

**RELACION DE EXPOSICIÓN A POLVOS DE CARBÓN, SÍLICE CRISTALINA Y
NEUMOCONIOSIS, EN TRABAJADORES DE MINAS DE SOCAVÓN,
CUNDINAMARCA, 2014.**

Cristian Duvan Hernández Rodríguez¹, Milciades Ibáñez Pinilla², Marcela Varona Uribe³

¹ Cristian Duvan Hernández Rodríguez. Maestría en Salud Ocupacional y Ambiental.

² Milciades Ibáñez Pinilla. XXXXXXXX Maestría en Salud Ocupacional y Ambiental.

³ Marcela Varona Uribe. XXXXXXXXXX Maestría en Salud Ocupacional y Ambiental.

RESUMEN

Objetivo: Determinar el nivel de riesgo de la exposición por fracción respirable a polvo de carbón y sílice cristalina y la prevalencia de neumoconiosis en trabajadores de minas de socavón del departamento de Cundinamarca.

Métodos: estudio de corte transversal, en grupos de exposición similar (GES) en las minas seleccionadas, el tamaño muestral fue constituido por 11 empresas y 215 trabajadores en donde se realizó un muestreo ambiental para medir los niveles de polvo de carbón y sílice cristalina.

Resultados: La edad promedio del grupo fue de $46 \pm 9,5$ años y género masculino (97,2%), se encontró una asociación significativa entre polvo de carbón y neumoconiosis ($p = 0,050$) y no fue significativa con exposición a sílice cristalina ($p = 0,537$). El modelo de regresión logística mostró asociación significativa con la escala de nivel de riesgo de carbón medio (OR=10.4, IC 95%:1.50, 71.41, $p=0,02$), ajustando con variables significativas como: tamaño de la empresa mediana (OR = 2,67, IC 95%:1.07, 6.66, $p=0,04$), antigüedad mayor o igual a 30 años (OR = 7,186, IC 95%:2.98, 17.29, $p=0,001$) y habito tabáquico por más de un año (OR = 4,437, IC 95%:2.06, 9.55, $p=0,001$) para sílice cristalina no hubo asociación en el modelo multivariado.

Conclusión: El riesgo de exposición a carbón de nivel medio está relacionado con la prevalencia de neumoconiosis y otros factores adicionales como tamaño de la empresa mediana, antigüedad mayor o igual a 30 años y habito tabáquico por más de un año para los trabajadores de minería de socavón en Cundinamarca. Para los niveles de sílice cristalina no se encontró asociación significativa.

Palabras clave: Exposición ocupacional, Minería, Neumoconiosis, Riesgos laborales

ABSTRACT

Objective: To determine the level of risk of exposure to respirable coal dust and crystalline silica and prevalence of pneumoconiosis in workers in underground mines of the department of Cundinamarca.

Methods: A cross-sectional study in groups of similar exposure (GES) in selected mines, the sample size was comprised of 11 companies and 215 workers where environmental sampling was performed to measure levels of coal dust and crystalline silica.

Results: The average age of the evaluated group was 46 years with predominance in the age group of 40-49 years male, a statistically significant association with coal dust ($p = 0.050$) was found. No significant association with crystalline silica ($p = 0.537$) was found. The multivariate logistic regression model showed that variables together explain the appearance of pneumoconiosis in miners tunnel were small business size ($p = 0.04$) risk level scale low carbon ($p = 0, 02$ age greater than or equal to 30 years ($p = 0.00$) and smoking for more than one year ($p = 0.00$)

Conclusion: The disease in coal miners in underground mines, are influenced by multiple factors that influence its development, perpetuation and outcome. The determination of these variables with the prompt and effective intervention of controllable risk factors favoring the disruption of a process that otherwise would have disastrous results for the individual and the organization.

Keywords: Occupational Exposure, Mining, Pneumoconiosis, Occupational hazards

INTRODUCCIÓN

A nivel mundial, las enfermedades respiratorias, procedentes de la exposición a polvos minerales presentes en el ambiente laboral, particularmente en minería, es un problema creciente^{1,2}. Los procesos productivos y extractivos sumado a las condiciones en que los trabajadores realizan estas actividades, propende a la aparición de cuadros clínicos asociados a factores ocupacionales³. Entre este tipo de patologías se encuentra la neumoconiosis, clasificada como un grupo de enfermedades pulmonares ocasionadas por la inhalación y acumulación en los pulmones de polvos inorgánicos o minerales^{4,5} tales como sílice, asbesto crisotilo, polvo de carbón y talco. Colombia al ser un país de tradición minera⁶ se encuentra directamente enfrentado a estos factores de riesgo ocupacional^{7,8}; sin embargo, en la actualidad solo existen estimados de trabajadores expuestos por actividad económica más no se encuentran estadísticas oficiales sobre los niveles de polvo de carbón en ambientes de minas subterráneas que le permitan implementar políticas para la prevención de enfermedades asociadas a la explotación minera y que lleven a disminuir la incidencia y prevalencia de la neumoconiosis^{9,10,11}. Por otra parte, en estudios similares realizados en Turquía sobre una población de trabajadores de minería subterránea, se pudo encontrar en los pulmones de algunos individuos hasta 30 g de polvo total, con una tasa de acumulación de 0,4 a 1,7 g de polvo retenido por año^{12,13}. Adicionalmente, los factores que determinan la nocividad de polvos en el aire son en esencia la composición, la concentración, el tamaño de partícula, el tiempo de exposición y la susceptibilidad individual¹⁴. De igual forma en estudios realizados en China durante el periodo de 2001 a 2011, se logró concluir que la prevalencia de neumoconiosis de los trabajadores del carbón fue 6,02% y la tasa combinada de pacientes con tuberculosis fue de 10,82% en comparación con el Reino Unido (0,8%, durante 1998-2000) y EE.UU. (3,2% en el 2000)¹⁵.

Por otro lado, el Centro para el Control y Prevención de Enfermedades de Atlanta (CDC), el Instituto Nacional para la Seguridad y Salud Ocupacional (NIOSH), establecen recomendaciones de niveles de exposición (REL-Recommended Exposure Limits) para concentraciones máximas ponderadas (TLV) de 10 horas, para el polvo de minas de carbón respirable es de 1 mg/m^{3,16}, cuantificados con equipos de medición personal para muestras en minas de carbón (CPSU-Coal Dust Personal Sampler Unit) como lo define la norma 30 CFR 74.2. (Code of Federal Regulations EE.UU). El REL es equivalente a 0.9 mg/m³ medido según la definición de polvo respirable de ISO/CEN/ACGIH (Organización de Estándares Internacionales/ Comité Europeén de Normalisation/Conferencia Americana de Higienistas Industriales Gubernamentales). El

REL se aplica al polvo de carbón respirable de las minas de carbón y en otros oficios. NIOSH recomienda distintos REL para el sílice cristalino¹⁷.

En Colombia, el Sector de Minas y caldera para el año 2010 refleja una accidentalidad laboral de 11,799 trabajadores, para el año 2011 de 19.987 y a corte de marzo de 2012 presenta un indicador de 6.678 trabajadores.^{18,19} Es una necesidad que tiene el país y se ve reflejada a través de su población expuesta, los registros de accidentalidad, los registros macroeconómicos la fragilidad gubernamental en los departamentos y la vulnerabilidad de la población, haciéndose visibles en efectos sobre la salud y rezago en la calidad de vida, respecto a poblaciones con otro tipo de actividad económica en el país ^{20,21,22,23}. Teniendo en cuenta estos hechos se entiende que el control de la exposición a polvos inorgánicos respirables, la educación al trabajador y la información a empresarios son determinantes en el control de estas enfermedades, por lo que el presente estudio caracterizó la exposición a polvo de carbón y sílice cristalina en trabajadores de minería subterránea con el fin de estimar el nivel de riesgo y su relación con la prevalencia de neumoconiosis en trabajadores de minas de socavón.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó un estudio de corte transversal²⁴, en grupos de exposición similar (GES) por oficio desempeñado en cada una de las minas seleccionadas y afiliadas a la ARL POSITIVA, ubicadas en el departamento de Cundinamarca, (Tausa, Sutatausa, Lenguaque, Cucunubá y Guacheta). Los criterios de selección incluyeron; criterios de inclusión: se seleccionaron trabajadores que voluntariamente decidieron participar en el estudio, con antigüedad laboral en el sector minero mayor o igual a 10 años y que al momento de la recolección de la información estaban laborando. Como criterios de exclusión se consideró que el trabajador presentara diagnóstico de tuberculosis y presencia de enfermedad respiratoria activa o bajo tratamiento. La ARL Positiva suministró los listados de sus empresas (161) y afiliados (5.711) en el departamento de Cundinamarca, el tamaño muestral fue constituido por 11 empresas y 215 trabajadores en donde se realizó un muestreo ambiental para medir los niveles de polvo de carbón por individuo. La muestra fue probabilística estratificada, con asignación proporcional aleatoria y por conglomerado bi-etapicos: estratificada por municipio y conglomerada por empresa (Unidad Primaria de Muestreo) y trabajador (Unidad Secundaria de Muestreo)^{25,26}.

Las empresas fueron clasificadas según su tamaño por cantidad de trabajadores de la siguiente manera: grande, más de 100 trabajadores, medianas, entre 51 a 99 y pequeñas, entre 1 a 50. Dentro de las variables de estudio se definieron: como variable dependiente la neumoconiosis y como variable independiente principal se definió la exposición a polvo de carbón (compuesto más representativo hulla bituminosa) y sílice cristalina. Las variables de confusión fueron: Antigüedad del trabajador dentro del sector minero y tiempo de trabajo en el cargo actual ambos en número de años. Las variables de estudio se establecieron en dos categorías. En la primera se definieron las características socio-demográficas y en la segunda se establecieron las variables ocupacionales. Se procedió a realizar prueba para evaluar los instrumentos con el objeto de hacer posteriormente los ajustes necesarios de los mismos. Se aseguró la calidad de los datos registrados mediante el control de la digitación en la base de datos en el 100% de los cuestionarios.

PROCEDIMIENTO Y USO DE INSTRUMENTOS.

Previo al inicio del trabajo de campo, un higienista estableció los GES (grupos de exposición similar) de acuerdo a las características de los ambientes laborales, se realizaron muestreos personales de forma aleatoria simple para seleccionar los trabajadores definidos por cada uno de estos. El muestreo de polvo de carbón y sílice cristalina, se realizó por medio de bombas de aspiración calibradas, empleando filtros de PVC. La muestra de aire se tomó a un caudal de 1,5 a 2 L/min a través de un cassette de 2 o 3 cuerpos que contiene un filtro de membrana de cloruro de polivinilo. Para el proceso de determinación de polvo respirable se colocó un ciclón acoplado al cassette, ajustando el caudal a 1,7 L/min a su vez se realizó un muestreo en puntos críticos de las minas seleccionadas, para la determinación de la concentración en aire de la fracción respirable de polvos de carbón y sílice. Luego se realizó, análisis gravimétrico utilizando el método validado 0600 de NIOSH (Instituto Nacional de Seguridad y Salud Ocupacional de Estados Unidos)²⁷, que 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 fue de 0.03 mg. Para sílice se utilizó un espectrofotómetro de absorción por rayos infrarrojos que determinó la fracción contenida en la muestra retenida en los filtros; esta determinación se realizó siguiendo lo establecido en el método 7602 de NIOSH.^{28,29}

Adicionalmente como criterio de referencia se usó el valor límite permisible establecido por la Conferencia Americana de Higienistas Industriales Gubernamentales (ACGIH)

corregido para Colombia a 8 horas de trabajo durante 6 días a la semana de 0,019625 mg/m³ para sílice cristalina, donde se definieron 5 niveles de riesgo: bajo (relación concentración obtenida/ TLV corregido menor de 0.5), medio (entre 0.5 y 1), alto (entre 1 y 2), y severo (mayor de 2 pero relación menor de 5), y crítico (mayor de 5) se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.000$) en los niveles de riesgo por departamento. Por otra parte el valor límite corregido a 8 horas de trabajo durante 6 días a la semana fue de 0,7065 mg/m³ para polvo de carbón (hulla bituminosa). Se definieron 4 niveles de riesgo: 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 (mayor de 5), se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.0001$) de los niveles de riesgo por departamento. Estos TLV ajustados se obtuvieron usando el método Brief & Scala farmacocinético³⁰.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

En la descripción de las variables de tipo cualitativo se utilizaron distribuciones de frecuencia absoluta y porcentual; en las variables de tipo cuantitativo se calcularon con medidas de tendencia central, medidas de variabilidad y dispersión con sus respectivos coeficientes de variación para medir la homogeneidad de los datos³¹.

Para la evaluación de la asociación entre las categorías de los niveles de riesgo para polvo de carbón y neumoconiosis y la asociación entre sílice cristalina y neumoconiosis se determinó por medio de la prueba de asociación Ji-cuadrado de Pearson o test exacto de Fisher (valores esperados < 5) con el OR y su respectivo intervalo de confianza del 95%; para evaluar la escala numérica de carbón y sílice cristalina se realizó la prueba T de Student para dos grupos independientes. Las varianzas homogéneas o heterogéneas fueron evaluadas con la prueba de Levene.

En caso de no cumplimiento de los supuestos de normalidad realizados con la prueba de Shapiro Wilk, se utilizó la prueba no-paramétrica de U de Mann-Whitney y la prueba de Kruskal- Wallis. Para determinar la asociación entre el nivel de riesgo y neumoconiosis se llevó a cabo un análisis multivariado (para polvo de carbón, las variables se controlaron por medio de un modelo de regresión logística incondicional). $< 0,05$)^{32,33,34,35,36}.

El aval técnico científico y ético se obtuvo de los Comités del Instituto Nacional de Salud y la Universidad del Rosario, el estudio fue clasificado como de riesgo mínimo según la Resolución 8430 de 1993 del Ministerio de Salud.

RESULTADOS

La muestra estudiada incluyó 215 trabajadores de minas subterráneas y 11 empresas del departamento de Cundinamarca. La distribución de la muestra por municipios fue: Guacheta con 83 (38,6%) trabajadores, Sutatausa con 66 (30,7%), Tausa con 15 (7,0%), Cucunuba con 26 (12,1%) y Lenguazaque 25 (11,6%); adicionalmente a nivel de empresas se clasifican (n=3) de tamaño grande, (n=5) de tamaño mediano y (n=3) de tamaño pequeño. La edad promedio del grupo evaluado fue de $46 \pm 9,5$ años, con un rango de 23,76 años, se encontró mayor predominio en el grupo etáreo de 40 a 49 años, género masculino, estrato económico II y por nivel educativo en primaria incompleta. (Tabla 1).

Adicionalmente el tipo de ocupación del total de trabajadores se categorizó de la siguiente forma: picadores 108 (50%), reforzadores 29 (13,5%), supervisores de tajo 21 (9,8%), frenteros 14 (6,5%), descargadores 13 (6%), cocheros 13 (6%), malacateros 11 (5,1%), suministros 5 (2,3) y operador de locomotora 1 (0,5%).

Tabla 1. Frecuencias de las variables socio demográficas de los trabajadores de minas subterráneas en el departamento de Cundinamarca, 2014.

Variables socio demográficas	Descripción	Frecuencia	Porcentaje
Grupos etareos	20-29,9	10	4,70
	30-39,9	49	22,80
	40-49,9	73	34,00
	50-59,9	70	32,60
	>=60	13	6,00
	Total	215	100,00
Género	Masculino	209	97,20
	Femenino	6	2,80
	Total	215	100,00
Estrato socioeconómico	1	8	3,70
	2	125	58,10
	3	68	31,60
	4	12	5,60
	5	2	0,90
	Total	215	100,00
Estado civil	Soltero	26	12,10
	Casado	81	37,70
	Unión libre	93	43,30
	Separado	12	5,60
	Viudo	3	1,40
	Total	215	100,00
Nivel educativo	Ninguno	4	1,90
	Primaria incompleta	83	38,60
	Primaria completa	79	36,70
	Secundaria incompleta	29	13,50
	Secundaria completa	17	7,90
	Técnica incompleta	0	0,00
	Técnica completa	1	0,50
	Universidad completa	2	0,90
	Total	215	100,00

La relación entre concentración de polvo de carbón y neumoconiosis fue significativa ($p=0,050$) y en sílice cristalina no se encontró asociación frente a la neumoconiosis ($p = 0,537$).

Se encontró que el 44,4%(80) de los trabajadores de la muestra tiene presencia de neumoconiosis según los criterios de la OIT. De los trabajadores diagnosticados con neumoconiosis el 42,6% (60) se encontró en riesgo alto y el 55,6 %(100) restantes de la muestra no tienen presencia de neumoconiosis aunque de estos el 57,4% (81) se encontró en riesgo alto frente a la exposición a polvo de carbón.

Tabla 2. Medidas descriptivas de concentración y riesgo de polvo de carbón y sílice cristalina por neumoconiosis, en trabajadores de minas subterráneas en el departamento de Cundinamarca. 2014.

Neumoconiosis OIT		CARBÓN		SILICE	
		Concentración	Riesgo	Concentración	Riesgo
Si	Media	3,1728	4,5326	0,0824	4,1191
	Desv. típ.	2,12167	3,03095	0,08435	4,21739
	Mediana	3,2847	4,6924	0,0567	2,8335
	Mínimo	0,16	0,22	0,01	0,5
	Máximo	8,61	12,3	0,51	25,69
	N	80	80	80	80
No	Media	2,9597	4,2282	0,1054	5,2678
	Desv. típ.	2,11213	3,01733	0,13089	6,54469
	Mediana	2,8565	4,0807	0,0615	3,075
	Mínimo	0,14	0,19	0,01	0,5
	Máximo	8,61	12,3	0,74	37,18
	N	100	100	100	100
Total	Media	3,0544	4,3635	0,0951	4,7572
	Desv. típ.	2,11312	3,01874	0,1129	5,64511
	Mediana	3,2847	4,6924	0,0615	3,075
	Mínimo	0,14	0,19	0,01	0,5
	Máximo	8,61	12,3	0,74	37,18
	N	180	180	180	180

De acuerdo al valor límite permisible del polvo de carbón ajustado de TLV–TWA 0,7065 mg/m³ se encontró 3,054 mg/m³ para la exposición de los mineros de socavón. En cuanto a sílice cristalina (cuarzo y cristobalita) el valor límite permisible ajustado según la ACGIH para el año 2006 es de 0,0196 mg/m³, de polvo de carbón y el 44,8% (64) para sílice cristalina en riesgo alto. Un nivel de riesgo severo para polvo de carbón se encontró en el 3,3% (4) de los trabajadores y un 2,2% (4) para sílice cristalina.

Según los factores externos encontrados y clasificados en el estudio, se encontró que existe una asociación significativa para tamaño de empresa ($p = 0,041$), al igual que para tipo de cargo ($p = 0,014$), sin embargo no existe una asociación estadísticamente representativa para tipo de extracción ($p = 0,325$). El tamaño de la empresa de nivel mediano tuvo una asociación de 48,7% (55), el 56% (14) asociado a la extracción manual del carbón y el 54,6% (59) con el cargo de picador desempeñado. (Tabla 3).

TABLA 3. Relación entre las variables de riesgo, empresa, extracción y cargo con la prevalencia de neumoconiosis según los criterios de la OIT.

Variables de riesgo, empresa, extracción y cargo	Clasificación	Prevalencia de Neumoconiosis según criterios OIT	
		Frecuencia	Porcentaje
Carbón (Nivel)	Bajo	4	26,7
	Medio	10	76,9
	Alto	60	42,6
	Severo	6	54,5
	Total	80	44,4
Sílice (Nivel)	Medio	12	50
	Alto	64	44,8
	Severo	4	30,8
	Crítico	0	0
	Total	80	44,4
Empresa (Tamaño)	Grande	20	43,5
	Mediana	55	48,7
	Pequeña	16	28,6
Extracción (Tipo)	Manual	14	56
	Mecanizada	50	39,7
	Mecanizada y manual	27	42,2
Cargo (Tipo)	Cohero	3	23,1
	Descargador	5	38,5
	Frentero	5	35,7
	Malacatero	4	36,4
	Picador	59	54,6
	Reforzador	5	17,2
	Supervisor Tajo	7	33,3

Teniendo en cuenta los resultados del análisis multivariado final se estableció que existe asociación de la neumoconiosis con la concentración de polvo de carbón de nivel medio ajustado para las variables: tamaño de empresa mediana, escala de riesgo de carbón medio, antigüedad mayor o igual a 30 años y hábito tabáquico por más de un año. (Tabla 4)

TABLA 4. Modelo de regresión logístico multivariado de asociación (antigüedad en el cargo, tamaño de empresa, escala de riesgo y tabaquismo).

Variables	B	Error estándar	Nivel de Significancia.	OR	I.C. 95% para (OR)		
					Inferior	Superior	
Tamaño de la empresa	Pequeña*	-	-	0,05	1,000	-	-
	Mediana (1)	-0,08	0,61	0,9	0,928	0,28	3,078
	Grande (2)	0,983	0,47	0,04	2,671	1,071	6,661
Escala de carbón	Bajo*	-	-	0,08	1,000	-	-
	Medio (1)	2,337	0,99	0,02	10,352	1,501	71,417
	Alto (2)	0,394	0,69	0,57	1,483	0,386	5,693
	Severo (3)	0,507	0,72	0,48	1,66	0,405	6,805
1 ^{er} paso Antigüedad	< 25 años *	-	-	0	1,000	-	-
	25-29.9 años	1,927	0,49	0	6,871	2,633	17,927
	>= 30 años	1,972	0,45	0	7,186	2,985	17,299
Tabaquismo por más de un año	Respuestas de Sí	1,49	0,39	0	4,437	2,061	9,555
	Respuesta de No *	-	-	-	1,000	-	-
Constante	-2,76	0,75	0	0,063	-	-	

* Variables contra las que se hicieron las comparaciones.

El porcentaje de predicción del modelo multivariado fue de 73,00% con un ajuste del modelo logístico para explicar la presencia de Neumoconiosis con las variables incluidas. El modelo tiene una especificidad del 67,50% y una sensibilidad del 76,00%.

DISCUSIÓN

Para el año 2000 según el estudio de la OMS de carga global de enfermedad respiratoria no maligna a nivel mundial, se calculó que la neumoconiosis derivada de la exposición a sílice, asbestos y polvo de carbón ocasionó 30,000 muertes y 1.240.000 años de vida saludables perdidos (AVAD), siendo la antracosis la enfermedad que más contribuye con las muertes totales. Igualmente afirmó en el año 2004, que en el mundo mueren anualmente 318.000 personas por enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC), 100.750 por cáncer de tráquea, bronquios o pulmón y 9.000 por silicosis asociada a agentes ocupacionales³⁷.

Adicionalmente, en estudios realizados en minas de carbón en Turquía entre los años de 1978 a 2006 se encontraron resultados similares a este estudio, en donde las concentraciones de polvo superan los 3,55 mg/m³ en las diversas labores desempeñadas³⁸; por otra parte en estudios realizados en Sudáfrica se encontraron

niveles de exposición al polvo respirable en carbón de $3,417 \pm 0,862 \text{ mg/m}^3$ y niveles de exposición al polvo respirable a polvo de sílice de $0,179 \pm 0,388 \text{ mg/m}^3$ ³⁹.

Al comparar el estudio, con el realizado en minas subterráneas de carbón en Amagá-Colombia⁴⁰ se encontraron resultados similares en cuanto a una alta prevalencia de neumoconiosis asociada al cargo y a la antigüedad desempeñada en esta labor; además se evidenció que un 82% está en riesgo de contraer dicha enfermedad bajo estos factores, donde se encuentra asociado con los factores externos definidos en este estudio, tales como los que se determinaron en el modelo de regresión logística, donde la variable dependiente "neumoconiosis" fue mejor explicada por la "antigüedad en el cargo (mayor o igual a 30 años) el hábito tabáquico por más de un año", el tipo de empresa pequeña y un riesgo de carbón bajo; una vez controlado el efecto de las demás variables incluidas en el modelo.

Los datos obtenidos corroboraron el hecho de que la aparición o presencia de la enfermedad en los mineros de carbón en minas de socavón, se encuentran influenciados por múltiples factores que condicionan su desarrollo, perpetuación y desenlace. Estos resultados podrían indicar de manera indirecta que el programa de salud ocupacional y ambiental de la empresa es débil o inexistente junto a bajas coberturas y baja efectividad de los programas de promoción, prevención e intervención en salud para los mineros en el departamento de referencia.

La determinación de estas variables junto a la pronta y efectiva intervención de los factores de riesgo controlables favorece la interrupción de un proceso que de otra manera tendrá resultados funestos para el individuo y la organización.

Los resultados obtenidos en este estudio concuerdan con las estadísticas de enfermedades respiratorias ocupacionales derivadas de la exposición a polvos minerales descritas por la organización mundial de la salud (OMS) como enfermedades prevalentes tanto en países desarrollados como en aquellos en vía de desarrollo⁴¹.

Es importante mencionar que se contemplaron sesgos de información y de memoria, y para contrarrestarlos se aplicaron cuestionarios estandarizados tanto para los trabajadores como para la empresa, y para mitigar la baja recordación, el tiempo por pregunta fue menor a 6 meses.

CONCLUSIONES

Se encuentra que las empresas mineras que componen la muestra del estudio tienen niveles elevados de sílice cristalina y aun en mayor medida niveles de polvo de carbón, hecho que representa un riesgo crítico – severo para los individuos que laboran bajo las condiciones ocupacionales establecidas. La sobreexposición de los individuos a niveles tan elevados en la proporción de polvo respirable de carbón (hulla bituminosa) se asocia con la probabilidad de adquirir neumoconiosis; y a otros factores que intervienen de forma significativa como: la antigüedad mayor o igual a 30 años, el tamaño de la empresa mediano y el hábito tabáquico por más de un año.

Por otra parte no se encontró asociación estadísticamente significativa con sílice cristalina en sus diferentes niveles de riesgo relacionados con la prevalencia de neumoconiosis dentro del estudio.

RECOMENDACIÓN

Se deben establecer medidas de control para mitigar la dispersión de polvos en las áreas de trabajo. Estas medidas pueden ser implementadas teniendo en cuenta el área o sección de trabajo. Para los procesos subterráneos es importante realizar la perforación con agua, inyección de agua a las costuras de las betas antes de iniciar los trabajos de producción. Para los procesos externos se debe realizar la supresión de polvo durante la manipulación, clasificación y transporte en el sitio por medio de cortinas de riego de agua presurizada; adicionalmente establecer mediciones periódicas de la concentración de polvo, y el uso de máscaras de protección personal adecuada según la normativa técnica NIOSH, reforzando el proceso con pruebas de ajuste de las mascarillas con el fin de reducir la proporción respirable en aquellos lugares donde no es suficiente para suprimir el polvo. Aunque la media de la exposición al polvo respirable de carbón y sílice cristalina se encontró que era superior al TLV establecido, con el fin de minimizar el riesgo de la adquisición de la neumoconiosis entre los trabajadores, se debería normalizar a nivel nacional niveles de polvo admisibles mucho menores a los referidos por los entes internacionales.

AGRADECIMIENTOS

Expresamos nuestros agradecimientos a los trabajadores y empresas del departamento de Cundinamarca por dedicar su tiempo y recursos para el logro de los objetivos propuestos en este estudio. Adicionalmente a la Universidad Del Rosario por brindar el recurso humano que guio la elaboración de este artículo.

CONFLICTOS DE INTERÉS Y FINANCIACIÓN

El grupo de investigación declara no tener conflictos de intereses económicos o personales que influyan en sus juicios o acciones o que generen sesgos en la en la elaboración del presente artículo.

Este trabajo forma parte del proyecto titulado “Evaluación de la exposición a polvo en tres departamento de Colombia, 2012 -2015” fue financiado por la Universidad del Rosario, la Universidad de Los Andes, Positiva ARL, Instituto Nacional de Salud y cofinanciado por el Instituto Colombiano para el Desarrollo de la Ciencia y la Tecnología Francisco José de Caldas (Colciencias), Código: 210454531656, contrato No. 379-2011.

BIBLIOGRAFÍA

- ¹ ORGANIZACION INTERNACIONAL DEL TRABAJO (OIT) Oficina Regional Para America Latina Y El Caribe. Estudio De Salud Niveles de exposición ambiental, ocupacional y estado de salud de los niños de la comunidad minera artesanal de oro. Puno, Perú. Marzo 2002. Disponible en http://white.oit.org.pe/ipecc/documentos/estudio_de_salud_la_rinconada.pdf
- ² Identificación y reconocimiento de las enfermedades profesionales: Criterios para incluir enfermedades en la lista de enfermedades profesionales de la OIT. Serie Seguridad y Salud en el Trabajo, núm. 74. Año 2010. Disponible en: http://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/@ed_protect/@protrav/@safework/documents/publication/wcms_150327.pdf
- ³ GALLO, Óscar; MARQUEZ VALDERRAMA, Jorge. La silicosis o tisis de los mineros en Colombia, 1910-1960. Salud colectiva, Lanús, v. 7, n. 1, abr. 2011. Disponible en http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1851-82652011000100004&lng=es&nrm=iso. accedido en 13 oct. 2014.
- ⁴ Gil Paniagua, Pedro Javier. La silicosis en el ámbito laboral: medidas de prevención y su consideración como enfermedad profesional. España. 2013
- ⁵ González J., Nubia Mercedes; Manrique A. Utility of spirometry and oximetry in the prediction of pulmonary alteration among coal miners from Paipa, Colombia Bogotá. 2009.
- ⁶ GÜIZA, LEONARDO. (2013). LA PEQUEÑA MINERÍA EN COLOMBIA: UNA ACTIVIDAD NO TAN PEQUEÑA. DYNA, 80(181), 109-117. Retrieved October 13, 2014, from http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0012-73532013000500012&lng=en&tng=es.
- ⁷ Unidad de planeación minero energético. La cadena del carbón. Fuente de energía en el mundo Ministerio de minas y energía. Bogotá, DÍgitos y diseños, 2005 http://www.upme.gov.co/Docs/Cadena_carbon.pdf.
- ⁸ Ospina, Juan M; González, Nubia; Fernández, Leidy., Early evidence of functional impairment due to respiratory exposure: coal mining in Paipa, Colombia. 2011
- ⁹ Angulo, Luis C, Huertas, José I, & Restrepo, Gloria M. (2011). Caracterización de Partículas Suspendidas (PST) y Partículas Respirables (PM 10) producidas en Áreas de Explotación Carbonífera a Cielo Abierto. *Información tecnológica*, 22(4), 23-34. Recuperado en 13 de octubre de 2014, de http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642011000400004&lng=es&tng=es. 10.4067/S0718-07642011000400004.
- ¹⁰ Plan nacional para la prevención de la silicosis, la neumoconiosis de los mineros de carbón y la asbestosis 2010-2013. Ministerio de la protección social Colombia 31 de julio de 2010. disponible en <http://www.neumologica.org/Archivos/Ocupacional/plan%20nacional%20silicosis.pdf>
- ¹¹ Política Nacional de seguridad minera, Ministerio de minas y energía Colombia, Bogotá 2011. disponible en: <http://www.neumologica.org/Archivos/Ocupacional/plan%20nacional%20silicosis.pdf>
- ¹² Önder M. Ozgun F. Investigation of Dust Levels in Different Areas of Underground Coal Mines. 2009, Vol. 15
- ¹³ Ilknur Erola, Hamit Aydin, Vedat Didaria, Suphi Uralb. Pneumoconiosis and quartz content of respirable dusts in the coal mines in Zonguldak, Turkey. 14 June 2013
- ¹⁴ ACGIH: Documentation of the Threshold Limit Values (TLVs) and Biological Exposure Indices (BEIs) - Silica, Crystalline - Alpha Quartz and Cristobalite. 2010.
- ¹⁵ Jingfu Moa, Lu Wanga, William Aub, Min Sua, Prevalence of coal workers' pneumoconiosis in China: A systematic analysis of 2001–2011 studies.
- ¹⁶ Guía de bolsillo de NIOSH sobre riesgos químicos. Instituto Nacional para la Seguridad y Salud Ocupacional (NIOSH) División de Educación e Información. 18 de mayo 2012 disponible en: <http://www.cdc.gov/spanish/niosh/npg-sp/npg-sp.html>
- ¹⁷ Determinación de sílice cristalina por espectrofotometría de absorción infrarroja: MÉTODO 7602, versión 3, 15 de marzo de 2003. Disponible en: <http://www.cdc.gov/spanish/niosh/docs/pdfs/7602-sp.pdf>
- ¹⁸ Ministerio de Trabajo. Boletín No.5. Riesgos Laborales. Bogotá D.C. Septiembre de 2012.
- ¹⁹ Ministerio de Trabajo. Boletín No.6. Riesgos Laborales. Bogotá D.C. Octubre de 2012.

- ²⁰ Contraloría General de la Republica. **Minería en Colombia** – Derechos, políticas públicas y gobernanza. Bogotá. Mayo de 2013.
- ²¹ Minería en Colombia -**Daños ecológicos y socio económicos y consideraciones sobre un modelo minero alternativo**. Contraloría General de la Republica. Bogotá. Junio de 2014.
- ²² Minería en Colombia – Institucionalidad y territorio, paradojas y conflictos. Contraloría General de la Republica. Bogotá. Noviembre de 2013.
- ²³ Minería en Colombia – **Control Público, memoria y justicia socio ecológica, movimientos sociales y posconflicto**. Bogotá. Julio de 2014.
- ²⁴ Hernández Bernardo, Velasco-Mondragón Héctor Eduardo. Encuestas transversales. Salud pública Méx [serial on the Internet]. 2000 Sep [cited 2014 Oct 13] ; 42(5): 447-455. Available from: http://www.scielosp.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0036-3634200000500011&lng=en. <http://dx.doi.org/10.1590/S0036-3634200000500011>.
- ²⁵ Duffau T Gastón. Estimación del tamaño muestral en estudios biomédicos por diferentes programas de computación. Rev. chil. pediatr. [revista en la Internet]. 2000 Sep [citado 2014 Oct 13] ; 71(5): 430-433. Disponible en: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0370-4106200000500010&lng=es. <http://dx.doi.org/10.4067/S0370-4106200000500010>.
- ²⁶ Martínez-Salgado Carolina. El muestreo en investigación cualitativa: principios básicos y algunas controversias. Ciênc. saúde coletiva [serial on the Internet]. 2012 Mar [cited 2014 Oct 13] ; 17(3): 613-619. Available from: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-81232012000300006&lng=en. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-81232012000300006>.
- ²⁷ NIOSH Manual of Analytical Methods (NMAM), Fourth Edition. PARTICULATES NOT OTHERWISE REGULATED, RESPIRABLE 0600.2010. Disponible en <http://www.cdc.gov/niosh/docs/81-123/pdfs/0600.pdf>
- ²⁸ NIOSH Manual of Analytical Methods (NMAM), Fourth Edition. SILICA ... Silica, Crystalline by IR: Method 7602, Issue 3, dated 15 March 2003. Disponible en <http://www.cdc.gov/niosh/docs/2003-154/pdfs/7602.pdf>
- ²⁹ NIOSH [1977]. Documentation of the NIOSH Validation Tests. S315, U.S. Department of Health, Education, and Welfare, Publ. (NIOSH) 77-185.
- ³⁰ Paustenbach DJ: Pharmacokinetics and Unusual Work Schedules. In: Patty's Industrial Hygiene, 5th ed., Vol. 3, Part VI, Law, Regulation, and Management, Chap. 40, pp. 1787-1901. RL Harris, Ed. John Wiley & Sons, Inc., New York (2000).
- ³¹ AMIEL PEREZ, José. Las variables en el método científico. Rev. Soc. Quím. Perú, Lima, v. 73, n. 3, jul. 2007 . Disponible en <http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2007000300007&lng=es&nrm=iso>. accedido en 13 oct. 2014.
- ³² CERDA L JAIME, VILLARROEL DEL P LUIS. Interpretación del test de Chi-cuadrado (X²) en investigación pediátrica. Rev. chil. pediatr. [revista en la Internet]. 2007 Ago [citado 2014 Oct 13] ; 78(4): 414-417. Disponible en: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0370-41062007000400010&lng=es. <http://dx.doi.org/10.4067/S0370-41062007000400010>.
- ³³ Gómez-Biedma S., Vivó M., Soria E.. Pruebas de significación en Bioestadística. Rev Diagn Biol [revista en la Internet]. 2001 Dic [citado 2014 Oct 13] ; 50(4): 207-218. Disponible en: http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-79732001000400008&lng=es.
- ³⁴ Díaz N Víctor Patricio. ERRORES ESTADÍSTICOS FRECUENTES AL COMPARAR DOS POBLACIONES INDEPENDIENTES. Rev. chil. nutr. [revista en la Internet]. 2009 Dic [citado 2014 Oct 13] ; 36(4): 1136-1138. Disponible en: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-75182009000400011&lng=es. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182009000400011>.
- ³⁵ BAUTISTA, FABIÁN, & GÓMEZ, EMILSE. (2007). Una exploración de robustez de tres pruebas: dos de permutación y la de Mann-Whitney. *Revista Colombiana de Estadística*, 30(2), 177-185. Retrieved October 13, 2014, from http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-17512007000200002&lng=en&tlng=es.
- ³⁶ Sarria Castro Madelaine, Silva Ayçaguer Luis Carlos. Las pruebas de significación estadística en tres revistas biomédicas: una revisión crítica. Rev Panam Salud Publica [serial on the Internet]. 2004 May [cited 2014 Oct 13] ; 15(5): 300-306. Available from: http://www.scielosp.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1020-49892004000500003&lng=en. <http://dx.doi.org/10.1590/S1020-49892004000500003>.
- ³⁷ Concha.M.Labbé J.2007.Enfermedades Profesionales: Una aproximación a su frecuencia.sep;9(25):117:120 disponible en:www.cienciaytrabajo.cl/pdfs/25/pagina%20117.pdf

-
- ³⁸ Önder M. Ozgun F. Investigation of Dust Levels in Different Areas of Underground Coal Mines. 2009, Vol. 15.
- ³⁹ Mrs T. Grove. The Evaluation And Quantification Of Respirable Coal And Silica Dust Concentrations: A Task-Based Approach Council of Scientific and Industrial Research. Centre for Mining Innovation.2006.South Africa
- ⁴⁰ Rendon Ivan, Mazuera Maria,Grisales Hugo.Neumoconiosis en la minería subterránea del carbón Amaga Colombia 1995.disponible en :
<http://www.udea.edu.co/portal/page/portal/bibliotecaSedesDependencias/unidadesAcademicas/FacultadNacionalSaludPublica/Diseno/archivos/Tab5/Neumoconiosis%20en%20la%20mineria%20subterranea.pdf>.
- ⁴¹Guía de Atención Integral Basada en la Evidencia para Neumoconiosis. Ministerio de la Protección Social Colombia. Noviembre 2006 (www.susalud.com/guias/gati_neumo.pdf)