha padecido puede crear un impacto emocional y fomentar una mayor toma de conciencia.

**Figura 41***Minero marmato*

*Nota.* Foto propia, tomada en bocamina la Billonza, Marmato, Caldas.

La atención médica preventiva desempeña un papel crucial. Facilitar el acceso de los trabajadores a exámenes médicos regulares para detectar tempranamente signos de silicosis y otras enfermedades relacionadas con la exposición a la sílice es fundamental. Los programas de salud ocupacional que incluya capacitación sobre la importancia de los exámenes médicos periódicos también pueden ser beneficiosos o en el caso donde la población labora por su cuenta puedan recibir información oportuna, capacitaciones y/o charlas por parte del ente adecuado como lo es el área de trabajo social del hospital o la secretaria de salud municipal.

La tecnología radiológica continúa avanzando, podría permitir diagnósticos más precisos en el futuro sin necesidad de biopsias. Este avance promete una detección

temprana aún más efectiva sobre la silicosis y su diagnóstico, ya que estos dos aspectos se basan en gran medida en el uso de la radiología como principal método de abordaje. La entrevista especializada destaca la importancia de la prevención y la concientización sobre los riesgos laborales relacionados con la exposición a la sílice para abordar eficazmente esta enfermedad respiratoria y muestra la realidad de está siendo una enfermedad que al día de hoy aún no tiene cura.

En conclusión, si bien existen un buen nivel de conocimiento sobre la silicosis en la mayoría de los encuestados del área de la salud, aún hay temas a mejora en términos de conciencia y reconocimiento de las características de la enfermedad, estos resultados pueden servir como base para futuras capacitaciones y actividades educativas para mejorar la comprensión y el manejo de la silicosis.

Algunos tecnólogos no están familiarizados con la enfermedad, lo que sugiere una necesidad de educación sobre esta afección. Además, la limitada exposición a casos de silicosis entre algunos encuestados indica que la enfermedad puede no ser común en ciertas regiones o que no se está diagnosticando adecuadamente.

La encuesta además destaca que algunos tecnólogos carecen de información sobre las pruebas médicas específicas que se deben realizar para diagnosticar la silicosis, lo que podría generar diagnósticos paralelos o confusión con patologías que en las imágenes diagnósticas tiene patrones similares.

En resumen, los resultados subrayan la importancia de la formación continua y la actualización de los conocimientos en el campo de la radiología en relación con la silicosis. Es esencial que los tecnólogos de radiología estén bien informados sobre esta enfermedad,

sus síntomas, métodos de diagnóstico y tratamiento para garantizar una atención de calidad y la detección temprana de la silicosis en pacientes expuestos a sílice en su entorno laboral.



### Referencias bibliográficas

- Arenas Vásquez, J. A., Betancourth Jiménez, H. D., y López Ávila, J. C. (2016). EPOC del minero, una propuesta de inclusión en las guías de atención integral en salud ocupacional basadas en la evidencia (gatiso). [Trabajo de grado especialización]. Universidad CES. <https://repository.ces.edu.co/handle/10946/1615>
- Biblioteca Nacional de Chile (s.f). Minería colonial (1541-1810). Memoria chilena. <https://www.memoriachilena.gob.cl/602/w3-article-752.html>
- Cárdenas, M. y Reina, M. (2008). La minería en Colombia: impacto socioeconómico y fiscal. [https://www.repository.fedesarrollo.org.co/bitstream/handle/11445/893/CDF\\_No\\_2\\_5\\_Abril\\_2008\\_Esp.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://www.repository.fedesarrollo.org.co/bitstream/handle/11445/893/CDF_No_2_5_Abril_2008_Esp.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Casas Anguita, J., Repullo Labrador, R., y Donado Campos, J. (2003). La encuesta como técnica de investigación. Elaboración de cuestionarios y tratamiento estadístico de los datos (I). Atención Primaria, Volume 31(8), pp: 527-538,
- DANE. (2018). Censo Nacional de Población y Vivienda - CNPV 2018. <https://www.dane.gov.co/files/censo2018/informacion-tecnica/CNPV-2018-VIHOPE-v2.xls>
- Fontana, A., y Frey, J. H. (2005). The Interview: From Neutral Stance to Political Involvement. In N. K. Denzin & Y. S. Lincoln (Eds.), The Sage handbook of qualitative research, pp. 695–727. <https://psycnet.apa.org/record/2005-07735-027>

- González Ramírez, E., Canney Villa, P., y Pantoja Agreda, Y. E. (2007). Empresa saludable: prevención de la silicosis ocupacional. ARL Sura.  
[https://www.arlsura.com/pag\\_serlinea/distribuidores/doc/documentacion/doc\\_sve\\_prevenccion\\_silicosis.pdf](https://www.arlsura.com/pag_serlinea/distribuidores/doc/documentacion/doc_sve_prevenccion_silicosis.pdf) [https://doi.org/10.1016/S0212-6567\(03\)70728-8](https://doi.org/10.1016/S0212-6567(03)70728-8).
- Lara, A. (2020). Silicosis. Manual MSD. <https://www.msmanuals.com/es-co/professional/trastornos-pulmonares/enfermedades-pulmonares-medioambientales/silicosis>
- Martínez Álvarez, F. I. (2015). Silicosis: casos, estudio epidemiológico radiológico y presentación de una guía de actuación. Prevención Integral.  
<https://www.prevencionintegral.com/canal-orp/papers/orp-2015/silicosis-casos-estudio-epidemiologico-radiologico-presentacion-guia-actuacion>
- Mettler, F., y Guiberteau, M. (2006). Essentials of nuclear medicine imaging. Elsevier.
- Ministerio de la Protección Social y Pontificia Universidad Javeriana. (2007). Guía de Atención Integral Basada en la Evidencia para Neumoconiosis (silicosis, neumoconiosis del minero de carbón y asbestosis). Minsalud.  
<https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/guia-atencion-integral-neumoconiosis.pdf>
- Ministerio de Salud. Colombia. Resolución 8430 de 1993, por la cual se establecen las normas científicas, técnicas y administrativas para la investigación en salud.  
<https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/DIJ/RESOLUCION-8430-DE-1993.PDF>

- Molina Londoño, L. F. (2017). Las finanzas públicas. Banco de la República Colombia.  
<https://www.banrepcultural.org/biblioteca-virtual/credencial-historia/numero-150/las-finanzas-publicas>
- Naranjo Celis, F. L., y Sierra Gómez, L. (2008). Métodos de control para evitar la silicosis por exposición a sílice cristalina en trabajadores de la industria manufacturera. [Trabajo de grado especialización]. Pontificia Universidad Javeriana.  
<http://hdl.handle.net/10554/54950>
- Organización Internacional del Trabajo. (1998). Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo. Ministerio de Trabajo y Economía Social España.  
<https://www.insst.es/tomo-i>
- Parejo, M. (2020). Técnicas seldinger clásica y modificada: ¿qué diferencias existen? Campus Vygon. <https://campusvygon.com/tecnicas-seldinger-clasica-y-modificada-que-diferencias-existen/>
- Poveda Ramos, G. (2016). La minería colonial y republicana. Revista Credencial.  
<https://www.revistacredencial.com/historia/temas/la-mineria-colonial-y-republicana>
- Radimagen. (2022). Historia de la tomografía axial computarizada. Radimagen especialistas radiólogos. <https://radimagen.com/historia-de-la-tomografia-axial-computarizada/>
- Rodríguez Sanz, M., Borrell, C. (2006). Manual de l'Esta de salut de Barcelona. Consorci Sanitaria de Barcelona. <https://www.aspb.cat/wp-content/uploads/2016/05/Manual-Enquesta-de-Salut-2006.pdf>

- Seidman, I. (2006). *Interviewing as Qualitative Research. A guide for researchers in education and the social sciences*. Teachers College, Columbia University.  
<https://www.researchgate.net/file.PostFileLoader.html?id=563ce2da6225ff3cae8b4590&assetKey=AS%3A292843798188032%401446830810198>
- Strickland, B., y Urquhart, W. (2014). Digital arteriography, with reference to nail dystrophy. *The British Institute of Radiology*. <https://doi.org/10.1259/0007-1285-36-427-465>
- Varona-Urbe, M. (2016). *Evaluación de la exposición laboral a sílice en empresas de diferentes sectores económicos en Colombia*. Universidad del Rosario.  
<https://repository.urosario.edu.co/handle/10336/12239>

### Bibliografía recomendada

- Blanco Pérez, J. J., Arnalich Montiel, V., Salgado-Barreira, Á., Alvarez Moure, M. A., Caldera Díaz, A. C., Melero Gonzalez, R., Pallarés Sanmartín, A., Fernandez Villar, A., & González Barcala, F. J. (2021). Prevalencia e impacto clínico de las enfermedades reumatológicas autoinmunitarias sistémicas en pacientes con silicosis. *Archivos de Bronconeumología*, 57(9), 571–576.  
<https://doi.org/10.1016/j.arbres.2020.04.012>
- Blanco Pérez, J., Rincón, C., & Cerdeira Rodríguez, L. (2012). Revisión inhalación de sílice y sus efectos en la salud. *pneuma*, 8(1). [https://www.sogapar.info/wp-content/uploads/2012/10/revision\\_v8n1.pdf](https://www.sogapar.info/wp-content/uploads/2012/10/revision_v8n1.pdf)
- Cubillos Munski, B., García Herrera, A., Contreras Tudela, G., Villafranca Aravena, C., López Soto, C., Azócar Guerrero, P., Sánchez Espinoza, G., Zorzano Sepúlveda, F. (2016). Patrón de lectura radiológica digital para la clasificación de imágenes compatibles con silicosis. *Ciencia & Trabajo*, 18(55), 37–41.  
<https://doi.org/10.4067/s0718-24492016000100007>
- Documentales Externado. (2017, 30 mayo). MARMATO [Archivo de vídeo]. YouTube.  
[https://www.youtube.com/watch?v=0giOwyOD\\_4E](https://www.youtube.com/watch?v=0giOwyOD_4E)
- Fernández Álvarez, R., Martínez González, C., Quero Martínez, A., Blanco Pérez, J. J., Carazo Fernández, L., & Prieto Fernández, A. (2015). Normativa para el diagnóstico y seguimiento de la silicosis. *Archivos de Bronco neumología*, 51(2), 86-93. <https://doi.org/10.1016/j.arbres.2014.07.010>

Gallo, Ó. (2011). La silicosis o tisis de los mineros en Colombia, 1910-1960. La silicosis o tisis de los mineros en Colombia, 1910-1960.

<https://www.scielosp.org/article/scol/2011.v7n1/35-51>

Goñi, E. A. (2015). Minería informal aurífera en Colombia.

<https://www.repository.fedesarrollo.org.co/handle/11445/368>

Grieco, M. (2014, 22 febrero). MARMATO [Archivo de vídeo]. Vimeo.

<https://vimeo.com/281704981?embedded=true>

National Institute of Biomedical Imaging and Bioengineering. (2021). MRI: A Brief History. <https://www.nibib.nih.gov/science-education/science-topics/magnetic-resonance-imaging-mri/mri-brief-history>

*The history of mammography.* (s. f.). <https://www.medmuseum.siemens-healthineers.com/en/stories-from-the-museum/history-mammography>

Vista de Silicosis pulmonar. (2023). Aoneumocito.org.

<https://revistas.asoneumocito.org/index.php/rcneumologia/article/view/73/70>

## Apéndices

### Apéndice A

#### Carta de aceptación proyecto de grado

##### Notificación Asignación de Asesor

Investigación Zona Occidente <investigacion.zocc@unad.edu.co>

Jue 17/08/2023 11:57

Para: KAROL LICETH VALENCIA MARIN <kvalenciam@unavirtual.edu.co>; JUAN ALEJANDRO OTALVARO BERMUDEZ

<jaotalvarob@unavirtual.edu.co>; eamachadop@unavirtual.edu.co <eamachadop@unavirtual.edu.co>

CC: John Alexander Calderon Restrepo <john.calderon@unad.edu.co>

Profesor

John Alexander Calderon

Estudiantes

Karol Liceth Valencia Marin, Juan Alejandro Otalvaro Bermúdez y Edwin Andrés Machado Pino

Reciban un cordial saludo,

En sesión ordinaria del día 27 de abril de 2023, el Comité de Investigación de la Zona Occidente avaló la propuesta de Proyecto de Aplicado presentada por los estudiantes: Karol Liceth Valencia Marin, Juan Alejandro Otalvaro Bermúdez y Edwin Andrés Machado Pino, como opción de Trabajo de Grado del programa Tecnología en Radiología e Imágenes Diagnósticas, titulado:

##### **Características y signos imagenológico de la silicosis, en la minería aurífera de socavón, en el municipio de Marmato (caldas) durante el último quinquenio**

Además, usted fue asignada como Directora/Asesora de esta opción de trabajo de grado.

Para efectos de trazabilidad se ha procedido a activar un grupo en el aula de Mis Cursos Virtuales – Entorno Administrativo - Período Espacios Especiales (peraca 371) – Opciones de Grado ZOCC donde deben interactuar Asesor y Estudiante.

Una vez ingresa al entorno Opciones de Grado ZOCC procede a identificar el programa académico y luego se dirige al espacio de desarrollo trabajo de grado.

El número de grupo asignado en el aula es **180**. El foro lo encontrará abierto con el formato de proyecto de grado del estudiante.

Indicación para asesores:

El asesor debe comunicarse con el estudiante a más tardar a los 10 días hábiles después de recibida la notificación. Así mismo, se sugiere proponer un cronograma de trabajo de acuerdo a las fechas establecidas para el desarrollo del trabajo. Dicho cronograma o acuerdo al que llegue el docente y el estudiante puede consignarlo en el foro correspondiente.

Si las asesorías las han venido desarrollando a través de otros medios como skype, presencial, teléfono, correo, deberán subir la respectiva evidencia en el foro.

Se recuerda a los asesores que una vez finalice el proceso de asesoría y cuando considere aprobado el trabajo, se debe diligenciar el formato F-7-9-6 correspondiente de aval de asesor y subirlo al foro. Así mismo, solicite jurado enviando dicho formato al líder de programa quien hará la compilación para sugerir jurado que posteriormente será avalado en comité de investigación zonal.

Indicación para estudiantes:

No olvide estar en constante comunicación con su asesor y ajustar el proyecto de acuerdo al seguimiento realizado, los tiempos de desarrollo del trabajo dependerá del alcance planteado en la propuesta y de la implementación de las actividades y objetivos propuestos.

Si el asesor no da respuesta a sus requerimientos e intervenciones por favor comuniquenlo oportunamente al líder de programa correspondiente. Recordar que el seguimiento en foro de informes, adelantos y solicitudes, son un soporte de su participación.

**Nota:** Agradezco su interacción en el foro y solicito que por favor me disculpen por la demora con la notificación.

Atentamente,

 <https://www.unad.edu.co/>

**Líder de Investigación ZOCC**

**Sistema de Gestión de la Investigación**

 (6) 3116599/3320645 ext.111  Skype: live:.cid.644280e7494f0d5f

Universidad Nacional Abierta y a Distancia | UNAD

Página Web Investigación ZOCC: <https://monitoriasigizocc.wixsite.com/investigacionzocc>

--

**"CONFIDENCIAL – UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA (UNAD).** La información contenida en este mensaje es confidencial y sólo puede ser utilizada por la persona u organización a la cual está dirigido. Si usted no es el receptor

## **Apéndice B**

### *Entrevista a Neumólogo*

#### **Introducción**

**Entrevistador:** ¡Buenos días! Hoy estamos con el Doctor Jaime Echeverri, médico neumólogo, intensivista y médico internista de la ciudad de Pereira, doctor gracias por la oportunidad, tema que vamos a conversar el día de hoy va a ser el de la silicosis, entonces empezamos.

**Dr. Echeverri:** Buenos días.

**Entrevistador:** ¿Cómo ha estado?

**Dr. Echeverri:** Bien, gracias

**Entrevistador:** Gracias por la oportunidad, Doctor, antes de adentrarnos en el tema, ¿podría explicarnos brevemente qué es la sílice y cómo le puede afectar la salud de las personas?

**Dr. Echeverri:** Bueno, la sílice es un material de la naturaleza, un mineral, unos de los elementos de la tabla periódica. ¿Digámoslo así, eh? Es muy abundante en la tierra, sí, y básicamente puede afectar a las personas que están en labores o en contacto con trabajos o en su actividad cotidiana, trabajando con tierras o en minas o en bueno, en diferentes sitios de la tierra, sin protección adecuada, porque se puede, digamos, inhalar o puede ingresar a la vía aérea por vía inhalatoria, entonces eso puede producir enfermedad respiratoria crónica.

*Desarrollo:*



**Entrevistador:** Bueno, para entrarnos en el tema, ¿qué es la silicosis y que la causa?

**Dr. Echeverri:** La silicosis es, digamos, de lo que hace parte, de lo que llaman las neumoconiosis, Eh que son el depósito de partículas de sílice en el parénquima pulmonar, en los ganglios mediastinales y en la vía aérea, ¿Entonces, ¿qué es lo que ocurre? Que las partículas de sílice que son microscópicas ingresan por la vía aérea, crean depósitos y lesiones prácticamente masas, se comporta muchas veces como una enfermedad, casi no como un cáncer, pero por lo menos desde el punto de vista estructural, si produce grandes lesiones a nivel del parénquima pulmonar y del intersticio pulmonar

**Entrevistador:** ¿Cuáles vienen siendo los factores de riesgo que ayudan a desarrollar silicosis?

**Dr. Echeverri:** El factor de riesgo es la exposición al material que contenga sílice, la tierra, a las minas, pues la gente que trabaja en minas de carbón o minas de cualquier otro mineral, están sometidas a trabajar con la tierra y con estos materiales sin protección, pues inhala, ese es el factor de riesgo, básicamente.

**Entrevistador:** ¿Cuáles son los síntomas más comunes y cómo se podría diagnosticar la silicosis?

**Dr. Echeverri:** Bueno, los síntomas más comunes, pues los síntomas se presentan después de muchos años de exposición y digamos que la enfermedad puede ser silenciosa por muchos, muchos años y después de muchos años que ya la persona, el paciente tiene los depósitos de sílice en el pulmón puede desarrollar tos seca o tos con expectoración, disnea,

dificultad respiratoria, en algunos casos hemoptisis o expectoración con sangre, bueno, eso ya es mucho menos, pero básicamente tos seca y disnea es lo más frecuente.

Y el diagnóstico, pues inicialmente se sospecha por la imagen radiológica o tomográfica, que son lesiones de muchos tipos, una es la del infiltrado reticular o retículo nodular difuso, el infiltrado intersticial. O también hay un caso que es la silicosis conglomerada, que son grandes lesiones nodulares, que confluyen entre sí en el parénquima pulmonar, comprometiendo casi siempre todos los lóbulos tanto superiores como inferiores y el medio, entonces se sospecha por la imagen radiológica o tomográfica y obviamente el factor de riesgo y se confirma, ya sea por medio de broncoscopia, por biopsia transbronquial o por biopsia por toracoscopia, biopsia en cuña de pulmonar, se tomó una fracción de tejido pulmonar y cuando se hace el estudio al microscopio se ven las partículas de sílice, las partes para verlas mejor hay que usar una tecnología que un método muy sencillo que se llama luz polarizada, que se le pone, pues un elemento al microscopio y se ven perfectas las partículas de sílice e incluidas en el parénquima pulmonar.

**Entrevistador:** ¿Con este dato usted nos hace referencia de que las mejores técnicas para diagnosticar la silicosis son radiografía y tomografía, inicialmente?

**Dr. Echeverri:** Para sospecharla, sí, pero tiene que confirmarla de manera por con biopsia por histopatología la tienen que confirmar, si no, no puede hacer diagnóstico de silicosis

**Entrevistador:** ¿Bueno, qué características imagenológicas podríamos ver en las imágenes cuando se sospecha de silicosis o cuando ya se sabe que un paciente la tiene?

**Dr. Echeverri:** Lo que le comentaba, los infiltrados reticulares o retículo nodulares, sí, y los nódulos grandes confluentes que le da la silicosis conglomerada.

**Entrevistador:** ¿Con qué criterios se puede clasificar la gravedad de la silicosis, teniendo en cuenta los hallazgos clínicos y radiológicos?

**Dr. Echeverri:** Pues la gravedad, básicamente, se mide o se evalúa de acuerdo con el compromiso funcional. Entonces, si el paciente presenta algún grado de hipoxemia, o sea, disminución de la saturación de oxígeno, o compromiso de su capacidad funcional, en una prueba de caminata de seis minutos, o por espirometría, o por el estudio de volúmenes pulmonares, uno puede tratar de determinar la severidad de la silicosis y también, desde el punto de vista radiológico o tomográfico, el compromiso de una mayor cantidad de tejido pulmonar. Sin embargo, el paciente puede tener mucho compromiso radiológico, tomográfico y funcionalmente puede no estar tan afectado

**Entrevistador:** Si sabemos que la silicosis se puede dividir en dos fases, que es crónica o aguda, ¿entre las dos las diferencias radiológicas son muy notorias?

**Dr. Echeverri:** No, digamos que la aguda más, es la exacerbación del problema. Sí, pero radiológicamente no hay tanta diferencia. Lo que pasa es que a veces radiológicamente la aguda tiene más compromiso alveolar, porque hay como una inflamación alveolar o bronquial, por eso es la parte aguda, a veces eso, pero radiológicamente no se puede decir si es aguda o crónica.

**Entrevistador:** ¿Qué papel en esta enfermedad entra a jugar la radiología para la detección de enfermedades como tuberculosis o fibrosis pulmonar progresiva como complicación de la silicosis?

**Dr. Echeverri:** Los pacientes con silicosis tienen un riesgo muy aumentado para desarrollar tuberculosis pulmonar en nuestro medio. Entonces, por eso, cuando hay un paciente con sospecha de silicosis, se debe descartar la presencia simultánea de tuberculosis. Y cuando la enfermedad está en una fase progresiva de fibrosis, pues sí se hace con la tomografía y con la presencia de hipoxemia. Eso es lo que determina la presencia de fibrosis.

**Entrevistador:** Entonces, cuando un paciente está diagnosticado con silicosis, la idea es que se le haga un seguimiento tanto por enfermedad laboral como por seguimiento de salud pública por tuberculosis, para ver qué tipo de asociación tiene.

**Entrevistador:** A futuro, ¿usted qué ve venir en el tema radiológico para el diagnóstico de esta enfermedad?

**Dr. Echeverri:** Pues la radiología cada vez está más avanzada desde el punto de vista tecnológico y permite unos patrones cada vez más exactos para hacer el diagnóstico. Entonces, es probable que con la digitalización y con el aumento de los cortes finos en radiología, es posible que se vayan identificando patrones cada vez más característicos o típicos de la enfermedad que permitan hacer diagnóstico sin tener que hacer histopatología, como ha ocurrido en algunos procesos de fibrosis pulmonar, que antes se hacía biopsia y hoy en día ha avanzado tanto la tomografía de alta resolución que ya los patrones son muy característicos y no requieren biopsia histopatología.

**Entrevistador:** Perfecto. ¿Existe algún tratamiento para la silicosis o cómo se aborda la enfermedad?

**Dr. Echeverri:** No existe tratamiento para la silicosis, solamente tratamiento de soporte o sintomático.

**Entrevistador:** Con esta charla, nos podemos dar cuenta que la importancia es de la prevención, la detección temprana y el tratamiento adecuado a la silicosis. El tratamiento como tal es la concientización sobre los riesgos laborales y la exposición constante a la sílice debe ser una prioridad para todas las empresas.

**Dr. Echeverri:** Pues la prevención es con elementos y filtros para evitar la inhalación de material particulado con sílices. Sí, buenas caretas y eso, esa es la única forma de prevenir la enfermedad.

**Entrevistador:** Doctor, muchas gracias por el ratico, por el espacio, gracias por compartimos sus conocimientos, por participar en este proyecto y le agradezco de todo corazón. Espero que tenga un muy buen día.

**Dr. Echeverri:** Listo, gracias a usted, muchísimas gracias.

*Conclusión:* Esta entrevista revela la importancia de la prevención, detección temprana y tratamiento adecuado de la silicosis. La concienciación sobre los riesgos laborales y la exposición a la sílice debe ser una prioridad en la comunidad médica y en la sociedad en general

## **Apéndice C**

### *Instrumento Tipo Encuesta a personal minero*

Características y Signos Imagenológicos de la Silicosis, en la Minería Aurífera de Socavón, en el Municipio de Marmato (Caldas) Durante el Último Quinquenio.

La silicosis es una enfermedad pulmonar crónica y altamente mortal que se desarrolla como resultado de la exposición prolongada a partículas de sílice cristalina en el ambiente de trabajo. Es un mineral abundante en la corteza terrestre y se encuentra en la industria minera, esta patología se caracteriza por la acumulación de partículas de sílice en los pulmones, lo que desencadena una respuesta inflamatoria y cicatrizante, esto puede dañar gravemente los pulmones.

Es importante destacar que es una enfermedad prevenible. La adopción de medidas de seguridad y controles adecuados en el lugar de trabajo, como el uso de equipos de protección personal y la implementación de sistemas de ventilación adecuados, son fundamentales para reducir su exposición y prevenir el desarrollo de esta enfermedad.

Agradecemos su participación en este formulario y su contribución para aumentar la conciencia y promover acciones efectivas en el control y prevención de la silicosis. Sus respuestas nos ayudarán a comprender mejor esta patología, las prácticas existentes en la prevención y el manejo de la silicosis, así como las necesidades y desafíos en este campo.

El equipo investigador está conformado por un grupo de tres (3) estudiantes de último semestre en el área de Tecnología en Radiología e Imágenes Diagnósticas, adscritos a la escuela de ciencias de la salud ECISA de la Universidad Nacional, Abierta y a Distancia- UNAD con el fin de identificar y caracterizar signos imagenológicos en la población de Marmato, Caldas, así mismo descubrir los efectos de esta patología durante

los últimos cinco años, todo esto desde una perspectiva del conocimiento y la experiencia vivida por los habitantes de la región.

El siguiente cuestionario es de carácter anónimo y está conformado por 27 preguntas a las cuales le solicitamos responder de manera sincera, puesto que dicha información será de uso exclusivo como un proyecto académico, la información acá brindada será analizada, digitalizada y encriptada con el fin de su protección.

Nuevamente, agradecemos su invaluable disposición, participación y tiempo con miras a brindarnos una visión clara sobre su profesión, su entorno y la principal actividad económica de este bello municipio.

Grupo investigador, estudiantes, Tecnología en Radiología e Imágenes Diagnósticas, Universidad Nacional, Abierta y a Distancia, UNAD.

**Fecha:** \_\_\_\_\_

**Ciudad:** \_\_\_\_\_

**Correo Electrónico:** \_\_\_\_\_

**Edad:** \_\_\_\_\_

**Género:** \_\_\_\_\_

**Estado Civil:** \_\_\_\_\_

**Lugar de Nacimiento:** \_\_\_\_\_

**Grado de Escolaridad:** \_\_\_\_\_

**Régimen de salud:** \_\_\_\_\_

**Administradora de riesgos profesionales (ARL):** \_\_\_\_\_

**Nombre de la empresa o mina donde labora:** \_\_\_\_\_

**Tipo de minería:** Artesanal ( ) o Legal ( )

**Tipo de mina en la que trabaja:** Socavón ( ) Cielo Abierto ( ) Barequeo ( )

**1. ¿Por qué decidió dedicarse a la minería?**

- A. Tradición familiar
- B. Sustentación familiar
- C. Pocas oportunidades laborales
- D. Beneficio económico
- E. Vocación

**2. ¿Cuánto tiempo ha trabajado en la industria minera de socavón?**

- A. (Menos de 1 año)
- B. (1 a 5 años)
- C. (5 a 10 años)
- D. (10 a 15 años)
- E. (15 a 20 años)
- F. (20 años o más)

**3. ¿Cuál es su cargo o posición actual en la mina?**

- A. Perforador
- B. Martillero
- C. Carretillero
- D. Exclusivista
- E. Otros cuál.: \_\_\_\_\_

**4. ¿Qué medidas de seguridad se implementan en su lugar de trabajo?**

- A. Extractor de aire
- B. Ventiladores
- C. Tapabocas convencional
- D. Tapabocas N95
- E. Tapabocas industrial
- F. Respirador industrial 3M
- G. Otros cuál.: \_\_\_\_\_

**5. ¿Qué tipo de equipo de protección personal utiliza en su trabajo diario?**

Menciona 3 elementos que le facilita su empleador para el trabajo en socavón.

---

**6. ¿Usted sabe que es la silicosis o ha escuchado algo sobre esta enfermedad?**

- A. (Si)



B. (No)

**7. Si la respuesta anterior fue afirmativa, díganos qué información tiene sobre esta enfermedad.**

---

---

---

**8 ¿Ha experimentado en el último año algún síntoma cómo?**

- A. Debilidad
- B. Dificultad para respirar
- C. Tos frecuente
- D. Todas las anteriores
- E. Ninguna de las anteriores

**9. Si la respuesta anterior fue negativa, díganos qué precauciones tiene antes y durante su jornada laboral**

---

---

---

**10 ¿Qué medidas de precaución utiliza posterior a su jornada laboral?**

- A. Cambio de uniforme
- B. Baño personal
- C. Dejar los EPP en el lugar de trabajo
- D. Todas las anteriores
- E. Ninguna de las anteriores

**11 ¿Utiliza los servicios de salud cuando presenta algún síntoma relacionado?**

- A. (Si)
- B. (No)

**12. ¿Ha recibido usted recientemente capacitaciones sobre riesgos y enfermedades laborales asociadas a su actividad?**

- A. (Si)
- B. (No)

**13. ¿Usted o alguien de su familia ha sufrido algún tipo de enfermedad relacionada con su actividad laboral?**

- A. (Si)
- B. (No)
- C. ¿Cuál? \_\_\_\_\_

**14. ¿Algún conocido suyo que padezca o haya padecido de neumonía del minero o silicosis?**

- A. (Si)
- B. (No)

**15. ¿Sabe usted cuáles son las consecuencias de la minería en las fuentes hídricas? (de Marmato, Caldas)**

- A. (Si)
- B. (No)

**16. ¿Cree usted que la minería ha afectado la temperatura actual de Marmato?**

- A. (Si)
- B. (No)

**17. Tiene conocimiento si el proceso de la minería ha afectado la fauna y flora alrededor de las fuentes hídricas (Marmato, Caldas).**

- A. (Si)
- B. (No)

**18. ¿Usted opina que la minería en la zona desplaza y acaba con el hábitat de la fauna de la región como las aves, los insectos o los mamíferos, la guagua, el venado o el armadillo?**

- A. (Si)
- B. (No)

**19. ¿Considera usted que la minería ha traído prosperidad al municipio o, por lo contrario, su percepción es desfavorable?**

- A. Favorable
- B. Desfavorable

**20. ¿Considera que la minería ha incrementado los índices de violencia en el municipio?**

- A. Si
- B. No

**21. ¿Usted piensa que Marmato es un destino turístico debido a su antecedente histórico de la explotación minera aurífera o, por el contrario, a su cultura y sus destinos naturales?**

- A. Antecedente histórico
- B. Por su cultura
- C. Naturaleza

**22. ¿Considera que la actividad minera de Marmato contribuye a la economía del país?**

- A. (Si)
- B. (No)

**23. ¿Tradicionalmente, Marmato es un pueblo de minería en socavón, minería a cielo abierto o de barequeo?**

- A. Socavón
- B. Cielo abierto
- C. Barequeo

**24. ¿Cuál considera usted que es el método de minería que afecta menos el medio ambiente y la salud?**

- A. Minería de superficie
- B. Minería subterránea o de socavón
- C. Minería de lecho de río o placer
- D. otros cuál: \_\_\_\_\_

**25. ¿Se han llevado a cabo medidas para mitigar o prevenir la contaminación en Marmato?**

- A. (Si)
- B. (No)

**26. ¿Qué iniciativas existen para promover el compromiso ciudadano en temas ambientales en Marmato y cómo se están implementando?**

---

---

---

**27. ¿Sabe usted si en algún área protegida o en peligro crítico para el bienestar ambiental de la región se está llevando a cabo alguna actividad minera?**

- A. (Si)
- B. (No)

## Apéndice D

### *Instrumento tipo encuesta Tecnólogos en imágenes diagnósticas y radiología*

#### **¿Silicosis, sabes algo de ella?**

La silicosis es una enfermedad pulmonar crónica y altamente mortal que se desarrolla como resultado de la exposición prolongada a partículas de sílice cristalina en el ambiente de trabajo. Es un mineral abundante en la corteza terrestre y se encuentra en la industria minera, esta patología se caracteriza por la acumulación de partículas de sílice en los pulmones, lo que desencadena una respuesta inflamatoria y cicatrizante, esto puede dañar gravemente los pulmones. Es importante destacar que es una enfermedad prevenible

Somos un grupo de estudiantes de Tecnología en Radiología e Imágenes Diagnósticas, Universidad Nacional, Abierta y a Distancia, UNAD, que realizamos un proyecto aplicado los signos radiológicos de la silicosis en población minera aurífera de socavón del municipio de Marmato, Caldas.

El siguiente cuestionario es de carácter anónimo y está conformado por 13 preguntas a las cuales le solicitamos responder de manera sincera, puesto que dicha información será de uso exclusivo como un proyecto académico, la información acá brindada será analizada, digitalizada y encriptada con el fin de su protección.

Nuevamente, agradecemos su invaluable disposición, participación y tiempo con miras a brindarnos una visión clara sobre sus conocimientos y experiencias como tecnólogo en imágenes diagnósticas y radiología,

Grupo investigador, estudiantes, Tecnología en Radiología e Imágenes Diagnósticas, Universidad Nacional, Abierta y a Distancia, UNAD.

**Fecha:** \_\_\_\_\_

**Ciudad:** \_\_\_\_\_

**Correo electrónico:** \_\_\_\_\_

**Edad:** \_\_\_\_\_

**Genero:**

- A. Masculino
- B. Femenino
- C. Otro

**¿La entidad donde trabaja es de carácter público o privado?**

- A. Publico
- B. Privado

**¿Cuántos años de experiencia tienes en el campo de la radiología?**

- A. Menos de 1 año
- B. 1-5 años
- C. 6-10 años
- D. Más de 10 años

**¿Conoces la definición de silicosis?**

- A. Si
- B. No

**¿Has tenido experiencia en la realización de imágenes radiológicas con pacientes diagnosticados con silicosis?**

- A. Si
- B. No

**¿Puedes identificar características radiológicas típicas de la silicosis en una radiografía de tórax?**

- A. Si
- B. No

**¿Cuáles son las principales diferencias entre una radiografía normal de tórax y una de un paciente con silicosis?**

- A. Incremento de la opacidad pulmonar
- B. Disminución de la opacidad pulmonar
- C. Cambios en la forma del corazón
- D. Ninguna diferencia

**¿Qué técnicas radiológicas son más efectivas para detectar silicosis en sus primeras etapas?**

- A. Radiografía simple de tórax
- B. Tomografía computarizada (TC)
- C. Resonancia magnética (RM)
- D. Ninguna de las anteriores

**¿Cuáles son los signos radiológicos de complicaciones de la silicosis, como la tuberculosis pulmonar?**

- A. Adelgazamiento del diafragma
- B. Masas calcificadas en los pulmones
- C. Incremento de la densidad pulmonar

**¿Qué técnica se evalúa la progresión de la silicosis en imágenes radiológicas a lo largo del tiempo?**

- A. A través del tamaño del corazón
- B. Mediante la evaluación de la caja torácica
- C. Siguiendo la aparición de lesiones nodulares
- D. Ninguna de las anteriores

**¿Cuál es el principal propósito de la tomografía computarizada (TC) en el diagnóstico de la silicosis?**

- A. Identificar la presencia de polvo de sílice en los pulmones
- B. Evaluar la extensión y gravedad de las lesiones pulmonares
- C. Detectar enfermedades cardíacas asociadas
- D. Ninguna de las anteriores

**¿Qué medidas de protección radiológica tomas al realizar imágenes de pacientes con silicosis?**

- A. Uso de protectores de plomo
- B. Aumento de la dosis de radiación
- C. Uso de guantes quirúrgicos
- D. Ninguna de las anteriores

**¿Cuáles son las limitaciones de las imágenes radiológicas en el diagnóstico de la silicosis?**

- A. No pueden detectar silicosis en sus primeras etapas
- B. No pueden diferenciar entre silicosis y tuberculosis
- C. Pueden causar complicaciones cardíacas
- D. Ninguna de las anteriores

**¿Qué otras pruebas de diagnóstico complementarias podrían ser útiles en casos de silicosis dudosa?**

- A. Resonancia magnética (RM)
- B. Prueba de esputo
- C. Ecocardiograma
- D. Ninguna de las anteriores

**¿Has participado en programas de capacitación relacionados con la detección y el manejo de silicosis mediante imágenes radiológicas?**

- A. Si
- B. No




## Apéndice E

### Folleto informativo tipo Brochure

## CUIDADOS Y RECOMENDACIONES

La prevención es fundamental en el caso de la silicosis.

Los trabajadores que están expuestos a niveles altos de polvo de sílice deben utilizar equipos de protección personal adecuados, seguir prácticas de trabajo seguras y mantener un seguimiento médico regular para detectar cualquier problema de salud pulmonar en etapas tempranas.




- Evitar la exposición continua al polvo de sílice en el lugar de trabajo.
- Usar equipos de protección personal adecuados, como mascarillas.
- Mantener un ambiente de trabajo limpio y bien ventilado.
- Realizar exámenes médicos regulares para detectar problemas pulmonares a tiempo.
- Seguir las recomendaciones médicas y los tratamientos prescritos.

**LA PREVENCIÓN ES CLAVE !!**


**La silicosis es una enfermedad prevenible.**

**Tomar medidas de seguridad en el lugar de trabajo y estar consciente de los riesgos puede proteger tu salud pulmonar y general.**






**Lo que necesitas saber**

# SOBRE LA SILICOSIS



Juan Otalvaro  
Edwin Machado  
Karol Valencia

## QUE ES LA SILICOSIS ?

La silicosis es una enfermedad pulmonar causada por la inhalación de partículas de sílice cristalina, que es un mineral presente en la tierra, arena, rocas y minerales.

La inhalación de estas partículas de sílice puede llevar a una inflamación crónica y cicatrización en los pulmones.

A medida que la cicatrización se acumula, los pulmones pueden volverse rígidos y menos capaces de expandirse y contraerse correctamente durante la respiración. Esto puede resultar en síntomas como dificultad para respirar, tos crónica, fatiga y debilidad.

La silicosis es una enfermedad ocupacional que afecta a trabajadores en industrias como la minería, la construcción, la fundición, la cerámica y la fabricación de vidrio. La conciencia sobre los riesgos laborales y la implementación de prácticas de trabajo seguras son esenciales para prevenir la silicosis y proteger la salud de los trabajadores

## SIGNOS Y SINTOMAS

- Tos crónica, que a menudo es seca y persistente.
- Dificultad para respirar, especialmente durante la actividad física.
- Fatiga.
- Debilidad general.
- Pérdida de peso inexplicada.
- A medida que la enfermedad progresa, la tos y la dificultad para respirar pueden empeorar.

## COMPLICACIONES

- Tos crónica y persistente.
- Dificultad para respirar, especialmente durante la actividad física.
- Fatiga y debilidad general.
- Pérdida de peso inexplicada.
- En casos graves, fiebre y sudoración nocturna.

Las complicaciones de la silicosis pueden ser graves y debilitantes.

La mejor manera de prevenir estas complicaciones es evitar la exposición continua al polvo de sílice en el lugar de trabajo y seguir medidas de seguridad adecuadas.

Las personas que ya han sido diagnosticadas con silicosis deben recibir atención médica regular y seguir las recomendaciones del médico para controlar los síntomas y minimizar el riesgo de complicaciones adicionales.