

*Prevalencia de pneumoconiosis y su relación con medidas de higiene y seguridad industrial y niveles ambientales de carbón en minería subterránea en el departamento de Cundinamarca - Colombia, 2015*

*Prevalence of pneumoconiosis and its relation to hygiene and safety and environmental levels of underground coal mining in the department of Cundinamarca - Colombia, 2015*

**Autores:** Luis Eduardo Peña Corrales, Maestría en Salud Ocupacional y Ambiental, Universidad del Rosario, Bogotá, Colombia

Ruth Marien Palma, Grupo Salud Ocupacional y Ambiental, Instituto Nacional de Salud, Bogotá, Colombia

Marcela Varona Uribe, Departamento de Salud Pública, Universidad del Rosario, Bogotá, Colombia

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

**Correspondencia:** Luis Eduardo Peña Corrales, Programa de Maestría en Salud Ocupacional y Ambiental, Escuela de Medicina y Ciencias de la Salud, Universidad del Rosario. Bogotá, DC, Colombia. Carrera 24 N° 63C - 69 Tercer Piso. Bogotá, DC, Colombia. Teléfono 3143362171 - (57-1) 6176242; Correo electrónico: [luispcorrales@gmail.com](mailto:luispcorrales@gmail.com)

## **Resumen**

**Introducción:** La exposición en minas subterráneas a altos niveles de polvo de carbón está relacionada con patologías pulmonares.

**Objetivo:** Determinar la prevalencia de neumoconiosis, medidas de higiene y seguridad industrial y su relación con niveles ambientales de carbón en trabajadores de minas de socavón en Cundinamarca.

**Materiales y Métodos:** Estudio de corte transversal, en 215 trabajadores seleccionados mediante muestreo probabilístico estratificado con asignación proporcional.

Se realizaron monitoreos ambientales, radiografías de tórax y encuestas con variables sociodemográficas y laborales. Se emplearon medidas de tendencia central y dispersión y la prueba de independencia ji-cuadrado de Pearson o pruebas exactas, con el fin de establecer las asociaciones.

**Resultados:** El 99,5% de la población perteneció al género masculino, el 36,7% tenía entre 41-50 años, con un promedio de años de trabajo de  $21,70 \pm 9,99$ . La prevalencia de neumoconiosis fue de 42,3% y la mediana de la concentración de polvo de carbón bituminoso fue de  $2,329670 \text{ mg/m}^3$ . El índice de riesgo de polvo de carbón presentó diferencias significativas en las categorías de bajo ( $p=0,0001$ ) y medio ( $p=0,0186$ ) con la prevalencia de neumoconiosis. El 84,2% reportó no usar mascarilla. No se presentan diferencias entre los niveles de carbón ( $p=0,194$ ) con la prevalencia de neumoconiosis.

**Conclusiones:** Se encontró una prevalencia de neumoconiosis de 42,3% en Cundinamarca. Se requiere contar con medidas de higiene y seguridad industrial efectivas para controlar el riesgo al que están expuestos los mineros de carbón por la inhalación de polvo de carbón.

**Palabras clave:** Exposición, polvo de carbón, medidas de higiene, seguridad industrial, minería subterránea, neumoconiosis.

### **Abstract**

**Introduction:** Exposure in underground mines to high levels of coal dust is related to pulmonary diseases.

**Objective:** To determine the prevalence of pneumoconiosis, hygiene and safety and environmental standards related to coal miners tunneled in Cundinamarca.

**Materials and methods:** Cross-sectional study, 215 workers selected by stratified probability sampling with proportional allocation.

Environmental monitoring, chest X-rays and surveys with personal and occupational variables are performed. Measures of central tendency and dispersion and the independence test Pearson chi-square test or exact, in order to establish the associations were used.

**Results:** 99.5% of the population belongs to the male, 36.7% were between 41-50 years, with an average age of  $21.70 \pm 9.99$  work. The prevalence of pneumoconiosis was 42.3% and the median concentration of bituminous coal dust was 2.329670 mg/m<sup>3</sup>. The risk index of coal dust significant differences in the categories of low ( $p=0.0001$ ) and medium ( $p=0.0186$ ) with the prevalence of pneumoconiosis. 84.2%

reported not wear a mask. No differences between carbon levels ( $p=0.194$ ) with the prevalence of pneumoconiosis are presented.

**Conclusions:** Pneumoconiosis prevalence of 42.3% was found in Cundinamarca. It is required to have effective hygiene and industrial safety to control the risk to which they are exposed coal miners by inhaling coal dust.

**Keywords:** Exhibition, coal dust, hygiene, safety, underground mining, pneumoconiosis.

## **Introducción**

La producción de carbón a nivel mundial se ha incrementado por encima de los 4.000 millones de toneladas (Mt) con una tasa de variación del 43,8% para el año 2003. El crecimiento en la producción lleva a Colombia a ser el país con más reservas y el mayor productor internacional de carbón antracita y bituminoso en Sur y Centro América tanto para uso térmico y metalúrgico, como para el consumo interno y de exportación, lo que hace que este sector económico sea llamativo para contratar nuevos trabajadores (1-3).

Se ha generado también un aumento en la necesidad de recurso humano requerido para la explotación y extracción en las minas subterráneas de carbón, empleando personal que no siempre es calificado y con métodos de explotación poco tecnificados, lo que lleva a que los trabajadores tengan exposición a polvos como sílice y carbón los cuales pueden desencadenar neumoconiosis. (1) (4-8).

Esta enfermedad es incurable, se puede desarrollar con niveles bajos de exposición (9) y ha sido reconocida como una enfermedad laboral en Colombia desde el 2014 (10). Las causas que intervienen en la presencia de la patología son los factores del agente (características fisicoquímicas del mineral), los factores en el trabajador (condiciones de salud), hábitos de consumo (tabaquismo, consumo de alcohol entre otros), las condiciones laborales en las que deben trabajar (niveles de carbón e índice de riesgo), siendo una mezcla de factores que al no ser intervenidos con los controles operacionales de higiene y seguridad industrial adecuados, pueden producir el desarrollo de la enfermedad, motivo por el cual es necesario controlar y reducir los

riesgos (11-13), con el fin de mantener los niveles de polvo de carbón por debajo de los límites máximos permisibles (14-16).

Diferentes estudios realizados a nivel mundial en minas de carbón subterránea, muestran que la prevalencia de neumoconiosis en los trabajadores no ha disminuido en los últimos 60 años de forma significativa y no está controlado el riesgo siendo muchas las causas, entre otras la falta de implementación de medidas de higiene y seguridad industrial. Una investigación llevada a cabo en Estados Unidos entre los años de 1969 y 1971 reporto un 79,70% (403) de muertes atribuibles a neumoconiosis (18). En Kentucky, Virginia and West Virginia, Estados Unidos, entre el 2005 y 2012, se presentaron 226 mineros con neumoconiosis con una prevalencia de 2,48% (19). Otro estudio retrospectivo longitudinal a la mina Tiefa de China en el 2007, en 14.655 mineros de carbón de los cuales 236 presentaron neumoconiosis (9). Entre 1952 y 1992 en Holanda, se presentó la mortalidad más alta por neumoconiosis con 323 muertos (21) y en Sudáfrica, la neumoconiosis representa 3000 muertes al año con una prevalencia entre el 26% y 36% (22). Estudios realizados en Colombia en las regiones de Boyacá y Cundinamarca en el año 2014 en 447 trabajadores se les encontró una prevalencia de neumoconiosis del 35,87% (17). Otra estudio en Boyacá, Colombia, en el periodo de 2013, teniendo en cuenta los hallazgos en las radiografías de tórax siguiendo el método de lectura de la Organización Internacional del Trabajo (OIT) mostro que el 15,9% de 170 trabajadores, tenían hallazgos compatibles con neumoconiosis (20).

Los estudios citados reflejan que la prevalencia de neumoconiosis a nivel mundial en las minas de carbón subterráneas en la población trabajadora expuesta al polvo de carbón, son significativamente altas. Por esta razón el Ministerio de Salud y Protección Social, estableció el Plan Nacional para la prevención de la silicosis, neumoconiosis de los mineros de carbón y la asbestosis 2010-2030, con el objeto de disminuir la neumoconiosis en la población trabajadora (23).

El presente estudio determinó la prevalencia de neumoconiosis, las medidas de higiene y seguridad industrial y su relación con los niveles ambientales de carbón a los que están expuestos los trabajadores en las minas de socavón en la región de Cundinamarca durante el año 2015.

### **Materiales y Métodos**

Se realizó un estudio de corte transversal en una muestra de 218 trabajadores expuestos a polvo de carbón en minas subterráneas, ubicadas en el departamento de Cundinamarca en el periodo 2015, seleccionados mediante un muestreo probabilístico estratificado 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%).

Todas las personas seleccionadas para el estudio cumplieron los siguientes criterios de inclusión: a) Decisión voluntaria de participar en el estudio, b) Personas con una antigüedad laboral en el sector minero mayor o igual a 10 años, c) Trabajadores que al momento del trabajo de campo, realizaran actividades laborales para las empresas seleccionadas. El incumplimiento de por lo menos uno de los criterios se consideró

un motivo suficiente para excluir a la persona del estudio. Se excluyó del estudio las personas que cumplieran al menos uno de los siguientes criterios: a) Menores de 18 años, b) Estar embarazada (por la posibilidad de exposición a radiaciones ionizantes como parte de la evaluación de las condiciones de salud y específicamente de la toma de radiografías), y c) Presencia de enfermedad respiratoria activa o bajo tratamiento.

A la muestra de trabajadores seleccionada se les realizó una encuesta estructurada en la que se incluyeron variables sociodemográficas y laborales, radiografías de tórax según criterios de la Organización Internacional del Trabajo (OIT) y se llevó a cabo una evaluación del ambiente laboral mediante monitoreos ambientales de polvo de carbón.

Los trabajadores fueron seleccionados mediante muestreo aleatorio simple en cada una de las empresas para la aplicación de la encuesta y la toma de radiografías de tórax según criterios exigidos por la guía técnica de la Organización Internacional del Trabajo (OIT). Los casos compatibles con neumoconiosis se sustentaron en las lecturas con resultado positivo para neumoconiosis.

Para determinar la concentración en aire de la fracción respirable de polvo de carbón, un higienista del equipo de investigación realizaba una inspección de los ambientes laborales con el propósito de identificar y caracterizar por cargos u oficios las actividades desempeñadas, y en función de dichas actividades, estableció los grupos de exposición similar (GES). Una vez definidos y validados los GES, se procedió a seleccionar, mediante muestreo aleatorio simple, a los trabajadores para la realización de los monitoreos ambientales personales, los cuales se llevaron a cabo por el método



de análisis gravimétrico de NIOSH (Instituto Nacional de Seguridad y Salud Ocupacional de Estados Unidos) 0600 y 7602, respectivamente.

El muestreo realizado correspondió a las condiciones en el momento del muestreo, mas no refleja la condición normal de exposición.

El valor límite permisible (TLV) corregido aplicado en el presente estudio para polvo de carbón bituminoso fue de  $0,7 \text{ mg/m}^3$  a una jornada laboral en las empresas evaluadas de 48 horas semanales, realizado el ajuste del TLV-TWA empleando el modelo Brief Scala of Patty & Industrial and Toxicology (internacionalmente aceptado) sugeridos por la ACGIH, ya que los valores límites permisibles son establecidos para jornadas laborales de 40 horas semanales.

El índice de riesgo (IR) se calculó con el cociente entre la concentración evaluada en campo y el valor límite permisible corregido, estableciendo la escala en Bajo ( $<0,5$ ), Medio ( $\geq 0,5 - < 1$ ), Alto ( $\geq 1 - < 5$ ) y Severo ( $\geq 5$ ) para determinar el IR por exposición al polvo de carbón.

Se realizó una prueba piloto al 10% del total de la muestra con el objeto de hacer posteriormente los ajustes necesarios tanto de instrumentos como de tiempos y movimientos quedando estandarizados todos los procedimientos. Las empresas participantes en el estudio piloto no formaron parte de la población muestra seleccionada para el estudio.

Las variables cualitativas utilizadas en el presente estudio fueron objeto de un análisis descriptivo como género, rango de edad, cargo y tamaño de empresa; presencia de

neumoconiosis; índice de riesgo y uso de elementos de protección personal. Se utilizó una distribución de frecuencias absolutas y relativas expresadas en porcentajes.

Para las variables edad, antigüedad laboral, nivel de carbón, valor índice de riesgo se les realizó también una distribución de frecuencias con estadísticos de valores percentiles de cuartiles, medidas de tendencia central y dispersión. Con el fin de establecer las asociaciones entre las variables independientes y los desenlaces principales como uso de elementos de protección personal y prevalencia de neumoconiosis se utilizó la prueba de independencia ji-cuadrado de Pearson o pruebas exactas (valores esperados  $< 5$ ). Mientras que a las variables cuantitativas nivel de carbón e índice de riesgo con distribución normal, se usó la prueba de diferencia de promedios T-student para grupos independientes, para varianzas homogéneas o heterogéneas. La fuerza de la asociación se evaluó con el Odds ratio (OR) y la significancia con el intervalo de confianza del 95%, cuando los factores cumplieron con el principio de temporalidad se utilizó el riesgo relativo (RR) y su intervalo de confianza del 95%.

El estudio fue aprobado por los Comités de Ética del Instituto Nacional de Salud (REG-R03.002.0000-006) y de la Universidad del Rosario (CEI-ABN026-000237).

Se aplicó un consentimiento informado a cada uno de los trabajadores participantes antes de la aplicación de las encuestas y de la toma de radiografías de tórax.

## **Resultados**

Participaron 215 mineros de carbón del departamento de Cundinamarca (Tausa, Sutatausa, Lenguaque y Cucunubá) de las 11 empresas de minería subterránea

seleccionadas aleatoriamente afiliadas a una Administradora de Riesgos Profesionales. En la tabla 1 se presentan las variables sociodemográficas, en la distribución por género predominó el masculino con el 99,5% (214) del total de la población, con un rango entre los 24 y 76 años, con una mayor representación en los grupos de edad entre los 41-50 años con el 36,7% (79) y el promedio de edad fue de  $45,50 \pm 9,44$  años. La antigüedad en el trabajo fue mínimo de 10 y máxima de 57 años, con un promedio de  $21,70 \pm 9,99$  años. Los cargos donde se encontraban la mayor parte de los trabajadores fueron los de picador (50,2%) y reforzador (13,5%) que están directamente relacionados con la exposición al polvo de carbón por las actividades que deben desarrollar. El 26,0% de los trabajadores labora en empresas pequeñas (56), el 52,6% en medianas (113) y en las grandes el 21,4% (46).

La prevalencia estimada de neumoconiosis para los mineros de carbón de minas subterráneas en el departamento de Cundinamarca fue de 42,3% (91), con un IC al 95% de (35,5% a 49,2%), teniendo en cuenta los hallazgos radiográficos.

Se encontró una concentración mínima de polvo de carbón bituminoso de 0,0000  $\text{mg}/\text{m}^3$  y máxima de 8,6121  $\text{mg}/\text{m}^3$ , con una mediana de 2,329670  $\text{mg}/\text{m}^3$  en un rango intercuartil de Q1 percentil 25 de 0,374250 y Q3 percentil 75 de 3,847200  $\text{mg}/\text{m}^3$ ; expuestos a índices de riesgo alto con el 40,0% (86) y severo con 30,7% (66).

Se identificó la frecuencia de uso de las medidas de higiene y seguridad industrial implementadas en los trabajadores (tabla 2), 181 (84,2%) trabajadores reportaron no usar mascarilla, elemento de protección fundamental en la exposición a polvo de carbón.

No se encontró relación entre la prevalencia de neumoconiosis y el uso de alguno de los elementos de protección personal (tabla 3), pero si entre el índice de riesgo (Tabla 4) en las categorías de bajo ( $p= 0,0001$ ) y medio ( $p= 0,0186$ ).

### **Discusión**

El sector económico de la minería ha incrementado sus niveles de producción y explotación de carbón en los últimos 24 años en un 43.8%, en el cual Colombia contribuye con las reservas siendo el mayor productor internacional de carbón antracita y bituminoso en Sur y Centro América, en especial el departamento de Cundinamarca, como el tercer productor por la cantidad de reservas y la calidad del carbón para uso en los diferentes procesos industriales y como también para abastecer el mercado local e internacional, incrementando los niveles de contratación y mano de obra para realizar esta labor de minería subterránea.

En muchas ocasiones las condiciones laborales no cumplen con los estándares nacionales e internacionales establecidos para controlar y mantener los niveles de concentración y exposición, sin sobrepasar los límites máximos permisibles. También hay desconocimiento de las medidas de higiene y seguridad industrial implementadas como lo anotan varios estudios y no hay información suficiente respecto a estas medidas y el desarrollo de la neumoconiosis (1, 2, 3, 4, 11, 12, 13).

En el presente estudio la prevalencia de neumoconiosis radiológica fue muy alta, al igual que en otros estudios realizados en donde se siguen manteniendo altas prevalencias (9, 17, 18, 21, 22). Esto se puede deber a que en esta investigación se

tomaron los trabajadores que tenían mínimo 10 años de exposición, considerando que esta es una patología de desarrollo crónico.

En la distribución por género predominó el masculino con el 99,5% del total de la población, es tradicional el predominio de este género en actividades económicas como la minería de socavón, dado el gran desgaste físico al cual deben someterse durante las labores propias del oficio.

Los cargos donde se encontraban la mayor parte de los trabajadores fueron los de picador (50,2%) y reforzador (13,5%), cargos en los cuales hay una exposición directa debido a la acción de romper y picar carbón y remover la tierra que acompaña este mineral.

Los estudios referenciados en la literatura se enfocan a caracterizar e identificar la prevalencia de la neumoconiosis, sus factores de riesgo y las condiciones laborales de los trabajadores. Sin embargo, respecto a las medidas de higiene y seguridad industrial no se definen claramente el tipo de medida y el control adecuado que puede ayudar a mitigar los efectos sobre la salud de los trabajadores (5, 7, 8, 9, 10, 17, 18, 19, 20, 21, 22).

Por lo tanto, se considera importante no solo identificar las medidas de higiene y seguridad industrial reportadas por los trabajadores, sino también conocer en detalle las características técnicas de los elementos de protección respiratoria utilizados que contribuyan a identificar si son los adecuados y si atenúan la exposición por inhalación. Para el caso de la protección respiratoria es necesario realizar antes del uso de la mascarilla, las pruebas de ajuste para verificar si el elemento de protección

respiratoria se adhiere a la piel del trabajador, evitando que puedan penetrar partículas de polvo de carbón. Además se debe incluir el seguimiento y verificación del buen uso, mantenimiento y limpieza de los elementos para garantizar que estos permitan mitigar el riesgo al que se encuentra expuesto el trabajador.

En el presente estudio no se encontró relación entre la prevalencia de neumoconiosis, el uso de elementos de protección personal y los niveles de carbón.

Los datos sobre el uso de elementos de protección personal no aportan beneficio preventivo eficaz, pues el 84,2% de los trabajadores reportaron no usar mascarilla, elemento de protección fundamental en la exposición a polvo de carbón, se percibe además, que el tipo de trabajo y la alta contaminación lleva a una rápida saturación, lo cual determina que haya una mayor exposición.

El índice de riesgo a hulla bituminosa en los trabajadores fue alto en el 40,0% y severo en el 30,7% de los trabajadores. Se encontró relación entre la prevalencia de neumoconiosis y los índices de riesgo bajo ( $p=0,000$ ) y medio ( $p= 0,0186$ ), siendo esto posiblemente porque estos trabajadores no utilizan o no se les provee de elementos de protección adecuados por estar en oficios donde se cree que la exposición es menor.

Los resultados de este estudio aportan información valiosa para la caracterización de los lugares de trabajo en la minería subterránea y permiten visualizar algunos aspectos en los que se requiere profundizar, aportando nuevas preguntas de investigación que podrían ser objeto de nuevos proyectos.

Respecto a las recomendaciones, es importante revisar la eficiencia de los métodos de control existentes e implementar nuevas tecnologías para disminuir la exposición. Igualmente realizar una intervención integral en las empresas, acompañado de monitoreo de higiene ocupacional periódicos para verificar la efectividad de las medidas implementadas. En este sentido NIOSH recomienda para reducir las exposiciones a polvo de carbón en el sitio de trabajo, sistemas generales de extracción de polvo, perforación con inyección de agua, ventilación local por medio de extractores, aplicación de sustancias aglomerantes en paredes, pisos y techos al interior de las minas, y aislamiento de los trabajadores en perforadoras montadas en carros con cabina cerrada y con aire acondicionado de presión positiva.

Es necesario también hacer el seguimiento a los elementos de protección respecto a su uso, mantenimiento, limpieza y almacenamiento, que permita disminuir la exposición.

Por esto es importante realizar estudios sobre la relación entre la prevalencia de neumoconiosis, la calidad de las medidas de higiene y seguridad industrial en la fuente, en el medio y en la persona y los niveles de concentración de polvo de carbón en los socavones.

**Agradecimientos**

A los trabajadores y empresas participantes en el estudio y a la Dra. Gilma Hernández de la Universidad El Rosario.

Los datos y hallazgos presentados en este estudio hacen parte del proyecto macro “Evaluación de la exposición a polvo de carbón en minería subterránea en tres departamentos de Colombia”, realizado por la Universidad del Rosario, la Universidad de los Andes, la ARL Positiva, el Instituto Nacional de Salud (INS) y la Gobernación de Boyacá.

**Financiación**

El estudio fue apoyado con recursos propios del investigador. El proyecto macro fue financiado y patrocinado con recursos a la Universidad del Rosario, la Universidad de los Andes, la ARL Positiva, el Instituto Nacional de Salud (INS), la Gobernación de Boyacá y cofinanciado por COLCIENCIAS mediante el contrato 379-2011.



## **Bibliografía**

1. Unidad de planeación minero energético. (2005). La cadena del carbón. Fuente de energía en el mundo Ministerio de minas y energía. Bogotá D.C: Dígitos y diseños. Obtenido de [http://www.upme.gov.co/Docs/Cadena\\_carbon.pdf](http://www.upme.gov.co/Docs/Cadena_carbon.pdf)
2. UNIDAD DE PLANEACIÓN MINERO ENERGÉTICA. (2013). BOLETÍN ESTADÍSTICO DE MINAS Y ENERGÍA 2008 - 2012. Bogotá D.C.: Imprenta Nacional de Colombia. Obtenido de [http://www.upme.gov.co/Docs/Boletin\\_Estad\\_Minas\\_Energy\\_2008\\_2012.pdf](http://www.upme.gov.co/Docs/Boletin_Estad_Minas_Energy_2008_2012.pdf)
3. Subdirección de Información Minero Energética. (2012). Cadena del Carbón. Bogotá D.C: Imprenta Nacional de Colombia. Obtenido de [http://www.upme.gov.co/Docs/Cadena\\_Carbon\\_2012.pdf](http://www.upme.gov.co/Docs/Cadena_Carbon_2012.pdf)
4. MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. (2009). ANUARIO ESTADÍSTICO MINERO COLOMBIANO. Bogotá D.C.
5. INTERNATIONAL LABOUR ORGANIZATION. (2006). Code of practice on safety and health in underground coalmines. Geneva: INTERNATIONAL LABOUR OFFICE GENEVA. Obtenido de: [http://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed\\_protect/---protrav/---safework/documents/normativeinstrument/wcms\\_110254.pdf](http://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_protect/---protrav/---safework/documents/normativeinstrument/wcms_110254.pdf)
6. Jong Seong LEE1\*, J. H.-H.-S. (2014). Serum Levels of TGF- $\beta$ 1 and MCP-1 as Biomarkers for Progressive Coal Workers' Pneumoconiosis in Retired Coal Workers: A Three-year Follow-up Study. Published online in J-STAGE .

7. Ministerio de la Protección Social, Pontificia Universidad Javeriana. (2006). Guía de atención integral basada en la evidencia para neumoconiosis (silicosis, neumoconiosis del minero de carbón y asbestosis). Bogotá D.C: Imprenta Nacional de Colombia.
8. Robert J. McCunney, M. M. (2009). What Component of Coal Causes Coal Workers' Pneumoconiosis? *Journal of Occupational & Environmental Medicine*, 462-471. Obtenido de:  
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov.ez.urosario.edu.co/pubmed/19333134>
9. Hongbo Liu 1 2, Z. T. (2009). Identification and classification of high risk groups for Coal Workers' Pneumoconiosis using an artificial neural network based on occupational histories: a retrospective cohort study. *BMC Public Health*.
10. Ministro de Salud y Protección Social. (2014). DECRETO 1477 DE 2014. Bogotá D.C.: Diario Oficial.
11. MINISTERIO DEL TRABAJO. (2014). Decreto 1443. Bogotá D.C: Diario Oficial.
12. Organización Internacional del Trabajo. (2011). Centro Internacional de Formación de la OIT (Primera edición 2011 ed.). Turin: ISBN 978-92-2-324740-9. Obtenido de  
[http://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/@ed\\_protect/@protrav/@safework/documents/publication/wcms\\_154127.pdf](http://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/@ed_protect/@protrav/@safework/documents/publication/wcms_154127.pdf)
13. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC). (2007). NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC-OHSAS 18001. SISTEMAS DE

GESTIÓN EN SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL. REQUISITOS. Bogotá D.C: Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC).

14. MINISTERIO DE TRABAJO Y SEGURIDAD SOCIAL. (1979). RESOLUCIÓN 2400 . Bogotá D.C: Diario Oficial.
15. MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA. (2001). POLÍTICA NACIONAL DE SEGURIDAD MINERA. Bogotá D.C.: Ministerio de minas y energía. Obtenido de <http://www.simco.gov.co/LinkClick.aspx?fileticket=SGIHIS2PQO0%3D&tabid=482>
16. MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA. (2015). DECRETO 1886. Bogotá D.C.: Diario Oficial. Obtenido de <http://wp.presidencia.gov.co/sitios/normativa/decretos/2015/Decretos2015/DECRETO%201886%20DEL%2021%20DE%20SEPTIEMBRE%20DE%202015.pdf>
17. Carlos H, M. I. (2015). Underground Coal Mining: Relationship between Coal Dust Levels and Pneumoconiosis, in Two Regions of Colombia, 2014. Hindawi Publishing Corporation, 8. Obtenido de <http://www.hindawi.com/journals/bmri/2015/647878/>
18. Judith M, L. T. (2014). Respiratory disease mortality among US coal miners; results after 37 years of follow-up. Occup Environ Med., 738. Obtenido de <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4522914/>

19. David J, C. N. (2014). Small mine size is associated with lung function abnormality and pneumoconiosis among underground coal miners in Kentucky, Virginia and West Virginia. *Occup Environ Med*, 690–694. Obtenido de <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4593400/>
20. Carolina G, J. M. (2014). Caracterización de las condiciones de salud respiratoria de los trabajadores expuestos a polvo de carbón en minería subterránea en Boyacá, 2013. *Revista de la Universidad Industrial de Santander*, 237-247. Obtenido de <http://revistas.uis.edu.co/index.php/revistasaluduis/article/view/4499>
21. J M Meijers, G. M. (1997). Mortality of Dutch coal miners in relation to pneumoconiosis, chronic obstructive pulmonary disease, and lung function. *Occup Environ Med*, 708–713. Obtenido de: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1128924/pdf/oenvmed00094-0012.pdf>
22. Naidoo, R. N. (2013). Mining: South Africa's legacy and burden in the context of occupational respiratory diseases. *Glob Health Action.*, 6:1-3. Obtenido de <http://www.globalhealthaction.net/index.php/gha/article/view/20512>
23. Ministerio de la Protección Social. (2010). Plan nacional para la prevención de la silicosis, la neumoconiosis de los mineros de carbón y la asbestosis. Bogotá D.C: ISBN.

Tabla 1. Características sociodemográficas y laborales de los trabajadores, departamento de Cundinamarca - Colombia, 2015

<i>Variable</i>	<i>Valores</i>	<i>Frecuencia (n)</i>	<i>Porcentaje (%)</i>
<i>Genero</i>	Hombre	214	99,5
	Mujer	1	0,5
<i>Grupos de Edad</i>	20 a 25	1	0,5
	26 a 30	15	7,0
	31 a 35	21	9,8
	36 a 40	29	13,5
	41 a 45	39	18,1
	46 a 50	40	18,6
	51 a 55	38	17,7
	56 a 60	23	10,7
	61 a 65	7	3,3
	66 a 70	1	0,5
	76 o >	1	0,5
<i>Cargo</i>	Administrador	3	1,4
	Almacenista	1	0,5
	Cochero	13	6,0
	Descargue	6	2,8
	Frentero	14	6,5
	Malacatero	11	5,1
	Oficios varios	2	0,9
	Operador	1	0,5
	Patiero	5	2,3
	Picador	108	50,2
	Reforzador	29	13,5
	Suministros	2	0,9
	Supervisor de tajo	18	8,4
	Tolvero	2	0,9
	<i>Tamaño de empresa</i>	Grande	46
Mediana		113	52,6
Pequeña		56	26,0
<i>Índice de riesgo</i>	Bajo	50	23,3
	Medio	13	6,0
	Alto	86	40,0
	Severo	66	30,7

Tabla 2. Uso de elementos de protección personal de los trabajadores, departamento de Cundinamarca - Colombia, 2015

<i>Variable</i>	<i>Valores</i>	<i>Frecuencia (n)</i>	<i>Porcentaje (%)</i>
<i>Porta Lámpara</i>	SI	213	99,1
	NO	2	0,9
<i>Porta cable</i>	SI	212	98,6
	NO	3	1,4
<i>Barbuquejo</i>	SI	10	4,7
	NO	205	95,3
<i>Protección respiratoria</i>	SI	212	98,6
	NO	3	1,4
<i>Mascarilla</i>	SI	31	14,4
	NO	181	84,2
	Perdidos	3	1,4
<i>Con cartucho</i>	SI	200	93,0
	NO	12	5,6
	Perdidos	3	1,4
<i>Vaqueta</i>	SI	3	1,4
	NO	212	98,6
<i>Otro</i>	SI	8	3,7
	NO	207	96,3
<i>Protección Cuerpo</i>	SI	214	99,5
	NO	1	0,5
<i>Overol</i>	SI	52	24,2
	NO	163	75,8
<i>Inserción</i>	SI	140	65,1
	NO	12	5,6
	Perdidos	63	29,3
<i>Gafas policromadas</i>	SI	20	9,3
	NO	195	90,7
<i>Caucho</i>	SI	209	97,2
	NO	6	2,8
<i>Cuero</i>	SI	7	3,3
	NO	208	96,7
<i>Punta de acero</i>	SI	213	99,1
	NO	2	0,9
<i>Plantilla de acero</i>	SI	2	0,9
	NO	213	99,1
<i>Lazo de vida</i>	SI	113	52,6
	NO	102	47,4
<i>Lámpara de seguridad</i>	SI	179	83,3
	NO	36	16,7

Tabla 3. Relación entre la prevalencia de neumoconiosis y el uso de elementos de protección personal de los trabajadores, departamento de Cundinamarca - Colombia, 2015

<i>Variable</i>	<i>p</i>	<i>OR</i>
<i>Utiliza elementos de protección personal</i>	-. <sup>a</sup>	-. <sup>a</sup>
<i>Casco</i>	-. <sup>a</sup>	-. <sup>a</sup>
<i>Porta Lámpara</i>	0,509	---
<i>Tafílete</i>	1,000	---
<i>Porta cable</i>	0,264	---
<i>Barbuquejo</i>	0,419	1,755
<i>Protección respiratoria</i>	1,000	0,678
<i>Mascarilla</i>	0,396	1,408
<i>Con cartucho</i>	0,511	0,663
<i>Guantes</i>	-. <sup>a</sup>	-. <sup>a</sup>
<i>Carnaza</i>	1,000	0,906
<i>Vaqueta</i>	1,000	1,475
<i>Otro</i>	0,724	0,725
<i>Protección Cuerpo</i>	0,423	---
<i>Overol</i>	0,745	1,111
<i>Chaqueta</i>	0,785	0,917
<i>Pantalón</i>	0,555	0,827
<i>Protección auditiva</i>	0,840	0,941
<i>Inserción</i>	0,012	0,108
<i>Tipo copa</i>	0,240	4,741
<i>Combinada</i>	0,071	---
<i>Protección visual</i>	0,466	0,711
<i>Gafas policromadas</i>	-. <sup>a</sup>	-. <sup>a</sup>
<i>Gafas de malla</i>	-. <sup>a</sup>	-. <sup>a</sup>
<i>Reata con porta lámpara</i>	0,269	0,677
<i>Botas</i>	-. <sup>a</sup>	-. <sup>a</sup>
<i>Caucho</i>	1,000	0,674
<i>Cuero</i>	0,701	1,870
<i>Punta de acero</i>	0,509	---
<i>Plantilla de acero</i>	1,000	0,732
<i>Lazo de vida</i>	0,548	0,847
<i>Lámpara de seguridad</i>	0,515	1,270
<i>Auto rescatador</i>	0,342	0,769

<sup>a</sup> No se calculará ningún estadístico porque la variable es una constante.

Tabla 4. Relación entre la prevalencia de neumoconiosis y los índices de riesgo de los trabajadores, departamento de Cundinamarca - Colombia, 2015

<i>Variable</i>	<i>Neumoconiosis Positivo</i>		<i>Neumoconiosis Negativa</i>		<i>Total</i>		<i>p</i>
	<i>n</i>	<i>%</i>	<i>n</i>	<i>%</i>	<i>N</i>	<i>%</i>	
<i>Bajo</i>	15	30,0	35	70,0	50	100,0	0,0001
<i>Medio</i>	10	76,9	3	23,1	13	100,0	0,0186
<i>Alto</i>	37	43,0	49	57,0	86	100,0	0,0934
<i>Severo</i>	29	43,9	37	56,1	66	100,0	0,2230