

Capacidad de predicción del tiempo de exposición para el desarrollo de neumoconiosis de los mineros del carbón en dos departamentos de Colombia, 2015

Estudio de Corte Transversal

Diego A. Herrera, MD¹; Deicy Y. Morales, MD¹; Milciades Ibáñez, MSc¹; Leonardo Briceño, MD¹; Ruth M. Palma, MSc²; Marcela E. Varona, MD, PhD¹.

¹ Departamento de Salud Pública, Escuela de Medicina y Ciencias de la Salud, Universidad del Rosario, Bogotá, Colombia. 111221.

² Grupo de Salud Ocupacional y del Ambiente, Instituto Nacional de Salud, Bogotá, Colombia. 111321.

Autor de correspondencia:

Diego A. Herrera, MD
Carrera 50 104 B 69 apartamento 401
Bogotá, Colombia. 111111.
herrera.diego@urosario.edu.co

Resumen:

Antecedentes: La minería representa una importante actividad económica en Colombia y el riesgo de presentar neumoconiosis de los mineros del carbón depende de determinantes como el tiempo de exposición a polvo de carbón. Por lo anterior, se propone determinar la capacidad de predicción del tiempo de exposición a polvo de carbón para el desarrollo de neumoconiosis por las labores realizadas en minas de socavón en dos departamentos de Colombia en el 2015.

Métodos: Se realizó un estudio de corte transversal en empresas de minería subterránea de carbón, que incluyó la aplicación de cuestionarios a trabajadores y toma de radiografías de tórax según criterios de la Organización Internacional del Trabajo (OIT). Se estimó la relación-dosis respuesta y la capacidad de predicción del tiempo de exposición para el desarrollo de neumoconiosis en los mineros de carbón de Cundinamarca y Boyacá en el 2015.

Resultados: Se evaluaron 447 trabajadores, con edad promedio de 43.1 \pm 10.1 años y tiempo de trabajo en minería promedio de 19.4 \pm 9.2 años. El 35.9% (n=160) presentaron hallazgos compatibles con neumoconiosis según criterios OIT con tiempo promedio de aparición de la enfermedad de 23.1 \pm 8.9 años. La capacidad de predicción de neumoconiosis a los 18.5 años de exposición a polvo de carbón, punto de corte con mayor sensibilidad y especificidad (64.4% y 66.8% respectivamente), fue de 70.2%. El riesgo de neumoconiosis de los mineros del carbón aumenta cuando el tiempo de exposición a polvo de carbón es mayor a 18.5 años (OR 3.9, p <0.001, IC 95% 2.553 - 5.957) y cuando se considera el oficio de picador (OR 2.8, p = 0.047, IC 95% 1.012 - 8.168).

Conclusiones: Este estudio muestra la capacidad de predicción del tiempo de exposición a polvo de carbón para el desarrollo de neumoconiosis en Colombia, indicando la necesidad de considerar esta variable para la formulación de sistemas de vigilancia epidemiológica ocupacional en minería del carbón.

Palabras clave: Minería, exposición profesional, tiempo de exposición, neumoconiosis, prevalencia.

Abreviaturas: Organización Internacional del Trabajo (OIT)

Introducción

La minería representa una importante actividad económica en Colombia, en la que según indicadores del Sistema General de Riesgos Laborales, para 2014 se desempeñaban 5,151 empresas y 162,545 trabajadores. Adicionalmente, esta fue la tercera actividad económica que proporcionalmente presentó más enfermedades profesionales (1).

Los mineros de carbón deben tolerar sustancias químicas y polvo, lo cual implica una mayor probabilidad de desarrollar enfermedades respiratorias de origen profesional, entre las que se encuentran silicosis, asbestosis, asma ocupacional y neumoconiosis (2).

Específicamente en cuanto a la neumoconiosis, en Estados Unidos ha causado la muerte de más de 200,000 mineros desde 1900 (3), y en la década de 1990, fue causa contribuyente de más de 30,000 muertes, con una tasa de mortalidad anual y ajustada por edad de 13.2 por millón (4). Mientras que a nivel mundial, se calculó que solo para el 2000 ocasionó 30,000 muertes y 1,240,000 años de vida saludables perdidos ajustados por discapacidad (AVAD) (5).

Es la enfermedad más común en los trabajadores de minería de carbón. En Estados Unidos para el 2013 se estimó una prevalencia en 4% en 6,373 trabajadores de minas de carbón subterráneas, de los cuales 0.71% presentaban de fibrosis pulmonar masiva (6). Respecto a Colombia, para 1995 se encontró una proporción de prevalencia del 5.12% en 310 mineros (7).

En Corea se identificó para 1996 que se necesita un promedio de 14 años para que los trabajadores de la minería del carbón desarrollen neumoconiosis (8). Mientras que en China, un análisis sistemático de estudios entre 2001-2011, determinó que la prevalencia depende de factores como los años de exposición al polvo de carbón, con diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$) entre exposiciones inferiores a 10 años, de 10 a 20 años y más de 20 años de exposición, siendo del 2.27% (IC 95%: 0.06 - 9.20%), 4.32% (IC 95%: 0.29 a 12.68%) y 13.46% (IC 95%: 1.87 a 33.12%), respectivamente (9).

Otros estudios en China, incluye el análisis de casos de neumoconiosis reportados en la provincia de Hubei desde 2008 hasta 2013, encontrándose que los individuos con exposición < 10 años representaron el 33.32% de todos los casos de neumoconiosis; entre 10 y 19 años el 27.86%; entre 20 y 29 años el 21.23%; y ≥ 30 años el 17.60% (10). Por otro lado, en 2015 se publicó un trabajo realizado en una mina de propiedad estatal que determinó 29.3 años como período de latencia media y reportó su comportamiento histórico, describiendo que era de 21.5 años antes de la década de 1980,

25.2 años en la década de 1980, 29.8 años en la década de 1990 y 37.6 años después del año 2000 ($p < 0.001$) (11).

Específicamente, respecto a la evaluación de la capacidad de predicción que pueda tener el tiempo de exposición para desarrollar neumoconiosis de los mineros de carbón, en la revisión bibliográfica realizada no se encontró literatura científica al respecto.

En 1965 Sir Austin Bradford Hill, un epidemiólogo y estadístico británico, sugirió que para considerar una asociación causalmente relacionada con la exposición en estudio (químicos, patógenos, u otra sustancia), se debían examinar los siguientes criterios: fuerza de asociación, coherencia, especificidad, temporalidad, plausibilidad, coherencia, experimento, analogía y gradiente biológico o relación dosis-respuesta (12).

Por lo anterior, el presente estudio propone estimar la relación-dosis respuesta y la capacidad de predicción del tiempo de exposición a polvo de carbón para el desarrollo de neumoconiosis en los mineros de carbón de los departamentos de Cundinamarca y Boyacá en el 2015.

Materiales y métodos

Se realizó un estudio de corte transversal, en el que la población de estudio se constituyó por trabajadores expuestos a polvo de carbón en minas subterráneas de los departamentos de Cundinamarca y Boyacá, en quienes se realizaron cuestionarios y radiografías de tórax según criterios de la OIT. La población se constituyó por 3,916 mineros afiliados a Positiva Compañía de Seguros al 30 de septiembre de 2011 y el tamaño muestral se conformó por 447 trabajadores, seleccionados mediante determinación probabilística estratificada por conglomerados bietápicas con asignación proporcional considerando la varianza de la muestra y de la población.

Los criterios de inclusión fueron: decisión voluntaria de participación, antigüedad laboral mayor o igual a 10 años en el sector minero y la realización de actividades laborales en la empresa seleccionada. Por otro lado, se excluyeron del estudio personas menores de 18 años, con transfusión sanguínea en los últimos 3 meses, en embarazo, con tratamiento antitumoral o radioterapia en los últimos tres meses, con diagnóstico de tuberculosis o con presencia de enfermedad respiratoria activa o bajo tratamiento.

Se definió como variable independiente el resultado de la radiografía de tórax y como variables independientes el departamento, sexo, escolaridad, estrato socioeconómico, estado civil, ubicación de la vivienda, cargo, tiempo en el cargo, antigüedad y tipo de extracción. En cuanto a las variables confusoras se contemplaron la edad, hábito de fumar, tiempo de exposición al tabaquismo y tiempo de exfumador.

En la evaluación de las características sociodemográficas, ocupacionales y toxicológicas se utilizó un cuestionario estructurado y evaluado en una prueba piloto, dirigido a cada uno de los sujetos participantes en la muestra por parte de profesionales del equipo de investigación quienes recibieron una inducción previa para asegurar la estandarización. En cuanto al diagnóstico de neumoconiosis, a todos los trabajadores se les realizó una radiografía de tórax asegurando el cumplimiento de los requisitos técnicos establecidos por la OIT y su lectura fue realizada por un médico con entrenamiento específico y certificado por la OIT.

La totalidad de la información recolectada fue revisada antes de ser incluida en la base de datos del proyecto con el propósito de identificar inconsistencias o datos faltantes que pudieran afectar el proceso de análisis. La tabulación y el control de calidad de la información se realizaron permanentemente con programas de control automático, ejecutados en el SPSS versión 22.0. Para la descripción de las variables cuantitativas se utilizaron distribuciones de frecuencias absolutas y relativas expresadas en porcentajes; mientras que para las variables cuantitativas se emplearon

medidas de tendencia central (promedio, mediana y media geométrica) y de variabilidad (dispersión, rango, rango intercuartílico y desviación estándar).

La asociación entre variables independientes y los desenlaces se evaluó con la prueba de independencia chi cuadrado de tendencia de Pearson o pruebas exactas de Fisher. En cuanto a las variables cuantitativas sin distribución normal (tiempo de exposición a polvo de carbón) se utilizó la prueba no paramétrica de diferencias de dos grupos independientes de Mann Whitney.

Las diferencias entre los grupos se evaluaron con las pruebas de comparaciones múltiples no paramétricas de Kruskal-Wallis. En cuanto a la fuerza de la asociación se evaluó con el Odds Ratio (OR) y la significancia con el intervalo de confianza del 95%.

Para el análisis multivariado del principal desenlace (neumoconiosis de los mineros del carbón), se construyó un modelo de regresión logística incondicional binomial para muestreo estratificado aleatorio con asignación proporcional. En cuanto a la estimación de capacidad de predicción del tiempo de exposición, se usó la curva ROC (Receiver Operating Characteristic) con y sin ajuste para presentar la sensibilidad en función de los falsos positivos para distintos puntos de corte.

El presente estudio forma parte del proyecto “Evaluación de la exposición a polvo de carbón en minería subterránea en tres departamentos de Colombia”, el cual cuenta con las respectivas cartas de aval técnico y ético del comité técnico y de ética en investigación del Instituto Nacional de Salud y de la Universidad del Rosario. Este estudio es considerado de bajo riesgo para los participantes en el mismo acorde con las consideraciones éticas establecidas en la declaración de Helsinki y la resolución 8430 de 1993 del Ministerio de Salud de la República de Colombia. En trabajo de campo, antes de firmar el consentimiento informado e iniciar la recolección de la información, los investigadores informaron a todos los participantes sobre el tipo de estudio, la importancia, los beneficios y los riesgos.

Resultados

Sociodemográficamente, la mayor parte de la población del estudio fue de sexo masculino con edad promedio de 43.1 ± 10.1 años, en su mayoría con estudios de primaria y vivienda rural en estrato 2, como se muestra en la tabla No. 1.

Tabla No. 1. Características sociodemográficas de los trabajadores por departamento

		Boyacá		Cundinamarca		Total	
		No.	%	No.	%	No.	%
Grupos etarios	20-29.9	35	15.1	10	4.7	45	10.1
	30-39.9	71	30.6	49	22.8	120	26.8
	40-49.9	75	32.3	72	33.5	147	32.9
	50-59.9	43	18.5	71	33.0	114	25.5
	>=60	8	3.4	13	6.0	21	4.7
	Total	232	100.0	215	100.0	447	100.0
Género	Masculino	232	100.0	214	99.5	446	99.8
	Femenino	0	0.0	1	0.5	1	0.2
	Total	232	100.0	215	100.0	447	100.0
Estrato socioeconómico	1	56	24.1	8	3.7	64	14.3
	2	117	50.4	125	58.1	242	54.1
	3	51	22	68	31.6	119	26.6
	4	3	1.3	12	5.6	15	3.4
	5	1	0.4	2	0.9	3	0.7
	Sin información	4	1.7	0	0.0	4	0.9
	Total	232	100.0	215	100.0	447	100.0
Nivel educativo	Ninguno	2	0.9	4	1.9	6	1.3
	Primaria incompleta	77	33.2	83	38.6	160	35.8
	Primaria completa	87	37.5	79	36.7	166	37.1
	Secundaria incompleta	32	13.8	29	13.5	61	13.6
	Secundaria completa	29	12.5	17	7.9	46	10.3
	Técnica incompleta	1	0.4	0	0.0	1	0.2
	Técnica completa	4	1.7	1	0.5	5	1.1
	Universidad completa	0	0.0	2	0.9	2	0.4
	Total	232	100.0	215	100.0	447	100.0
Estado civil	Soltero	32	13.8	26	12.1	58	13
	Casado	100	43.1	81	37.7	181	40.5
	Unión libre	86	37.1	93	43.3	179	40.0
	Separado	13	5.6	12	5.6	25	5.6
	Viudo	1	0.4	3	1.4	4	0.9
	Total	232	100.0	215	100.0	447	100.0
Ubicación de la vivienda	Rural	167	72.0	111	51.6	278	62.2
	Urbano	65	28.0	104	48.4	169	37.8
	Total	232	100	215	100.0	447	100.0

En la tabla No. 2 se muestran las características laborales, evidenciando que el cargo más frecuente fue picador y que la mayoría se desempeñaban en minas con tipo de extracción mecanizado. La antigüedad laboral en minería promedio fue de 19.4 ± 9.2 años.

Tabla No. 2. Características laborales de los trabajadores por departamento

		Boyacá		Cundinamarca		Total	
		No.	%	No.	%	No.	%
Cargo	Cochero	22	9.5	13	6.0	35	7.8
	Descargue	5	2.2	6	2.8	11	2.5
	Frentero	0	0.0	14	6.5	14	3.1
	Malacatero	15	6.5	11	5.1	26	5.8
	Operador de Locomotora	0	0.0	1	0.5	1	0.2
	Operador Panzer	2	0.9	0	0.0	2	0.4
	Picador	168	72.4	108	50.2	276	61.7
	Reforzador	4	1.7	29	13.5	33	7.4
	Suministros	1	0.4	2	0.9	3	0.7
	Almacenista	0	0.0	1	0.5	1	0.2
	Oficios Varios	0	0.0	2	0.9	2	0.4
	Administrador	0	0.0	3	1.4	3	0.7
	Tolero	0	0.0	2	0.9	2	0.4
	Patiero	0	0.0	5	2.3	5	1.1
	Supervisor Tajo	15	6.5	18	8.4	33	7.4
Total	232	100	215	100	447	100	
Antigüedad laboral	10 – 24.9	182	78.4	124	57.7	306	68.5
	25–29.9	22	9.5	35	16.3	57	12.8
	≥ 30	28	12.1	56	26.0	84	18.8
	Total	232	100	215	100	476	100
Tiempo en el cargo	< 2	94	40.5	61	28.4	155	34.7
	2-5	82	35.3	74	34.4	156	34.9
	> 5	56	24.1	80	37.2	136	30.4
	Total	232	100	215	100	447	100
Tipo de extracción	Manual	116	50.0	25	11.6	141	31.5
	Mecanizada	94	40.5	126	58.6	220	49.2
	Manual y Mecanizada	22	9.5	64	29.8	86	19.2
	Total	232	100	215	100	447	100

La prevalencia de neumoconiosis según el reporte de lectura de las radiografías del médico certificado por la OIT fue de 35.9% (IC 95%: 30.44 - 39.03) para la población total de trabajadores, mientras que por departamento fue de 29.9% (IC 95%: 23.99 - 35.80) en Boyacá y de 42.3% (IC 95%: 35.69 - 48.90) en Cundinamarca, presentando diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.001$). La edad promedio de los trabajadores con neumoconiosis fue de 47.5 ± 8.3 años y el tiempo de latencia promedio fue de 23.1 ± 8.9 años. Un trabajador no asistió a la toma de radiografía (Tabla No. 3).

Tabla No. 3 Distribución de diagnóstico de neumoconiosis en los trabajadores por departamento

Departamento	Neumoconiosis				Total	p
	Positivo		Negativo			
	No.	%	No.	%		
Boyacá	69	29.9	162	70.1	231	<0.001
Cundinamarca	91	42.3	124	57.7	215	
Total	160	35.9	286	64.1	446	

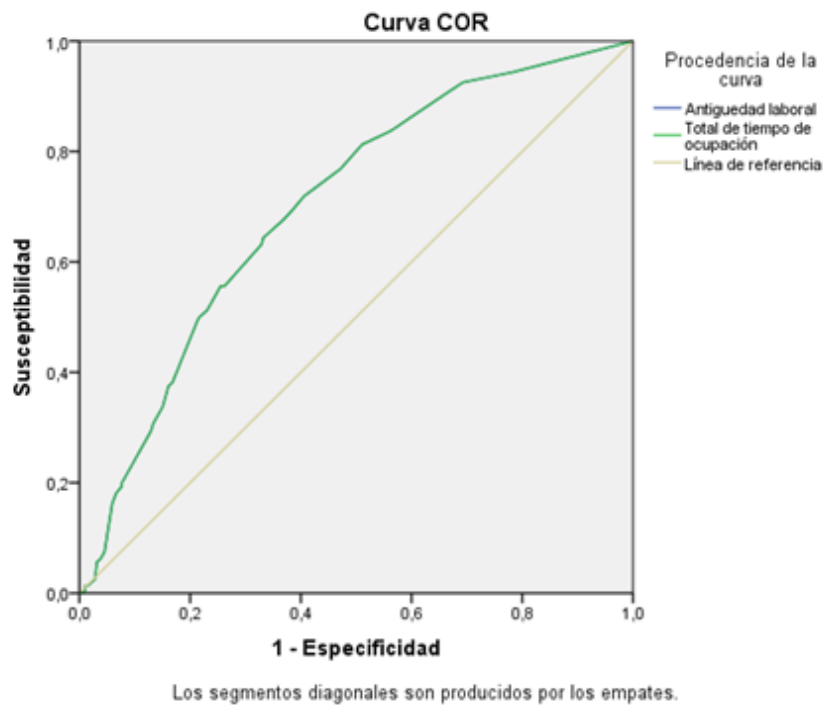
En la tabla No. 4 se caracterizan los trabajadores con neumoconiosis, evidenciándose que el 70% son picadores y el 51.2% trabajan en minas con extracción mecanizada.

Tabla No. 4 Distribución de características laborales en los trabajadores con neumoconiosis por departamento

Característica		Boyacá		Cundinamarca	
		No.	%	No.	%
Cargo	Cochero	5	7.2	3	3.3
	Descargue	2	2.9	3	3.3
	Frentero	0	0.0	5	5.5
	Malacatero	1	1.4	4	4.4
	Operador de Locomotora	0	0.0	0	0.0
	Operador Panzer	1	1.4	0	0.0
	Picador	53	76.8	59	64.8
	Reforzador	3	4.3	5	5.5
	Suministros	0	0.0	1	1.1
	Almacenista	0	0.0	1	1.1
	Oficios Varios	0	0	1	1.1
	Administrador	0	0.0	2	2.2
	Tolvero	0	0.0	1	1.1
	Patiero	0	0.0	1	1.1
	Supervisor Tajo	4	5.8	5	5.5
	Total	69	100	91	100
Antigüedad laboral	< 25 años	48	69.6	33	36.3
	25-29,9 años	9	13	23	25.3
	>= 30 años	12	17.4	35	38.5
	Total	69	100	91	100
Tiempo en el cargo	< 2 años	23	33.3	19	20.9
	2-5 años	20	29	36	39.6
	> 5 años	26	37.7	36	39.6
	Total	69	100	91	100
Tipo de extracción	Manual	26	37.7	14	15.4
	Mecanizada	32	36.4	50	54.9
	Manual y Mecanizada	11	16.9	27	29.7
	Total	69	100	91	100

Respecto al tiempo de exposición a polvo de carbón, se evidencia que el punto de corte con mayor sensibilidad y especificidad (64.4% y 66.8% respectivamente) fue 18.5 años, momento con capacidad de predicción de neumoconiosis del 70.2% (Figura No. 1).

Figura No. 1 Curva ROC para estimación de capacidad de predicción del tiempo de exposición



Al realizar el modelo de regresión logística incluyendo el tiempo de exposición general y el tiempo de exposición por oficios, teniendo como categoría de referencia el oficio malacatero por presentar el menor riesgo de neumoconiosis, se evidencia que el oficio de picador es marginalmente significativo (OR 2.7, $p=0.056$, IC95% 0.974 - 8.008).

Cuando se ajusta el modelo, reemplazando el tiempo de exposición general por el punto de corte estimado, se determinó que quienes presentan mayor riesgo de presentar neumoconiosis del minero de carbón son el grupo de trabajadores con exposición mayor a 18.5 años (OR 3.9, $p<0.001$, IC95%: 2.553 - 5.957) y con oficio de picador (OR 2.8, $p=0.047$, IC95%: 1.012 - 8.168) (Tabla No. 5). La potencialización que ejerce el tiempo de exposición como picador es confirmada al evidenciar diferencias estadísticamente significativas con respecto al tiempo de exposición de otros oficios ($p=0.001$).

Tabla No. 5 Modelo de regresión logística para variables relacionadas con el tiempo de exposición a polvo de carbón

Tiempo de exposición	B	Sig.	Exp(B)	I.C. 95% EXP(B)	
				Inferior	Superior
Oficios		0.09			
Cochero	0.29	0.67	1.332	0.361	4.909
Descargue	0.77	0.29	2.161	0.522	8.953
Frentero	0.6	0.44	1.82	0.394	8.404
Picador	1.06	0.05	2.875	1.012	8.168
Reforzador	0.25	0.71	1.281	0.346	4.748
Supervisor tajo	0.15	0.81	1.165	0.332	4.083
Otros	0.87	0.32	2.382	0.431	13.171
Punto de corte (18.5 años)	1.36	<0.01	3.9	2.553	5.957

Discusión

Se estimó una prevalencia de neumoconiosis de 35.9% en los mineros del carbón con más de 10 años de antigüedad laboral, la cual es más alta que en estudios previos (6,7,9). El diagnóstico se realiza a una edad promedio más temprana (47.5 años) en comparación con EE UU (52.6 años) (13). Respecto al período de latencia media (23.1 años), es menor que lo reportado en trabajadores de China (29.3 años) (11) y mayor que lo estimado en Corea (14 años) (8).

Por otra parte, se evidenció la relación dosis-respuesta que ejerce el tiempo de exposición a polvo de carbón para el desarrollo de neumoconiosis y que el oficio de picador presenta un mayor riesgo, lo cual concuerda con los resultados de estudios previos que identifican que las dos variables más importantes que influyen en la predicción de neumoconiosis fueron la duración de la exposición al polvo y la categoría ocupacional del trabajador (14,15,16), específicamente en tareas en el frente de avance de la mina (17).

Se estimó que la capacidad de predicción de neumoconiosis a los 18.5 años de exposición a polvo de carbón es del 70.2%, resultado que hace necesario realizar consideraciones especiales y contundentes para estos trabajadores enfocadas en la vigilancia epidemiológica ocupacional de la salud respiratoria, como lo ha mencionado Mamuya en el 2007 (18).

También es necesario impulsar medidas por parte de los empleadores y las administradoras de riesgos laborales orientadas a la prevención de la neumoconiosis, incluyendo una adecuada evaluación de exposición laboral al polvo de carbón y reforzar el autocuidado realizando capacitaciones sobre buenos hábitos, siempre teniendo presente el nivel educativo de los trabajadores para su entendimiento e implementación (19), particularidad que no resulta insignificante puesto que en el presente estudio el 37.1% de los mineros no tienen formación académica o solo cuentan con primaria incompleta.

Con el objeto de minimizar los sesgos de memoria durante el suministro de la información requerida, no se utilizaron preguntas abiertas en lo referente a los antecedentes personales ni familiares incluidos en la historia médica. En cuanto a los sesgos de selección, el grupo de trabajadores objeto del estudio fue seleccionado aleatoriamente, previa verificación del cumplimiento de los criterios de inclusión y exclusión preestablecidos.

Con el fin de controlar el posible efecto confuso que pueden ejercer la edad y el hábito tabáquico, en la asociación entre el tiempo de exposición y el riesgo de neumoconiosis, los análisis se ajustaron por

estas variables. Lo anterior, debido a que estas variables confusoras pueden dar como resultado la intensificación de dicha asociación.

Las fortalezas del estudio incluyen un porcentaje de respuesta alto de los trabajadores seleccionados, la realización de cuestionarios por profesionales de la salud capacitados y entrenados, el sometimiento de la totalidad de los datos a control de calidad, los ajustes necesarios tanto en instrumentos como de tiempos y movimientos que permitió hacer la prueba piloto, la toma y lectura de las radiografías se realizó según criterios exigidos por la guía técnica de la OIT, la metodología del estudio es eficiente para estudiar la prevalencia de neumoconiosis en la población y cuenta con información suficiente para caracterizar la variable tiempo de exposición a polvo de carbón y establecer su relación con el desarrollo de neumoconiosis.

Las limitaciones del estudio son propias de su diseño metodológico, debido a que al ser un estudio de corte transversal, permite establecer asociación pero no causalidad. Por otro lado, el estudio se realizó en un contexto laboral que presenta variaciones respecto a condiciones tanto ambientales (temperatura y humedad), como humanas (uso de elementos de protección personal y oficio desempeñado). Se podría presentar un sesgo de memoria con los datos del cuestionario referentes a antecedentes ocupacionales de los trabajadores, puesto que se utilizaron preguntas abiertas. Finalmente, es necesario promover investigaciones que incluyan trabajadores con exposición inferior a 10 años, puesto que se ha encontrado que la prevalencia puede ser alta en dicho grupo (9,10).

Conclusión

El presente estudio muestra una de las prevalencias de neumoconiosis de los mineros del carbón más altas identificadas en el país y la capacidad de predicción del tiempo de exposición para su desarrollo, resultados que indican la necesidad de reestructurar los sistemas de vigilancia epidemiológica ocupacional en minería del carbón y de impulsar medidas por parte de los empleadores y las administradoras de riesgos laborales orientadas a la prevención de la neumoconiosis.

Referencias

1. Fasecolda [base de datos en Internet]. RL Datos [acceso 02 de agosto de 2015]. RP Datos Riesgos profesionales, Reporte por Actividad Económica. Año: 2014, Actividad económica: minas y canteras. Departamento: todos y Cundinamarca. Mes: todos. Disponible en: <http://consultas.fasecolda.com/rpdata/Reportes/xGrupos.aspx>
2. Rodríguez C. Los convenios de la OIT sobre Seguridad y Salud en el trabajo: Una oportunidad para mejorar las condiciones y el medio ambiente de trabajo. Centro Internacional de la Formación de la Organización Internacional del Trabajo 2009. Primera Edición. Turín - CIF, 2009. 275-277, 339. ISBN 978-92-9049-503-1. Disponible en: http://www.mte.gov.br/seg_sau/leg_normas_regulamentadoras.asp
3. Morelli S. Córdoba C. Estado de los Recursos Naturales y del Ambiente. Contraloría General de la República 2011-2012, 213-214
4. Ministerio de la Protección Social. Guía de atención integral basada en la evidencia para la neumoconiosis (silicosis, neumoconiosis del minero de carbón y asbestosis). Bogotá imprenta Nacional 2007
5. Brodeur J, Vyskocil A, Tardif R et al. Adjustment of permissible exposure values to an in usual works schedules. AM Ind Hyg. Assoc J. 2001; 62(5):584-94
6. Wang ML., Beeckman-Wagner LA., Wolfe AL., Syamlal G., Petsonk EL. Lung-function impairment among US underground coal miners, 2005 to 2009: geographic patterns and association with coal workers' pneumoconiosis. Journal of Occupational and Environmental Medicine. 2013; 55(7): 846-50
7. Rendon ID, Mazuera ME, Grisales H, Neumoconiosis en la minería subterránea, Amaga, 1995. Revista Facultad Nacional de Salud Pública. 1997; 14(2): 46-67
8. Choi BS. Development of coal workers' pneumoconiosis in Korea: risk factors and incidence density. Korean J Occup Environ Med 1996; 8: 137-52
9. Mo J., Wang L., Au W., Su M. Prevalence of coal worker's pneumoconiosis in china: A systematic analysis of 2001 - 2011. International Journal of Hygiene and Environmental Health. 2014: 217, 46-51
10. Ying Xia 1,2, Jiafa Liu 2, Tingming Shi 2, Hao Xiang 1,3,* and Yongyi Bi. Prevalence of Pneumoconiosis in Hubei, China from 2008 to 2013. International Journal of Environmental Research and Public Health. Int. J. Environ. Res. Public Health 2014, 11, 8612-8621; doi:10.3390/ijerph110908612 Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4198980/pdf/ijerph-11-08612.pdf>

11. Lei Han, Ruhui Han, Xiaoming Ji, Ting Wang, Jingjin Yang, Jiali Yuan, Qiuyun Wu, Baoli Zhu, Hengdong Zhang, Bangmei Ding and Chunhui Ni. Prevalence Characteristics of Coal Workers' Pneumoconiosis (CWP) in a State-Owned Mine in Eastern China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. Int. J. Environ. Res. Public Health 2015, 12, 7856-7867; Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4515695/>
12. Woodside III F, Davis A. The Bradford Hill criteria: the forgotten predicate. *Thomas Jefferson Law Review* [serial on the Internet]. (2013, Spring2013), [cited September 24, 2015]; 35(2): 103-126. Available from: Academic Search Complete
13. Wade WA, Petsonk EL, Young B, Mogri I. Severe occupational pneumoconiosis among West Virginian coal miners: one hundred thirty-eight cases of progressive massive fibrosis compensated between 2000 and 2009. *Chest* 2010; 139: 1458–62
14. Liu H, Tang Z, Yang Y, Weng D, Sun G, Duan Z, et al. 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;9:366. PubMed PMID: 19785771. PMCID: PMC2760532. eng. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19785771>
15. Attfield MD, Moring K. An investigation into the relationship between coal workers' pneumoconiosis and dust exposure in U.S. coal miners. *Am Ind Hyg Assoc J*. 1992 Aug;53(8):486-92. PubMed PMID: 1509988. eng. Disponible en: www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/1509988
16. Heederik D, Attfield M. Characterization of dust exposure for the study of chronic occupational lung disease: a comparison of different exposure assessment strategies. *Am J Epidemiol*. 2000 May;151(10):982-90. PubMed PMID: 10853637. eng. Disponible en: www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10853637
17. Liu F, Pan Z, Liu S, Chen L, Ma J, Yang M, Wang N. The estimation of the number of underground coal miners and the annual dose to coal miners in China. *Health Phys*. 2007; 93: 127–32
18. Mamuya SH, Bråtveit M, Mashalla YJ, Moen BE. Airflow limitation among workers in a labour-intensive coal mine in Tanzania. *Int Arch Occup Environ Health*. 2007 Jul;80(7):567-75. PubMed PMID: 17242954. eng. Disponible en: www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17242954
19. Antao VC, Petsonk EL, Sokolow LZ, Wolfe AL, Pinheiro GA, Hale JM, et al. Rapidly progressive coal workers' pneumoconiosis in the United States: geographic clustering and other factors. *Occup Environ Med*. 2005 Oct;62(10):670-4. PubMed PMID: 16169911. PMCID: PMC1740878. eng. Disponible en: www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16169911

Contribución de los autores

Diego A. Herrera, MD - Diseño del estudio, recopilación de datos, interpretación y análisis de datos, escritura manuscrito.

Deicy Y. Morales, MD - Diseño del estudio, recopilación de datos, interpretación y análisis de datos, escritura manuscrito.

Milciades Ibáñez, MSc - Diseño del estudio, análisis estadístico, escritura manuscrito.

Leonardo Briceño, MD - Diseño del estudio, interpretación y análisis de datos, escritura manuscrito.

Ruth M. Palma MSc - Diseño del estudio, interpretación y análisis de datos, escritura manuscrito.

Marcela E. Varona, MD, PhD - Diseño del estudio, recopilación de datos, interpretación y análisis de datos, escritura manuscrito.

Conflicto de intereses

Ningún conflicto relevante de interés fue declarado por los autores de este estudio.

Financiamiento

Los hallazgos que se han presentado hace parte del proyecto “Evaluación de la exposición a polvo de carbón en minería subterránea en tres departamentos de Colombia”, financiado por Colciencias y desarrollado por la Universidad del Rosario, la Universidad de los Andes, Positiva Compañía de Seguros, el Instituto Nacional de Salud, el Ministerio del Trabajo, la Secretaría de Salud de Boyacá y la Asociación Colombiana para el Avance de la Ciencia.