

Relación entre los hallazgos radiográficos y la sintomatología respiratoria en trabajadores expuestos a polvo de carbón en minería de socavón en el departamento de Boyacá, Colombia 2015.

Título corto: Hallazgos radiográficos y síntomas respiratorios.

Título en inglés Relationship between radiographic findings and respiratory symptoms in workers exposed to coal dust mining adit in the department of Boyacá, Colombia 2015.

Autores: Diana C. Zapata ¹, Gilma Hernández ², Marcela Varona ³.

Afiliaciones institucionales:

1 Programa de Maestría en Salud Ocupacional y Ambiental, Escuela de Medicina Ciencias de la Salud, Universidad del Rosario, Bogotá, DC, Colombia.

2 Escuela de Medicina y Ciencias de la Salud, Universidad del Rosario, Bogotá, Colombia.

3 Escuela de Medicina y Ciencias de la Salud, Universidad del Rosario, Bogotá, Colombia.

Introducción: La inhalación de polvo de carbón favorece el desarrollo de neumoconiosis, causa daños irreversibles al pulmón que se identifican radiológicamente. Los síntomas son tardíos y la patología se puede desarrollar tras varios años de exposición. **Objetivo:** Caracterizar los hallazgos radiográficos según la metodología de la Organización Internacional del Trabajo (OIT) 2000 y relacionarlos con la sintomatología respiratoria en trabajadores expuestos a polvo de carbón en las labores de minería de socavón en el departamento de Boyacá, Colombia, 2015. **Materiales y métodos:** Estudio de corte transversal realizado en 232 mineros, se indagó características sociodemográficas, signos y síntomas del sistema respiratorio. Se realizó radiografías de tórax y se aplicó la metodología OIT para describir los hallazgos. Se estableció asociación estadística a través de la prueba Chi cuadrado de Pearson. Para el procesamiento de la información se utilizó el programa SPSS statistics 2.3

Resultados: Toda la población fue de sexo masculino, con una edad promedio de 40,8 años. El cargo de picador fue el más frecuente en 72,4% de los trabajadores. Las radiografías mostraron opacidades pequeñas redondeadas (**q/q**) en 42%. La expectoración fue el síntoma más frecuente 66,4%. Se encontró una relación estadísticamente significativa entre el tabaquismo con las anomalías parenquimatosas ($p=0,002$). **Conclusión:** La prevalencia de neumoconiosis para el departamento de Boyacá fue de 29.7% entre los trabajadores valorados según los criterios OIT para lectura de radiografías de tórax, por lo que se requiere poner en práctica medidas de control a fin de reducir al mínimo la exposición de los trabajadores.

Palabras claves: Neumoconiosis, radiografía de tórax, metodología OIT 2000, minería, síntomas respiratorios.

Introduction: Inhalation of coal dust favors the development of pneumoconiosis, causes irreversible lung damage identified radiologically. Symptoms are late and pathology can develop after years of exposure. **Objective:** To characterize the radiographic findings according to the methodology of the International Labour Organisation (ILO) 2000 and relating to respiratory symptoms in workers exposed to coal dust in mining tunnel work in the department of Boyaca, Colombia, 2015.

Materials Methods: Cross-sectional study conducted in 232 miners, sociodemographic characteristics, signs and symptoms of the respiratory system were investigated. Chest radiographs were performed and the ILO methodology was applied to describe the findings. Statistical association was established through the Pearson chi-square test. For information processing statistics SPSS 2.3 program was used.

Results: The entire population was male, with an average age of 40.8 years. Picador office was the most frequent in 72.4% of workers. Radiographs showed small rounded opacities (**q / q**) in 42%. Spitting was the most frequent symptom 66.4%. A statistically significant relationship between smoking with parenchymal abnormality ($p = 0.002$) was found. **Conclusion:** The prevalence of pneumoconiosis for the department of Boyaca was 29.7% among workers valued according to the ILO

criteria for reading chest radiographs, by what is required to implement control measures to minimize worker exposure

INTRODUCCION:

El sector de la minería produce gran impacto en la economía de las naciones pero con ello ha contribuido a generar grandes cambios ambientales, que afectan la salud de sus poblaciones (1).

El carbón es considerado como una de las principales fuentes de energía en el mundo siendo el combustible fósil más abundante de la naturaleza, compuesto por oxígeno, sílice cristalina, boro, cadmio, níquel, hierro, plomo y zinc entre otros, por lo que su inhalación favorece al desarrollo de enfermedades respiratorias(2-3).

En América Latina, Colombia ocupa el primer lugar en capacidad de reserva con un estimado de 16.992 millones de toneladas y como exportador se encuentra en el sexto puesto con un porcentaje de 6.3% del total mundial. En Boyacá la principal área minera se encuentra entre los municipios de Sogamoso y Jericó la cual cuenta con carbones tipo bituminosos y reservas medidas de 102.84 millones de toneladas (4).

Las neumoconiosis son enfermedades causadas por la inhalación crónica de varios minerales como sílice, carbón y asbesto generando enfermedades pulmonares con apariciones de cambios en la anatomía del parénquima pulmonar (5-6). La degradación oxidativa de los lípidos y la mediación de las citoquinas conducen a una respuesta inflamatoria que ocasiona daño tisular en el pulmón. Estudios describen que el carbón con mayor cantidad de hierro genera reacciones oxidativas que contribuyen a la aparición de neumoconiosis (7).

National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) en conjunto con Comité el americano de Patólogos describe lesiones esenciales tipo macula y nódulos ocasionados por el depósito de polvo de carbón dentro y fuera del macrófago que se pueden localizar alrededor del bronquio y en el interior del alveolo produciendo dilatación y daño en la estructura pulmonar (8-9).

Clínicamente la sintomatología es tardía y puede manifestarse hasta 10 años posterior a la exposición, en ocasiones puede depender de la cantidad de polvo inhalado o del tiempo de exposición, ocasionando daños en el epitelio de la vía aérea por reacción inflamatoria intersticial, desencadenando los síntomas de tos, expectoración y casos más severos disneas de pequeño y gran esfuerzo (10-11)

Las anormalidades causadas por las inhalaciones de polvo en el parénquima pulmonar se pueden identificar en la radiografía de tórax, por lo tanto la Organización Internacional del Trabajo (OIT) ha publicado directrices de como clasificarlas (12).

Los hallazgos radiológicos no son definitivos para concluir el diagnóstico de neumoconiosis, el presente proyecto pretende lograr una recopilación detallada de la sintomatología respiratoria de los trabajadores en minería de carbón de socavón en el departamento de Boyacá y junto al análisis sociodemográfico determinar si existe alguna relación con los hallazgos radiográficos y así contribuir con estrategias para la prevención de enfermedades ocupacionales.

Materiales y métodos: Se llevó a cabo un estudio de corte transversal, realizado en el sector de minería subterránea con el propósito de caracterizar los hallazgos radiográficos según metodología OIT 2000 y relacionarlos con la sintomatología respiratoria en trabajadores expuestos a polvo de carbón en el departamento de Boyacá, Colombia.

Se tomaron de forma aleatoria 18 empresas afiliadas a una aseguradora de riesgos laborales en Boyacá (Tópaga, Corrales, Mongua y Gámeza) con un total de 232 trabajadores. El cálculo del tamaño de muestra se realizó mediante determinación probabilística estratificada con asignación proporcional considerando la varianza de la muestra (con una probabilidad de ocurrencia del 5,7%) y la varianza de la población (margen de error estimado del 10%). Todos los trabajadores cumplieron con los siguientes criterios de inclusión: decisión voluntaria de participar en el estudio, antigüedad laboral en el sector minero mayor o igual a 10 años y que al

momento del trabajo de campo realizaran actividades laborales para las empresas seleccionadas. Se excluyeron: menores de 18 años y mujeres embarazadas.

Se consideraron las siguientes variables: sociodemográficas como departamento, edad y sexo; antecedentes ocupacionales como oficio, antigüedad en el oficio y tiempo de exposición y clínicas como signos y síntomas con énfasis en sistema respiratorio. Respecto al tamaño de las empresas se consideraron pequeñas las que tenían de 1 a 50 trabajadores, medianas de 51 a 99 trabajadores y grandes más de 100 trabajadores.

Previo a la recolección de la información y a la toma de radiografías, se realizó una prueba piloto en el 10% del total de la muestra mediante la cual se realizaron los ajustes necesarios en instrumentos, tiempos y movimientos, estandarizándose todos los procedimientos. Las empresas participantes en el estudio piloto no formaron parte de la población muestra seleccionada para el estudio.

Los trabajadores que participaron en el estudio fueron llevados a un Centro Radiológico previamente contratado, donde se les realizó una radiografía de tórax asegurando el cumplimiento de los siguientes requisitos establecidos por la OIT: posición de pie postura postero-anterior, escápulas fuera de los campos pulmonares, distancia foco-película 1,80 metros, distancia paciente-película: pegado, inspiración profunda mantenida, kilo voltaje: mayor que 120 kw y tiempo de exposición menor de 0,2 segundos.

La lectura del estudio radiológico fue realizada por un médico con entrenamiento específico y certificado en técnica de lectura de la OIT. La definición de caso compatible con neumoconiosis se sustentó en base a las lecturas con resultado positivo para neumoconiosis.

La valoración del estado de salud de los trabajadores fue realizada por médicos especialistas con licencia vigente en salud ocupacional. Se obtuvo información de 232 historias clínicas y aspectos relevantes relacionados con la funcionalidad del sistema respiratorio, la cual se registró en un formato de historia clínica ocupacional diseñado para tal efecto.

Métodos estadísticos:

Se describieron las variables sociodemográficas, los síntomas respiratorios y hallazgos radiográficos por porcentajes y medidas de tendencia central y dispersión. Para la identificación de los factores asociados con los resultados radiológicos se utilizó la prueba Chi cuadrado de asociación y para identificar posibles diferencias en los promedios de edad y antigüedad en la empresa según presencia de anomalía parenquimatosa que indicara neumoconiosis, se utilizó la prueba t de Student. En ambas pruebas se utilizó nivel de significación de 0.05. Para el procesamiento de la información se utilizó el programa SPSS statistics 2.3.

El estudio tuvo la aprobación del comité técnico y de ética del Instituto Nacional de Salud y de la Universidad del Rosario, acorde con las consideraciones éticas establecidas en la declaración de Helsinki y la resolución 8430 de 1993 del Ministerio de Salud de la República de Colombia, este estudio es considerado de riesgo mínimo para los participantes en el mismo. Cada trabajador firmó el consentimiento informado previo a la toma de los datos de la encuesta y de la radiografía de tórax.

Resultados:

La población estudiada fueron 232 mineros, todos de sexo masculino con una edad promedio de 40,8 años, con un mínimo de 20 y máximo de 73 años (DE= 10,27). La antigüedad laboral obtuvo una media de 17,4 años con un mínimo de 10 años y un máximo de 45 años. Según el tamaño de la empresa el 73,3% (170) trabajaban en empresas pequeñas, el 17,2% (40) en grandes y 9,5% (22) en medianas.

El cargo de picador fue en el que con mayor frecuencia laboraban los trabajadores con el 72,4% (168) seguido por la actividad de cocheros con el 9,5% (22), los malacateros y supervisores de tajo cada uno con un 6,5% (15) y en descargue 2,2% (5). Otros cargos como reforzador, operador de panzer y suministros fueron encontrados en menor proporción.

Se analizaron 232 radiografías de las cuales el 16,8% (39) fueron de buena calidad para la lectura, el 69% (160) de aceptable calidad sin defectos, el 6,9% (16) eran

aceptables con algún defecto técnico y 17 radiografías que corresponden al 7,3 % inclasificables según los criterios OIT-2000, por lo cual fueron excluidas del análisis.

El principal defecto técnico encontrado durante la lectura con 63,8% (148) fue la presencia de escapulas superpuestas derechas o izquierdas, le sigue con 36,6% (85) la radiografía sobrepuesta oscura, defectos por contraste deficiente el 7,8% (18), procesamiento deficiente 3,4%(8), subexpuesta o clara subinsuflacion y posición incorrecta cada una con 2,6% (6). No se presentó ningún caso de defecto moteado.

Las radiografías con adecuada calidad para ser leídas fueron 215 de las cuales 32,1% (69) se reportaron con alguna anomalía parenquimatosa que indica la presencia de neumoconiosis y 67,9% (146) fueron reportadas como negativas de anomalía.

Las anomalías parenquimatosas encontradas se describen a continuación en la tabla1.

Tabla 1. Anomalías parenquimatosas reportadas en las radiografías de torax de trabajadores expuestos a polvo de carbón en minería de socavón en el departamento de Boyacá, Colombia 2015.

Primarias/secundarias	Frecuencia	Porcentaje
(q/q) opacidades pequeñas redondeadas de diámetro mayor a 1,5mm hasta 3mm.	29	42 %
(q/p) opacidades pequeñas predominantes son redondeadas y de tamaño q pero con un número significativo de opacidades pequeñas de tamaño p .	15	21,7 %
(p/p) opacidades pequeñas redondeadas de hasta 1,5mm de diámetro	9	13 %
(p/q) opacidades pequeñas redondeadas de hasta 1,5mm predominantes pero con un número significativo de opacidades de tamaño hasta 3mm	8	11,6 %
(r/r) opacidades redondeadas con diámetro mayor a 3mm hasta 10 mm	3	4,3 %
(q/r) opacidades redondeadas de diámetro q pero con un número significativo de tamaño r	3	4,3 %
(p/t) son opacidades pequeñas redondeadas de tamaño p pero con un importante número de opacidades irregulares pequeñas de 1,5mm hasta 3mm de ancho.	1	1,4 %

(r/q) opacidades predominante tamaño r redondeadas con diámetro mayor a 3mm hasta 10 mm de con algunas opacidades de tamaño q.	1	1,4 %
total	69	100 %

El pulmón se dividió en tres: zona superior, media e inferior, mediante líneas horizontales trazadas aproximadamente un tercio y dos tercios de la distancia vertical entre los vértices pulmonares y las cúpulas diafragmáticas. Se encontró que la mayor distribución de opacidades la tiene la zona media del pulmón derecho con un 98,6% (68), aunque fueron muy similares con respecto al pulmón izquierdo el cual la zona media presento un 97% (67) de ellas. En la zona superior derecha habían opacidades en un 94,2% (65), la zona superior izquierda 87% (60), zona inferior derecha presencia de opacidades en el 59% (59) y zona inferior izquierda en el 54% (54) de las radiografías.

De las 69 radiografías con anomalía parenquimatosa el 95,7% (66) fueron sin presencia de opacidades grandes.

Las opacidades grandes son las que superan los 10 mm. Se identificaron 2,9% (2) radiografías de categoría **B** (opacidades grandes cuya dimensión mayor está comprendida entre 50 mm o varias opacidades grandes cuyas dimensiones mayores suman más de 50 mm y no superan el área equivalente de la zona superior derecha). Solamente una radiografía fue catalogada categoría **A** (opacidad grande cuya dimensión mayor no superan los 50 mm o varias opacidades grandes cuyas dimensiones mayores no suman más de 50 mm).

De los 232 trabajadores se documentó un solo caso de anomalía pleural, que fue identificado en la radiografía de un minero de sexo masculino de 43 años de edad, con una antigüedad laboral de 30 años, se encontraba desempeñando la actividad de picador en una empresa pequeña y estaba asociado a una obliteración del ángulo costo frénico derecho.

Otras anomalías encontradas en las radiografías, se presentan a continuación en la tabla 2.

Tabla 2. Otras Anomalías identificadas en la radiografía de tórax de trabajadores expuestos a polvo de carbón en minería de socavón en el departamento de Boyacá, Colombia 2015.

Otras anomalías	Frecuencia	Porcentaje
Engrosamiento pleural en cisura interlobular.	39	56,5 %
Adenopatías o nódulos no neumoconióticos calcificados.	8	11,6 %
Calcificación en opacidades neumoconióticas pequeñas.	6	8,7 %
Tuberculosis.	6	8,7 %
Corazón anormal en forma y tamaño.	4	5,8 %
Coalescencia de opacidades pequeñas.	3	4,3 %

Con relación a los síntomas respiratorios, los trabajadores reportaron con mayor frecuencia la presencia de esputo al levantarse durante la mañana encontrado en 66,4% (154) de los trabajadores, otros síntomas se describen a continuación.

Tabla 3. Sintomatología respiratoria presentada por los trabajadores expuestos a polvo de carbón en minería de socavón en el departamento de Boyacá, Colombia 2015.

Síntomas	Frecuencia	Porcentaje
Silbidos o pitos en el pecho alguna vez en los últimos 12 meses.	63	27,1 %
Falta de aire cuando estaban presentes los silbidos o pitos	56	24,2 %
Silbidos o pitos cuando no estaba resfriado.	57	24,6 %
Opresión en el pecho alguna vez en los últimos 12 meses	73	31,5 %
Despertar por falta de aire alguna vez en últimos 12 meses.	70	30,2 %
Asma en los últimos 12 meses	4	1,7 %
Actualmente medicación para el asma.	9	3,9 %
Ataque de tos alguna vez en los últimos 12 meses	123	53 %
Tose levantarse por la mañana durante el invierno	121	52,2 %
Tose de día o de noche durante el invierno	125	53,9 %
Tos la mayoría de los días al menos 3 meses cada año	118	50,9 %
Espustos al levantarse por la mañana durante el invierno	154	66,4 %
Espustos durante el día o la noche en invierno	149	64,2 %
Expectora así la mayoría de los días al menos 3 meses cada año	147	63,4 %
Trabajo alguna vez le provocó opresión en el pecho, silbidos	80	34,5 %
Dejar su trabajo porque le afectaban a la respiración	16	6,9 %
Ha fumado durante más de un año	93	40,1 %
Fuma actualmente	41	17,7 %

Se realizaron pruebas de asociación entre las anomalías parenquimatosas y otras variables sociodemográficas las cuales se describen en la tabla 4. Se encontró una asociación estadísticamente significativa entre las anomalías parenquimatosas y el tamaño de la empresa ($p=0,001$), con el hecho de fumar actualmente $p= 0,006$ y haber fumado durante más de un año ($p= 0,002$).

Tabla 4. Relación entre las variables sociodemográficas y laborales y las anomalías parenquimatosas identificadas en la radiografía de tórax de trabajadores expuestos a polvo de carbón en minería de socavón en el departamento de Boyacá, Colombia 2015.

Grupo de edad en años cumplidos	No Anomalia parenquimatosa	Si hay anomalía parenquimatosa	
Menor 30 años	25	19	p= 0,104
30 -40	37	22	
40-50	51	20	
50-60	26	8	
Mayor de 60 años	6	0	
Cargo agrupado			p= 0,547
Frente de explotación y avance del túnel.	127	62	
Transporte, mantenimiento, servicios y punto de carga	19	7	
Tamaño de la Empresa			p=0,001
Grande	17	22	
Mediana	19	3	
Pequeña	110	44	
Fuma actualmente			p= 0,006
Si	26	15	
No	27	23	
No aplica	93	31	
Fuma o ha fumado durante más de un año			p= 0,002
Si	53	38	
No	93	31	

Discusión:

La actividad minera en el centro del país agrupa un importante número de trabajadores. Este estudio cuenta con 232 participantes con un promedio de edad 40 años, dato muy similar encontrado en un estudio realizado por OIT en Chile donde la edad promedio de los mineros fue de 30 a 39 años de los cuales 50.8 % llevaban más de 5 años trabajando en la actividad minera (13). A diferencia con el presente estudio se exigió antigüedad laboral en el sector minero mayor o igual a 10 años, que permitió establecer un promedio de 17,4 años de exposición a polvo de carbón. El sexo masculino predominó en la población como ocurre en otros estudios ya realizados en Boyacá (14). Es frecuente el predominio del género masculino en actividades económicas como la minería de socavón, dado el gran desgaste físico al cual deben someterse durante las labores propias del oficio.

Se encontró una diferencia estadística entre la presencia de anomalías parenquimatosas y el tamaño de la empresa ($p = 0,001$). Las empresas pequeñas con menos de 50 trabajadores reunieron el 73.3% de los trabajadores, donde la zona de frente de explotación y avance de túnel tenían el mayor número de mineros desarrollando actividades de picado y desprendimiento de roca con picas o martillos un 72,4 % de los trabajadores, el 9,5% carga con palas el carbón del suelo al coche, lo cual indica una exposición directa. Dato similar visto en un estudio realizado en el municipio de Paipa, Boyacá, donde también predominó el oficio de picador (14). En el presente estudio no se encontró una diferencia estadísticamente significativa entre a la ocupación y la presencia de anomalías parenquimatosas ($p 0,547$).

Se aplicó la metodología OIT 2000 para la lectura de radiografías con el fin de describir las anomalías presentadas en las radiografías de tórax (15). La técnica de estas condicionó la permanencia en este estudio, 17 radiografías se catalogaron como inaceptables para la clasificación y fueron excluidas. El defecto técnico más frecuente en un 63,8% fue presencia de escapulas superpuestas derechas o izquierdas, por lo que se podría sugerir en próximos estudios tener la posibilidad de repetir las radiografías de tórax donde la técnica sea deficiente, con el fin de permitir

que el lector realice la clasificación con mayor facilidad y contribuya a ser evaluados todos los trabajadores.

El daño pulmonar causado por inhalación polvo puede ocasionar reacciones tisulares y daño en el parénquima pulmonar que radiológicamente se pueden manifestar en nódulos y opacidades. En este estudio se identificaron el 42% de radiografías con opacidades pequeñas redondeadas de diámetro mayor a 1,5 mm hasta 3 mm (q/q), dato muy similar registrado en un estudio realizado en minería aurífera en Perú en trabajadores con neumoconiosis donde también predominó este tipo de lesiones (22). A diferencia de las radiografías en el 53% de mineros Peruanos donde las opacidades se distribuyeron de forma difusa en ambos campos pulmonares, el presente estudio documentó mayor frecuencia en la zona media del pulmón derecho con un 98,6%. Las lesiones a nivel pulmonar se pueden identificar también en patologías como la silicosis nodular, la tuberculosis miliar y enfermedad metastásica a nivel pulmonar (16).

La prevalencia de neumoconiosis para el departamento de Boyacá fue de 29.7% sin contar con los trabajadores que podrían estar fuera de la legalidad lo cual aumentaría la cifra. Es un valor elevado si se compara con países como Estados Unidos donde se documentó una prevalencia de 2.8% para el año 2002 o en Perú donde estudios describieron una prevalencia de neumoconiosis en 11.8% expuestos a polvo sílice (22).

Otras anomalías encontradas en 56,5% son engrosamiento pleural en cisura interlobular y en menor frecuencia imágenes sugestivas de tuberculosis en 8,7% que no sorprenden la presencia de esta patología ya que concuerdan con estudios ya realizados que describen en China la prevalencia de 10,8% de tuberculosis en trabajadores con neumoconiosis (17).

El síntoma que más aqueja a esta población en el presente estudio es la producción de esputo en horas de la mañana. Este síntoma irritativo es frecuente en personal expuesto a agentes ambientales o inhalación de polvos (18). La bronquitis

acompañada de tos y producción esputo se ha documentado en el 35% de trabajadores de minería en los Estados Unidos (19).

Aunque solo el 17,7% fumaba en la actualidad, en estos trabajadores el tabaquismo mostro una relación estadísticamente significativa con el hallazgo de anomalía parenquimatosa sugestiva de neumoconiosis con la condición de fumar actualmente ($p < 0,006$) y haber fumado durante más de un año ($p < 0,002$). A diferencia de otras patologías como enfisema y enfermedad pulmonar obstructiva crónica en mineros donde el cigarrillo tuvo alta incidencia (20).

La neumoconiosis es una enfermedad pulmonar que dispone solo de tratamiento sintomático pero no hay cura definitiva (21). Por sí solos los hallazgos radiológicos no son definitivos para concluir el diagnóstico de neumoconiosis, las anomalías encontradas pueden ser vistas en otras patologías, por lo que es importante realizar un análisis detallado de la exposición a polvo de carbón junto con la identificación temprana de la sintomatología y de los antecedentes ocupacionales. En el presente estudio se muestra que la exposición en minas subterráneas por largos períodos de trabajo, están relacionados de manera significativa, con efectos en la salud de la población trabajadora, expresados clínicamente en forma de patologías pulmonares que llegan a ser severas y de mal pronóstico.

Se deben poner en práctica medidas de control de fuentes efectivas y buenas prácticas de trabajo a fin de reducir al mínimo la exposición de los trabajadores al polvo de carbón, como también revisar el diseño de los procesos productivos al interior de las minas con el fin de mejorar las condiciones de trabajo

Agradecimientos:

A los trabajadores y empresas participantes en el estudio, a la Universidad del Rosario, la Universidad de los Andes, Positiva Compañía de Seguros ARL, el Instituto Nacional de Salud y la Gobernación de Boyacá.

Financiación

El estudio fue financiado con recursos de la Universidad del Rosario, la Universidad de los Andes, Positiva Compañía de Seguros ARL, el Instituto Nacional de Salud y la Gobernación de Boyacá, cofinanciado por Colciencias mediante el contrato 379-2011 y hace parte del macroproyecto denominado “Evaluación de la exposición a polvo de carbón en minería subterránea en tres departamentos de Colombia”.

Referencias

1. **Ministerio de la Protección Social.** primera encuesta nacional de condiciones de salud y trabajo en el sistema general de riesgos profesionales. Bogotá, D.C. Colombia, 2007.
2. **McCunney RJ, Morfeld P, Payne S.** What component of coal causes coal workers' pneumoconiosis, J Occup Environ Med. 2009 :462-71.
3. **Ministerio de la Protección Social.** Guía de atención integral basada en la evidencia para la neumoconiosis (silicosis, neumoconiosis del minero de carbón y asbestosis). Bogotá imprenta Nacional 2007:38-40.
4. **Unidad de planeación minero energético.** La cadena del carbón. Fuente de energía en el mundo Ministerio de minas y energía. Bogotá, DÍgitos y diseños, 2005 http://www.upme.gov.co/Docs/Cadena_carbon.pdf
5. **Sistema de información minero colombiano**
<http://www.simco.gov.co/simco/Estad%C3%ADsticas/Producci%C3%B3n/tabid/121/Default.aspx>
6. **Ministerio de la Protección Social.** Plan nacional para la prevención de la silicosis, la neumoconiosis de los mineros del carbón y la asbestosis 2010 - 2030. Marzo, 2010.
7. **Universidad Católica de Chile.** Enfermedades Intersticiales de Causa Conocida. Capítulo 41
<http://escuela.med.puc.cl/publ/Aparatorespiratorio/41Enf.>
8. **Zhang, Dai, Ali, Chen, & Huang.** Induction of ferritin and lipid peroxidation by coal samples with different prevalence of coal workers' pneumoconiosis: role of iron in the coals. Am J Ind Med. Universidad de New York. 2002 Sep;42(3):171-9.
9. **National Institute for Occupational Safety and Health.** Worker health chart book, 2000 September 2000 DHHS (NIOSH) Publication No. 2000-127.

10. **González N, Manrique F, Ospina J, Roa M, Hurtado E.** Utilidad de las técnicas de espirometría y oximetría en la predicción de alteración pulmonar en trabajadores de la minería del carbón en Paipa- Boyacá. Revista facultad de Medicina de la Universidad Nacional. Bogotá v.57 n.2 ene. /mar. 2009.
11. **I.T.T Higgins, PD Oldham, J.C.Gilson** Respiratory Symptoms and Pulmonary Disability in an Industrial Town Br M ed J. 1956 Oct 20; 2(4998): 904–910.
12. **Juan Calvo Blanco, Amador Prieto Fernández, Manuel Rivela Vázquez.** Diagnóstico por imagen. Silicosis Neumoconiosis, de los mineros del Carbón. Capítulo 6.pagina 67.
13. **Organización Internacional del Trabajo OIT** Informe y análisis de la encuesta Vida de mineros: Condiciones de trabajo y salud sexual de mineros chilenos en la región de Tarapacá Santiago, 2015
14. **Díaz Ospina JM, Abril Manrique FG, Garzón Guío JA.** Salud y trabajo: minería artesanal del carbón en Paipa, Colombia. Avances en Enfermería. 2010; 28:107-15.
15. **Oficina internacional del trabajo OIT.** Guía para el uso de la clasificación internacional de la OIT de radiografías de neumoconiosis Serie seguridad y salud en el trabajo 22.edicion revisada 2011.
16. **Chong S, Lee KS, Chung MJ, Han J, Kwon OJ, Kim TS.** Pneumoconiosis: Comparison of imaging and pathologic findings. Radiographics. Seoul, 2006 Jan-Feb; 26(1):59-77.
17. **Mo J, Wang L, Au W, Su M.** Prevalence of coal workers' pneumoconiosis in China: A systematic analysis of 2001-2011 studies. Int J Hyg Environ Health. 2014; 217: 46-51.
18. **Prada G.** Bronquitis Industriales. Acta medica Colombia 1993: Vol. 18 N° 5 :268-272
19. **Henneberger PK, Attfield MD.** Respiratory symptoms and spirometry in experienced coal miners: effects of both distant and recent coal mine dust exposures. Am J Ind Med 1997, 32:268-274.
20. **Linus H .**Emphysema and chronic obstructive pulmonary disease in coal miners. Curr Opin Pulm Med. 2011 Mar;17 (2):123-5.

21. **World Health Organization.** The world health report, reducing risks promoting healthy life, 2002.
22. **Garces D , Matsuno A, Fernandez J, Garcia A .**Prevalencia y factores asociados a neumoconiosis en trabajadores mineros de una mineria aurifera Peru. Revista de la sociedad peruana de neumologia 2005 . 49:95-100.
23. **Pneumoconiosis prevalence among working coal miners examined in federal chest radiograph surveillance programs.** United States 1999 – 2002. April 2003 (52). 336 -340