

Niveles de exposición ambiental a polvo de carbón y su relación con las condiciones de higiene y seguridad industrial en trabajadores de minas subterráneas de la Región de Boyacá.

Levels of environmental exposure to coal dust and their relation to the hygiene and industrial safety conditions in workers of underground mines in the region of Boyacá.

Margoth Bonilla A¹, Marcela Varona U², Milcíades Ibáñez P³.

¹ Ingeniero Industrial, Maestría Salud Ocupacional y Ambiental, Escuela de Medicina y Ciencias de la Salud, Universidad del Rosario, Bogotá, Colombia.

² Médico Cirujano PhD en Ciencias Biológicas y E. Medicina del Trabajo y Epidemiología, Docente Asesor Metodológico, Salud Ocupacional, Escuela de Medicina y Ciencias de la Salud, Universidad del Rosario, Bogotá, Colombia.

³ Estadístico, Matemático, Especialista y Magister en Epidemiología, Docente Asesor Estadístico, Salud Ocupacional, Escuela de Medicina y Ciencias de la Salud, Universidad del Rosario, Bogotá, Colombia.

Correspondencia: Margoth Bonilla Avila **Correspondencia:** Diagonal 17B # 88-77 T9 A1104 **E-mail:** Margoth.bonilla1@gmail.com **Teléfono:** 57 (1) 4663851.

RESUMEN

Introducción: La minería subterránea es considerada de alto riesgo afectando la salud de trabajadores expuestos a factores de riesgo y condiciones de trabajo, sin que exista información sobre concentración de material particulado y niveles de riesgo. **Objetivo:** Determinar la exposición ambiental a polvo de carbón y su relación con las condiciones de higiene y seguridad industrial en los trabajadores que laboran en minas subterráneas de la región de Boyacá. **Materiales y métodos:** Estudio de corte transversal donde se emplearon cuestionarios para recolectar datos sobre condiciones de trabajo y se realizaron muestreos ambientales de material particulado mediante método de análisis gravimétrico y metodología 0600 de NIOSH. **Resultados:** Estudio realizado en 19 empresas con 232 trabajadores, con edades entre 20 y 73 años. La concentración promedio de material particulado en los 209 monitoreos realizados fue de $3,4 \pm 3,4 \text{ mg/m}^3$. El nivel de riesgo alto por exposición a polvo de carbón se encontró en el 70,8% (148) de los monitoreos y el 20,6% (43) en nivel severo, con promedio de $4,9 \pm 4,9 \text{ mg/m}^3$. Asociaciones significativas se reportaron entre trabajadores que no usaban protección respiratoria y nivel de riesgo medio y alto ($p=0,033$); uso mascarilla sin cartucho y nivel de riesgo bajo y medio ($p=0,013$); el no uso de protección auditiva y niveles medio y alto ($p=0,010$) y consumo de cigarrillo en el trabajo y niveles medio, alto y severo ($p=0,008$). **Conclusiones:** Se determinó vinculación y relación significativa entre los niveles de riesgo alto y severo por exposición a polvo de carbón con concentraciones por encima de niveles permisibles y las condiciones de seguridad industrial de trabajadores.

Palabras clave: Carbón Mineral, Minas de Carbón, Condiciones de Trabajo, Seguridad Industrial, Higiene, Salud, Colombia.

ABSTRACT

Introduction: Underground mining is considered high risk affecting the health of workers exposed to risk factors and working conditions, without any information on particulate matter concentration and risk levels. **Objective:** To determine the environmental exposure to coal dust and its relation to the hygiene and industrial safety conditions in employees working in underground mines in the region of Boyacá. **Materials and methods:** Cross-sectional study, where questionnaires were used to collect data on working conditions and there was collected environmental sampling of particulate matter by means of gravimetric analysis and methodology 0600 of NIOSH method out. **results:** The study was performed in 19 companies with 232 workers, aged between 20 and 73 years. The average concentration of particulate matter in the 209 carried out monitoring was $3.4 + 3, 4 \text{ mg/m}^3$. The risk level from exposure to coal dust was found in the 70.8% (148) monitoring and 20.6% (43) on severe level, with average of $4.9 + 4.9 \text{ mg/m}^3$. Significant associations were reported among workers who were not using respiratory protection and a medium - high risk levels ($p = 0,033$); the use of masks without cartridge and low - medium risk levels ($p = 0,013$); no use of hearing protection and medium - high levels ($p = 0,010$) and smoking at work and medium, high, and severe levels ($p = 0,008$). **Conclusions:** It was determined an existing linking and meaningful relationship between the levels of severe and high risk for exposure to coal dust concentrations above permissible levels and the conditions of industrial safety of workers.

Key words: Coal, Coal Mine, Working Conditions, Industrial Safety, Health, Hygiene, Colombia.

INTRODUCCIÓN:

La exploración y explotación minera subterránea de carbón es considerada una actividad de alto riesgo (1), ya que implica para quienes trabajan al interior de las minas, tener condiciones de trabajo que pueden afectar su salud y su calidad de vida. Algunos de los factores a los cuales están expuestos los trabajadores son el uso de herramientas y métodos para la extracción que generan material particulado, ambientes cerrados que permiten mayor concentración de partículas respirables de polvo de carbón, agentes químicos, ruido, ergonómicos y psicosociales, que incrementan el número de accidentes de trabajo y enfermedades laborales, como se expone en el proyecto de repertorio de recomendaciones prácticas sobre seguridad y salud en las minas de carbón subterráneas, de la Organización Internacional del Trabajo (OIT) (2).

Antes de 1970 en la industria de la minería del carbón, la exposición al polvo de carbón (bituminoso) excedía los 6 mg/m^3 , actualmente se acepta un valor límite de 2 mg/m^3 . El Instituto Nacional de Seguridad y Salud Ocupacional de Estados Unidos (NIOSH) señala la necesidad de disminuir el límite de exposición a 1 mg/m^3 , sin que se haya implementado hasta la fecha. Aunque al parecer los niveles de polvo reportados en las minas de Estados Unidos no han aumentado durante la última década (3), la enfermedad pulmonar ocupacional se sigue desarrollando incrementándose la prevalencia de neumoconiosis (4).

Para la determinación de los niveles de exposición ambiental a polvo de carbón, se fijan los niveles máximos permisibles de exposición establecidos por la Conferencia Americana de Higienistas Industriales Gubernamentales (ACGIH) quienes indican que el valor límite permisible para ocho horas de trabajo durante seis días a la semana, es de $2,7475 \text{ mg/m}^3$. Los valores que establece la ACGIH se basan exclusivamente en criterios científicos de protección de la salud (5).

Datos de importancia sobre la neumoconiosis ha sido reportado en varios estudios. La Oficina Internacional del Trabajo (OIT) señala que en el Reino Unido la neumoconiosis de los mineros, fue una de las tres primeras causas de enfermedad laboral, reconociendo e indemnizando 8.530 casos en el año 2009. En China, la neumoconiosis representó 23.812 de los 27.240 casos de enfermedad laboral notificados en 2010, y en el Japón la neumoconiosis y las afecciones de la región lumbar, fueron los trastornos más frecuentes entre los 7.779 casos de enfermedad laboral notificados en 2011 (6). Aunque en Colombia se han realizado algunos reportes de neumoconiosis en mineros de Boyacá, no existen datos sobre la incidencia real de esta afección pulmonar, mientras que en el 2013, China reportó una prevalencia de neumoconiosis del 6,02% entre los trabajadores de la industria carbonífera, un índice alto comparado con países como Reino Unido y Estados Unidos que registran datos del 1% y 3,2%, respectivamente (7).

El estudio de “Absentismo laboral por causa médica en trabajadores del área operativa de una compañía de extracción de minerales en Colombia, 2011”, afirma que en los últimos años, el sector de extracción de minerales se ha consolidado como uno de los más dinámicos en la economía de Colombia. Esto se puede evidenciar en el comportamiento de su Producto Interno Bruto (PIB), que en el último año registró un crecimiento del 5,9%, el más elevado desde el año 2007 (8).

La neumoconiosis es una enfermedad crónica incapacitante y de un alto costo social. Estas características hacen que la regulación y el control de la exposición al polvo de carbón, sean

indispensables para prevenir su aparición (9). El desarrollo de la neumoconiosis depende del tipo de carbón, siendo el tipo antracita el de mayor patogenicidad. Ha sido estimado que se requieren 10 años de exposición en promedio para visualizar pequeñas opacidades en los Rayos X de tórax, en trabajadores de minería carbonífera (10).

Un estudio en Colombia realizado en el año 2006, permitió observar que el porcentaje de polvo de carbón respirable en minas bajo tierra ha sido estimado entre 40% y 95% (11); no se posee estadísticas oficiales sobre los niveles de polvo de carbón en minería y ésta es considerada la más contaminante en todas las etapas de su proceso productivo. La ausencia de estudios científicos que comprueben las afectaciones a la salud y al medio ambiente en relación con la extracción de este mineral, ha dejado sin piso los argumentos de exmineros o habitantes de pueblos aledaños que reclaman indemnizaciones y atenciones médicas (12).

La Legislación Colombiana da la base para la seguridad de las minas subterráneas, por lo que el propietario de la mina o los titulares de derechos mineros, están en la obligación de cumplirla teniendo en cuenta el tamaño de la mina o la labor subterránea que realicen, de tal forma que se lleva a cabo en condiciones de higiene y seguridad para las personas que trabajan en ellas (13-14).

Por lo anterior, se requieren llevar a cabo estudios que muestren las condiciones en las que laboran los trabajadores de minas subterráneas con el fin de adelantar planes y programas para disminuir o evitar accidentes de trabajo, enfermedades laborales, implementar controles y mejoras en sus prácticas de trabajo. La presente investigación tiene como objetivo establecer los niveles de exposición ambiental a polvo de carbón y su relación con las condiciones de trabajo en higiene y seguridad industrial en los trabajadores de minas subterráneas de la región de Boyacá.

MATERIALES Y MÉTODOS:

El presente estudio de corte transversal es derivado de un macro proyecto realizado por las Universidad del Rosario y Los Andes, la Administradora de Riesgos Laborales ARL POSITIVA, el Instituto Nacional de Salud (INS) y la Gobernación de Boyacá, cofinanciado por COLCIENCIAS denominado “Evaluación de la exposición a polvo de carbón en minería subterránea en tres departamentos de Colombia”, el cual incluyó las minas del departamento de Boyacá ubicadas en los municipios de Samacá, Socotá, Tópaga, Iza, Sogamoso y Socha, las cuales se estratificaron por tamaño en menores de 50 trabajadores (pequeñas), de 50 a 99 (medianas) y de 100 a más trabajadores (grandes). La población del estudio estuvo constituida por 367 empresas con 2015 trabajadores de las cuales se seleccionaron 19 empresas y 232 trabajadores mediante un muestreo probabilístico, estratificado y aleatorio por conglomerados (empresas) 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 %).

Los criterios de inclusión en el estudio, fueron trabajadores formales que realizaran actividades laborales en las minas subterráneas seleccionadas en el departamento de Boyacá, con una antigüedad en el sector minero mayor o igual a 10 años y con decisión voluntaria de participar en el estudio. Los criterios de exclusión fueron trabajadores menores de edad (18 años), haber presentado diagnóstico de tuberculosis, presencia de enfermedad respiratoria activa o bajo tratamiento.

Instrumentos

Los instrumentos utilizados para el estudio y para la recolección de datos, fueron aplicados a cada uno de los trabajadores de la muestra seleccionada, en su versión validada por expertos del área. El cuestionario individual abordó los siguientes aspectos: información sociodemográfica, condiciones de trabajo, higiene y seguridad industrial y antecedentes toxicológicos como el hábito de fumar. Las variables incluidas en los instrumentos del estudio, fueron: edad (años cumplidos), género, nivel educativo, estado civil, estrato socioeconómico, ubicación de vivienda, oficio, distribución de frentes de trabajo, tipo de extracción usada, tiempo de exposición al polvo de carbón, hábito de fumar, elementos de protección personal, concentración de material particulado y categoría del riesgo.

El otro instrumento empleado y que permitió la evaluación del ambiente laboral, fue diseñado por un higienista y permitió caracterizar la exposición a hulla bituminosa, determinar los Grupos de Exposición Similar (GES) e identificar los trabajadores a quienes se les colocaría el equipo de muestreo de aire respirable (bomba GIL AIR PLUS®) con su respectivo tren de muestreo, teniendo en cuenta los oficios y las actividades desempeñadas por cada uno de los trabajadores expuestos, que fueron la base de las mediciones ambientales.

Estas mediciones se realizaron por el método de análisis gravimétrico utilizando la metodología 0600 del Instituto Nacional de Seguridad y Salud Ocupacional de Estados Unidos (NIOSH), establecida en el Manual de Métodos Analíticos (cuarta edición, volumen 1: Partículas respirables). Este método validado incluye la recolección de la muestra en filtros de PVC, utilizando ciclón de nylon de 10 mm de orificio y análisis gravimétrico; el límite de detección de la técnica es de 0.03 mg. Las muestras recolectadas fueron enviadas al Laboratorio de Higiene y Toxicología Industrial -Regional Bogotá- de ARL donde se realizó la determinación de la concentración en aire de la fracción respirable de hulla bituminosa en polvos de carbón de acuerdo con el citado método “Determinación de Polvo Respirable MPFR”. Como valor límite permisible se utilizó el establecido por la ACGIH corregido a 8 horas de trabajo durante 6 días a la semana de 2,7475 mg/m³ para polvo de carbón. Se clasificaron en cuatro (4) niveles de riesgo a exposición de hulla bituminosa: bajo (relación concentración obtenida/TLV corregido menor de 0.5), medio (relación de 0.5 a 1), alto (mayor de 1 pero menor de 5) y severo (relación mayor de 5).

Previo a la recolección de la información, cada trabajador firmó un consentimiento informado como expresión de entendimiento del estudio y participación voluntaria. Este estudio fue aprobado por el Comité de Ética del Instituto Nacional de Salud de Colombia (INS) REG-R03.002.0000-006 y la Universidad del Rosario CEI-ABN026-000237. De igual manera se tuvo en consideración la Resolución 8430 de 1993 del Ministerio de Salud de Colombia (15) y la Declaración de Helsinki (16). La identidad de las personas fue tratada de manera confidencial y el estudio se clasificó como de riesgo mínimo.

Previo a la realización del trabajo en campo, se aplicó una prueba piloto a 23 trabajadores del total de la muestra con el fin de estimar los tiempos de realización de los cuestionarios y el proceso de recolección de la información con los trabajadores de las minas. Las empresas participantes en el estudio piloto no formaron parte de la población de la muestra seleccionada.

Análisis estadístico

Para la sistematización de la información, se construyó una base de datos en Excel 97 – 2004 para Windows, posteriormente se depuró para garantizar la calidad de la información y evitar sesgos de clasificación, se revisaron aleatoriamente el 35% de los cuestionarios y donde se encontró algún grado de error se realizó la corrección respectiva. El procesamiento de los datos se hizo en el paquete estadístico SSPS versión 22.0.

Se llevó a cabo un análisis descriptivo de las variables utilizando distribuciones de frecuencia, absolutas y porcentajes, y en las variables cuantitativas medidas de tendencia (promedio y mediana) y de dispersión (rango y la desviación estándar). En la evaluación de la asociación entre la exposición a los niveles de riesgo de hulla bituminosa y las condiciones de trabajo en higiene y seguridad, se utilizó prueba asintótica X^2 de Pearson o las pruebas exactas de Fisher o razón de verosimilitud (para valores esperados menores de cinco). Las pruebas estadísticas se evaluaron a un nivel de significancia al 5% ($p < 0,05$).

RESULTADOS:

La muestra en su totalidad fue de género masculino, con edad mínima de 20 años y máxima de 73 años, representando el 32,3% (75) los que tenían un rango entre 40 y 49,9 años, siendo la media de $40,9 \pm 10,2$ años y la mediana 40,5 años. Se encontró que el nivel educativo más frecuente fue primaria en 70,7% (164) de los trabajadores y el 80,2% reconocieron una relación formal (en unión libre o casado). Con respecto a la ubicación de la vivienda predominó la zona rural y el 75,9% de los mineros reportaron pertenecer al estrato socioeconómico uno y dos (**Tabla 1**).

Tabla 1. Características sociodemográficas de los trabajadores de minas de la región de Boyacá, 2013 - 2014.

Características sociodemográficas	N	%	
Grupos etareos	20-29.9	35	15,1
	30-39.9	71	30,6
	40-49.9	75	32,3
	50-59.9	43	18,5
	≥ 60	8	3,4
Nivel educativo	Ninguno	2	0,9
	Primaria incompleta	77	33,2
	Primaria completa	87	37,5
	Secundaria incompleta	32	13,8
	Secundaria completa	29	12,5
	Técnica incompleta	1	0,4
Técnica completa	4	1,7	
Estado civil	Casado	100	43,1
	Unión libre	86	37,1
	Soltero	32	13,8
	Separado	13	5,6
	Viudo	1	0,4

Estrato socioeconómico	1	56	24,6
	2	117	51,3
	3	51	22,4
	4	3	1,3
	5	1	0,4
Ubicación de la vivienda	Rural	167	72,0
	Urbano	65	28,0

En cuanto a las prácticas para la extracción de carbón, el 50% (116) utilizaron extracción manual. Los trabajadores fueron distribuidos en frentes de trabajo teniendo en cuenta los oficios desempeñados, el 88,4% (205) se encontraron en el frente de trabajo de explotación y avance de túnel y dentro de este el 72,4% (168) declararon desempeñar el oficio de picador, el 9,5% (22) el oficio de cochero y el 6,5% (15) el oficio de malacatero. El 6,5% (15) desempeñaron el oficio de supervisor de tajo en el frente de trabajo de transporte. El 72,8% (169) de los trabajadores declararon tener un tiempo de exposición al polvo de carbón, entre 10 a 20 años (**Tabla 2**).

Con relación a los antecedentes toxicológicos, del total de trabajadores el 18,1% (42) reportó que fumaban actualmente. Se encontró que el 2,6% (6) representaron un tiempo de 10 años de consumo de cigarrillo, siendo la media del total de los fumadores $11,6 \pm 9,1$ años y la mediana de 8,0 años. El promedio de cigarrillos fumados por día fue de 3,86 y el 7,3% (17) manifestaron fumar en el sitio de trabajo. Asimismo, el 24,1% (56) de los trabajadores reportaron haber dejado de fumar, siendo la media del total $11,6 \pm 9,1$ años y la mediana 8,5 años (**Tabla 2**).

Respecto a las condiciones de higiene y seguridad industrial, los trabajadores reportaron que utilizaban protección respiratoria para la ejecución de sus oficios, en donde el 33,6% (78) usaban mascarilla desechable y el 55,6% (129) respirador con filtro para material particulado. La protección del cuerpo se dio mediante el uso de overol, chaqueta y pantalón. En relación a las medidas de higiene industrial, se describió la frecuencia de los riesgos reportados por los trabajadores donde el 27,6% (64) reportaron riesgo químico (exposición a polvo de carbón), físico (radiaciones) el 93,5% (217), el trabajo en alturas el 93,5% (217) y el mecánico (golpeado por objetos que caen o en movimiento) el 68,1% (158) (**Tabla 2**).

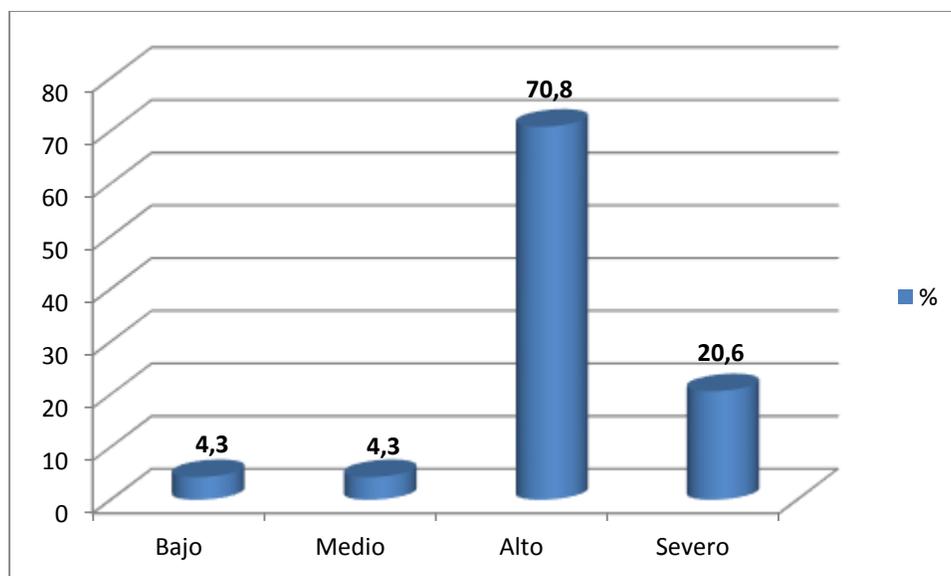
Tabla 2. Características ocupacionales de los trabajadores de minas subterráneas de la Región de Boyacá en el 2013 – 2014.

Características	N	%	
Ocupacionales			
Distribución de frentes de trabajo	Explotación y avance de túnel	205	88,4
	Transporte	17	7,3
	Punto de carga	5	2,2
	Mantenimiento	4	1,7
	Servicios	1	0,4
Tipo de extracción usada	Manual	116	50,0
	Mecanizada	94	40,5
	Mecanizada y Manual	22	9,5

Tiempo de exposición al polvo de carbón	1) 10 – 20 años	169	72,8
	2) 21 – 30 años	51	22,0
	3) 31 – 40 años	10	4,3
	4) 41 – o mas	2	0,9
Antecedentes toxicológicos			
Fumador actual		42	18,1
Consumo de cigarrillo en el trabajo		17	7,3
Condiciones de higiene y seguridad industrial			
Protección cabeza	Casco (accesorios)	232	100,0
Protección respiratoria	(Mascarilla – respirador con filtro)	232	100,0
Protección visual	Gafas	29	12,5
	Overol	25	10,8
Protección corporal	Chaqueta	210	90,5
	Pantalón	210	90,5
		108	46,6
Protección auditiva		108	46,6
Protección miembros superiores	Guantes carnaza	210	90,5
	Guantes vaqueta	23	9,9
Protección miembros inferiores	Botas	232	100,0
	Lazo de vida	101	43,5
	Lámpara de seguridad	191	82,3
Otros	Autorescatador	98	42,2
	Reata con portalámparas	155	66,8

El promedio de la concentración de material particulado hallado en los 209 monitoreos ambientales realizados en las minas subterráneas fue de $3,4 \pm 3,4$ mg/m³ con una mediana de 3,1 mg/m³. Teniendo en cuenta los niveles de riesgo por exposición a polvo de carbón (bituminoso), el 70,8% (148) se encontraron en nivel alto y 20,6% (43) en nivel severo, con un promedio de $4,9 \pm 4,9$ mg/m³ y una mediana de 4,4 mg/m³ (**Figura 1**).

Figura 1. Distribución nivel de riesgo concentración de polvo de carbón de los trabajadores de minas subterráneas de la Región de Boyacá en el 2013 – 2014.



Entre los niveles de exposición ambiental a polvo de carbón y las condiciones de trabajo en higiene y seguridad industrial, se encontraron asociación significativa en los trabajadores que no usaban protección respiratoria con mayor prevalencia en los niveles medio y alto ($p=0,033$); el uso de elemento de protección mascarilla sin cartucho con mayor porcentaje en nivel de riesgo bajo y medio ($p=0,013$); los que no usaban protección auditiva, se encontraron mayor en los niveles medio y alto ($p=0,010$) y en cuanto a consumo de cigarrillo en el trabajo, se encontró mayor prevalencia en los niveles medio, alto y severo ($p=0,008$) (**Tabla 3**).

Tabla 3. Asociación entre uso de los elementos de protección personal, características ocupacionales y nivel de riesgo de exposición a polvo de carbón (bituminoso) de minas subterráneas de la Región de Boyacá en el 2013 – 2014.

VARIABLE	Escala carbón bajo	Escala carbón medio	Escala carbón alto	Escala carbón severo	Total	Sig. exacta $\leq 0,05$
Protección respiratoria (No uso)	0,0% (0)	22,2% (2)	14,9% (22)	0,0% (0)	11,5% (24)	0,033
Mascarilla (Si uso)	55,6% (5)	42,9% (3)	43,7% (55)	16,3% (7)	37,8% (70)	0,007
Mascarilla con cartucho (Si uso)	55,6% (5)	42,9% (3)	41,1% (51)	16,3% (7)	36,1% (66)	0,013
Protección auditiva (No uso)	33,3% (3)	44,4% (4)	61,5% (91)	27,9% (12)	52,6% (110)	0,001
Protección auditiva tipo copa (No uso)	100% (6)	80,0% (4)	54,4% (31)	35,5% (11)	52,5% (52)	0,010
Consumo de cigarrillo alguna vez en la vida.	66,7% (6)	55,6% (5)	50,0% (74)	23,3% (10)	45,5% (95)	0,006
Consumo de cigarrillo en el trabajo.	0,0% (0)	100% (3)	33,3% (10)	100% (2)	39,5% (15)	0,008
Bota punta de acero (No uso)	100% (9)	100% (9)	91,9% (136)	74,4% (32)	89,0% (186)	0,008
Lazo de vida (No uso)	66,7% (6)	33,3% (3)	53,4% (79)	81,4% (35)	58,9% (123)	0,003
Autorrescatador (No uso)	66,7% (6)	33,3% (3)	54,7% (81)	81,4% (35)	59,8% (125)	0,004

DISCUSIÓN:

Las mediciones en higiene industrial realizadas para los diferentes puestos de trabajo dieron una concentración de $3,4 \text{ mg/m}^3$ siendo $2,74 \text{ mg/m}^3$ el TLV permisible para polvo de carbón (2, 4, 5). En la investigación se encontró exposición a polvo de carbón y en la distribución de niveles de riesgo (1) los que más predominaron fueron alto y severo, por lo tanto, se encuentran por encima del nivel permisible de exposición a polvo de carbón y como consecuencia los mineros del departamento de Boyacá tienen la probabilidad de desarrollar neumoconiosis. Estudios con resultados similares se han llevado a cabo en mineros de Estados Unidos, China y Japón (3, 4, 6). En Colombia aunque ha habido reportes de neumoconiosis en mineros de Boyacá, no se conoce la prevalencia de esta patología pulmonar (7).

Los trabajadores del presente estudio notificaron un tiempo de exposición a polvo de carbón entre 20 a 40 años, con riesgo (1) alto y severo de exposición a hulla bituminosa, teniendo gran probabilidad de presentar disminución de la función pulmonar y síntomas respiratorios, como también de presentar pequeñas opacidades en el examen de Rayos X de tórax (10).

Entre otros riesgos reportados por los trabajadores estuvieron los físicos como las radiaciones con el 93,5% (217), el riesgo mecánico con el 68,1% (158) como objetos que caen o en movimiento y el riesgo de trabajo en alturas con el 93,5% (217) principalmente en los trabajadores que desempeñan funciones como operadores de panzer para el descargue de carbón fuera de la mina. Las empresas aportan a los trabajadores los elementos de protección personal, sin embargo, muchos de estos no son los apropiados para las labores que desempeñan o no son usados por los trabajadores de forma adecuada para la ejecución de sus oficios (1). Esto se encuentra contemplado en la Legislación Colombiana como base para la seguridad de las minas subterráneas (8).

Se utiliza protección respiratoria para la ejecución de sus oficios, como una de las medidas preventivas para proteger y promover la salud de los trabajadores y disminuir sus riesgos (1), el 36,1% (66) no utilizan protección respiratoria con cartucho con un valor de asociación significativa ($p=0,033$).

Es importante analizar que de los antecedentes toxicológicos que el 39,5% (15) reportan consumir cigarrillo en el trabajo, con un valor de asociación significativa ($p=0,008$) en los niveles medio y severo de exposición a hulla bituminosa. Este factor y la exposición a polvo de carbón (bituminoso), constituyen otro factor de riesgo considerable para desarrollar enfermedades pulmonares como la neumoconiosis.

CONCLUSIONES.

Se pudo determinar que los niveles de exposición a polvo de carbón (bituminoso) se encuentran por encima de los niveles permisibles, lo cual incrementa la prevalencia de desarrollar la enfermedad neumoconiosis en los mineros del departamento de Boyacá.

En los trabajadores de minería se dan factores vinculantes y de relación significativa entre los tiempos de exposición a polvo de carbón (bituminoso) y las condiciones de seguridad industrial específicamente con el no uso de elementos de protección personal adecuado y el no seguir los

lineamientos de seguridad por parte de los trabajadores expuestos sobre todo en los clasificados en los niveles de riesgo alto y severo.

RECOMENDACIONES:

Con los resultados obtenidos es importante realizar actividades de vigilancia y control periódicamente, entre ellas evaluaciones higiénicas de niveles ambientales a polvo de carbón en puestos de trabajo de acuerdo con las técnicas normalizadas, de tal manera que sus resultados puedan ser analizados y se apliquen los controles al riesgo químico (exposición a polvo de carbón) con el fin de disminuir la exposición y la prevalencias de neumoconiosis.

Es importante que durante la extracción se adopten medidas correctivas y tipos de control apropiadas como humectación, ventilación natural y ventilación mecánica con el propósito de reducir la concentración de partículas de polvo de carbón (bituminoso).

Proporcionar y mantener en condiciones apropiadas los respiradores, verificando que los filtros para material particulado sean los adecuados y de igual forma sean cambiados en los tiempos establecidos según las características técnicas.

Establecer programas de prevención del consumo de alcohol y tabaquismo con la participación de los trabajadores de la mina.

Dar a conocer a los trabajadores los peligros y los riesgos a los cuales están expuestos, para establecer y aplicar las medidas de protección, acciones de prevención y de autocuidado en las labores.

Es conveniente realizar programas de capacitación y actividades de prevención y promoción en higiene y seguridad en el trabajo, que sean apropiados y se estructuren de manera comprensible.

CONFLICTO DE INTERÉS Y FINANCIACIÓN

El autor declara que no existe ningún conflicto de interés.

El estudio fue financiado 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, cofinanciado por COLCIENCIAS mediante el contrato 379-2011 y apoyado con recursos propios del investigador.

REFERENCIAS:

1. Ministerio de Minas y Energía, Bogotá agosto de 2011, POLÍTICA NACIONAL DE SEGURIDAD MINERA, p.3.
2. Organización Internacional del Trabajo (OIT). Proyecto de Repertorio de recomendaciones prácticas sobre seguridad y salud en las minas de carbón subterráneas. OIT. Ginebra. D.C. 2006.
3. Val Vallyathan, PhD³; Douglas P. Landsittel, PhD; Edward L. Petsonk, MD; Jeffrey Kahn, MD; John E. Parker, MD; Karen Tofflemire Osiowy, MSc; Francis H. Y. Green, MD. The

- Influence of Dust Standards on the Prevalence and Severity of Coal Worker's Pneumoconiosis at Autopsy in the United States of America. Arch Pathol Lab Med. 2011 Dec, 135(12):1550-6. doi:10.5858/arpa. 2010-0393-OA.
4. Villegas N, Vásquez S. Impacto de la ley del carbón en la salud de los mineros americanos. CES Salud Pública 2013. 2013, vol. 4 (No. 2): 106-110.
 5. Instituto Nacional para la Seguridad y Salud Ocupacional (NIOSH). Manual de métodos analíticos, cuarta edición, volumen 1: partículas respirables. Atlanta: Instituto Nacional para la Seguridad y Salud Ocupacional, 1994, p: 94 – 113.
 6. Oficina Internacional del Trabajo (OIT). Prevención de enfermedades profesionales GB.317/POL/3. Consejo de Administración 317ª reunión, Ginebra, 6-28 de marzo. 2013: OIT. 2013.
 7. Cuebas AM. Colombia no ha contado sus enfermos por carbón. Disponible en: <http://www.elespectador.com/noticias/salud/colombia-no-ha-contado-sus-enfermos-carbon-articulo-469088>. Fecha de acceso: 24 de febrero de 2015.
 8. Vásquez, E. M. (2013). Absentismo laboral por causa médica en trabajadores del área operativa de una compañía de extracción de minerales en Colombia, 2011. Medicina y Seguridad del trabajo. (Enero – Marzo 2013), p 95.
 9. Contraloría General de la República. Minería en Colombia. Institucionalidad y territorio, paradojas y conflictos. Bogotá. D. C: p. 237.
 10. Contraloría General de la República. Minería en Colombia. Institucionalidad y territorio, paradojas y conflictos. Bogotá. D. C: p. 236.
 11. Ministerio de Protección Social (MPS), Pontificia Universidad Javeriana. (2006). Guía de Atención Integral Basada en la Evidencia para Neumoconiosis. Bogotá, D. C: MPS.
 12. Cuebas AM. Colombia no ha contado sus enfermos por carbón. Disponible en: <http://www.elespectador.com/noticias/salud/colombia-no-ha-contado-sus-enfermos-carbon-articulo-469088>. Fecha de acceso: 23 de FEBRERO de 2015.
 13. Ministerio de Trabajo y Seguridad Social. Resolución 2400. Bogotá. D. C. Ministerio de Trabajo y Seguridad Social, 1979: p. 40.
 14. Ospina Díaz JM, Manrique Abril FG, Guío Garzón JA. Salud y Trabajo: Minería artesanal del Carbón en Paipa, Colombia. Avances en enfermería 2010; 28 (1): 107-115.
 15. Resolución 8430 de 1993 del Ministerio de Salud. Colombia. Disponible en: <http://mps.minproteccionsocial.gov.co/vbecontent/librery/documents/DocNewsNo267711.pdf>. Fecha de acceso: 23 de febrero de 2015.
 16. Declaración Helsinki, de 2008. Disponible en: www.wma.net/es/30publications/10policias/b3/17c_es.pdf. Fecha de acceso: 23 de febrero de 2015.
 17. Resolución 8430 de 1993 del Ministerio de Salud. Colombia. Disponible en: <http://mps.minproteccionsocial.gov.co/vbecontent/librery/documents/DocNewsNo267711.pdf>. Fecha de acceso: 23 de febrero de 2015.
 18. Declaración Helsinki, de 2008. Disponible en: www.wma.net/es/30publications/10policias/b3/17c_es.pdf. Fecha de acceso: 23 de febrero de 2015.
 19. Ministerio de Protección Social. Plan Nacional para la prevención de la silicosis, la neumoconiosis de los mineros de carbón y la asbestosis 2010-2030. Ministerio de Protección Social. Bogotá. D.C. 2010.

20. Ministerio de Minas y Energía. Plan Nacional de Desarrollo Minero al 2014. Sector minero de cara a la sociedad. Bogotá. D.C. 2012.
21. Ministerio de Minas y Energía. Política Nacional de Seguridad Minera. Bogotá. D.C. 2011.
22. Fernández J.J. El tiempo de trabajo y su incidencia en la seguridad y salud laborales en la minería del carbón. Madrid. 2012
23. Kirsch P, Harris J, Sprott D, Calderón A. RISKGATE y operaciones en minas de carbón en Australia. Queensland, 2014.
24. Cliff D. International Mining for Development Centre. La gestión de la Salud y Seguridad Ocupacional en la Industria Minera de Australia. Crawley. 2012.
25. Lockwood A, Kristen Welker-Hood F, Rauch M, Gottlieb B. El Impacto del Carbón sobre la Salud Humana. 2012.