



EVALUACION DEL RIESGO POR EXPOSICION OCUPACIONAL EN UNA MINA DE CARBON EN SOCHA BOYACA.

Evaluation of risk for occupational exposure in a carbon mine in socha boyaca.

Manrique-Abril RA¹, Manrique-Abril DA²; Manrique A Vanessa³.

1. Licenciado Biología y Química,. Esp en Ingeniería Ambiental, MSc. Hidrogeología, investigador GISP, manriquericardo73@gmail.com
2. Médico Veterinario y Zootecnista, MsC Salud Publica, Investigador GISP, Coordinador semillero ybsunsuca. dieguinmvz@gmail.com
3. Estudiante de Medicina UPTC. Integrante semillero Ybsunsuca del GISP- UPTC .
olgamanrique@uptc.edu.co

Recibido: 10/01/2016 Revisado: 10/06/2015 Aceptado: 21/09/2016

COMO CITAR ESTE ARTICULO:

Manrique-Abril RA, Manrique-Abril DA, Manrique OV. Evaluación del riesgo por exposición ocupacional en una mina de carbón en Socha Boyacá. Rev.salud.hist.sanid.on-line 2016;11(2):105-114 (Julio-Diciembre). Disponible en <http://www.shs.agenf.org/> Fecha de consulta ().

Los textos publicados en esta revista pueden ser reproducidos citando las fuentes.
Todos los contenidos de los artículos publicados, son responsabilidad de sus autores.

Copyright. Revista Salud Historia y Sanidad ©
Grupo de Investigación en Salud Pública GISP-AGENF.ORG
Tunja 2016.

RESUMEN

La exposición a polvos con sílice y de carbón, en la explotación minera, aumenta la probabilidad que los trabajadores adquieran enfermedades respiratorias ocupacionales tales como neumoconiosis y el cáncer de pulmón. Por otro lado 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. A su vez la resolución 2400 de 1979 determina las concentraciones máximas permisibles y dice que en todos los establecimientos de trabajo en donde se llevan a cabo operaciones y procesos con sustancias nocivas o peligrosas que desprendan gases, humos neblinas, polvos, etc. El estudio encontró que los trabajadores de la mina de estudio tienen un riesgo para polvo de carbón bituminoso, el 43% resultado categoría de riesgo medio mientras que el 28,5% corresponde a categoría de riesgo alta. Para el 86% de las mediciones efectuadas, la categoría por exposición a sílice es alta. Por tanto se recomienda humidificar las zonas estudiadas para sedimentar el polvo dentro de la mina, mejorar la ventilación de la misma y usar adecuadamente los Elementos de Protección Personal (EPP) de dicha actividad, además se espera que se continúen este tipo de estudios para así mejorar la condición de los mineros en Boyacá.

Palabras clave: silicosis, neumoconiosis, polvo de carbón polvo de sílice, Socha

ABSTRACT

Exposure to silica and coal dust in mining increases the likelihood that workers will acquire occupational respiratory diseases such as pneumoconiosis and lung cancer. On the other hand the coal dust and its components remain in suspension in the air of the mines, reaching up to 40% -95% of the breathable air. In turn, resolution 2400 of 1979 determines the maximum permissible concentrations and says that in all workplaces where operations and processes are carried out with harmful or dangerous substances that emit gases, mist fumes, dust, etc. The study found that workers at the study mine have a risk for bituminous coal dust, 43% were medium risk category while 28.5% were high risk category. For 86% of the measurements made, the category by exposure to silica is high. Therefore it is recommended to humidify the areas studied to sediment the dust inside the mine, to improve the ventilation of the same and to properly use the Personal Protection Elements (EPP), this activity is also expected to continue this type of studies to Improve the condition of miners in Boyacá.

Key words: silicosis, pneumoconiosis, carbon dust silica powder, Socha

INTRODUCCION

El estudio de las enfermedades ligadas al trabajo ha evolucionado desde la investigación de la actividad laboral con el fin de aplicar acciones de prevención, control y de recuperación de la salud, hacia el estudio de las condiciones de trabajo para disminuir la probabilidad de enfermedad y optimizar el rendimiento de los trabajadores (Ospina Diaz, Manrique Abril, & Guío Garzón, 2010).

La explotación de la corteza y del subsuelo terrestre como fuente de recursos primarios y de energía ha sido una constante en la historia de la humanidad. Durante las labores de extracción del mineral, así como en su procesado y utilización posterior, se produce el polvo inorgánico causante de enfermedad (OSPINA DÍAZ, Manrique Abril, & Guío Garzón, 2010).

La exposición a polvos con sílice y de carbón, en la explotación minera subterránea de carbón, aumenta la probabilidad que los trabajadores adquieran enfermedades respiratorias ocupacionales tales como neumoconiosis y el cáncer de pulmón. Por consiguiente es fundamental implementar una vigilancia y evaluación de las condiciones de trabajo y de salud para prevenir estas enfermedades y así proteger a los trabajadores expuestos (Gonzales Jiménez, Manrique Abril, Ospina Diaz, Roa Cubaque, & Villamil, 2009).

Es bien conocida la relación entre exposición a sílice, polvo de carbón y otros minerales, con la neumoconiosis y tuberculosis; se resalta que en la neumoconiosis crónica en trabajadores la incidencia de tuberculosis pulmonar y extrapulmonar es tres veces superior que la hallada en grupos de trabajo similar y algunos estudios encuentran exceso de tuberculosis en expuestos a partículas respiradas en comparación con la población general (Cuervo González, Eguidazu, & Fernandez Gonzales, 2001).

Las enfermedades pulmonares profesionales o de origen ocupacional constituyen un grupo de procesos patológicos cuya principal característica es la relación causal entre el trabajo y la presencia de enfermedad. Se calcula que la superficie de los alvéolos pulmonares alcanza unos 70 m², y es ventilada por unos 10.000 l de aire diarios, por lo que el pulmón resulta un órgano muy accesible a la inhalación de una suspensión de partículas sólidas en el aire, que denominamos polvo (Martinez, Quero, Isidro, & Rego 2001).

La sílice cristalina o dióxido de silicio (SiO₂) es la que ocasiona la silicosis. Se encuentra en la naturaleza en forma de cuarzo, **crystalita** o **tridimita**, siendo el cuarzo el más abundante (12% de la corteza terrestre); de ahí que la exposición a sílice sea muy frecuente en la minería de carbón ya que este está asociado al

sílice en su génesis y geología (Sibon Olano, Sanchez Rodriguez, Barrera Perez, Larrondo Espinosa, & Salguero Villadiego, 2014) .

Por otro lado 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. 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 Neumoconiosis(Garrote Wilches, Malagón-Rojas, Morgan, Combariza, & Varona, 2014).

El carbón antracítico (el cual representa cerca del 47% de las reservas mundiales de carbón tiene un menor contenido de material particulado y cenizas, comparado con el carbón subbituminoso y lignito(Martinez et al., 2001). 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 pirita. 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 pirita (Harrington, Tsirka, & Schoonen, 2013). Por otro lado, se piensa que el carbón que contiene calcita puede reducir la oxidación de pirita y sus sulfuros, haciendo menos tóxica la inhalación del polvo de carbón(Garrote Wilches et al., 2014)

A su vez la resolución 2400 de 1979 determina las concentraciones máximas permisibles y dice que en todos los establecimientos de trabajo en donde se llevan a cabo operaciones y procesos con sustancias nocivas o peligrosas que desprendan gases, humos neblinas, polvos, etc. Con riesgos para la salud de los trabajadores, se fijaran los niveles máximos permisibles de exposición a sustancias toxicas, inflamables o contaminantes atmosféricos industriales en volumen en partes de la sustancia por metro cubico de aire de acuerdo a la establecida por la ACGH o con los valores límites permisibles fijados por el ministerio de salud(Ministerio de Trabajo y Seguridad Social, 1979).

Por lo anterior el objetivo del presente trabajo fue evaluar el riesgo por exposición ocupacional en una mina de carbón en Socha Boyacá.

MATERIALES Y METODOS

Estudio observacional, descriptivo de corte transversal.

A partir del estudio evaluación ambiental de exposición a riesgo químico realizado por ARL Positiva se procedió a realizar el presente estudio en una mina de carbón tipo bituminoso medio volátil.

Para el estudio se utilizó el método *NIOSH 0600* análisis gravimétrico para fracción respirable y *NIOSH 7602* para Sílice Cristalina; bajo los siguientes criterios técnicos:

- Técnica analítica de laboratorio: gravimetría para fracción respirable y espectrofotometría de absorción infraroja para sílice.
- Volumen de muestreo: entre 20 a 800 litros.
- Caudal de muestreo: 1,7 litros por minuto $\pm 5\%$.
- Medio de retención: filtro de PVC de 37 mm de diámetro y 5 micras de poro.

Se emplearon once bombas de muestreo personal marca GilAir Plus, las cuales fueron calibradas y programadas con el fin de garantizar la confiabilidad de las mediciones, igualmente su caudal se verifico antes y después del muestreo.

Cada monitoreo constituye una evaluación ambiental unipersonal, en donde el equipo es portado por el trabajador durante una fracción de la jornada laboral; a quien se le realizo una inducción sobre la forma de recolección de la muestra, el equipo a utilizar, el tiempo de muestreo, y su responsabilidad frente al muestreo.

A cada trabajador se les estableció el protocolo de montaje del tren de muestreo (bomba, manguera y porta filtró) en los siguientes 7 puntos de muestreo: descargue 1, frentero 2, malacatero 1, picador 1, reforzador 2 de las áreas de explotación, de transporte y de punto de carga de la mina.

El valor límite permisible- media ponderada en el tiempo de una sustancia (TLV-TWA por sus siglas en ingles), es el nivel de concentración por debajo de la cual se cree que un trabajador promedio no sufrirá efectos en su salud con una exposición diaria de 8 horas al día y durante 5 días a la semana.

Aplicando el modelo Brief Scala of Patty & Industrial and Toxicology se modifica los TLV-TWA sugeridos por la ACGIH, proporcionalmente a las 48 horas semanales de exposición para los operarios.

Por lo tanto los valores límites permisibles para polvo de carbón “según la forma de carbón extraído” y sílice, para 40 y 48 horas semanales será de 0,9 a 0,70 mg/m³ de polvo de carbón bituminoso y de 0,025 a 0,02 mg/m³ para sílice cristalina.

Tomando lo anterior en cuenta se determinó el riesgo por exposición a contaminantes químicos calculando el índice de riesgo el cual se define como el

cociente entre la concentración evaluada en campo y el valor límite permisible corregido para establecer la siguiente categorización.

Tabla 1. Valoración de categorías para el riesgo de exposición.

RANGO	INDICE DE RIESGO	ACCIONES A TOMAR
≥ 1	Alto	Inmediatas
$0,5 \leq IR < 1$	Medio	Mediano Plazo
<	Bajo	Continuar acciones

Luego con los datos obtenidos se realizaron tablas de frecuencias con office Excel 2016 y se analizaron los datos.

RESULTADOS

La mayoría de actividades de actividades de extracción de carbón se desarrollan manualmente es decir con pico y pala.

En el estudio se evidencio además que en las diferentes actividades realizadas para la extracción del carbón el principal material particulado captado fue el polvo de carbón lo que determina una exposición directa de los trabajadores a los agentes objeto de la evaluación.

Existe ventilación combinada es decir mecanizada y natural; esta esta ventilación es por medio de ductos y ventiladores auxiliares que se oxigenan áreas empleando para ello los circuitos de alimentación de aire fresco y de evacuación del aire viciado que le proporcione el sistema de ventilación general.

La media de tiempo fue de 262 ± 21.04 el volumen de aire fue de mínimo 243 m^3 y máximo de 302 m^3 con un promedio de 262 m^3 la concentración mínimo 0.068 mg/m^3 y máximo 1.362 mg/m^3 con un promedio de 0.454 mg/m^3 para carbón y de sílice fue de mínima 0.019 mg/m^3 máxima de 0.204 (tabla 2)

Tabla 2: Correlación de resultados

Numero	Cargo	Tiempo de muestreo (min)	Volumen aire (m3)	Concentración del contaminante (mg/m3)		Índice de riesgo (mg/m3)	
				Polvo de carbón	Sílice	Polvo de carbón	Sílice
1	Reforzador	255	0,433	0,092	0,032	0,191	1,655
2	Descargue	276	0,469	0,746	0,019	1,061	0,983
3	Picador	302	0,514	1,362	0,204	1,937	10,459
4	Frentero	243	0,413	0,387	0,09	0,551	4,587
5	Reforzador	261	0,443	0,068	0,045	0,096	2,312

6	Malacatero	248	0,421	0,428	0,029	0,608	1,459
7	Frentero	246	0,417	0,096	0,031	0,136	1,596
	Mínimo	243	0,413	0,068	0,019	0,096	0,983
	Máximo	302	0,514	1,362	0,204	1,937	10,459
	Promedio	262	0,444	0,454	0,064	0,654	3,293
	Desviación estándar	21,046	0,036	0,470	0,066	0,661	3,373

De las 7 muestras tomadas, indicaron que para polvo de carbón bituminoso medio volátil el 43% resulto categoría de riesgo medio mientras que el 28,5% corresponde a categoría de riesgo alta, finalmente el 28,5% pertenece a categoría de riesgo baja (tabla 3).

Para el 86% de las mediciones efectuadas, la categoría por exposición a sílice es alta, porque el índice de riesgo fue mayor a 1 y medio con el 14 % para el cargo de descargue (tabla 3).

Tabla 3. Categoría de riesgo según cargo

Numero	Cargo	Polvo de carbón	Sílice
1	Reforzador	bajo	alto
2	Descargue	alto	medio
3	Picador	alto	alto
4	Frentero	medio	alto
5	Reforzador	bajo	alto
6	Malacatero	medio	alto
7	Frentero	bajo	alto
variables	%bajo	43	0
	n	3	3
	%medio	29	14
	n	2	1
	%alto	29	86
	n	2	6
	total	7	7

DISCUSIÓN

La concentración máxima en aire aceptada para 8 horas diarias de trabajo con máximo 40 horas semanales de exposición a monóxido de carbono, adoptada por la American Conference Governmental Industrial Hygienist, es de 25 partes por millón (Castleman & Ziem, 1994) ósea 25 mg/m³ encontrándose en el estudio por debajo de esta concentración (0,454 DE 0,470) .

Se conoce que anualmente en Estados Unidos entre 10.000 y 40.000 personas demandan atención médica o faltan al trabajo debido a intoxicación por monóxido de carbono (Omaye, 2002).

El monóxido de carbono compite con el oxígeno y altera la curva de disociación de la hemoglobina. Se forma en la sangre un complejo que se denomina carboxihemoglobina, que dificulta el transporte de oxígeno a las células y tejidos, lo que produce una hipoxia celular generalizada (Portoles, Algarra, Tarquis, Vargas, & Jimenez de Diego, 1982).

Los síntomas y signos iniciales de la intoxicación aguda se presentan muy rápidamente y se han relacionado con niveles de carboxihemoglobina en sangre superiores a 10% (Raub, Mathieu-Nolf, Hampson, & Thom, 2000). Esto hace que el riesgo para trabajadores de la minería de carbón tengan un riesgo alto a sufrir de problemas pulmonares como la neumoconiosis en la mina de Socha por lo cual se sugiere seguir evaluando estos potenciales peligros en la mina y mejorando la ventilación en la misma.

Una revisión reciente de algunos de los estudios dirigidos a cuantificar la relación entre exposición de polvo de sílice y la vida laboral, concluye que una exposición de 0,05 mg/m³ durante una vida laboral de 30 años supone un riesgo de contraer silicosis del 20-30% (Greaves, 2000; Martínez González & Pestaña, 2007). Potencializando lo encontrado en el presente estudio ya que se encontraron valores superiores a 1 mg/m³.

Aun así es relativamente frecuente observar individuos en que esta relación dosis respuesta parece no cumplirse, en unos casos por una especial susceptibilidad a dosis bajas y en otros por una inusual resistencia frente a exposiciones muy elevadas (Martínez González & Pestaña, 2007; Sibón Olano, Sánchez Rodríguez, Barrera Pérez, Larrondo Espinosa, & Salguero Villadiego, 2014).

En el trabajo se concluye:

- ◆ Los resultados para polvo de carbón bituminoso medio volátil que estuvieron por encima del valor límite permisible, es decir en riesgo alto por lo cual existe un alto riesgo de sufrir neumoconiosis, bronquitis, o asma.
- ◆ De los dos contaminantes evaluados el más peligroso para la salud es el sílice ya que es catalogada por la IRC como sustancia comprobada de acción cancerígena.
- ◆ Por lo tanto existe un riesgo elevado de sufrir no solo de cáncer de pulmón sino también de fibrosis pulmonar por lo cual se sugiere en las actividades de taladrado y transporte se efectúe actividades de humectación lo cual es útil

para compactar y precipitar las partículas de menor diámetro aerodinámico, sedimentando el polvo y disminuir así su concentración.

AGRADECIMIENTOS

Nuestros más grandes agradecimientos a los mineros que participaron en el estudio y especialmente al señor Segundo Montañez por su diligencia en el desarrollo del estudio.

CONFLICITO DE INTERES

Ninguno declarado.

FINANCIACION

Biominales S.A.S

REFERENCIAS

- Castleman, B. I., & Ziem, G. E. (1994). American conference of governmental industrial hygienists: Low threshold of credibility. *American journal of industrial medicine*, 26(1), 133-143.
- Cuervo González, V., Eguidazu, P., & Fernandez Gonzales, A. (2001). Silicosis y otras neuromoconiosis. *Madrid: Ministerio de Sanidad y Consumo*.
- Garrote Wilches, C. F., Malagón-Rojas, J. N., Morgan, G., Combariza, D., & Varona, M. (2014). Characterization of respiratory health conditions of workers exposed to coal dust in underground mining in Boyacá. *Revista de la Universidad Industrial de Santander*, 46(3), 237-247.
- Gonzales Jiménez, N. M., Manrique Abril, F. G., Ospina Diaz, J. M., Roa Cubaque, M. A., & Villamil, E. H. (2009). Utilidad de las técnicas de espirometría y oximetría en la predicción de alteración pulmonar en trabajadores de la minería del carbón en Paipa-Boyacá. *Revista de la Facultad de Medicina*, 57(2).
- Greaves, I. A. (2000). Not-so-simple silicosis: a case for public health action. *American journal of industrial medicine*, 37(3), 245-251.
- Harrington, A. D., Tsirka, S. E., & Schoonen, M. A. (2013). 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*, 93(6), 1216-1221.
- Martinez, C., Quero, A., Isidro, I., & Rego, G. (2001). Enfermedades pulmonares profesionales por inhalación de polvos inorgánicos. *Med Hum*, 34-39.
- Martínez González, C., & Pestaña, J. A. M. (2007). Silicosis y neuromoconiosis de los mineros del carbón. In C. Martínez (Ed.), *Manual de neumología ocupacional*. (pp. 360). Madrid: Ergón Creación, S.A.
- Ministerio de Trabajo y Seguridad Social. (1979). Resolución 2400 de 1979 (Vol. Resolución 1979). Republica de Colombia: Ministerio de Trabajo y Seguridad Social,.
- Omaye, S. T. (2002). Metabolic modulation of carbon monoxide toxicity. *Toxicology*, 180(2), 139-150.

- OSPINA DÍAZ, J., Manrique Abril, F. G., & Guío Garzón, J. A. (2010). Salud y trabajo: minería artesanal del carbón en Paipa, Colombia. *Avances en Enfermería*, 28(1), 107-115.
- Ospina Díaz, J. M., Manrique Abril, F. G., & Guío Garzón, J. A. (2010). Salud y trabajo: minería artesanal del carbón en Paipa, Colombia. *Avances en Enfermería*, 28(1), 107-115.
- Portoles, A., Algarra, J., Tarquis, P., Vargas, E., & Jimenez de Diego, L. (1982). Intoxicacion por monoxido de carbono a proposito de 13 casos. *REV. Clin. Esp.*, 191, 317-319.
- Raub, J. A., Mathieu-Nolf, M., Hampson, N. B., & Thom, S. R. (2000). Carbon monoxide poisoning—a public health perspective. *Toxicology*, 145(1), 1-14.
- Sibon Olano, A., Sanchez Rodriguez, E., Barrera Perez, E., Larrondo Espinosa, J., & Salguero Villadiego, M. (2014). Autopsia por silico-asbestosis: revisión a propósito de un caso forense. *Cuadernos de Medicina Forense*, 20(2-3), 99-106.
- Sibón Olano, A., Sánchez Rodríguez, E., Barrera Pérez, E., Larrondo Espinosa, J., & Salguero Villadiego, M. (2014). Autopsia por silico-asbestosis: revisión a propósito de un caso forense. *Cuadernos de Medicina Forense*, 20(2-3), 99-106.