

Caracterización de las condiciones de salud respiratoria de los trabajadores expuestos a polvo de carbón en minería subterránea en Boyacá, 2013.

Characterization of respiratory health conditions of workers exposed to coal dust in underground mining in Boyacá, 2013.

Carolina F. Garrote-Wilches ¹, Jeadran N. Malagón-Rojas ², Gloria Morgan ³, David Combariza ², Marcela Varona ¹.

Forma de citar: Garrote Wilches CF, Malagón Rojas JN, Morgan G, Combariza D, Varona, M. Caracterización de las condiciones de salud respiratoria de los trabajadores expuestos a polvo de carbón en minería subterránea en Boyacá, 2013. *rev.univ.ind.santander.salud* 2014; 46 (3): 237-247

RESUMEN

Introducción: la neumoconiosis de los mineros de carbón es una enfermedad pulmonar ocupacional asociada a factores individuales y condiciones laborales específicas. Se manifiesta progresiva e irreversiblemente, afectando la salud de los trabajadores y la productividad laboral. **Objetivo:** caracterizar las condiciones de salud respiratoria e identificar los factores de riesgo asociados al desarrollo de neumoconiosis en trabajadores que han laborado expuestos a polvo de carbón en minas de socavón en Boyacá, 2013. **Materiales y métodos:** Se realizó un estudio descriptivo de corte transversal en trabajadores de minería de socavón expuestos a polvo de carbón en el departamento de Boyacá. Se llevó a cabo un registro completo de historia clínica ocupacional, examen físico completo, toma de radiografía de tórax, prueba de tuberculina y espirometría. **Resultados:** participaron 170 trabajadores masculinos. 75% de la población tenía antigüedad en el sector minero mayor a 12,5 años. Roncus, sibilancias y estertores predominaron en trabajadores con más de 20 años de antigüedad. Expectorcación y tos se encontraron más frecuentemente en quienes realizaban la extracción mecanizada. El 15,9% de las radiografías de tórax fueron compatibles con neumoconiosis, 17,1% de las pruebas de tuberculina se encontraron positivas. 5,3% de las espirometrías mostraron alteraciones de vía aérea periférica y 2,4% mostraron patrón obstructivo. **Discusión y conclusión:** Los cambios radiológicos sugestivos de neumoconiosis fueron más frecuentes en trabajadores con antigüedad menor de 20 años. Los hallazgos espirométricos anormales predominaron en el grupo con antigüedad mayor a 20 años. Es necesario revisar protocolos de vigilancia epidemiológica y realizar seguimiento por medicina laboral.

Palabra clave: Neumoconiosis, minería del carbón, tuberculosis, condiciones de trabajo, exposición ocupacional, Colombia.

1. Universidad del Rosario, Bogotá, Colombia
2. Instituto Nacional de Salud, Bogotá, Colombia
3. Administradora de Riesgos Laborales Positiva

Correspondencia: Carolina Fernanda Garrote Wilches. **Dirección:** Calle 90 No.94D-44 **Correo electrónico:** carolinagarrote1983@gmail.com. **Teléfono:** 4372555

Recibido: Junio 21 de 2014

Aprobado: Octubre 30 de 2014

ABSTRACT

Introduction: coal miners' pneumoconiosis is an occupational lung disease associated with individual factors and specific working conditions. It is manifested progressively and irreversibly, affecting the health of workers and labor productivity. **Objective:** To characterize the respiratory health conditions and identify risk factors associated with the development of pneumoconiosis in workers that have been exposed to coal dust in the underground mines at Boyacá, 2013. **Materials and Methods:** A descriptive cross-sectional study was conducted among mining workers exposed to coal dust in the department of Boyacá. It was conducted a complete record of occupational medical history, physical exam, taking chest radiography, tuberculin test and spirometry. **Results:** 170 male workers participated. 75% of the population had worked in the mining sector for more than 12.5 years old. Rhonchi, wheezing and rattling predominated in workers over 20 years old. Expectoration and cough were most frequently found in those who made mechanized extraction. 15.9% of chest X rays were compatible with pneumoconiosis, 17.1% of tuberculin tests were found positive. 5.3% of spirometries showed peripheral airway abnormalities and 2.4% showed obstructive pattern. **Discussion and conclusion:** Radiological changes suggestive of pneumoconiosis were more frequent in workers under 20 years old. Abnormal spirometric findings predominated in the group with more than 20 years old. It is important to review surveillance protocols and perform monitoring through occupational medicine.

Keywords: pneumoconiosis, coal mining, tuberculosis, working conditions, occupational exposure, Colombia.

INTRODUCCIÓN

La neumoconiosis de los mineros del carbón (NMC) es el conjunto de enfermedades respiratorias secundarias a la inhalación y acumulación de polvo respirable procedente de las labores de minería de carbón (mineral o artificial) durante periodos prolongados especialmente en trabajadores que han laborado bajo tierra durante muchos años, incluso a bajos niveles de exposición^{1,2}. El polvo de carbón y sus componentes permanecen en suspensión en el aire de las minas, llegando a encontrarse hasta el 40% -95% del aire respirable^{3,4}. Este tipo de exposición puede llegar a generar una enfermedad pulmonar ocupacional incurable.

En la fisiopatología de la NMC intervienen factores propios del agente (el polvo de carbón y sus componentes), factores del individuo (susceptibilidad individual, capacidad pulmonar, patologías de base, respuesta inmunológica) y condiciones laborales (forma de extracción, medidas utilizadas para controlar en la fuente el factor de riesgo, e intervenciones en seguridad industrial)⁵. De acuerdo al tipo de carbón se considera que aquellos que tienen mayor contenido de material volátil tienen un efecto más perjudicial, así como el mayor contenido de radicales libres el cual otorga la propiedad de combustión, característica directamente proporcional con el riesgo de NMC. El carbón antracítico (el cual representa cerca del 47% de las reservas mundiales de carbón)⁶ tiene un menor contenido de material particulado y cenizas, comparado con el carbón subbituminoso y lignito. En Sur y Centroamérica el 55% del carbón es antracita y bituminoso y en Colombia el 94.3% del carbón

corresponde a antracita y bituminoso. Estos últimos, tienen un alto contenido de hierro, sulfuros e incluso piritita. Tradicionalmente se ha asociado la generación de neumoconiosis con la presencia de cuarzo en el carbón; sin embargo, otros autores proponen que el desarrollo de la patología está relacionado con la presencia de acero y piritita^{7,8}. Por otro lado, se piensa que el carbón que contiene calcita puede reducir la oxidación de piritita y sus sulfuros, haciendo menos tóxica la inhalación del polvo de carbón⁹.

Las manifestaciones de la NMC pueden tardar en aparecer al menos diez años o más según la exposición. Inicialmente ocurre una excesiva retención pulmonar de polvo que puede asociarse a escasos síntomas. Sin embargo, la patología puede progresar, manifestándose como una enfermedad predominantemente restrictiva, pero que al comprometer el árbol traqueo-bronquial genera síntomas obstructivos³. De esta forma, el riesgo de NMC se relaciona con la exposición acumulada a polvo de carbón, en ocasiones la enfermedad progresa luego de que cesa la exposición¹⁰. La evolución de la neumoconiosis es progresiva: inicialmente es asintomática y posteriormente se instaura la sintomatología respiratoria, diagnosticándose la mayoría de veces cuando ya se presenta un compromiso funcional importante, con complicaciones y secuelas, en algunos casos limitando el tratamiento y la rehabilitación¹¹. En el cuadro clínico el síntoma más común es la disnea que puede asociarse con alteración radiológica y de la función pulmonar. Se asocia a tos seca o productiva generalmente si existe antecedente de tabaquismo o bronquitis^{12,13}.

La actividad minera en general está lejos de ser inocua y tiene considerables riesgos para la salud de los trabajadores. La Organización Internacional del trabajo (OIT), define que los principales riesgos para la salud asociados con la minería son la exposición al polvo, a productos químicos incluyendo el mercurio, ruido y vibración, y a otros factores de riesgo como calor y humedad derivados de una ventilación deficiente; además de los efectos de esfuerzos excesivos, espacios deficientes para laborar y equipo inadecuado ¹⁴. Las enfermedades causadas por exposición a polvo mineral persisten en países desarrollados y en vía de desarrollo a pesar de todas las medidas de prevención instauradas ¹⁵. Esta y otras patologías respiratorias ocupacionales deterioran la salud de los trabajadores y afectan negativamente la productividad de las empresas ^{1,3,16}.

En 2010 en Colombia se realizó un diagnóstico de la exposición a polvos causantes de enfermedades respiratorias como silicosis, neumoconiosis de los mineros de carbón y asbestosis, donde la participación por parte de los sectores económicos y Administradoras de Riesgos Laborales (ARL) fue limitada; dicho diagnóstico mostró que los porcentajes de trabajadores expuestos a este tipo de polvos, en su orden fueron: 79% a sílice, 27% a carbón y 7% para asbesto. Con respecto a la actividad económica relacionada con empresas dedicadas a la explotación de carboneras, gasificación de carbón *in situ* y producción de carbón aglomerado, la proporción de exposición fue menor al 5% ¹⁷. A pesar de que se estima que el subregistro puede alcanzar el 30%, las cifras de incapacidades permanentes parciales (IPP), incapacidades temporales (IT) e invalidez obtenidos para el periodo de tiempo comprendido entre los años 1996 – 2009 mostraron que las incapacidades por NMC son las que mayor número de días de IT aporta, teniéndose valores de 3.141 días por Entidad Promotora de Salud (EPS) y 415 días por ARL ¹⁷. Sin embargo, entre 1996 y 2009 apenas se diagnosticaron 291 casos de NMC, 6 casos con de IPP, 3 de pensiones por invalidez, secundaria a NMC, 6 casos por invalidez y 64 muertes ¹⁷. Durante los años 2001 y 2005, las enfermedades del sistema respiratorio hicieron parte de las principales causas de mortalidad en los trabajadores colombianos ¹⁸.

La deficiencia en la prevención primaria y el desconocimiento de los mecanismos responsables de la inducción y progresión de la enfermedad son factores que explican la persistencia de este problema ¹¹. Teniendo en cuenta que la neumoconiosis es una patología irreversible, se debe fortalecer su prevención mediante la implementación de medidas de seguridad e higiene

industrial acordes con la situación individual de cada empresa, mejorando de los procesos industriales, concientizando a toda la organización acerca de la magnitud del problema, y capacitando y difundiendo la importancia de la vigilancia en todos los niveles de atención en salud.

Reconociendo que la actividad minera genera un notable impacto sobre la salud humana asociado a la ausencia de datos estadísticos que den cuenta fehaciente del escenario de salud – enfermedad de la población minera de carbón en Boyacá y la discapacidad que genera esta enfermedad, la Universidad del Rosario, Universidad de los Andes, ARL Positiva, Instituto Nacional de Salud (INS) y Gobernación de Boyacá desarrollaron el estudio “Evaluación de la exposición a polvo de carbón en minería subterránea en tres departamentos de Colombia”, dentro del cual se enmarcó el presente trabajo que tiene como propósito identificar las condiciones de salud respiratoria presente en los trabajadores de minas de socavón expuestos a polvo de carbón en el departamento de Boyacá, además de establecer los factores de riesgo asociados al desarrollo de la neumoconiosis en estos trabajadores. Este estudio fue cofinanciado por COLCIENCIAS mediante el contrato 379-2011.

MATERIALES Y MÉTODOS.

Se realizó un estudio descriptivo de corte transversal en el que la población de estudio estuvo constituida por trabajadores de minas de carbón de socavón expuestos a polvo de carbón en el departamento de Boyacá. El tamaño muestral calculado para el estudio se estimó en 170 trabajadores, quienes debían cumplir los siguientes criterios de inclusión: hombres y mujeres mayores de 18 años de edad, decisión voluntaria de participar en el estudio, con antigüedad laboral en el sector minero mayor o igual a 10 años, y trabajadores que al momento del trabajo de campo realizaran actividades laborales para la empresa seleccionada; se excluyeron mujeres embarazadas, trabajadores con antecedente de tuberculosis, condiciones que contraindicaran la realización de una espirometría forzada o enfermedad respiratoria activa o bajo tratamiento.

Para la recolección de datos se utilizaron como instrumentos la historia clínica y examen físico enfocado al sistema respiratorio, así mismo, datos de otros instrumentos aplicados en el estudio macro como cuestionario de empresa, cuestionarios de síntomas respiratorios y resultados de paraclínicos realizados

a los trabajadores: espirometría, radiografía de tórax y prueba de tuberculina. Para evaluar las condiciones de salud de los trabajadores el investigador realizó valoraciones médicas ocupacionales, previa firma del consentimiento informado. Los exámenes médicos fueron realizados por un médico especialista en salud ocupacional con licencia para la prestación de servicios en esta área. Las variables a estudiar con este instrumento fueron: sociodemográficas, clínicas, toxicológicas, de morbilidad sentida y algunas laborales. Variables como tipo de carbón y técnica de extracción fueron evaluadas con otros instrumentos del macro proyecto.

La espirometría forzada fue realizada a cada uno de los trabajadores participantes del estudio por una terapeuta respiratoria con experiencia en la aplicación de la prueba a cada uno de los trabajadores participantes del estudio. Los reportes de la espirometría fueron identificados con el nombre del trabajador evaluado, fecha de examen y número de la encuesta correspondiente. En cuanto a la radiografía de tórax, la técnica para toma y respectiva lectura se realizó cumpliendo los requisitos exigidos por la guía técnica según la OIT en lo que se refiere a la clasificación internacional de radiografías de neumoconiosis OIT/2000. La prueba de tuberculina fue realizada por una persona entrenada previamente, siguiendo los protocolos de bioseguridad vigentes.

Posterior a la aplicación de los instrumentos se procedió a realizar los análisis sociodemográficos, de la actividad laboral, de condiciones de salud respiratoria y de resultados de paraclínicos en el total de la población, para luego comparar las condiciones de salud respiratoria con el tipo de carbón y la técnica de extracción del mismo, y poder evidenciar aspectos que se encuentren directamente asociados con el desarrollo de neumoconiosis.

RESULTADOS

Se obtuvo una muestra final de 170 trabajadores de género masculino. En la tabla 1, se exponen las características sociodemográficas y laborales de la población de estudio. La población procedía principalmente del departamento de Boyacá (municipios de Samacá, Socotá y Tópaga). El 81,1% de la población se distribuyó en el rango de edad comprendido entre los 20 y 50 años, siendo el promedio de edad 40.4 años (desv. est. 11.12), edad mínima de 20 y máxima de 73 años. Con respecto a la escolaridad casi el 72% de la población refería tener algún grado de educación primaria. El 76,4% de la población evaluada

pertenecían a los estratos socioeconómicos uno y dos. En relación con el estado civil, el 81,2% de los trabajadores tenían uniones maritales de hecho, pues se encontraban casados o vivían en unión libre, con una composición familiar que oscilaba entre 3 y 4 personas en el 44,7%.

Con respecto a las características laborales, el 63,5% de la población se encontraba laborando en minas localizadas en los municipios de Samacá y Socotá, en general la explotación de carbón fue bituminoso. Con respecto al mecanismo de extracción, más del 50% de los trabajadores lo realizaban manualmente. El cargo de picador predominó con el 74,7%. El 75% de la población tenía una antigüedad en el sector minero menor de 20 años, con un promedio de 17 años (desv. est. 7.9 años), mínimo 10 años y máximo 45 años.

Al analizar las condiciones de salud respiratoria, dos trabajadores presentaron diagnóstico de patología laboral: neumoconiosis y asma ocupacional. La patología respiratoria de origen común que predominó fue el asma con el 1,8% de la población (3); estas patologías se encontraron en personas mayores de 30 años. En cuanto a los antecedentes toxicológicos, el 46,5% (79) tenía antecedente de tabaquismo en algún momento de la vida; durante el tiempo en que se realizó el estudio, dicho hábito persistía en el 34,1% (27) de los fumadores. En promedio, la población tenía antecedente de consumo acumulado de tabaco de 11 años (desv. est. 9,9 años). El trabajador que tenía menor exposición a tabaco era de 1 año, y el de mayor exposición era de 35 años.

Con respecto a la morbilidad sentida respiratoria, el 90% de la población estudiada tenía algún síntoma (153), en promedio el 63,3% de los síntomas se relacionaron con presencia de expectoración y 54,8% se relacionaron con tos; en la tabla 2 se detalla dicha información. El 7,1% (12) de los trabajadores presentó alguna alteración al examen físico respiratorio, que se relacionó con roncus, sibilancias y estertores. No se evidenciaron alteraciones a nivel de caja torácica sugestivas de dificultad respiratoria. En promedio, el 84,9% de los paraclínicos que se realizaron resultaron normales (**Tabla 3**). Se encontró que el 15,9% de las radiografías de tórax presentaron hallazgos compatibles con neumoconiosis, el 17,1% de las pruebas de tuberculina se encontraron alteradas y el 5,3% de las espirometrías demostraron alteraciones de vías aéreas periféricas, seguida de patrón obstructivo en el 2,4%.

Caracterización de las condiciones de salud respiratoria de los trabajadores expuestos a polvo de carbón en minería subterránea en Boyacá, 2013.

Tabla 1. Características sociodemográficas y laborales de los trabajadores expuestos a polvo de carbón que laboraron en minas de socavón en Boyacá, 2013.

Variables	n	%
Municipio de procedencia		
Samacá	41	24,1
Socotá	23	13,5
Tópaga	14	8,2
Ráquira	11	6,5
Sogamoso	11	6,5
Otros ^a	70	41,1
Edad (años)		
Menos de 30	42	24,7
31 a 40	47	27,6
41 a 50	49	28,8
51 a 60	25	14,7
Mayor de 60	7	4,1
Escolaridad		
Algún grado de primaria	120	72,0
Algún grado de secundaria	47	28,2
Técnica	12	11,8
Universitaria	1	0,6
Estrato socioeconómico		
1 (menor riqueza)	56	32,9
2	74	43,5
3	34	20,0
4	1	0,6
5 (mayor riqueza)	1	0,6
Estado civil		
Soltero	24	14,1
Casado	77	45,3
Unión libre	61	35,9
Separado	7	4,1
Viudo	1	0,6
Composición familiar (número de personas)		
Ninguna	15	8,8
1 o 2	49	28,8
3 o 4	76	44,7
5 o 6	24	14,1
7 o 8	6	3,6
Municipio de la mina		
Samacá	78	45,9
Socotá	30	17,6
Tópaga	29	17,1
Iza	13	7,6
Otros (Sogamoso, Socha)	20	11,8
Tipo de extracción		
Manual	97	57,1
Mecanizada	51	30
Mecanizada y manual	22	12,9
Cargo		
Picador	127	74,7
Cochero	18	10,6
Malacatero	9	5,3
Supervisor de tajo	8	4,7
Otros ^b	8	4,7

^a Otros: Ubaté, Tunja, Tolima Suesca, Santa Rosa de Viterbo, San Pablo de Barbur, San Eduardo, Rondón, Pauno, Muzú, Muzo, Marmato, Jericó, Jamundí, Ibagué, Guayatá, El Remato, El Espino, Chita, Chisca, Chiquinquirá, Cáqueza, Beteitiva, Belén, Bañol Largo, Aquitania, Amaga, Tasco, Río Sucio, Paz del Río, Paipa, Duitama, Sáchica, Iza, Bogotá, Gameza, Socha y Mongua.

^b Otros: Operador pancer, operador locomotora, reforzador, descargue.

Tabla 2. Condiciones de salud respiratoria y resultados de paraclínicos según rango de edad en los trabajadores expuestos a polvo de carbón que laboraron en minas de socavón en Boyacá. Año 2013.

Hallazgos	Edad años					
	Hasta 30		31 a 50		51 o más	
	n	%	n	%	n	%
Examen físico						
Roncus	2	4,7	4	4,1	0	
Estertores	0		1	1,04	1	3,12
Sibilancias	1	2,5	1	1,04	1	3,12
Disminución murmullo vesicular	0		0		1	3,12
Sin hallazgos	39	92,8	90	93,2	29	90,6
Síntomas respiratorios						
Espujo al levantarse durante el invierno	30	7,1	59	61,4	19	59,3
Espujo durante el día o noche durante el invierno	28	66,6	61	63,5	19	59,3
Espujo la mayoría de los días, al menos 3 meses al año	28	66,6	60	62,5	19	59,3
Tos diurna y nocturna habitual durante el invierno	26	61,9	52	54,1	18	56,2
Despertar por ataque de tos durante el último año	27	64,2	48	50,0	18	56,2
Tos al levantarse durante el invierno	25	59,5	50	52,0	18	56,2
Tos mayoría de los días, al menos 3 meses al año	24	57,1	49	51,0	18	56,2
Fumador por más de un año	19	45,2	37	38,5	16	50,0
Alergia nasal	16	38,0	38	39,5	17	53,1
Sensación de opresión torácica al despertar durante el último año	16	38,0	28	29,1	14	43,7
Diagnóstico respiratorio						
Asma ocupacional	0		1	1,04	0	
Neumoconiosis	0		1	1,04	0	
Sintomático respiratorio	1	2,5	1	1,04	0	
Bronquitis	0		3	3,1	0	
Disnea a estudio	1	2,5	3	3,1	4	12,5
Hiperreactividad bronquial	0		1	1,04	1	3,1
Neumopatía	0		1	1,04	1	3,1
Patologías vía aérea superior	2	4,7	1	1,04	1	3,1
Normal	38	90,4	84	87,5	25	78,1
Radiografía de tórax						
Normal	40	95,2	81	84,3	21	67,7
Hallazgos compatibles con neumoconiosis	1	2,4	9	9,3	5	16,1
Hallazgos diferentes a neumoconiosis	1	2,4	6	6,4	5	16,1
Sin dato	0		0		1	3,1
Resultados espirométricos						
Alteración vías aéreas periféricas	2	4,7	4	4,1	3	9,3
Obstrutivo	0		2	2,0	2	6,2
Otros*	0		2	2,0	2	6,2
Normal	38	90,6	86	89,9	25	78,3
Sin dato	2	4,7	2	2	0	
Tuberculosis						
Normal	37	88,0	79	82,2	22	68,7
Anormal	3	7,3	17	17,8	9	28,2
Sin dato	2	4,7	0		1	3,1

Tabla 3. Hallazgos paraclínicos de los trabajadores expuestos a polvo de carbón que laboraron en minas de socavón en Boyacá, 2013.

Hallazgos paraclínicos	n	%
Radiografía de tórax		
Hallazgo diferente neumoconiosis	12	7,1
Hallazgo compatible con neumoconiosis	15	8,8
Normal	142	83,5
Sin dato	1	0,6
Prueba de tuberculina		
Anormal	29	17,1
Normal	138	81,2
Sin dato	3	1,8
Espirometría		
Alteración vías aéreas periféricas	9	5,3
Obstructivo	4	2,4
Otros*	4	2,4
Normal	153	90
Sin dato	4	2,4

*Mixto, no se pueden determinar valores espirométricos, pobre esfuerzo, restrictivo.

Las condiciones de salud respiratoria y hallazgos paraclínicos comparados con los rangos de edad (**Tabla 4**), mostraron que estertores y sibilancias predominaron en la población mayor de 30 años, mientras que los roncus en los menores de 30 años. En lo que se refiere a la sintomatología respiratoria, los síntomas relacionados con expectoración en el día y en la noche durante el invierno, expectoración la mayoría de los días al menos tres meses cada año, tos habitualmente en el día y en la noche durante el invierno, despertar por ataque de tos durante el último año, tos habitual al levantarse por la mañana durante el invierno y costumbre de tener tos la mayoría de los días al menos tres meses cada año, fueron síntomas que se presentaron de forma similar en los tres grupos de edad. El síntoma “acostumbra a sacar esputo al levantarse por la mañana durante el invierno” predominó solamente en los trabajadores mayores de 30 años. Los diagnósticos respiratorios en promedio se encontraron en la población mayor de 30 años en un 82,8%, siendo el diagnóstico predominante

la disnea a estudio. En general, los hallazgos anormales y sugestivos de neumoconiosis fueron evidentes en la población mayor de 50 años.

Se puede observar que los hallazgos al examen físico predominaron en el grupo de trabajadores que explotan la mina mediante los dos mecanismos (manual y mecanizada); con respecto al tiempo de antigüedad en el sector minero, los hallazgos predominaron ligeramente en la población con más de 20 años de antigüedad. Con respecto a los síntomas que se enuncian a continuación: acostumbrarse a expectorar al levantarse por la mañana durante el invierno, acostumbrarse a expectorar en el día y en la noche durante el invierno, acostumbrarse a expectorar la mayoría de los días al menos 3 meses cada año, tos habitualmente en el día y en la noche durante el invierno, despertar por ataque de tos durante el último año, tos habitualmente al levantarse por la mañana durante el invierno y acostumbrarse a tener tos mayoría de los días al menos 3 meses cada año, correspondieron a los síntomas que con mayor frecuencia fueron referidos por la población que realizaba la extracción mecanizada. Los síntomas predominantes en la población con más de 20 años de antigüedad fueron: acostumbrarse a expectorar al levantarse por la mañana durante el invierno, acostumbrarse a expectorar en el día y en la noche durante el invierno, acostumbrarse a expectorar la mayoría de los días, al menos 3 meses cada año. En los trabajadores con antigüedad menor de 20 años en el sector minero, los síntomas predominantes fueron: tos habitualmente en el día y en la noche durante el invierno, despertar por ataque de tos durante el último año, tos habitualmente al levantarse por la mañana durante el invierno y acostumbrarse a tener tos mayoría de los días, al menos 3 meses cada año. Los diagnósticos respiratorios se presentaron principalmente en trabajadores que extraen manualmente el carbón y los pertenecientes al grupo de antigüedad mayor a 20 años en el sector minero. Haciendo referencia a los hallazgos paraclínicos, las alteraciones sugestivas de neumoconiosis se presentaron primordialmente en el grupo de trabajadores que realizaban la extracción manual y en aquellos con antigüedad en el sector menor de 20 años; esta situación es diferente a los hallazgos espirométricos anormales, los cuales predominaron en el grupo que extraía carbón de ambas formas y con antigüedad en el sector mayor a 20 años.

Tabla 4. Condiciones de salud respiratoria según mecanismo de extracción del carbón y tiempo de exposición acumulada en los trabajadores expuestos a polvo de carbón que laboraron en minas de socavón en Boyacá. Año 2013.

Hallazgos	Extracción						Antigüedad en el cargo				
	Manual		Mecanizada		Ambas		>20 años		Hasta 20 años		
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	
Examen físico											
Roncus	4	4,1	1	2,0	1	4,5	5	3,9	1	1,3	
Estertores	1	1,0	0		1	4,5	0		2	4,8	
Sibilancias	2	2,0	0		1	4,5	3	2,4	0		
Disminución murmullo vesicular	0		0		1	4,5	0		1	1,3	
Sin hallazgos	90	92,9	50	98,0	18	82,0	120	93,7	38	92,6	
Síntomas respiratorios											
Espujo al levantarse durante el invierno	62	63,9	33	64,7	13	59,0	80	62,5	28	68,2	
Espujo durante el día o noche durante el invierno	61	62,8	34	66,6	13	59,0	80	62,5	28	68,2	
Espujo la mayoría de los días, al menos 3 meses al año	60	59,0	34	66,0	13	59,0	79	61,7	28	68,2	
Tos diurna y nocturna habitual durante el invierno	56	57,7	32	62,7	8	36,3	79	61,7	20	48,7	
Despertar por ataque de tos durante el último año	54	55,6	30	58,8	9	40,9	75	58,5	18	43,9	
Tos al levantarse durante el invierno	55	56,7	31	60,7	7	31,8	73	57,0	20	48,7	
Tos mayoría de los días, al menos 3 meses al año	55	56,7	29	56,8	7	31,8	71	55,4	20	48,7	
Fumador por más de un año	37	38,1	25	49,0	10	45,5	56	43,7	16	39,0	
Alergia nasal	37	38,1	25	49,0	9	40,0	50	39,0	21	51,2	
Sensación de opresión torácica al despertar durante el último año	32	32,9	14	27,4	12	54,5	44	34,3	14	34,1	
Diagnóstico respiratorio											
Asma ocupacional	0		0		1	4,5	0		1	2,4	
Neumoconiosis	0		1	1,9	0		1	0,7	0		
Sintomático respiratorio	1	1,0	0		1	4,5	2	1,5	0		
Bronquitis	2	2,0	1	1,9	0		2	1,5	1	2,4	
Disnea a estudio	5	5,1	3	5,8	0		4	3,1	4	9,7	
Hiperreactividad bronquial	2	2,0	0		0		2	1,5	0		
Neumopatía	1	1,0			1	4,5	1	0,7	1	2,4	
Patologías vía aérea superior	2	2,0	0		2	9,0	2	1,5	2	4,8	
Normal	86,9	69	46	90,4	17	77,5	114	89,5	32	78,3	
Radiografía de tórax											
Normal	80	82,4	43	84,3	19	86,3	111	86,7	31	75,6	
Hallazgos compatibles con neumoconiosis	10	10,3	5	9,8	0		12	9,3	3	7,3	
Hallazgos diferentes a neumoconiosis	6	6,1	3	5,9	3	13,7	5	4	7	17,1	
Sin dato	1	1,2									
Resultados espirométricos											
Alteración vías aéreas periféricas	3	3,0	4	8,0	2	9,0	6	4,6	3	7,3	
Obstructivo	0		3	5,8	1	4,5	2	1,5	2	4,8	
Otros*	3	3,0	0		1	4,5	2	1,5	2	4,8	
Normal	87	91,0	44	86,2	18	81,8	114	92,4	35	83,1	
Sin dato	3	3,0									
Tuberculina											
Normal	82	84,5	38	74,5	18	81,8	108	84,3	30	7,1	
Anormal	15	15,5	10	25,5	4	8,2	17	13,2	12	92,9	

DISCUSIÓN

En Boyacá, la zona minera más importante se encuentra entre los municipios de Jericó y Sogamoso, donde se encuentran reservas de carbón bituminoso calculadas en 92,69 Mt^{18,19}. Este tipo de carbón es el explotado en todas las minas que participaron en el estudio. Amandus y colaboradores, afirman que el mayor número de casos de NMC se ha relacionado con el carbón antracita en minería bajo tierra y a cielo abierto, asociación que resulta débil para el carbón bituminoso²⁰. McCunney y colaboradores publicó una revisión de la literatura en donde tenía como objetivo evaluar los componentes del carbón implicados en la génesis de la neumoconiosis. En el documento afirman que la exposición a polvo de antracita incrementa el riesgo de desarrollar neumoconiosis de 6 a 10 veces frente a otro tipo de carbón⁸. Los autores encontraron una vinculación entre el contenido de cuarzo y hierro del carbón y el desarrollo de neumoconiosis. La presencia de hierro induce la generación de radicales de oxígeno que está vinculado a la respuesta inflamatoria responsable de alteración del parénquima pulmonar.

Continuando con las condiciones laborales y sociodemográficas, Ospina Díaz y colaboradores, realizaron un estudio de condiciones de salud en trabajadores mineros informales expuestos a polvo de carbón en el municipio de Paipa (Boyacá), donde también predominó el cargo de picador. Con respecto a la antigüedad en el sector minero, el estudio mostró un tiempo promedio de 10,2 años, mientras que el presente dejó evidencia de un promedio de 17 años²¹. Estudios nacionales e internacionales incluyendo este, coinciden en el hallazgo de predominio del sexo masculino en la población trabajadora del sector minero expuesto a polvo de carbón^{21,22}.

La expectoración y tos fueron los síntomas que predominaron en la población a estudio. Estos hallazgos coinciden con los reportados por el Instituto Nacional de Seguridad y Salud, la División de Estudios de Enfermedades Respiratorias, los Centros para el Control y Prevención de Enfermedades de Estados Unidos y el Departamento de Salud y Servicios Humanos en Morgantown, quienes realizaron un estudio de casos y controles en el sector minero, donde se encontró asociación significativa ($p < 0,05$) entre síntomas como tos, producción de flema, disnea, sibilancias y neumoconiosis^{23,24}.

Rajen y colaboradores, encontraron en su estudio que los síntomas de bronquitis crónica (OR: 4.82;

IC 95%: 1,02- 22,07), y la historia de flema por más de 3 meses (OR: 3,97; IC 95%: 1,15-12,34) fueron estadísticamente asociados con la presencia de neumoconiosis. Al comparar los trabajadores con más de 10 años de exposición con los que tenían menos tiempo se observaron diferencias en los hallazgos radiográficos ($p < 0.001$). Otro factor asociado a los hallazgos radiológicos sugestivos de neumoconiosis fue el aumento de la exposición a polvo de carbón respirable. Esto coincide con lo reportado por Amandus y Naidoo. Los autores refieren que el tiempo de exposición está directamente implicado con el desarrollo de la patología^{20,23}. Los hallazgos del presente estudio muestran que las alteraciones sugestivas de neumoconiosis se presentaron primordialmente en el grupo de trabajadores que realizaron la extracción manual de carbón con una antigüedad en el sector menor de 20 años; investigando este hallazgo, se encuentran estudios como el realizado por el Instituto Mexicano de Seguro Social en trabajadores de minas de carbón, en los que el 95% de los casos de neumoconiosis fueron clínica y radiológicamente asintomáticos¹¹. Por este motivo es importante realizar pruebas con marcadores biológicos que permitan hacer detección temprana de neumoconiosis. En relación con lo anterior, Zou y colaboradores encontraron una correlación entre los niveles elevados de IL-13 y una disminución del FEV₁/FVC y FEF₂₅ en el grupo clase 0. Niveles bajos de TIMP-9 se asociaron estadísticamente con una disminución en los parámetros de ventilación en los mineros con síntomas mínimos. Los niveles de IL-18r están positivamente asociados con cambios en el FEV₁ en pacientes con CWP. Niveles de sCD40 y sCD40L aumentaban inversamente con la función pulmonar en el grupo de asintomáticos, Clase 0, Clase 1²⁴.

La alteración en espirometría tiene una relación lineal estadísticamente significativa entre el tiempo de exposición a polvo de carbón y la cantidad de polvo de carbón respirable y el deterioro de la función pulmonar cuando los datos fueron estratificados en la presencia de neumoconiosis²³. Los hallazgos espirométricos relacionados con patrón obstructivo y mixto, se encontraron principalmente en los mineros con antigüedad en el sector mayor a 20 años; estos hallazgos se hacen evidentes en otros estudios realizados como neumoconiosis expuestos a polvos inorgánicos¹¹. La acelerada disminución del VEF₁ (común en patologías obstructivas) experimentadas por algunos mineros del carbón, estuvo asociada con los aumentos en los síntomas respiratorios, enfermedades y la mortalidad cardiovascular. Al ajustar la edad y el tabaquismo, en mineros de carbón, la rápida disminución del VEF₁ en un

periodo promedio de 11 años tendría el doble de riesgo de morir de enfermedades cardiovasculares o enfermedad respiratoria no maligna y 3,2 veces más riesgo de morir por EPOC ²⁵. En este estudio se encontró que el 87.5% de los trabajadores con alteración espirométrica dada por obstrucción y el 100% con restricción presentaron sintomatología referente a tos y expectoración, aunque se aclara que no corresponde a una asociación, por lo menos comprobada en este estudio.

La exposición a polvo de carbón, neumoconiosis y tuberculosis ha sido conocida desde hace varias décadas ²⁶. James reportó que en las autopsias realizadas en mineros de carbón con diagnóstico de neumoconiosis la positividad de TB era del 40%; sin embargo, la incidencia reportada mientras estos estuvieron vivos era del uno por ciento ²⁷. Mo encontró que la prevalencia de tuberculosis en mineros con neumoconiosis por polvo de carbón era del 10,82% ²⁸. Otro trabajo publicado por Yang encontró que la concomitancia de tuberculosis entre pacientes con neumoconiosis por polvo de carbón es del 12,5% y que este riesgo aumenta con la progresión de la neumoconiosis ²⁹. Teniendo en cuenta que el antecedente de TB era un criterio de exclusión para el presente estudio, no se encontró prevalencia referente a esta patología; no obstante, llama la atención la positividad del 93% de las pruebas de tuberculina en trabajadores con más de 20 años de antigüedad en el sector minero. De los hallazgos radiográficos sugestivos de neumoconiosis, solo dos trabajadores presentaron la prueba de tuberculina positiva. Es necesario realizar exámenes complementarios a esta población con el fin de confirmar el diagnóstico de TB e iniciar el manejo médico pertinente.

En China la incidencia de neumoconiosis en trabajadores expuestos a polvo de carbón reportada por Li fue de 6,4% ²⁸. NIOSH publica los resultados de un estudio realizado en más de 35.000 mineros de carbón en los Estados Unidos, encontrando una incidencia de 3,6% en 2002 y 3,4% para 2007 ^{30,31}. Joy recoge la experiencia de Nueva Gales. La prevalencia de neumoconiosis en Australia para 2004 era de 0,01% ³². Naidoo reportó una revisión en la que la prevalencia de neumoconiosis en Suráfrica se encontraba entre el 26% y 36% ³³. Basándose en el diagnóstico radiológico de tórax y asumiendo como caso los resultados sugestivos de neumoconiosis, la prevalencia de la enfermedad en este estudio sería de 8.8%; empero, es necesario que dicho hallazgo cuenten con el concepto del médico especialista en neumología.

Una de las principales limitaciones del estudio fue desconocer el tiempo actual y previo en que el trabajador usó los métodos de extracción de carbón, así como sus conductas anteriores relacionadas con el uso de protección personal y las condiciones de control de la exposición al factor de riesgo durante su historia laboral. Este estudio podría extrapolarse a otro tipo de minería como por ejemplo de oro, esmeraldas, entre otros, con el fin de comparar las condiciones de salud de estos trabajadores con los hallazgos del presente estudio.

AGRADECIMIENTOS

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

A la Dra. Gilma Hernández de la Universidad El Rosario.

A Diana Checa y Paola Bello del grupo de Salud Ocupacional y del Ambiente del Instituto Nacional de Salud de Colombia.

FINANCIACIÓN

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. Laney AS, Petsonk EL, Hale JM, Wolfe AL, Attfield MD. Potential determinants of coal workers' pneumoconiosis, advanced pneumoconiosis, and progressive massive fibrosis among underground coal miners in the United States, 2005-2009. *Am J Public Health*. 2012; 102:S279-83.
2. Liu H, Tang Z, Yang Y, Weng D, Sun G, Duan Z, Chen J. 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*. 2009; 29:366.
3. Ministerio de la Protección Social, Pontificia Universidad Javeriana. Guía de Atención Integral de Salud Ocupacional Basada en la Evidencia para Neumoconiosis. Bogotá: Imprenta Nacional; 2007.

4. Orduz GC. Guía Neumología Ocupacional, Guías de la Asociación Colombiana de Neumología y Cirugía de Tórax. Disponible en: http://www.asoneumocito.org/wp-content/uploads/2012/04/guia_neumologia_ocupacional.pdf. Fecha de acceso: 26 de octubre de 2014.
5. Schins RP, Borm PJ. Mechanisms and mediators in coal dust induced toxicity: a review. *Ann Occup Hyg.* 1999; 43:7-33.
6. World Energy Council (WEC). Survey energy resources. 22nd edition. London: World Energy Council; 2010.
7. Harrington AD, Tsirka SE, Schoonen MA. Inflammatory stress response in A549 cells as a result of exposure to coal: evidence for the role of pyrite in coal workers' pneumoconiosis pathogenesis. *Chemosphere.* 2013; 93:1216-21
8. McCunney RJ, Morfeld P, Payne S. What component of coal causes coal workers' pneumoconiosis? *J Occup Environ Med.* 2009; 51:462-71.
9. Huang X, Finkelman RB. Understanding the chemical properties of materials and minerals in coal and its potential application for occupational lung disease prevention. *J Toxicol Environ Health B Crit Rev.* 2008; 11:45-67.
10. Karkhanis VS, Joshi JM. Pneumoconioses. *Indian J Chest Dis Allied Sci.* 2013; 55: 25-34.
11. López Rojas F, Nava Larraguivel R, Salinas Tovar S, Santos Celis R, Marín Cotoñieto RA, Méndez Vargas MM. Neumoconiosis en trabajadores expuestos a polvos inorgánicos. *Rev Med IMSS* 2008; 46:163-70.
12. Petsonk EL, Rose C, Cohen R. Coal mine dust lung disease. New lessons from old exposure. *Am J Respir Crit Care Med.* 2013; 187:1178-85.
13. Sirajuddin A, Kanne JP. Occupational lung disease. *J Thorac Imaging.* 2009; 24: 310-20.
14. International Labour Organization. Meeting of Experts on Safety and Health in Coal Mines: final report. Ginebra, Mayo 2006. Disponible en http://ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_dialogue/---sector/documents/meetingdocument/wcms_162579.pdf . Fecha de acceso: 06 Jun 2014.
15. Driscoll T, Steenland K, Nelson DI, Leigh J. Occupational airborne particulates: Assessing the environmental burden of disease at national and local levels. *Environmental Burden of Disease Series, No. 7.* Geneva: World Health Organization; 2004.
16. Weston A. Work-related lung diseases. *IARC Sci Publ.* 2011; 163:387-405.
17. Ministerio de la Protección Social, M.P.S. Plan Nacional para la Prevención de la Silicosis, Neumoconiosis de los mineros de carbón y la asbestosis. Disponible en: <http://www.neumologica.org/Archivos/Ocupacional/plan%20nacional%20silicosis.pdf>. Fecha de acceso: 24 de octubre de 2014.
18. Güiza L. Minería de hecho en Colombia. Bogotá D.C.: Imprenta Nacional; 2010.
19. Ministerio de Minas y Energía. Cadena del carbón. Bogotá: UPME/Imprenta Nacional; 2012.
20. Amandus HE, Hanke W, Kullman G, Reger RB. A re-evaluation of radiological evidence from a study of U.S. strip coal miners. *Arch Environ Health.* 1984; 39:346-51.
21. Díaz Ospina JM, Abril Manrique FG, Garzón Guío JA. Salud y trabajo: minería artesanal del carbón en Paipa, Colombia. *Avanc Enferm.* 2010; 28:107-15.
22. Choi BS, Park SY, Lee JO. Current status of pneumoconiosis patients in Korea. *J Korean Med Sci.* 2010; 25: S13-19.
23. Naidoo RN, Robins TG, Solomon A, White N, Franzblau A. Radiographic outcomes among South African coal miners. *Int Arch Occup Environ Health.* 2004; 77:471- 81.
24. Zou J, du Prel Carroll X, Liang X, Wang D, Li C, Yuan B, et al. Alterations of serum biomarkers associated with lung ventilation function impairment in coal workers: a cross-sectional study. *Environ Health.* 2011; 10:83.
25. Santo Tomas LH. Emphysema and chronic obstructive pulmonary disease in coal miners. *Curr Opin Pulm Med.* 2011;17:123-5.
26. Young RC Jr, E De Ferrero, C Carr, WP Montgomery, RL Hackney, KA Harden. Pneumoconio-tuberculosis in soft coal miners: comparison of course, prognosis and physiologic impairment in non-miners with tuberculosis. *J Natl Med Assoc.* 1967; 59:81-9.
27. James WR. The relationship of tuberculosis to the development of massive pneumokoniosis in coal workers. *Br J Tuberc Dis Chest.* 1954; 48:89-96.
28. 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.
29. Yang H, Yang L, Chu Q, Wang S, Lu D, Jia X, et al. Analysis on pneumoconiosis characteristic and its prediction in one coal mine. *Wei Sheng Yan Jiu.* 2004; 33:722- 4.
30. Graber JM, Stayner LT, Cohen RA, Conroy LM, Attfield MD. Respiratory disease mortality among US coal miners; results after 37 years of follow-up. *Occup Environ Med.* 2014; 71:30-9.
31. CDC. Pneumoconiosis and advanced occupational lung disease among surface coal miners--16 states, 2010-2011. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep.* 2012; 61:4314.
32. Joy GJ, JF Colinet, Landen DD. Coal Workers' Pneumoconiosis Prevalence Disparity between Australia and the United States. Disponible en: <http://origin.glb.cdc.gov/niosh/mining/UserFiles/Works/pdfs/cwppd.pdf>. Fecha de acceso: 24 de octubre de 2014.
33. Naidoo RN. Mining: South Africa's legacy and burden in the context of occupational respiratory diseases. *Global Health Action* 2013; 6:1-3.