

Función Respiratoria en Mineros de Carbón de Samacá - Boyacá

|| Nubia Mercedes González Jiménez
Myriam Rocío Wilches Wilches
Mabel Patricia Franky Rojas
Guiomar Haydee Rubiano Díaz ||

UB Universidad de Boyacá

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
CENTRO DE INVESTIGACIONES PARA EL DESARROLLO "CIPADE"

Función respiratoria en mineros de carbón de Samacá- Boyacá /
Nubia Mercedes González Jiménez y otros ; ilustrador Javier
Gonzalo Pinzón Rodríguez. -- Tunja : Universidad de
Boyacá, 2017.

98 páginas ; 17 cm. -- (Experiencias docentes exitosas)
ISBN 978-958-8642-71-0

1. Trabajadores mineros - Enfermedades respiratorias - Samacá
(Boyacá, Colombia) 2. Enfermedades ocupacionales - Samacá
(Boyacá, Colombia) 3. Mineros de carbón - Riesgos profesionales -
Samacá (Boyacá, Colombia) 4. Minas de carbón - Samacá (Boyacá,
Colombia) I. González Jiménez, Nubia Mercedes, autora II. Pinzón
Rodríguez, Javier Gonzalo, ilustrador III. Serie.

622.8 cd 21 ed.

A1559719

CEP-Banco de la República-Biblioteca Luis Ángel Arango

A grayscale illustration of a miner in profile, wearing a hard hat with a headlamp and a work jacket, standing in a dark, rocky tunnel. The miner is looking towards the right. The background shows the rough, uneven walls of the tunnel.

Función Respiratoria en Mineros de carbón de Samacá - Boyacá

Nubia Mercedes González Jiménez, TR.

Myriam Rocío Wilches Wilches, TR.

Mabel Patricia Franky Rojas, TR.

Guiomar Haydee Rubiano Díaz, TR.

UB Universidad de Boyacá

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
CENTRO DE INVESTIGACIONES PARA EL DESARROLLO "CIPADE"

©

Las autoras

Nubia Mercedes González Jiménez,
Myriam Rocío Wilches Wilches,
Mabel Patricia Franky Rojas,
Guiomar Haydee Rubiano Díaz.

RECTORA

Dra. Rosita Cuervo Payeras

VICERRECTOR ACADÉMICO

Ing. Rodrigo Correal Cuervo

VICERRECTOR DESARROLLO INSTITUCIONAL

Ing. Andrés Correal Cuervo

VICERRECTORA INVESTIGACIÓN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

Ing. Claudia Patricia Quevedo Vargas

VICERRECTORA EDUCACIÓN VIRTUAL

Ing. Carmenza Montañez Torres

DISEÑO Y DIAGRAMACIÓN

D.G. Johan Camilo Agudelo Solano
División de Publicaciones

Ilustración de Cubierta

D.G. Javier Gonzalo Pinzón Rodríguez

© EDICIONES UNIVERSIDAD DE BOYACÁ

Carrera 2ª Este N° 64-169

TELS.: (8) 7452742 - 7450000 - Ext. 3106

www.uniboyaca.edu.co

informa@uniboyaca.edu.co

publicaciones@uniboyaca.edu.co

TUNJA - BOYACÁ - COLOMBIA

ISBN: 978-958-8642-71-0

Esta edición y sus características gráficas son propiedad
de la:

 **Universidad de Boyacá**

© 2017

Queda prohibida la reproducción parcial o total de este
libro, por medio de cualquier proceso reprográfico o
fónico, especialmente fotocopia, microfilme, offset o
mimeógrafo (Ley 23 de 1982).

PRESENTACIÓN

La Universidad de Boyacá ha venido trabajando en muchos proyectos de investigación y de proyección social, con el propósito de conocer de los problemas de una realidad que desconocemos y que representa amenazas para la salud y el bienestar de muchas comunidades. Se ha trabajado entre otros temas, con el impacto generado por el vertimiento de aguas contaminadas, con el uso inadecuado de fungicidas y pesticidas y con la presencia de material particulado en suspensión en el aire, que representan amenazas para la salud de los trabajadores del campo o del sector minero.

El presente texto expone los resultados de la investigación del grupo Oxigenar, de la Facultad de Ciencias de la Salud, adelantada por las profesoras Myriam Wilches, Nubia González, Mabel Franky y Guiomar Rubiano, pertenecientes al programa de Terapia Respiratoria, estudio adelantado en la zona carbonífera de Samacá - Boyacá, con la participación de un grupo de mineros que están permanentemente expuestos a material particulado, que presenta niveles considerables de toxicidad y afecta la salud de los trabajadores.

La valoración de los mineros de carbón, permitió identificar la existencia de antecedentes provenientes del humo de la leña utilizada para cocinar alimentos, así como del consumo de cigarrillo, lo cual representa una anormalidad espirométrica, que puede tener efectos letales en la población, especialmente cuando ya hay indicios serios de enfermedades pulmonares en los pobladores de la región.

Los resultados de esta investigación permitirán definir un plan concreto de acción para las entidades del sector salud, con el propósito de mejorar las estrategias para prevención, reconocimiento y manejo de las enfermedades

derivadas de la contaminación ambiental en esta zona, así como en las demás áreas de Boyacá en donde la actividad principal es la explotación del carbón.

Osmar Correal Cabral

Presidente Universidad de Boyacá

CONTENIDO

	INTRODUCCIÓN	11
CAPÍTULO 1.	GENERALIDADES DE LA EXPLOTACIÓN MINERA DEL CARBÓN	19
	1.1 EL CARBÓN Y SUS COMPONENTES	21
	1.2 ESTRUCTURA DE LA MINA Y PERFIL DE LOS MINEROS	23
	1.2.1 Perfiles de cargo en mina subterránea de carbón	28
	1.3 EL PROCESO DE LA EXPLOTACIÓN	31
	1.3.1 La extracción subterránea	31
	1.3.2 Minería a cielo abierto	31
CAPÍTULO 2.	LA EXPLOTACIÓN MINERA DE CARBÓN: IMPLICACIONES EN EL MEDIO AMBIENTE Y LA SALUD RESPIRATORIA	35
	2.1 EL CARBÓN COMO CONTAMINANTE Y SUS IMPLICACIONES EN EL MEDIO AMBIENTE	36
	2.2 EFECTOS PULMONARES ASOCIADOS CON LA EXPOSICIÓN AL POLVILLO DE CARBÓN	39
	2.3 CONTAMINACIÓN AMBIENTAL	43

CAPÍTULO 3.	ESTRUCTURA METODOLÓGICA	47
CAPÍTULO 4.	ASPECTOS SOCIODEMOGRÁFICOS, ANTECEDENTES TÓXICO-ALÉRGICOS, SINTOMATOLOGÍA RESPIRATORIA, ESPIROMETRÍA Y SATURACIÓN ARTERIAL DE OXÍGENO	55
4.1	ASPECTOS SOCIODEMOGRÁFICOS	56
4.2	ANTECEDENTES TOXICOALÉRGICOS	58
4.3	SINTOMATOLOGÍA RESPIRATORIA	61
4.4	PATRONES, PARÁMETROS ESPIROMÉTRICOS Y SATURACIÓN ARTERIAL DE OXÍGENO	62
	DISCUSIÓN	67
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	72
	GLOSARIO	79
	BIBLIOGRAFÍA	85

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Listado de variables a estudio	50
Cuadro 2. Parámetros espirométricos específicos	65

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Distribución de pesos y talla de la muestra poblacional	58
Tabla 2. Antecedentes tóxico-alérgicos	60
Tabla 3. Tos y Disnea	62
Tabla 4. Patrones espirométricos reportados y grados de severidad	64
Tabla 5. Saturación arterial de Oxígeno - spo2 (%)	66

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1. El carbón	22
Figura 2. Bocamina	24
Figura 3. Inclinación principal	25
Figura 4. Niveles de la mina	26
Figura 5. Tambor (Entrada de aire)	27
Figura 6. Malacatero	28

Figura 7. Piquero	29
Figura 8. Cochero	30
Figura 9. Explotación subterránea	32
Figura 10. Explotación a cielo abierto	33
Figura 11. Algunos efectos medioambientales de la minería carbonífera	38
Figura 12. Efectos del polvillo de carbón sobre la función pulmonar	43
Figura 13. Procedimiento proceso investigativo	53
Figura 14. Mapa de ubicación del municipio de Samacá, departamento de Boyacá	56
Figura 15. Distribución de edades de la muestra poblacional	57
Figura 16. Distribución de porcentajes de SpO2 de la muestra poblacional	67
Figura 17. Estructura y proceso del programa respiratorio integral del minero	78

INTRODUCCIÓN

El carbón es el combustible fósil más económico que se encuentra en abundancia y el coque es utilizado en Industrias de acero, cemento, aluminio, químicos y papel, es así que la explotación de carbón representa una actividad importante, debido a la gran demanda de energía eléctrica de países como China, India, Japón, Estados Unidos y Sudáfrica, quienes son los más grandes consumidores del mineral. La extracción de carbón y el consumo se asocia con el crecimiento económico, sin embargo, también ha afectado al medio ambiente a nivel local y mundial. La degradación de tierras, el reasentamiento humano, la contaminación del agua, aire y el calentamiento global son algunos de los temas relacionados con el impacto ambiental de la explotación minera a gran escala¹.

La contaminación del aire constituye un problema de salud ambiental que afecta a países desarrollados y en desarrollo. En una escala global, se emiten a la atmósfera grandes cantidades de partículas y gases potencialmente nocivos que afectan la salud humana y el ambiente y que a largo plazo dañan los recursos necesarios para el desarrollo sostenible del planeta². De otra parte existe evidencia de los efectos de la minería de carbón sobre la salud en trabajadores y poblaciones cercanas a las minas. La neumoconiosis es la principal y más estudiada patología en los mineros de carbón, vinculada con la exposición al material particulado³

¹ GEORGE, K. V.; PATIL, D.D. y ALAPPAT, B. J. PM10 in the ambient air of Chandrapur coal mine and its comparison with other environments. Chandrapur: Springer Science+Business, 2012.

² ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. Guías para la calidad del aire. Lima: OMS, 2004.

³ KARKHANIS, V.S. y JOSHI, J.M. Pneumoconioses. En: Indian Journal of Chest Disease and Allied Science. 2013, no. 55. pp. 25-34.



y específicamente atribuida al contenido de hierro y sílice del mineral ⁴⁻⁵.

La neumoconiosis es una enfermedad reconocida desde la antigüedad y ha generado un gran interés, teniendo en cuenta que constituye un problema importante en los países del tercer mundo donde se requiere mejorar las estrategias sobre su prevención, reconocimiento y manejo⁶ y frente a las cuales el tratamiento médico no ofrece

curación o reversión⁷. En el año 2013, China reporta una prevalencia de neumoconiosis del 6.02% entre los trabajadores de la industria carbonífera, un índice alto comparado con países desarrollados como el Reino Unido y Estados Unidos que registran datos del 1% y 3.2%, respectivamente⁸, en Colombia según los informes de enfermedad profesional, los casos de neumoconiosis representan entre el 4% y el 9% del total de los eventos⁹.

El desarrollo de esta enfermedad depende del tipo de carbón, siendo el tipo antracita el de mayor citotoxicidad y patogenicidad; se ha estimado que se requieren 10 años de exposición, para visualizar pequeñas opacidades en la radiografía de tórax en trabajadores de la minería de carbón¹⁰. Así mismo reportes publicados han evidenciado

⁴ McCUNNEY, Robert.J., et al. Carbón black. En: Environment Health Perspectives. 2011, no. 119. pp. A332-A333.

⁵ McCUNNEY, Robert.J.; MORFELD, P. y PAYNE, S. What component of coal causes coal workers' pneumoconiosis? En: Journal Occupational and Environmental Medicine. 2009, no. 51. pp. 462-471.

⁶ *Ibíd.*, p. 136.

⁷ COLOMBIA. MINISTERIO DE LA PROTECCIÓN SOCIAL. Plan Nacional para la prevención de la silicosis, la neumoconiosis de los mineros de carbón y la asbestosis 2010-2030. Bogotá: El Ministerio, 2010. 141 p.

⁸ MO, Jingfu., et al. Prevalence of coal cokers' pneumoconiosis in China: a Systematic Analysis of 2001–2011 studies. En: International Journal Hygiene Environment Health. 2013. In press.

⁹ COLOMBIA. MINISTERIO DE LA PROTECCIÓN SOCIAL. Plan Nacional para la prevención de la Silicosis, Neumoconiosis de los mineros de Carbón y la Asbestosis 2010–2030, Op. Cit., p.16.

¹⁰ FARZANEH, M.R.; JAMSHIDIHA, F. y KOWSARIAN, S. Inhalational lung disease. En: International Journal of Occupational and Environmental Medicine. 2010, no. 1. pp. 11-20.

que las enfermedades cardiovasculares y el cáncer se han relacionado con la extracción de este mineral en poblaciones cercanas a las minas¹¹.

La exposición a material particulado es una de las amenazas graves a la salud de muchos trabajadores del sector minero. La toxicidad de estas partículas depende de su tamaño y surge como consecuencia de varios factores, entre estos, su propia naturaleza química,

cuando contienen sustancias tóxicas tales como plomo (Pb), cadmio (Cd), Nitrógeno (Ni), mercurio (Hg), arsénico (As) o radio núcleos; también, las partículas pueden absorber productos químicos con diversos efectos tóxicos e incrementar el efecto lesivo, ya sea al aumentar la disponibilidad de ingreso por inhalación o al prolongar el tiempo de residencia en el sistema respiratorio; por otra parte, si existen altas concentraciones de partículas en el aire se pueden generar sobrecargas en el aparato mucociliar, lo que a la vez disminuye la remoción y genera retención a nivel pulmonar ocasionando una respuesta inflamatoria¹²,¹³,¹⁴ dando origen a enfermedades pulmonares crónicas como la ya referida neumoconiosis del minero¹⁵ y otras patologías como la enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC), cáncer, bronquitis crónica,

¹¹ PALMER, Margareth.A., et al. Science and regulation. Mountaintop mining consequences. En: Science. 2010, no. 327. pp. 148-149.

¹² YU, Ming-Ho; TSUNODA, Humio; TSUNODA, Masashi. Air pollution – particulate matter. En: CRC Press (ed.). Environmental Toxicology Biological and Health Effects of Pollutants. New York: Taylor & Francis Group LLC, 2005.

¹³ GHOSE, Mrinal.K. y MAJEE, S.R. Characteristics of hazardous airborne dust around an Indian surface coal mining area. En: Environmental of the Monitoring and Assessment. 2007, no. 130. p. 17-25.

¹⁴ GHOSE, Mrinal.K. Generation and quantification of hazardous dusts from coal mining in the Indian context. En: Environmental of the Monitoring and Assessment. 2007, no. 130. pp. 35-45.

¹⁵ MILLER, Brian G.; MACCALMAN, Laura. Cause-specific mortality in British coal workers and exposure to respirable dust and quartz. En: Occupational and Environmental Medicine. 2010, no. 67. pp. 270-276.



silicosis, y asbestosis^{16, 17, 18}, la aparición de esas enfermedades depende de las medidas de protección personal y minera empleadas, como del grado de exposición y de la toxicidad del polvo que se trate, dado que se caracterizan por largos períodos de latencia. Las tasas de morbilidad solo están disminuyendo progresivamente, incluso en los países en que se han reconocido y controlado los diversos tipos de exposición.

Las enfermedades pulmonares profesionales 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 alveolos 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. 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. La inhalación de polvos inorgánicos produce diferentes entidades patológicas, siendo la más frecuente la neumoconiosis, que se denomina y comporta de modo característico según la sustancia causante.

En el departamento de Boyacá, según la primera encuesta nacional de condiciones de salud y trabajo aplicada en Colombia en el 2007, en el 37,7% de los centros de trabajo encuestados se identificó el polvo como un factor de riesgo importante¹⁹. De igual forma estudios reportados

¹⁶ COHEN, R. A.; PATEL, Aiyub; GREEN, F. H Lung disease caused by exposure to coal mine and silica dust. En: Seminars Respiratory and Critical Care Medicine. 2008, no. 29. pp. 651-661.

¹⁷ COGGON, David., et al. Work-related mortality in England and Wales, 1979-2000. En: Occupational and Environmental Medicine. 2010, no. 67. pp. 816-822.

¹⁸ VALLYATHAN, Val., et al. The influence of dust standards on the prevalence and severity of coal worker's pneumoconiosis at autopsy in the United States of America. En: Archives of Pathology & Laboratory Medicine. 2011, no. 135. pp. 1550-1556.

¹⁹ COLOMBIA. MINISTERIO DE LA PROTECCIÓN SOCIAL. Plan Nacional para la prevención de la silicosis. neumoconiosis de los mineros de carbón y la asbestosis 2010–2030, Op. Cit., p. 24.

en departamentos de Boyacá y Cundinamarca^{20, 21, 22, 23, 24, 25, 26,} ponen de manifiesto alta prevalencia de sintomatología y alteración de parámetros funcionales respiratorios, problemática

que debe ser explorada más exhaustivamente en el sector minero del país, si se tiene en cuenta que entre los años 2001 y 2005, las enfermedades del sistema respiratorio hicieron parte de las principales causas de mortalidad en los trabajadores colombianos²⁷.

²⁰ GONZÁLEZ JIMÉNEZ, Nubia Mercedes, et al. Utilidad de las técnicas de espirometría y oximetría en la predicción de alteración pulmonar en trabajadores de la minería del carbón en Paipa-Boyacá. En: Revista Facultad de Medicina (Bogotá). 2009, no. 57. pp. 100-110.

²¹ GONZÁLEZ JIMÉNEZ, Nubia Mercedes, et al. Evaluación de la disnea en un grupo de mineros de carbón del municipio de Paipa–Boyacá. En: Ciencia & Salud. 2013, vol. 2, no. 6, pp. 21-26.

²² GONZÁLEZ JIMÉNEZ, Nubia Mercedes, FERNÁNDEZ CELY, Leidy, RIVEROS PEREZ, Efraín. Caminata de seis minutos en un grupo de mineros de carbón del Municipio de Paipa - Boyacá 2010 – 2011. En: Colombia Revista Colombiana de Neumología y Cirugía de Tórax. 2011, vol. 23, no. 2, pp. 34 - 39. ISSN - 0121 – 5426.

²³ OSPINA DÍAZ, Juan Manuel, GONZÁLEZ JIMÉNEZ, Nubia Mercedes y FERNÁNDEZ CELY, Leidy Johanna. Evidencia temprana de alteración funcional por exposición respiratoria: minería artesanal del carbón en Paipa, Colombia. En: Colombia Revista Facultad Nacional de Salud Pública. 2011, vol. 29, fasc. 4. pp. 445 - 453. ISSN: 0120-386X.

²⁴ OSPINA DÍAZ, Juan; MANRIQUE ABRIL, Fred Gustavo y GUÍO GARZÓN, José Alfredo. Salud y trabajo: minería artesanal del carbón en Paipa, Colombia. En: Avances en Enfermería. 2010, vol. 28, no. 1. pp. 107-115.

²⁵ GARROTE WILCHES, Carolina. F., et al. Caracterización de las condiciones de salud respiratoria de los trabajadores expuestos a polvo de carbón en minería subterránea en Boyacá, 2013. En: Revista Universidad Industrial de Santander Salud. 2014, vol. 46, no. 3. pp. 237-247.

²⁶ JIMÉNEZ-FORERO, Claudia P; ZABALA, Ivonne T. e IDROVO, Álvaro J. Condiciones de trabajo y morbilidad entre mineros del carbón en Guachetá, Cundinamarca: la mirada de los legos. En: Biomédica. 2015, vol. 35, Supl. 2. pp. 77-89.

²⁷ GÜIZA, L. Minería de hecho en Colombia. Bogotá, D.C.: Imprenta Nacional, 2010.



Samacá es uno de los municipios carboneros del centro del Departamento de Boyacá, con una extensión territorial de 160 Km₂, con condiciones de suelo, clima y agua que lo ubican como municipio productor agrícola. La minería del carbón y la producción de coque son eje fundamental de su economía²⁸. La tradición minera de la zona, supera los 50 años, pese a que el nivel tecnológico de las explotaciones es bajo; más del 90% de las explotaciones trabajan utilizando métodos y maquinaria rudimentaria y alcanzan producciones del orden de 1 a 2,5 ton/hombre por turno. El carbón representa el recurso mineral más importante dentro del área geográfica del páramo de Rabanal; es la base de su economía, por lo tanto es la principal actividad de sus pobladores.

El libro de investigación que se presenta, determinó la condición funcional respiratoria en los trabajadores de la

zona minera carbonífera del municipio de Samacá en el departamento de Boyacá, durante el año 2012, detallando características socio demográficas, antecedentes toxico-alérgicos, sintomatología respiratoria, patrones espirométricos, con los respectivos grados de severidad, cuantificación de parámetros espirométricos específicos y niveles de saturación arterial de Oxígeno (SpO₂) en dicha población.

A partir de los hallazgos en cada una de las variables analizadas, se logró identificar altas proporciones de antecedentes toxico-alérgicos como exposición a humo de leña y cigarrillo, presencia de anormalidad espirométrica que podría significar a futuro un problema relevante en términos de salud pública para este municipio; esta información brindará una línea de base importante para justificar la implementación de un programa de intervención integral para la salud respiratoria del trabajador del sector minero del Municipio de Samacá, formalizado con una política pública municipal; adicionalmente contribuirá a confirmar y/o modificar los lineamientos establecidos en el plan nacional de prevención de la silicosis, las neumoconiosis de los mineros de carbón y la asbestosis, el plan nacional - territoriales de salud pública y de salud ocupacional y de esta manera aportar a guías de atención basados en evidencia para neumoconiosis y cáncer pulmonar. La propuesta de intervención se denomina Programa Respiratorio Integral para el minero - PRIM, que generará espacios de sensibilización, reflexión individual/colectiva y concertación de los sectores involucrados en todo el proceso de explotación minera frente a lo

²⁸ CHAPARRO ESCOBAR, Alfonso. Historia del carbón de Colombia. Bogotá: Editorial, 2011. ISBN 978-958-44-8973-9.

que significa el riesgo laboral respiratorio al cual están expuestos, de tal forma que se contribuya a disminuir la vulnerabilidad individual frente al riesgo y conciencia colectiva progresiva de las implicaciones que para ellos tiene este medio laboral; El programa plantea pautas para el desarrollo de actividades y estrategias de promoción de la salud respiratoria, la prevención primaria en sujetos asintomáticos y sintomáticos respiratorios y la prevención secundaria y terciaria en individuos sintomáticos respiratorios, que permita a futuro mejorar la calidad de vida y bienestar del minero, logrando adicionalmente disminuir incapacidades laborales derivadas de aumento de sintomatología, morbilidad respiratoria y consecuentemente generar estabilidad en la dinámica socioeconómica de la familia del minero que se ve afectada ante esta situación.





CAPÍTULO
1.

Generalidades de la
Explotación Minera
DEL CARBÓN

En Boyacá, la explotación y exploración del carbón tuvo su inicio hacia 1942, cuando la misión alemana encargada del proyecto de Acerías Paz del Río realiza exploraciones y estudios de reservas en diferentes zonas del Departamento.

Esta actividad minera se inicia abriendo huecos, de los cuales se extrae el carbón para el consumo doméstico, en ese momento la extracción se hacía con pica y pala y el sostenimiento con madera, en forma inadecuada, la iluminación se hacía con mecheros y vela de cera, el transporte lo realizaban las mujeres desde el sitio de explotación a la superficie de la tierra, en cueras o botanas; posteriormente se llevaba el mineral en burros a los centros y poblaciones²⁹.

En 1950, inician funciones Acerías Paz del Río y los Ferrocarriles Nacionales; entidades que compraban el carbón para su consumo. En 1955, aparecen en la región otros medios del transporte para el cargue del mineral y se sustituyen los burros, más tarde, se modifica el transporte interno y la iluminación, utilizándose la carretilla con rueda metálica y el uso de la lámpara de carburo, luego vendrían las vagonetas³⁰.

El municipio de Samacá pertenece al área carbonífera de Checua- Lenguaque, zona que ofrece producción de carbones de diferentes variedades, desde bituminoso alto en volátiles hasta bituminosos medio y bajo en volátiles, estas características del producto hacen de Colombia el décimo productor mundial de carbón y el primero en América Latina. Es el cuarto exportador de este mineral cuya producción en el 2010 alcanzó las 74.350 millones de toneladas, es decir; la producción de carbón ha aumentado 3.7 veces en los últimos 20 años³¹. Estas características de zona y producción convierten la actividad minera en la principal actividad económica en la población del municipio.

²⁹ NULVALUE. Breve historia del carbón. En: El Tiempo.com. [En línea]. 15 de noviembre de 1996. [Citado el 14-04-2014]. Disponible en: <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-598718>

³⁰ CHAPARRO ESCOBAR, Op. cit., p. 18.

³¹ COLOMBIA. MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA, UNIDAD DE PLANEACIÓN MINERO-ENERGÉTICA. La cadena del carbón. Bogotá: Imprenta Nacional de Colombia, 2012. p. 17- ISBN: 978-958-8363-12-7

1.1 EL CARBÓN Y SUS COMPONENTES

De acuerdo con la Energy Information Administration³², el carbón es: “el combustible fósil más abundante del mundo, su vida útil es superior a 118 años en contraste con las reservas de petróleo y gas, este mineral es importante en la generación de electricidad...”³².

Es importante para el desarrollo del tema conocer acerca de la composición de este mineral: El carbón es una roca sedimentaria y combustible formada por acumulación, compactación y alteración fisicoquímica de restos vegetales, esencialmente leñosos. Se cree que la mayor parte del carbón fue

formado durante la era carbonífera (hace 280 a 345 millones de años). Es una mezcla principalmente de carbono, oxígeno y sílice cristalina, que puede, además, contener otros elementos tales como boro, cadmio, níquel, hierro, antimonio, plomo y zinc.

Se clasifica según su tipo, grado y rango. El tipo de carbón se refiere a los materiales de la planta de la cual se origina. El grado del carbón tiene que ver con su pureza en cuanto a la cantidad de material orgánico o inorgánico después de su combustión. El rango del carbón indica su grado de metamorfosis y está relacionado con su edad geológica. El rango también indica el porcentaje de carbono contenido en el carbón mineral³⁴.

Los carbones de alto rango son de gran capacidad energética debido a su mayor porcentaje de carbono y menor humedad. Suelen ser duros, resistentes y tienen un color más negro.

Los carbones se clasifican en las siguientes categorías, para tener un punto de vista técnico de esta temática se cita textualmente las siguientes definiciones del texto:

³² SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO. El carbón colombiano recursos, reservas y calidad. Bogotá: Ingeominas, 2012.

³³ SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO. El carbón colombiano recursos, reservas y calidad. Bogotá: Ingeominas, 2012.

³⁴ COLOMBIA. MINISTERIO DE LA PROTECCIÓN SOCIAL. Guía de atención integral basada en la evidencia para neumoconiosis (silicosis, neumoconiosis del minero de carbón y asbestosis). Bogotá: El Ministerio, 2007. 37 p.



Turba. Es el primer estado de su transformación de vegetal a mineral, es una masa blanca de color parduzco; su utilidad como combustible es ineficiente.

Lignito. Es una fase de transición entre la turba y el sub – bituminoso; su humedad es alta entre un 30-45%, al igual que sus materias volátiles de apariencia es de madera y tiene baja potencia calorífica.

Sub – bituminosos. Ya han perdido la apariencia de los lignitos, su humedad oscila entre el 17-20 % y poseen gran cantidad de material volátil, es denominado un carbón de baja calidad.

Bituminosos – Hulla. Son densos, marrón oscuro o negros; poseen gran cantidad de material volátil y poseen porcentajes variables de humedad, ceniza y azufre, como combustibles son calificados como óptimos, son utilizados

en plantas de producción energética, como para la fabricación de coque (combustible derivado del carbón).

Antracita. Data de unos 250 años, y es el más antiguo de los carbones, es brillante, compacto, tiene un alto porcentaje de carbono y menos del 8% de materiales volátiles, tiene un alto poder calorífico y baja cantidad de contaminantes, es el mejor de los carbones y el más indicado para la combustión sin humo³⁵.

Figura 1. El carbón



Fuente: Investigadoras.

³⁵ DANÚS, Hernán y VERA, Susana. Carbón protagonista del pasado, presente y futuro. Santiago de Chile: RIL Editores, 2010.

El polvo en las minas de carbón es una mezcla compleja y heterogénea que contiene más de 50 elementos diferentes y sus óxidos. El contenido de mineral varía con el tamaño de las partículas y el sitio donde se encuentra depositado el mineral. Algunos minerales comunes incluyen caolinita, calcita, piritas y cuarzo. El contenido de azufre varía de 0,5% (por peso) a más de 10%. El porcentaje de polvo de carbón respirable en minas de carbón bajo tierra ha sido estimado entre 40% y 95%. Esta proporción puede variar mucho más en minas a cielo abierto según el tipo de tecnología utilizada. Estudios sobre tamaños de partículas de cuarzo en minas de carbón bajo tierra y a cielo abierto han encontrado distribuciones similares de partículas menores de 4,2 micras.”³⁶.

1.2 ESTRUCTURA DE LA MINA Y PERFIL DE LOS MINEROS

La tecnificación para la explotación del carbón en Colombia es una actividad en desarrollo, por lo tanto, en su gran mayoría las estructuras de las minas sigue siendo rudimentaria y artesanal esto sumado a la problemática de la ilegalidad situaciones que ponen en detrimento tanto la protección personal como las condiciones laborales en general. La estructura de las minas de carbón del departamento están relacionadas con las condiciones y características del terreno, por lo cual la explotación se hace subterránea, las partes de la mina son: bocamina, inclinación principal, niveles, tambores, sobreguías.

³⁶ GARCÍA ORDUZ, Carlos Eduardo. Guías de la Asociación Colombiana de Neumología y Cirugía del Tórax Neumología ocupacional. En: Revista Colombiana de Neumología. 2009, vol. 21, Supl. 2.





Figura 2. Bocamina.

Fuente: Investigadoras.

Figura 3. Inclinación principal.



Fuente: Investigadoras.





Figura 4. Niveles de la mina.

Fuente: Investigadoras.

Figura 5. Tambor (Entrada de aire)



Fuente: Investigadoras.



1.2.1 Perfiles de cargo en mina subterránea de carbón.

La actividad minera bajo superficie requiere el desarrollo de diferentes actividades las cuales son asumidas y denominadas por la misma comunidad minera; dentro de ellas están:

Malacatero. Persona encargada de una grúa pequeña llamada malacate utilizada para el ingreso y salida del coche de la mina.



Figura 6. Malacatero.

Fuente: Investigadoras.

Figura 7. Piquero.



Fuente: Investigadoras.





Figura 8. Cochero.

Fuente: Investigadoras.

1.3 EL PROCESO DE LA EXPLOTACIÓN

El panorama y los intereses en la región Boyacense en cuanto a la tecnificación de las minas para procesos de explotación del carbón, van en aumento, con racionalidad técnica económica y social y en pro del desarrollo sostenible, garantizando el cumplimiento de la legislación minera vigente en el país. El carbón se extrae mediante dos métodos: en superficie o a cielo abierto y mediante extracción subterránea o de profundidad; siendo ésta última la que predomina en el departamento de Boyacá

1.3.1 La extracción subterránea. Comprende todas las actividades que se realizan para extraer las materias primas depositadas debajo de la tierra y

transportarlas hasta la superficie. El acceso a los recursos se efectúa por galerías y pozos que están comunicados con la superficie.

1.3.2 Minería a cielo abierto. Se designa de esta manera a toda excavación realizada por encima del terreno con el objeto de extraer cualquier mineral de un depósito natural, comprendiendo otras denominaciones tales como pozos, socavones o minería de superficie. Abarca las canteras y salinas, entre otros.³⁷

³⁷ DÍAZ, Marcelo. Salud y seguridad en trabajadores de minería. Buenos Aires: Aulas y Andamios, 2009. 120 p. ISBN 978-987-24878-9-8





Figura 9 . Explotación subterránea

Fuente: [Citado el 21-04-2016]. Disponible en: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File :MU-SEO_DE_LA_MINERIA.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:MU-SEO_DE_LA_MINERIA.jpg)

La extracción de superficie, también conocida como de “a cielo abierto”, solo resulta rentable cuando la veta de carbón está cerca de la extracción de paneles de carbón que pueden extenderse a lo largo de 3 km en la misma veta.

Este método puede recuperar una mayor proporción del yacimiento de carbón que la extracción subterránea, ya que se trabaja en todas las vetas de carbón, llegándose a recuperar un 90% o más del carbón. Las explotaciones a cielo abierto grandes pueden cubrir una zona de muchos kilómetros cuadrados y utilizan piezas de maquinaria muy grandes, incluyendo: dragas excavadoras, que retiran el material sobrante.

El material superior del suelo y la roca se rompe primero con explosivos, después se retira con dragas excavadoras o mediante excavadoras y camiones. Una

vez expuesta la veta de carbón, se perfora, fractura y extrae de forma sistemática en tiras. El carbón se carga en grandes camiones o cintas transportadoras para su transporte a la planta de preparación de carbón o directamente el lugar en el que se utilizará...”³⁸.

Figura 10. Explotación a cielo abierto



Fuente: [Citado el 21-04-2016].
Disponibile en: <https://pixabay.com/es/miner%C3%ADa-berghalde-780560/>

³⁸ INSTITUTO MUNDIAL DEL CARBÓN. El carbón como recurso: una visión general del carbón. Londres: World Coal Institute, 2005. p. 7.



Las condiciones geológicas y atmosféricas de los terrenos a explotar, generan riesgos a los cuales están sometidos los mineros, algunos de estos riesgos son: contaminantes físicos, químicos, biológicos, ausencia de oxígeno, exposición a gases tóxicos, polvo, derrumbes, alta humedad, caída de rocas, accidentes con máquinas; todo esto promueve la enfermedad de tipo profesional en ellos; es importante seguir con políticas de seguridad social, que mejoren las condiciones laborales y garantice una minería responsable³⁹.

³⁹ Ibid., p. 25, 37, 44.



CAPÍTULO
2.

La Explotación
Minera de Carbón:
Implicaciones en el
Medio Ambiente y la
SALUD RESPIRATORIA

2.1 EL CARBÓN COMO CONTAMINANTE Y SUS IMPLICACIONES EN EL MEDIO AMBIENTE

El carbón es un combustible fósil, tipo roca sedimentaria compuesto mayoritariamente por carbono, hidrógeno y oxígeno; constituyentes que hacen parte de una mezcla compleja y heterogénea de material orgánico e inorgánico⁴⁰, ⁴¹. Aunque la fracción inorgánica representa solo una pequeña

fracción en peso del carbón, a la misma se le ha atribuido gran parte de los efectos contaminantes del mineral⁴². Durante el proceso de remoción del carbón del subsuelo, así como en el transporte y embarque, diversos fenómenos físicos permiten que el mineral forme pequeñas partículas, cuyo tamaño es muy variado, abarcando diámetros desde menos de una micra hasta varios milímetros, comúnmente conocidas como “polvillo de carbón”. Este material pulverizado, denominado “material particulado”, así como el rocoso de donde proviene, en contacto con el agua o por fricción mecánica, pueden lixiviar los contaminantes presentes en su superficie. Entre estos se encuentran los hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAHs - Polycyclic aromatic hydrocarbons), metales pesados y flúor⁴³, entre multitud de posibles elementos presentes en las rocas. En el grupo de los metales de interés toxicológico, suele encontrarse el plomo (Pb), mercurio (Hg), níquel (Ni), vanadio (V), berilio (Be), cadmio (Cd), bario (Ba), cromo (Cr), cobre (Cu), molibdeno

⁴⁰ ALPERN, B. y LEMOS DE SOUSA, M.J. Documented international enquiry on solid sedimentary fossil fuels; coal: definitions, classifications, reserves-resources, and energy potential. En: International Journal Coal Geology. 2002, no. 50. p. 3-41.

⁴¹ VASSILEV, S.V. y VASSILEVA, C.G. A new approach for the combined chemical and mineral classification of the inorganic matter in coal. 1. Chemical and mineral classification systems. En: Fuel - The Science and Technology of Fuel and Energy. 2009, no. 88. p. 235-245.

⁴² WARD, Colin R. Analysis and significance of mineral matter in coal seams. En: International Journal Coal Geology. 2002, no. 50. p. 135-168

⁴³ MILLER y MACCALMAN, Op. cit., p. 270-276.

(Mo), zinc (Zn) y selenio (Se), así como el metaloide arsénico (As), y algunos isotopos radioactivos de origen natural tales como el radio (Ra), uranio (U) y torio (Th). Estos contaminantes pueden liberarse igualmente durante la combustión de carbón, afectando diversos ecosistemas⁴⁴.

El impacto de la minería del carbón en el medio ambiente varía dependiendo de diversos factores. Por ejemplo, del hecho de si la mina es activa o abandonada, los métodos de extracción utilizados, las condiciones ambientales,

climáticas y geológicas de su ubicación, la cercanía a zonas urbanas, entre otros⁴⁵. Sin embargo, en todos los casos tendrá efectos lesivos en organismos vegetales, animales y en seres humanos, ya sea por destrucción del hábitat o por la liberación de contaminantes al ambiente⁴⁶. En general, el espectro de impactos medioambientales de la minería del carbón es en extremo complejo, como se observa en el Gráfico 2, que incluyen tanto problemas de contaminación ambiental como alteraciones en el paisaje, entre muchos otros impactos⁴⁷.

⁴⁴ KEATING, Martha. *Cradle to grave: the environmental Impacts from Coal*. Boston: Clean Air Task Force, 2001. p. 1-9.

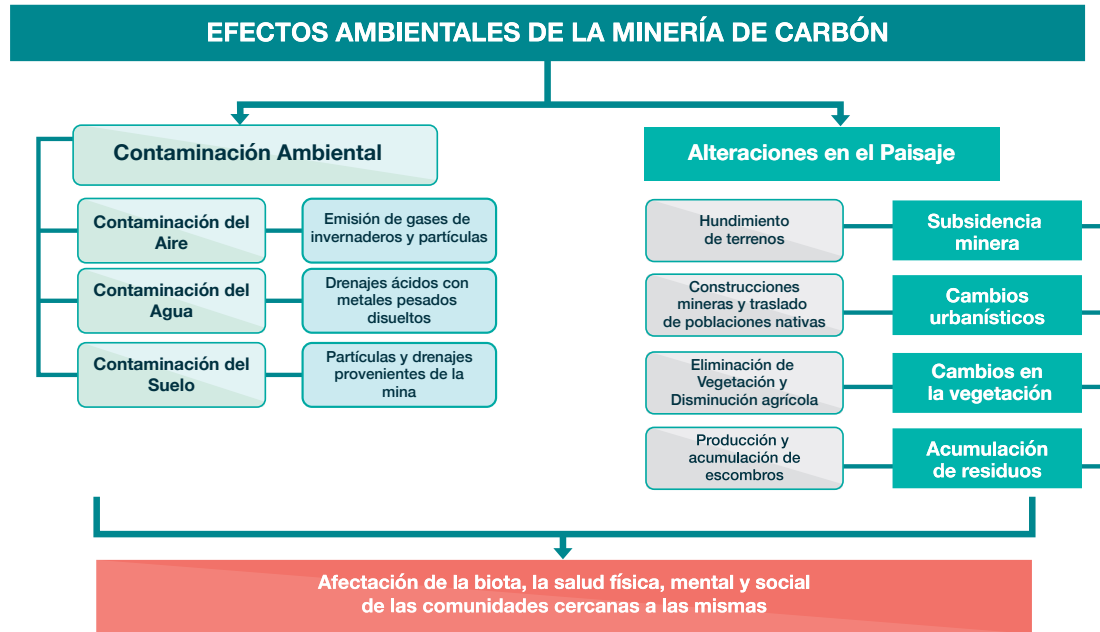
⁴⁵ GARAY, Luis Jorge. *Minería en Colombia: Institucionalidad y territorio, paradojas y conflictos*. Bogotá: Contraloría General de la República, 2013.

⁴⁶ KEATING Martha, Op. cit., p. 1-9.

⁴⁷ MAMUREKLI, D. Environmental impacts of coal mining and coal utilization in the UK. *En: Acta Montanistica Slovaca Roenik*. 2010, no. 15. p. 134-144.



Figura 11. Algunos efectos medioambientales de la minería carbonífera.



Fuente: GARAY, Luis Jorge. Minería en Colombia: institucionalidad y territorio, paradojas y conflictos. Bogotá: Contraloría General de la República, 2013. p. 232.

2.2 EFECTOS PULMONARES ASOCIADOS CON LA EXPOSICIÓN AL POLVILLO DE CARBÓN

La neumoconiosis es una enfermedad causada por la inhalación de polvillo de carbón, que usualmente contiene pequeñas cantidades de hierro y sílice cristalina (cuarzo) y es caracterizada principalmente por la degeneración fibrosa (fibrosis) originada tras un proceso inflamatorio⁴⁸. La neumoconiosis es

incurable e incapacitante y su forma más severa está asociada con alta mortalidad. Estas características hacen que la regulación y el control de la exposición al polvo de carbón sean indispensables para prevenir el desarrollo de las enfermedades pulmonares⁴⁹. El progreso de esta enfermedad en los mineros se asocia con complicaciones tales como la enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC), hemoptisis, neumotórax, enfermedad pleural, tuberculosis, enfermedad autoinmune, neumonía intersticial crónica y malignidad (cáncer)⁵⁰.

En modelos de exposición aguda y crónica, realizados en ratas expuestas al polvo de carbón, se han observado efectos inflamatorios y daño oxidativo en el tejido parenquimatoso pulmonar, caracterizados por la activación de la enzima superóxido dismutasa (SOD), aumento de marcadores de peroxidación lipídica y disminución de la defensa antioxidante⁵¹. Efectos similares han sido vistos en humanos, en quienes la

⁴⁸ BORM, Paul JA; TRAN, Lang; DONALDSON, Ken. The carcinogenic action of crystalline silica: a review of the evidence supporting secondary inflammation-driven genotoxicity as a principal mechanism. En: Critical Reviews Toxicology. 2011, no. 41. p. 756-770.

⁴⁹ SANTO TOMAS, Linus. H. Emphysema and chronic obstructive pulmonary disease in coal miners. En: Current Opinion in Pulmonary Medicines. 2011, no. 17. pp. 123-125.

⁵⁰ JUN, Jae.Sup., et al. Complications of pneumoconiosis: radiologic overview. En: European Journal of Radiology. 2013, no. 82. p. 1819-1830.

⁵¹ PINHO, Ricardo.A., et al. Lung oxidative response after acute coal dust exposure. En: Environmental Research. 2004, no. 96. pp. 290-297.



exposición al polvo de carbón estimula la respuesta inflamatoria mediante el incremento de la liberación de citoquinas (conjunto de proteínas que regulan interacciones de las células del sistema inmune) tales como el TNF-alfa, de forma que estas moléculas se han propuesto como biomarcadores de neumoconiosis⁵²; adicionalmente a las alteraciones en marcadores de inflamación y estrés oxidativo, al analizar la sangre total y suero de individuos expuestos ocupacionalmente al polvo de carbón, se ha encontrado daño celular

y alteraciones metabólicas, evidenciados por aumentos de creatinina, ferritina, alanina aminotransferasa (ALT), aspartatoaminotransferasa (AST), creatinquinasa (CK), g-glutamyltransferasa (g-GT), lactato deshidrogenasa (LDH), glutathion reductasa (GR), triglicéridos, lipoproteínas de muy baja densidad (VLDL), carbonil-proteínas y malondialdehído⁵³. Las especies reactivas de oxígeno (EROs) han sido propuestas como las directamente implicadas en el desarrollo de la neumoconiosis, carcinogénesis y demás patologías pulmonares, causadas por la exposición a polvo de carbón⁵⁴.

La piritita es el principal componente del polvo de carbón que se encuentra directamente relacionado con la capacidad de generación de EROs. Este mineral, específicamente el átomo de hierro, forma espontáneamente peróxido de hidrógeno y radical hidroxilo en medio

⁵² ATEs, Iker. et al. Possible effect of gene polymorphisms on the release of TNF alpha and IL1 cytokines in coal workers' pneumoconiosis. En: Experimental and Toxicology Pathology. 2011, no. 63. p. 175-179.

⁵³ TULLUCE, Yasin., et al. Increased occupational coal dust toxicity in blood of central heating system workers. En: Toxicology and Industrial Health. 2011, no. 27. p. 57-64.

⁵⁴ VALLYATHAN, Val; SHI, Xianglin; CASTRANOVA, Vincent. Reactive oxygen species: their relation to pneumoconiosis and carcinogenesis. En: Environmental Health Perspective. 1998, no. 106. p. 1151-1155.

acuoso, los cuales al hacer contacto con biomoléculas, por ejemplo, la adenina, provocan su oxidación y la consecuente alteración en el material genético celular^{55, 56, 57}.

Como mecanismo de toxicidad del polvillo de carbón, existe la hipótesis, que inicialmente las partículas interaccionan con las células epiteliales y macrófagos alveolares, estimulando en

las células epiteliales la secreción de componentes de la matriz extracelular para dar inicio a la fibrosis y la secreción de citoquinas por macrófagos alveolares que estimulan la migración de células fagocitarias capaces de generar una amplificación en la producción local de citoquinas y EROs.

Las partículas de carbón oxidan membranas celulares y permiten la salida de enzimas intracelulares de tipo proteasas, que lesionan los alveolos pulmonares. En este punto, la generación de EROs supera en número a la defensa antioxidante, acrecentándose la peroxidación lipídica y el consecuente daño pulmonar^{58, 59, 60, 61}.

⁵⁵ COHN, Corey. A., et al. Role of pyrite in formation of hydroxy radicals in coal: possible implications for human health. En: Particle and Fibre Toxicology. 2006, no.3. p. 16.

⁵⁶ COHN, Corey. A., et al. Pyrite-induced hydroxyl radical formation and its effect on nucleic acids. En: Geochemical Transaction. 2006, no. 7. p. 3.

⁵⁷ COHN, Corey .A., et al. Adenine oxidation by pyrite-generated hydroxyl radicals. En: Geochemical Transaction. 2010, vol. 1, no. 1. p. 2.

⁵⁸ VALLYATHAN; SHI y CASTRANOVA, Op. Cit., p. 1154.

⁵⁹ SCHINS, Roel.PF. Mechanisms of genotoxicity of particles and fibers. En: Inhalation Toxicology. 2002, no.14. p. 57-78.

⁶⁰ SHI, Xianglin, et al.Reactive oxygen species and molecular mechanism of silica-induced lung injury. En: Journal Environmental Pathology Toxicology Oncology. 2001, no. 20. p. 85-93.

⁶¹ VAN BERLO, Damiën; HULLMANN, Maja; SCHINS, Roel PF. Toxicology of ambient particulate matter. En: Molecular Clinical and Environmental Toxicology. 2012, no. 101. p. 165-217.



El incremento de EROs también puede alterar la proliferación celular, tras la activación de factores de transcripción nucleares que favorecen la síntesis de factores de crecimiento, la inducción de la expresión de oncogenes, generación de mutaciones de genes supresores de tumores⁶².

En síntesis, las partículas de carbón con un diámetro medio de 0,5-10 micrómetros ($MP_{2.5}$ y MP_{10}) pueden penetrar en los alvéolos y por medio de mecanismos tales como la generación de estrés

oxidativo y la liberación de citoquinas pro-inflamatorias inducen la formación de fibroblastos que acarrearán la fibrosis del tejido pulmonar, así como la transformación celular que origina cáncer⁶³. Una representación esquemática de los efectos del polvillo de carbón a nivel pulmonar ver figura 11. En el caso de la neumoconiosis la forma más avanzada de la enfermedad es denominada fibrosis masiva progresiva⁶⁴, en ésta la función pulmonar se ve comprometida debido a la extensa cicatrización y enfisema. Una vez los pulmones están comprometidos con fibrosis, son más susceptibles de adquirir EPOC en sus formas comunes denominadas bronquitis crónica y enfisema^{65, 66, 67}.

⁶² LIM, WEI-YEN; SEOW, Adeline. Biomass fuels and lung cancer. En: Respirology. 2012, no. 17. pp. 20-31

⁶³ KARKHANIS y JOSHI, Op. cit., pp. 25-34.

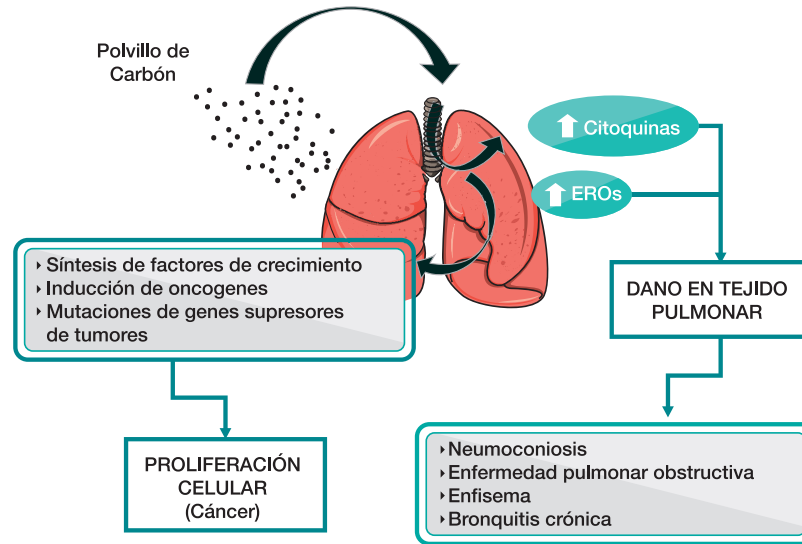
⁶⁴ COHEN; PATEL y GREEN, Op. cit., pp. 651-661.

⁶⁵ COGGON, David. y NEWMAN TAYLOR, Anthony. Coal mining and chronic obstructive pulmonary disease: a review of the evidence. En: Thorax. 1998, no. 53. pp. 398-407.

⁶⁶ WANG, Xiaorong., et al. Respiratory symptoms and pulmonary function in coal miners: looking into the effects of simple pneumoconiosis. En: American Journal of Industrial Medicine. 1999, no. 35. p. 128.

⁶⁷ MONTES, Isabel Isidro, y Col. Respiratory disease in a cohort of 2,579 coal miners followed up over a 20-year period. En: Chest. 2004, no.126. pp. 622-629.

Figura 12. Efectos del polvillo de carbón sobre la función pulmonar



Fuente: GARAY, Luis Jorge. Minería en Colombia: institucionalidad y territorio, paradojas y conflictos. Bogotá: Contraloría General de la República, 2013. p. 238

2.3 CONTAMINACIÓN AMBIENTAL

Uno de los aspectos más reconocidos de la minería del carbón, en particular la

realizada a cielo abierto, en sus diferentes modalidades, es la contaminación del aire, la cual se debe principalmente a emisiones de partículas, tanto de carbón como de otros materiales, incluyendo además gases tales como el metano, dióxido de azufre y óxidos de nitrógeno⁶⁸. Durante el proceso de extracción y transporte del mineral son generadas



partículas de todos los tamaños, siendo una importante fracción de las mismas incorporadas al aire. Un porcentaje de estas forman la fracción conocida como **partículas suspendidas totales (PST)**, las cuales por sus características pueden permanecer en el aire un tiempo considerable antes de su deposición sobre el suelo. Durante este tiempo, las PST pueden viajar grandes distancias, impactando zonas distantes de las áreas de extracción. Entre las PST

se encuentran diferentes tipos de acuerdo con su tamaño (diámetro): MP_{10} (< 10 micrómetros), $MP_{2.5}$ o partículas finas (< 2.5 micrómetros) y $MP_{0.1}$ o partículas ultrafinas (< 0.1 micrómetros). Todos estos tipos de partículas tienen efectos adversos potenciales sobre la salud tras ser inhaladas, por lo que han sido establecidos límites permisibles a fin de asegurar la calidad del aire respirable⁶⁹.

Un número importante de minas de carbón libera drenajes ácidos producto por la reacción entre la pirita (FeS_2) con el aire y el agua^{70, 71, 72}, formando ácido sulfúrico y hierro disuelto. Asociados a estos drenajes, han sido reportados una gran cantidad de sólidos en suspensión y un alto contenido de metales disueltos, Al, Mn, Zn, Cu, Pb, Fe, entre

⁶⁸ ZHENGFU, Bian, et al. Environmental issues from coal mining and their solutions. En: Mining Science and Technology. 2010, no. 20. pp. 215-223.

⁶⁹ YU, Ming-Ho; TSUNODA, Humio; TSUNODA, Masashi. Air pollution – particulate matter. En: CRC Press (ed.). Environmental Toxicology Biological and Health Effects of Pollutants. New York: Taylor & Francis Group LLC, 2005.

⁷⁰ OLIVEIRA, Marcos.L.S., et al. Mineralogy and leaching characteristics of beneficiated coal products from Santa Catarina, Brazil. En: International Journal Coal Geology. 2012, no. 94. pp. 314-325.96. pp. 290-297.

⁷¹ OLIVEIRA, Marcos.L.S., et al. Chemical composition and minerals in pyrite ash of an abandoned sulphuric acid production plant. En: Science of the Total Environment. 2012, no. 430. p. 34-47.

⁷² RIOS, Carlos A.; WILLIAMS, Craig D.; ROBERTS, Clive L. Removal of heavy metals from acid mine drainage (AMD) using coal fly ash, natural clinker and synthetic zeolites. En: Journal of Hazardous Materials. 2008, no. 156. p. 23-35.

otros, que finalmente son depositados a los ríos⁷³. Estos drenajes pueden tener como destino aguas superficiales y/o subterráneas próximas al área minera, convirtiéndose en una fuente de contaminación debido a su capacidad de disolver metales pesados como Cu, Pb y Hg en su recorrido por el terreno minero y adyacente. Así se generan cambios en la química del agua, reduciendo su calidad y afectando el ecosistema acuático⁷⁴.

La contaminación, tanto en espacios interiores como al aire libre, constituye un grave problema de salud

medioambiental que afecta a los países desarrollados y en desarrollo por igual. Las Directrices sobre Calidad del Aire elaboradas por la OMS en 2005 están concebidas para ofrecer una orientación mundial a la hora de reducir las repercusiones sanitarias de la contaminación del aire. Las primeras directrices, publicadas en 1987⁷⁵ y actualizadas en 1997⁷⁶, se circunscribían al ámbito europeo. Las nuevas (2005), sin embargo, son aplicables a todo el mundo y se basan en una evaluación de pruebas científicas actuales llevada a cabo por expertos. En ellas se recomiendan nuevos límites de concentración de algunos contaminantes en el aire —partículas en suspensión (PM), ozono (O₃), dióxido de nitrógeno (NO₂) y dióxido de azufre (SO₂)— de aplicación en todas las regiones de la OMS.

Las PM afectan a más personas que cualquier otro contaminante y sus principales componentes son los sulfatos, los nitratos, el amoníaco, el cloruro sódico, el carbón, el polvo de minerales y el agua.

⁷³ SILVA, Luis FO, et al.. Study of environmental pollution and mineralogical characterization of sediment rivers from Brazilian coal mining acid drainage. *En: Science of the Total Environment*. 2013, no. 447. pp. 169-178.

⁷⁴ ZHENGFU, Bian, et al., Op. cit., pp. 215-223.

⁷⁵ COPENHAGEN. WORLD HEALTH ORGANIZATION REGIONAL OFFICE FOR EUROPE. Air quality guidelines for Europe. Copenhagen: El autor, 1987.

⁷⁶ COPENHAGEN. WORLD HEALTH ORGANIZATION REGIONAL OFFICE FOR EUROPE. Air quality guidelines for Europe. 2nd ed. Copenhagen: el autor, 2000.



Las PM consisten en una compleja mezcla de partículas líquidas y sólidas de sustancias orgánicas e inorgánicas suspendidas en el aire. Las partículas se clasifican en función de su diámetro aerodinámico en PM_{10} (partículas con un diámetro aerodinámico inferior a $10 \mu\text{m}$) y $PM_{2,5}$ (diámetro aerodinámico inferior a $2,5 \mu\text{m}$). Estas últimas suponen mayor peligro porque, al inhalarlas, pueden alcanzar las zonas periféricas de los bronquiolos y alterar el intercambio pulmonar de gases⁷⁷.

Los efectos de las PM sobre la salud se producen a los niveles de exposición a los que está sometida actualmente la mayoría de la población urbana y rural de los países desarrollados y en desarrollo. La exposición crónica a las partículas aumenta el riesgo de enfermedades cardiovasculares y respiratorias, así como

de cáncer de pulmón. En los países en desarrollo, la exposición a los contaminantes derivados de la combustión de combustibles sólidos en fuegos abiertos y cocinas tradicionales en espacios cerrados aumenta el riesgo de infección aguda en las vías respiratorias inferiores y la mortalidad por esta causa en los niños pequeños; la polución atmosférica en espacios interiores procedente de combustibles sólidos constituye también un importante factor de riesgo de enfermedad pulmonar obstructiva crónica y cáncer de pulmón entre los adultos. La mortalidad en ciudades con niveles elevados de contaminación supera entre un 15% y un 20% la registrada en ciudades más limpias. Incluso en la UE, la esperanza de vida promedio es 8,6 meses inferior debido a la exposición a las $PM_{2,5}$ generadas por actividades humanas⁷⁸.

⁷⁷ ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. Calidad del aire y salud. En: Nota Descriptiva. Septiembre 2011, n° 313.

⁷⁸ *Ibíd.*, p. 2



CAPÍTULO
3.

Estructura
METODOLÓGICA

La estructura metodológica desarrollada en el proceso investigativo, estuvo enmarcada en la línea de investigación **condiciones cardiorrespiratorias crónicas**, del grupo de investigación **OXIGENAR** de la Facultad de Ciencias de la Salud de la Universidad de Boyacá.

El estudio se tipificó como observacional **descriptivo de corte transversal**; la investigación se enmarcó a partir de lo establecido en la Resolución 008430 de 1993, donde se categorizó como una investigación de mínimo riesgo; sin embargo se tuvo en cuenta aspectos bioéticos contemplados para procesos investigativos, a partir de consentimiento informado por parte de cada uno de los mineros valorados.

La **población** referenciada se tomó a partir de los datos suministrados por la oficina de planeación del municipio de Samacá, que reportó para el año 2013 un total de 2780 mineros.

El tamaño muestral (n) se determinó con el paquete estadístico EPIDAT 3.0, utilizando la fórmula para poblaciones finitas, variables cuantitativas, con una precisión del 5%, confiabilidad del 95% y una proporción esperada de alteración funcional respiratoria del 26.1% ⁷⁹, proyectándose una muestra para el estudio de 234 mineros.

Variable	Descripción	Valor
N	Tamaño de la Población	2780
Z	Confiabilidad	95%
p	Proporción	27%
me	Margen de Error o Precisión	5%
n =	$\frac{N*(Z*Z)*p*(1-p)}{(N-1)*(me*me) + (Z*Z)*p*(1-p)}$	234

El **muestreo** de los mineros valorados, se realizó a partir de muestreo aleatorio simple; se enlistaron los nombres de los 2780 mineros y a partir del uso de números aleatorios obtenidos a través de una hoja de cálculo Microsoft versión 14, se seleccionan los 234 mineros definidos en la muestra, a quienes se les aplicó el instrumento de recolección de información; este proceso se ejecutó en un periodo de tiempo de cuatro meses.

⁷⁹ GONZALEZ, N.M.J., et al. Op. Cit., p. 105

Se definieron como **criterios de Inclusión:**

- Mineros que laborarán en el momento del estudio en minas de carbón de la Vereda Loma Redonda, Salamanca, Chorrera y Ruchical del municipio de Samacá.
- Actividad laboral minera no inferior a un mes.
- Trabajador desempeñando cualquier actividad en la mina: Malacatero, Cochero, Piquero, administrador, laborando bajo tierra o en superficie.
- Aceptación del consentimiento informado.

Se determinó como **criterio de exclusión** minero con diagnóstico confirmado de Neumoconiosis.

Las **técnicas y herramientas para la recolección de los datos** contemplaron:

- **Evaluación de aspectos sociodemográficos:** se exploró variables como edad, género, horas de trabajo diario.

- **Aplicación del cuestionario de enfermedad respiratoria ocupacional de la American Thoracic Society – ATS:** se indagó en antecedentes tóxico-alérgicos, patológicos, quirúrgicos, traumáticos y sintomatología respiratoria.
- **Toma de espirometría:** Se establecieron patrones espirométricos, con un equipo Spirobank USB, calibrado con jeringa de 3 litros, sensor de temperatura: semiconductor (0-45 °C), sensor de flujo: bi-direccional/turbina digital, Volumen máximo: 10 Lts, Rango de flujo: ± 16 L/s, Precisión de volumen: $\pm 3\%$ o 50 ml, Precisión de flujo: $\pm 5\%$ o 200 ml/s.
- **Medida de saturación arterial de oxígeno (SaO₂) – Oximetría de pulso:** se toma a través de un dispositivo denominado oxímetro de pulso B&F® 3300 – Oxi-pulse Hand – helth; este dispositivo funciona mediante la estimación de absorción de ondas de luz de diferentes longitudes, el cual cambia dependiendo de la cantidad de sangre en los tejidos y de cantidades de hemoglobina (Hb) oxigenada y desoxigenada.



Cuadro 1. Listado de variables a estudio

Variable	Tipo	Unidad de Medición	Definición Operativa
Edad	Razón	Años	Años cumplidos
Sexo	Nominal	Femenino Masculino	Sexo biológico de las personas
Años de trabajo en actividad minera de carbón	Razón	5, 6, 7, 8, 9...	Años laborales en actividad minera del carbón
Antecedentes Tóxico Alérgicos			
Humo de leña	Nominal	SÍ NO	Inhalación de humo
Cigarrillo	Nominal	SÍ NO	Fuma cigarrillos (tabaquismo)
Sintomatología respiratoria			
Presencia de tos	Nominal	SÍ NO	Síntoma de alteración broncopulmonar
Disnea	Nominal	SÍ NO	Dificultad respiratoria o falta de aire.
Evaluación de espirometría			
Patrón espirométricos general	Nominal	Obstrutivo Restrictivo Mixto Normal	

Variable	Tipo	Unidad de Medición	Definición Operativa
Grado de severidad	Nominal	Leve Moderada Severa Muy Severa	
Valores espirométricos específicos.			
Capacidad Vital Forzada - CVF (L)	Razón	Litros	Es el máximo volumen de aire espirado, con el máximo esfuerzo posible, partiendo de una inspiración máxima.
Volumen espiratorio forzada 1er. segundo - FEV1 (L)	Razón	Litros	Es el volumen de aire que se expulsa durante el primer segundo de la espiración forzada.
Relación Volumen espiratorio forzada 1er. segundo sobre la Capacidad vital forzada. FEV1/FVC (%)	Razón	Porcentaje	Expresada como porcentaje, indica la proporción de la FVC que se expulsa durante el primer segundo de la maniobra de espiración forzada. Es el parámetro más importante para valorar si existe una obstrucción .

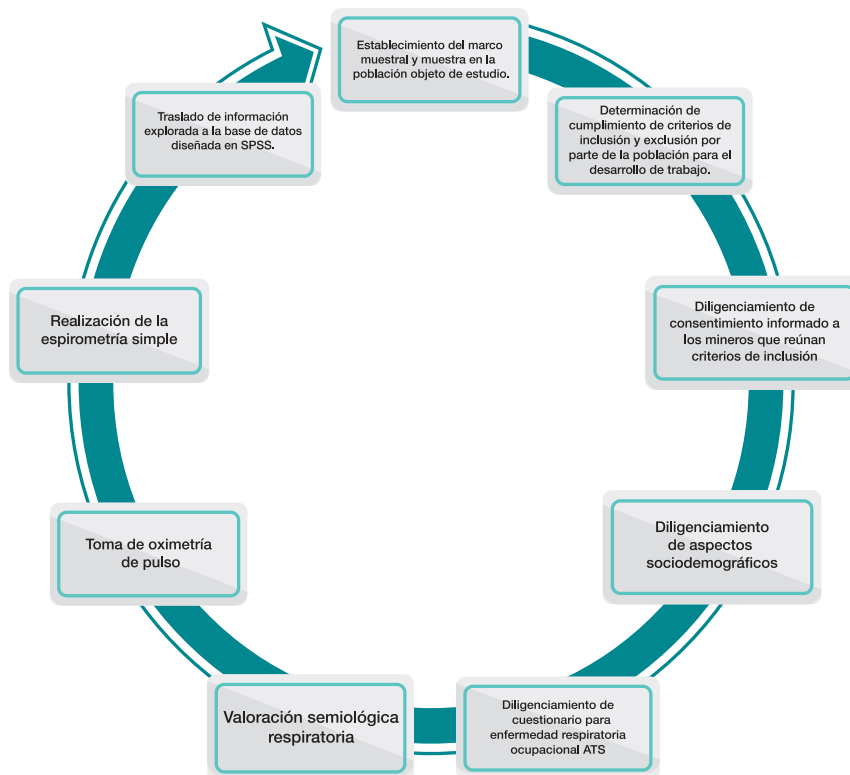


Variable	Tipo	Unidad de Medición	Definición Operativa
FEF ₂₅₋₇₅ (L/s).	Razón	Litros/segundo	Parámetros que sirven en teoría para reflejar el estado de las pequeñas vías aéreas.
FEF ₂₅ (L/s).	Razón	Litros/segundo	
FEF ₅₀ (L/s).	Razón	Litros/segundo	
FEF ₇₅ (L/s).	Razón	Litros/segundo	
Flujo espiratorio pico – PEF. (L/s).	Razón	Litros/segundo	Corresponde al flujo máximo conseguido durante la maniobra de espiración forzada y se expresa en litros/segundo. Es muy dependiente del esfuerzo.
Niveles de saturación arterial de oxígeno			
SpO2	Razón	Porcentaje	Interpretación clínica

Fuente: Investigadoras.

El procedimiento definido en el desarrollo metodológico del proyecto de investigación se estableció a partir de los siguientes pasos:

Figura 13. Procedimiento proceso investigativo.



Fuente: Investigadoras.



El análisis de los datos se procesó en el programa estadístico SPSS versión 20.0, con una descripción de las variables edad, género, horas de trabajo minero diario, antecedentes tóxico-alérgicos (humo de leña – cigarrillo), sintomatología respiratoria (tos, disnea), patrón espirométrico general, grados de severidad en patrón espirométrico y saturación arterial de oxígeno (SpO₂), a través del uso de medidas de distribución y tendencia central.



CAPÍTULO
4.

Aspectos
Sociodemográficos,
Antecedentes Toxicológicos,
Sintomatología Respiratoria,
Espirometría y Saturación Arterial
DE OXÍGENO

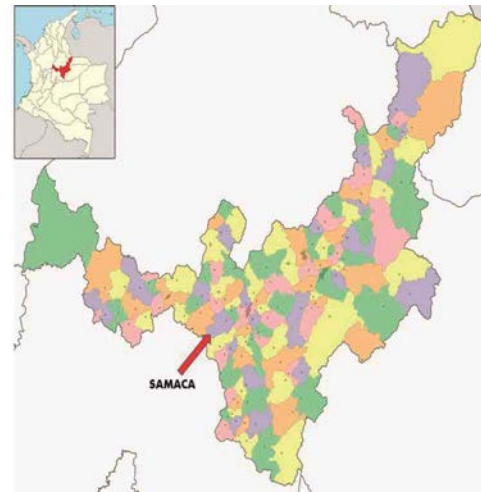
4.1 ASPECTOS SOCIODEMOGRÁFICOS

El contexto geográfico en el que se desarrolló el proceso investigativo, tuvo lugar en el Municipio de Samacá, ubicado en la Provincia del Centro en el departamento de Boyacá, a 30 Km. de la ciudad de Tunja, con una extensión de 150 Km². Según el Departamento Nacional de Estadística (DANE) el municipio tiene 19.018 habitantes, de los cuales 9.262 son mujeres y 9.756 hombres⁸⁰.

El municipio, limita por el norte con los municipios de Sáchica y Sora, por el oriente con los municipios de Cucaita, Tunja y Ventaquemada, por el sur con los municipios de Ventaquemada y Guachetá y por el occidente con los municipios de Ráquira y Sáchica. Está conformado por doce veredas:

Salamanca, Pataguy, Chorrera, Loma Redonda, Tibaquirá, Guatoque, Gacal, Páramo Centro, Quite, Churuvita, Ruchical y Centro (figura 12), de las cuales los mineros intervenidos se ubicaban en veredas como: Loma redonda, Salamanca, Chorrera y Ruchical.

Figura 14. Mapa de ubicación del municipio de Samacá, departamento de Boyacá.



Fuente: [Citado el 21-04-2016]. Disponible en: [Mhttps://commons.wikimedia.org/wiki/File:MunsBoyaca_Garagoa.png](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:MunsBoyaca_Garagoa.png).

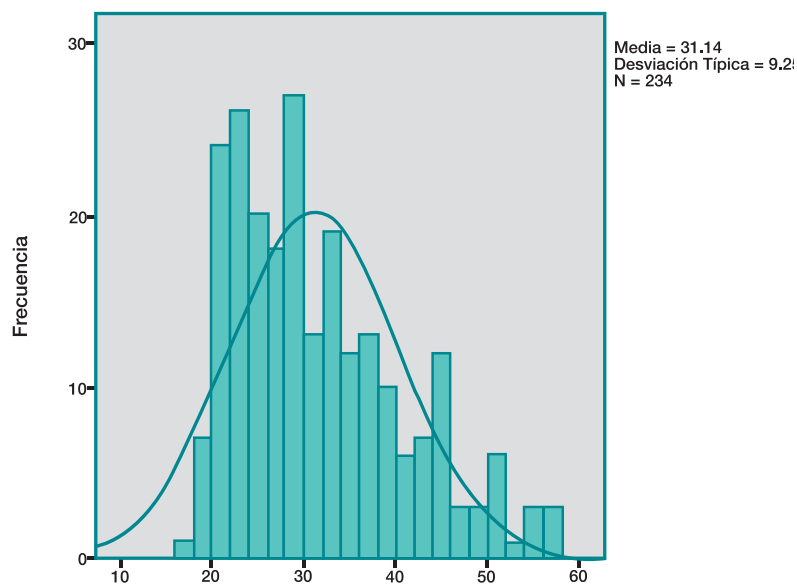
⁸⁰ EMPRESA SOCIAL DEL ESTADO HOSPITAL SANTA MARTA DE SAMACÁ. Análisis situacional municipio de Samacá. Samacá: El Hospital, 2011.

Las minas del carbón de Samacá ofrecen excelentes propiedades coquizantes con fines metalúrgicos y térmicos tanto para el consumo interno como para la explotación, posicionando a este municipio en el primer lugar como productor de carbón del Departamento de Boyacá, así mismo esta actividad aporta un 35 % de empleo en la región⁸¹; las anteriores razones convierten la actividad minera en una de las principales ocupaciones laborales para la población, quienes dedican ocho horas de trabajo diario, de acuerdo con el estándar de horas en esta ocupación y que se ratifica con los datos reportados en la investigación, a través de la indagación de aspectos generales de la actividad minera.

La muestra evaluada, reportó 216 hombres correspondientes a un 92,3% de la muestra y 18 mujeres (7,7%; razón de masculinidad 8:1. El promedio de edad fue 31 años (DE± 9.257), (IC95% 29.9 – 32.3), ver figura 14; la distribución por

grupo etario: <25 años: 71 (30,3%), de 26 a 40 años: 122 (52,1%) y de 41 a 60 años: 41 (17,5%); el promedio de peso corporal, fue de 68.38 Kgs. (DE± 11.05) (IC95% 66.9 – 69.8) y tallas 1.67 mts. (DE± 6.20) (IC95% 1.66 – 1.68), como lo evidencia los datos de la tabla 1.

Figura 15. Distribución de edades de la muestra poblacional.



Fuente: Investigadoras.

⁸¹ *Ibíd.*, p. 22-26



Tabla 1. Distribución de pesos y talla de la muestra poblacional

	Peso	Talla
N	234	234
Media	68,38	167,33
Desv. típ.	11.05	6.20
Mínimo	51.00	149.00
Máximo	165.00	186.00

Fuente: Investigadoras.

4.2 ANTECEDENTES TOXICOALÉRGICOS

El estudio de casos y controles, realizado en el Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias de México, mostró que el riesgo para el desarrollo de bronquitis crónica y

de enfisema pulmonar en mujeres expuestas al humo de leña es cinco veces mayor que en las no expuestas y se incrementa con el grado de exposición. De otra parte, a partir de mediciones que se realizaron en una comunidad rural del estado de México se encontró que, los niveles promedio de partículas suspendidas menores a 10 micras dentro de las cocinas con fogones frecuentemente rebasan los 1000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; esta situación representa potencialmente un problema de salud pública que se tendrá que tratar en el futuro próximo.⁸²

La exposición por humo de leña, se presenta especialmente en los últimos 20 años en países con bajos y medianos ingresos como México y Colombia y que ha sido reafirmado con estudios de casos y controles desarrollado en México y en el estudio PREPOCOL, diseñado para establecer la prevalencia de EPOC en Colombia y en el cual tanto hombres como mujeres expuestos a humo de leña por más de diez años tuvieron una prevalencia de EPOC, significativamente mayor que la población general⁸³.

Los resultados obtenidos en la población intervenida, evidencian un alto porcentaje (89.3%) (IC_{95%} 84 - 93) de población expuesta a humo de leña en sus viviendas, ver tabla 2, lo que refleja el estilo de vida rural propio del altiplano cundiboyacense y como lo referencia un estudio en el

⁸² EMPRESA SOCIAL DEL ESTADO HOSPITAL SANTA MARTA DE SAMACÁ. Análisis situacional municipio de Samacá. Samacá: El Hospital, 2011.

⁸³ PÉREZ PADILLA, José Rogelio; REGALADO PINEDA, Justino y MORÁN MENDOZA, Ángel Onofre. La inhalación doméstica del humo de leña y otros materiales biológicos: un riesgo para el desarrollo de enfermedades respiratorias. En: Gaceta. Médica de México. Enero - Febrero 1999, vol. 135, no. 1. pp. 19-29.

contexto Boyacense, estas exposiciones muestran asociación para desarrollar enfermedad pulmonar obstructiva crónica EPOC (RP = 9,14; IC95% 1,33 - 62,58)⁸⁴.

En el análisis que se realiza al antecedente tóxico-alérgico: consumo de cigarrillo, un 44.4% (IC95% 37 - 50) de la población minera (tabla 3), refiere ser fumadores pasivos y/o activos; factor de riesgo importante para el desarrollo de enfermedades como asma, neumoconiosis, cáncer de pulmón y accidentes cerebro-vasculares, entre otras, situación que empeora el panorama de las condiciones de salud cardiorrespiratoria

de una población con alto riesgo ocupacional y que se expone en una revisión sistemática publicada por Schane et al., en el año 2010, la cual expresa que las políticas de salud pública sobre la identificación y el tratamiento de los fumadores, se asocia al consumo del tabaco, por tanto aumentan riesgos en la salud respiratoria⁸⁵, aumenta el riesgo cardiovascular, coronario y de desarrollar cáncer de pulmón, esófago, estómago y páncreas, infecciones del tracto respiratorio, cataratas, trastornos del sistema reproductivo y fracturas de caderas en las mujeres⁸⁶.

⁸⁴ VALERO ORTIZ, Adriana Sofía y FRANKY ROJAS, Mabel Patricia. Prevalencia de enfermedad pulmonar obstructiva crónica y su asociación a factores de riesgo en población mayor de 40 años en las veredas: La Concepción, San Francisco, San Isidro y San Onofre del municipio de Cóbbita en Boyacá, Colombia. *En*: Revista Colombiana de Neumología. 2006, vol. 18, no. 4. pp. 144-150.

⁸⁵ SCHANE, et al. Health effects of light and intermittent smoking: a review. *En*: Circulation. 2010, no. 121. pp. 1518-1522.

⁸⁶ *Ibíd.*, pp. 1519- 1521.

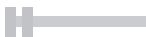


Tabla 2. Antecedentes tóxico-alérgicos

ANTECEDENTES TOXICOALÉRGICOS				
N= 234				
Humo de leña	Frecuencia	%	IC95%	
			Inferior	Superior
Sí	209	89.3	84	93
No	25	10.7	6	14
Humo de Cigarrillo				
Humo de Cigarrillo	Frecuencia	%	IC95%	
			Inferior	Superior
Sí	104	44.4	37	50
No	130	55.6	48	61

Fuente: Investigadoras.

4.3 SINTOMATOLOGÍA RESPIRATORIA

En la forma simple de las neumoconiosis de los mineros de carbón se encuentran pocos síntomas respiratorios y es el hallazgo radiológico anormal el que sugiere conjuntamente con el antecedente ocupacional el diagnóstico⁸⁷. El grado de discapacidad que ocasiona la neumoconiosis simple es leve a pesar de los aspectos radiológicos reportados; la disnea y la tos que con frecuencia acompañan a la enfermedad se relacionan estrechamente con los antecedentes del tabaquismo del minero y es probable que sean causadas fundamentalmente por una bronquitis crónica y un enfisema asociados⁸⁸.

En la neumoconiosis las lesiones progresan muy lentamente, por lo que se considera que deben transcurrir más de 20 a 30 años para que se haga aparente la lesión pulmonar. En la forma de fibrosis masiva progresiva se presenta disnea, más grave cuanto más extensa sea la lesión, que puede llevar a insuficiencia respiratoria crónica⁸⁹.

En este sentido, la sintomatología respiratoria presente en la población valorada, evidenció que el síntoma de tos es el más frecuente, con un porcentaje de 18,8 % (IC95% 13 - 22) que contrasta con el síntoma de disnea en el cual el 99.1 % (IC95% 97 - 100) de la población minera refiere no haber sentido fatiga, como lo expone la tabla 3, datos que son coherentes con lo reportado en la literatura, en la medida que apenas se insinúa la aparición de sintomatología respiratoria que sugiere una enfermedad respiratoria ocupacional en progreso.

⁸⁷ TORRES DUQUE y AWAD GARCÍA, Op. cit., pp. 475-479.

⁸⁸ WEST, John B. Fisiopatología pulmonar. 5 ed. Buenos Aires: Médica Panamericana, 2000. p. 128.

⁸⁹ TORRES DUQUE y AWAD GARCIA, Op. cit., p. 475-479



Tabla 3. Tos y Disnea

SINTOMATOLOGÍA RESPIRATORIA				
N= 234				
Tos	Frecuencia	%	IC95%	
			Inferior	Superior
Sí	44	18.8	13	22
No	190	81.2	75	86
Disnea.	Frecuencia	%	IC95%	
			Inferior	Superior
Sí	2	0.9	5	12
No	232	99.1	97	100

Fuente: Investigadoras.

4.4 PATRONES, PARÁMETROS ESPIROMÉTRICOS Y SATURACIÓN ARTERIAL DE OXÍGENO

Las alteraciones funcionales del sistema respiratorio son

identificables y cuantificables a través de pruebas de función pulmonar; siendo estas un componente importantes para evaluar el grado de discapacidad que genera una enfermedad respiratoria de origen ocupacional y se constituyen en una herramienta útil para establecer el pronóstico y hacer el seguimiento de este tipo de enfermedades respiratorias; la espirometría correlaciona de forma gráfica el volumen de aire movilizado durante la inspiración y la espiración con el tiempo que se tome para hacerlo; es una técnica fundamental en el estudio del paciente con síntomas respiratorios, tanto en el ámbito hospitalario como en la asistencia primaria, en donde se ha universalizado su utilización en los últimos años, en la interpretación que se hace de la misma se utilizan con frecuencia términos como

alteración obstructiva, restrictiva y mixta. Los parámetros de las pruebas de función pulmonar presentan una gran variabilidad interindividual y a diferencia de otras variables biológicas, dependen de las características antropométricas de los pacientes (sexo, edad, talla, peso y raza)⁹⁰.

Las pruebas de función pulmonar; en la forma simple de neumoconiosis son casi normales,⁹¹ sin embargo; a veces se observa una pequeña reducción del volumen espiratorio forzado, una elevación del volumen residual y un descenso de la presión arterial de

oxígeno (PaO₂). La fibrosis masiva progresiva determina un patrón obstructivo, restrictivo y mixto.

La alteración obstructiva, se caracteriza por la disminución del flujo espiratorio máximo y la dificultad para desocupar rápidamente los pulmones, manifestada con la disminución del volumen espirado forzado en un segundo (VEF1), de los flujos espiratorios forzados y de la relación volumen espirado forzado en un segundo/capacidad vital forzada (VEF1/ CVF), en cuanto a la alteración restrictiva se presenta una curva igual a la normal pero de volúmenes muy pequeños (micro-curva). Hay disminución de la capacidad vital (CV) y el volumen espirado en un segundo (VEF1), por pérdida de la capacidad inspiratoria, pero la relación (VEF1/ CV) está preservada⁹².

El análisis espirométrico realizado en la población minera, mostró en el grupo de mineros intervenidos alteraciones de tipo restrictivo y obstructivo representado en un 5.1%, (12 mineros), revelando un bajo porcentaje de alteración funcional respiratoria. Discriminado en un 3.8%, correspondiente al patrón obstructivo y 1.3% restrictivo, ver tabla 4.

⁹⁰ GÁLDIZA, Juan B. y MARTÍNEZ LLORENSB, Juana. Nuevos valores espirométricos de referencia. En: Archivos de Bronconeumología. 2013. p. 413.

⁹¹ *Ibíd.*, p. 497

⁹² *Ibíd.*, pp. 62-63



Tabla 4. Patrones espirométricos reportados y grados de severidad.

PATRÓN OBSTRUCTIVO				
N= 234				
Grado de severidad de la obstrucción	Frecuencia	%	IC95%	
			Inferior	Superior
Leve	09	3.84	0.013	0.062
Normal	225	96.1	0.934	0.985

PATRÓN RESTRICTIVO				
N= 234				
Grado de severidad de la restricción	Frecuencia	%	IC95%	
			Inferior	Superior
Leve	03	1.28	-0.0016	0.027
Normal	231	98.7	0.962	0.997

Fuente: Investigadoras.

De acuerdo con la clasificación definida desde la American Thoracic Society – ATS, para grados de obstrucción y restricción⁹³, los grados de severidad obstructivo y restrictivo arrojados en las pruebas espirométricas reportaron un alto porcentaje de no severidad; consecuente con la presencia de patrones espirométricos normales en un 94.9%; mientras que un 5.1 % reportó anormalidad espirométrica específicamente así: 3.84% correspondiente a alteración Obstruccion leve y un 1.28% a alteración restrictiva leve.

⁹³ AMERICAN THORACIC SOCIETY. Standardization of spirometry. 1994 update. American Journal Respiratory Critical Care Medicine. 1995; no. 152. pp. 1107-1136.

El cuadro 2 muestra valores de: segundo - VEF1(% teórico) 14.5 con una DE± 13.0, Flujo espiratorio pico – FEP (% teórico) 113.8 con una DE± 18.6, Relación Volumen espirado forzado 1 segundo/ Capacidad vital forzada - VEF1/CVF(% teórico) 96.1 con una DE± 6.36.

Cuadro 2. Parámetros espirométricos específicos

Parámetro	Media		DE±	IC95%	
	L/seg	%		Inferior	Superior
Capacidad vital forzada – CVF (teórico)	4.34		0.62	4.26	4.42
Capacidad vital forzada – CVF (predicho)	4.66	-	0.73	4.56	4.75
Capacidad vital forzada – CVF (% teórico)	-	108.3	13.3	106.6	110.0
Volumen espirado forzado 1 segundo - VEF1 (teórico)	3.67	-	0.55	3.60	3.74
Volumen espirado forzado 1 segundo - VEF1 (predicho)	3.81	-	0.59	3.73	3.88
Volumen espirado forzado 1 segundo - VEF1(% teórico)	-	104.5	13.0	102.8	106.2
Flujo espiratorio pico – FEP (teórico)	8.73	-	5.10	8.07	9.39
Flujo espiratorio pico – FEP (predicho)	9.54	-	1.73	9.32	9.77
Flujo espiratorio pico – FEP (% teórico)	-	113.8	18.6	111.4	116.2
Relación Volumen espirado forzado 1 segundo/ Capacidad vital forzada - VEF1/CVF(teórico)	Media		DE±	IC95%	
	%			Inferior	Superior
	84.9		1.62	84.7	85.2
Relación Volumen espirado forzado 1 segundo/ Capacidad vital forzada - VEF1/CVF(predicho)	81.4		7.53	80.4	82.3
Relación Volumen espirado forzado 1 segundo/ Capacidad vital forzada - VEF1/CVF(% teórico)	96.1		6.36	95.3	96.9

Fuente: Investigadoras.



Los valores de la muestra estudiada, registraron porcentajes de saturación arterial de oxígeno con promedio de (93,9 %) (DE \pm 2.1%) (IC95% 93.6 – 94.2), porcentajes de saturación mínimas de 88 % y máximas de 98 %, niveles que demuestran adecuada afinidad de la hemoglobina (Hb) por el oxígeno para ser distribuido en los tejidos corporales ; las cifras anteriores son consecuentes al alto porcentaje de normalidad espirométrica reportada, donde no hay alteración de la membrana alveolo capilar ⁹⁴.

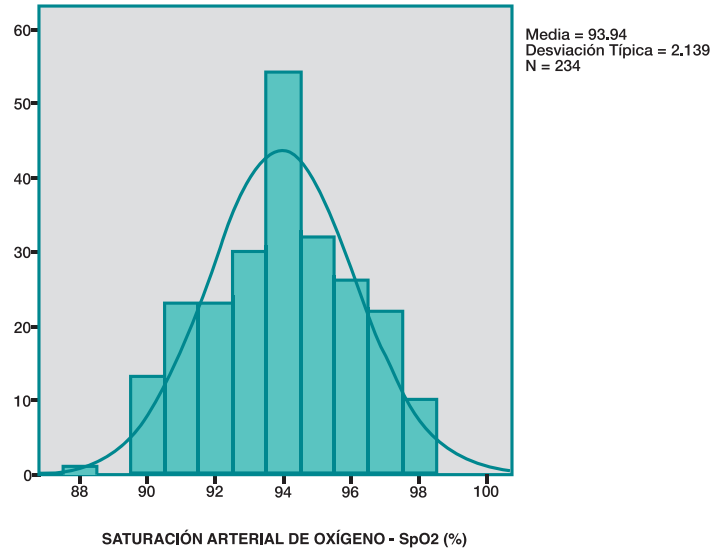
Tabla 5. Saturación arterial de Oxígeno - spo2 (%)

	spo2 (%)
N	234
Media	93.94
Desviación estándar	2,139
Mínimo	88
Máximo	98

Fuente: Investigadoras.

⁹⁴ SIVARAJAN, V. Ben, and BOHN Desmond. Monitoring of standard hemodynamic parameters: Heart rate, systemic blood pressure, atrial pressure, pulse oximetry, and end-tidal CO2. En: Pediatric Critical Care. Medicine. 2011, vol. 12, no. 4.

Figura 16. Distribución de porcentajes de SpO2 de la muestra poblacional



Fuente: Investigadoras.

DISCUSIÓN

Kirkhorn y Garry, en el año 2000, realizaron estudios para entender que factores, relacionados con la composición, el tamaño de las partículas, tiempo de exposición y el modo de acción, son responsables de los efectos deletéreos a la salud respiratoria; los estudios referidos muestran que los polvos pueden llevar componentes biológicos como bacterias, hongos y endotoxinas, así como los metales con toxicidades conocidas de fuentes naturales y antropogénicas.



Los componentes orgánicos, como endotoxinas, también contribuyen a los síntomas relacionados con el asma y la inflamación y pueden interactuar con componentes inorgánicos para producir efectos en la salud.⁹⁵

La muestra poblacional evaluada evidencia un porcentaje importante de la mujer desempeñando la labor minera, situación que refleja la actitud independiente y similar con el género opuesto en la realización de actividades que hasta hace algunos años eran exclusivas de hombres, esta situación

posiblemente responde a la naturaleza de madres cabeza de familia, actividad predominante en su entorno y propio de su cultura, situación que contrasta con los datos de González et al en el año 2009, donde la participación de la mujer en la labor minera estaba ausente.

De acuerdo a la edad, el estudio mostró un promedio de 31 años, los cuales corresponden a mineros en rangos de edad de adulto medio y joven en el ejercicio de la explotación minera en esta muestra poblacional; datos que al comparar con estudios similares como los de González y Col, 2009, Ospina y Col⁹⁶ y González y Col⁹⁷; muestran que el promedio de la edad del grupo de mineros estudiado, está por debajo del promedio de estos estudios referenciados, 35 años, 35,7 años y 34,8 años respectivamente; la proporción de adultos mayores aun laborando en este medio deja ver en los resultados del estudio frecuencias intermedias (17,5%), frente a las reportadas en los anteriores estudios, donde la participación del adulto mayor está en promedios porcentuales de 21,8 % y 13,8 %. En el contexto internacional el estudio publicado por ML Wang y Col⁹⁸, difiere con los promedios de edades encontradas tanto en este estudio, como en el de los demás autores reportados en el contexto regional, en la medida que el estudio chino deja ver promedios de edades relativamente muy jóvenes

⁹⁵ KIRKHORN, Steven R.; GARRY, Vincent F. Agricultural Lung Diseases. En: Environmental Health Perspectives. 2000, vol. 108, no. 4. p. 50-54

⁹⁶ OSPINA DÍAZ, GONZÁLEZ JIMENEZ Y FERNÁNDEZ CELY, Op. cit., pp. 445-453.

⁹⁷ JIMÉNEZ GONZÁLEZ, Op. cit., pp. 21-26.

⁹⁸ WANG, Mei-Lin, et al. Weight gain and longitudinal changes in lung function in steel workers. En: Chest Journal. 1997, vol. 111, no. 6, pp. 1526-1532.

(21 años) con rangos de 16 a 31 años, datos que adicionalmente evidencian menores de edad laborando en minería, situación no revelada en los estudios del contexto Boyacense.

Al analizar los promedios de tiempos utilizados en la jornada laboral minera, se encuentran similitudes o estandarización en las horas diarias de trabajo, que comprenden 7,8 como lo reporta González y Col en el año 2009 y 8 horas reportados en este estudio. Dato que es consecuente con el El valor Límite Permisible de Tiempo Promedio Ponderado para una jornada de ocho (8) horas diarias y cuarenta (40) horas a la semana de trabajo. El cual estipula que cuando la jornada laboral sea superior a lo establecido, los valores Límites Permisibles VLP - TWA deben ser corregidos por métodos de

factor de corrección recomendados por las ARP o un profesional de Salud Ocupacional; según lo establecido por el Ministerio de Minas y Energía, en materia de Higiene y Seguridad en las Labores Mineras Subterráneas.

Los datos referidos a antecedentes de tipo toxicoalérgicos por humo de cigarrillo, muestran para este estudio proporciones muy altas (89 %), que al ser comparadas frente a los datos publicados por González y Col en 2009, con proporciones de 25,9% superan en gran medida este tipo de antecedente toxicoalérgicos. Esta situación puede atribuirse al hecho de encontrarnos frente a una población relativamente joven, en la que el hábito tabáquico en términos culturales es muy frecuente.

En cuanto a los hallazgos determinados para antecedente tóxico-alérgicos por humo de leña, fueron de 89,3 % proporciones muy altas, que tienen que ver con el contexto rural donde fue analizada ésta muestra, situación que supera nuevamente en términos porcentuales las proporciones reportadas en otros estudios, para este tipo de antecedente (57,6 %). Según Wang ML, Petsonk et al⁹⁹, muestran resultados que sugieren una pérdida en la función ventilatoria asociada a exposición de factores de riesgo o personales como el tabaquismo, humo de leña y carbón; resultados que reafirman la relación entre exposición a factores de riesgo y desarrollo de enfermedad pulmonar.

La exploración en sintomatología respiratoria evidencia muy bajas proporciones para disnea (0.9 %), situación que probablemente se atribuya a mineros en edades jóvenes y con cortos tiempos de exposición laboral, en los que la enfermedad respiratoria está en evolución, por tanto no hay alteración en la zona

⁹⁹ *Ibíd.*, p. 1530.



de intercambio gaseoso; los datos reportados en el trabajo de González y Col en 2013, donde se explora este síntoma revelan al igual resultados de este estudio, proporciones muy bajas para disnea (8,3 %), contrastando con los resultados reportados por este mismo autor, donde las proporciones de la fatiga alcanzan porcentajes de (48,8 %), situación que justifica esta proporción por la presencia de mineros con edades que superan los 60 años de edad (3,3 %) y mayores de 45 años (18,6 %) estudiados en este trabajo.

Frente al síntoma de tos los resultados muestran un comportamiento muy similar al de la disnea, en la medida que aunque se dan proporciones un poco más elevadas (18,8 %) y que guarda relación con condiciones de hábito tabáquico que está presente en una parte

importante en esta muestra poblacional, sumado a situaciones como contaminación ambiental, el estudio poblacional similar, muestra porcentajes más elevados para este síntoma (75 %), reportes que como se mencionaba anteriormente tienen que ver con una población intervenida con mayores tiempos de exposiciones y años de edad.

El análisis del patrón espirométrico característico en esta muestra poblacional, permite visualizar que un (5,1 %), reporta patrón espirométrico anormal, datos que contrastan con los resultados reportados por González y Col en 2009, donde la prevalencia de patrón espirométrico anormal alcanza un (26,1 %), resultados que se muestran coherentes si se tiene en cuenta las edades, tiempo de exposición y demás factores a los cuales están expuestos para desarrollar alteraciones de volúmenes pulmonares.

Al realizar el análisis detallado de cada uno de los parámetros espirométricos, se puede observar en términos generales que están dentro de referentes teóricos de normalidad para este grupo de mineros, resultados que aportan significativamente a la caracterización de estas poblaciones en quienes no se había realizado un estudio de exploración respiratoria detallada, por lo menos en nuestro medio. A diferencia del estudio desarrollado por González y Col en 2009, el valor agregado de este trabajo radica en detallar parámetros espirométricos como la Capacidad Vital Forzada CVF, el Volumen Espirado Forzado en el primer segundo VEF1, la relación CVF/VEF1, el Flujo Espirado Forzado 25 – 75% y el Flujo Espiratorio Pico FEP. Al analizar los valores reportados para el 5,1 % de anormalidad frente a los parámetros mencionados anteriormente, se observa disminución marcada en el FEF25 – 75%, dato que guarda coherencia con lo reportado en la literatura frente a este parámetro para proceso de neumoconiosis del minero de carbón.

Los resultados que reporta el estudio para saturación arterial de oxígeno SpO₂, evidencian valores promedio porcentuales para la muestra estudiada, dentro de límites normales 93 y 94% (DE ± 2,13); este aspecto nuevamente podría tener algún tipo de explicación en una muestra poblacional que es relativamente joven, con tiempos de exposición muy cortos a sustancias particuladas donde aún no hay daño en membrana alveolo-capilar, no diferentes son los resultados obtenidos en la publicación de Ospina y Col y González et al en 2012, en la que un grupo de mineros es sometido a una caminata de seis minutos en los que los valores de saturación arterial de oxígeno reportados antes de la prueba, registran valores de 94 % a 95% y posteriores a la actividad física se obtiene saturación arterial de oxígeno en un promedio de 92%, esta disminución en el resultado evidencia una respuesta compensatoria a la actividad y el esfuerzo al que fueron sometidos; sin desconocer las edades en las que se presentó esta condición.



CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La caracterización sociodemográfica de la muestra poblacional minera evaluada evidenció el predominio del género masculino; sin embargo, es relevante la proporción representada por el género femenino, hallazgo importante frente a otros estudios en poblaciones similares en los cuales la totalidad de mineros estudiados son de género masculino.

Los datos referidos a antecedentes de tipo toxico-alérgico muestran proporciones altas de exposición al humo de leña, relacionado con la situación propia del contexto rural Cundiboyacense y que aumenta el riesgo respiratorio en esta población con una exposición adicional a sustancias particuladas del carbón.

La exploración de la sintomatología respiratoria evidenció muy bajas proporciones para disnea y tos, situación que probablemente se atribuya a mineros en edades jóvenes y con tiempos de exposición laboral cortos.

El estudio evidenció que un 5.1% del total de la muestra reporta anormalidad en su patrón espirométrico general, característica asociada a la edad promedio de la población estudiada.

La medición de saturación arterial de oxígeno, a través del oxímetro de pulso reportó valores entre 93 y 94 % con ($DE \pm 2,13$) de normalidad para esta población.

La práctica adecuada de actividades que promuevan la higiene industrial y salud ocupacional minimizan la aparición temprana de sintomatología respiratoria; datos respaldados por investigaciones realizadas en China y Estados Unidos y que llevan a realizar planteamientos encaminados a implementar un programa de intervención integral para la salud respiratoria del trabajador del sector minero del Municipio de Samacá, que responda coherentemente con las

áreas y componentes de las líneas de intervención sobre las cuales se estructura el Plan Nacional de prevención de la silicosis y neumoconiosis de mineros de carbón 2010 – 2030, que expone desarrollar: promoción de la salud de los trabajadores expuestos a los agentes de riesgo, prevención de las enfermedades (silicosis, antracosis y beriliosis, capacidad diagnóstica y de evaluación de silicosis, prevención primaria, secundaria y terciaria y protección y educación de los trabajadores.

Se recomienda a los estamentos o entidades a quienes le corresponde (ARL/ empresas involucradas en la cadena productiva del carbón), desarrollar programas de intervención integral en salud respiratoria al minero, que mejore las condiciones de salud respiratoria, en los trabajadores del sector minero de este municipio y optimizar la adherencia a la utilización de los elementos de protección individual y colectivo.

Los resultados obtenidos visualizan a futuro un problema de salud pública para esta población, situación que sugiere la estructuración de un plan de intervención respiratoria, que brinden a estas poblaciones mejor calidad de vida respiratoria; se propone un centro respiratorio integral del minero que desarrolle los siguientes objetivos bajo el modelo o estructura expuesto a continuación:

Objetivos específicos

- Comprometer y concientizar a los involucrados en el proceso de explotación de carbón para que generen espacios de desarrollo del programa.
- Describir la percepción del riesgo laboral respiratorio en trabajadores del sector minero.
- Implementar estrategias de promoción de la salud respiratoria que logren impactar y movilizar la población minera, frente al riesgo laboral respiratorio.
- Desarrollar actividades de prevención secundaria, terciaria y rehabilitación en población minera sintomática respiratoria.
- Realizar un estudio de impacto y resultados que valore el programa desarrollado en la población intervenida.

Productos finales específicos

- Los actores involucrados en el proceso de explotación de carbón, se concientizarán y comprometerán en la generación de espacios para el desarrollo del programa.



- Se contará con un diagnóstico de la percepción del riesgo laboral respiratorio en la población minera.
- Se implementarán estrategias de promoción de la salud respiratoria que lograrán impactar en la población minera, frente al riesgo laboral respiratorio.
- La población minera contará con un programa integral de salud respiratoria para sintomáticos respiratorios.
- El programa será valorado con un estudio de impacto y resultados.

I. COMPONENTE PREINTERVENCIÓN

FASE DE CABILDEO. Mediante el programa “Informa e Influye”, se convoca a los distintos agentes con poder de decisión, con la finalidad de incluir el

proyecto dentro de sus Políticas de Responsabilidad Social Empresarial, buscando un objetivo común en conjunto con organizaciones y grupos representativos de la sociedad vinculados en el proceso minero energético; en este sentido, el cabildeo promueve la democratización de las decisiones públicas.

FASE DE SENSIBILIZACIÓN. Medida que genera conciencia de la importancia de la Salud Respiratoria; se ha tomado especialmente en consideración el enfoque de Minero, sin olvidar sensibilizar y hacer partícipes a todas las personas que puedan estar interesadas en conocer las enfermedades a las que se enfrentan determinadas personas que laboran en la minería, transmitiendo el interés que tienen, por su vulnerabilidad, a ser objeto de una especial atención, no solo desde determinadas Instituciones sino también desde la corresponsabilidad ciudadana Empresarial y familiar.

FASE DE CONCERTACIÓN. Se constituye en un elemento esencial para garantizar el éxito de la propuesta sugerida. Operativamente se traduce en una serie de decisiones que garantizan la ejecución de todas y cada uno de los componentes, fases, áreas y actividades del programa, contando con la disposición, disponibilidad y respaldo de aquellos actores directamente involucrados con el ejercicio minero; se cita la importancia de contar con la aprobación de propietarios de minas en relación con la asignación de tiempos y espacios para que cada trabajador adscrito a las mismas, pueda participar directamente en el programa sin perturbar los procesos de producción, ni alterar las dinámicas laborales particulares.

II. COMPONENTE DE DIAGNÓSTICO

FASE DE DIAGNÓSTICO CUALITATIVO DE PERCEPCIÓN DEL RIESGO.

Conscientes del panorama de riesgo que existe a nivel general en la minería, concebida como un oficio peligroso y altamente desprotegido, pero sin soporte científico que respalde las apreciaciones al respecto, consideramos necesario desarrollar una primera intervención diagnóstica que se describe como un punto de partida para dar soporte real a las intervenciones propuestas en el componente de intervención.

Esta primera fase consiste en la elaboración de un estudio de investigación cualitativa que tiene como objetivo fundamental determinar cuál es la percepción de riesgo que tienen los trabajadores del sector minero, para sobre estos resultados enfocar y optimizar actividades en la fase de intervención.

FASE DE DIAGNÓSTICO CUANTITATIVO DE CONDICIONES FUNCIONALES RESPIRATORIAS. Esta fase está soportada en análisis o estudios transversales que valoran las diferentes variables funcionales /fisiológicas respiratorias para determinar las condiciones de normalidad o anormalidad pulmonar (prevención secundaria), para sobre ello determinar conductas de intervención en el área de prevención terciaria y cuaternaria.

Las actividades que desarrolla esta fase se soportan en:

- Realización de oximetría de pulso, cooximetría y capnografía.
- Realización de caminata de seis minutos.
- Realización del test incremental, test de carga constante y evaluación fuerza muscular.
- Valoración de la disnea.
- Valoración de la calidad de vida respiratoria.
- Realización y análisis de pruebas como: curva flujo – volumen, espirometría simple, Ventilación voluntaria máxima (VVM), presión inspiratoria máxima PIM, presión espiratoria máxima PEM.
- Toma, procesamiento e interpretación de gases arteriales y arteriovenosos.
- Toma de rayos X de tórax
- Fibrobronoscopias.



III. COMPONENTE DE INTERVENCIÓN

FASE DE PROMOCIÓN Y PREVENCIÓN RESPIRATORIA: En este proceso de actuación se impactará a los trabajadores del sector minero carbonífero de Samacá; la principal finalidad es el mejoramiento de la calidad de vida de los mineros, considerando involucrar a quienes tienen especial compromiso con esta población vulnerable en riesgo, implementando estrategias que complementen los esfuerzos de las entidades de salud y de las administradoras de riesgos laborales en relación con la promoción de la salud respiratoria, la prevención primaria en sujetos asintomáticos y sintomáticos respiratorios y la prevención terciaria y rehabilitación en individuos sintomáticos respiratorios.

Se emplearán estrategias que persigan objetivos alcanzables a través

del empleo de técnicas de información – comunicación – educación en salud ICE tales como: talleres vivenciales, juego de roles, proyecto de vida entre otros, que consigan motivar significativamente al minero hacia el autocuidado y la modificación paulatina de preconceptos frente al riesgo.

Esta fase considera las siguientes áreas y actividades:

Área de promoción de la salud respiratoria y prevención primaria

Desarrollo de programas, actividades y planes de promoción de la salud y prevención de la enfermedad respiratoria, encaminados a proporcionar a la población minera, los medios necesarios para ejercer un mayor control sobre la salud y poder mejorar las condiciones y calidad de vida respiratoria; el área contempla desarrollar actividades como:

- Educación en cese tabáquico.
- Educación en manejo de inhaladores y cámaras espaciadoras.
- Educación en higiene de los dispositivos.
- Educación en el reconocimiento de la medicación.
- Educación en patología específica del paciente.
- Educación en el manejo del oxígeno suplementario.
- Educación en vacunación específica de protección respiratoria.
- Educación en técnicas de reducción y alivio de la disnea.
- Educación de los beneficios de la actividad física y la manera correcta de utilizarlo (plan escrito).
- Educación en aspectos nutricionales.

- Educación en actividades de la vida y conservación de la energía.
- Manejo de la ansiedad y depresión derivada de la disnea.
- Educación de la disnea en condiciones especiales: viajes, sexualidad y trabajo.
- Evaluación social del entorno del paciente.
- Educación del paciente y su familia, frente a la patología del minero.

Área de prevención terciaria y cuaternaria.

Intervención con modalidades y técnicas de actuación de la rehabilitación pulmonar y del cuidado respiratorio:

- Aerosolterapia.
- Oxigenoterapia.
- Desensibilización de la disnea
- Técnicas de entrenamiento al ejercicio (aeróbico y fuerza)

- Técnicas de entrenamiento de los músculos respiratorios
- Entrenamiento de resistencia, de fuerza y flexibilidad

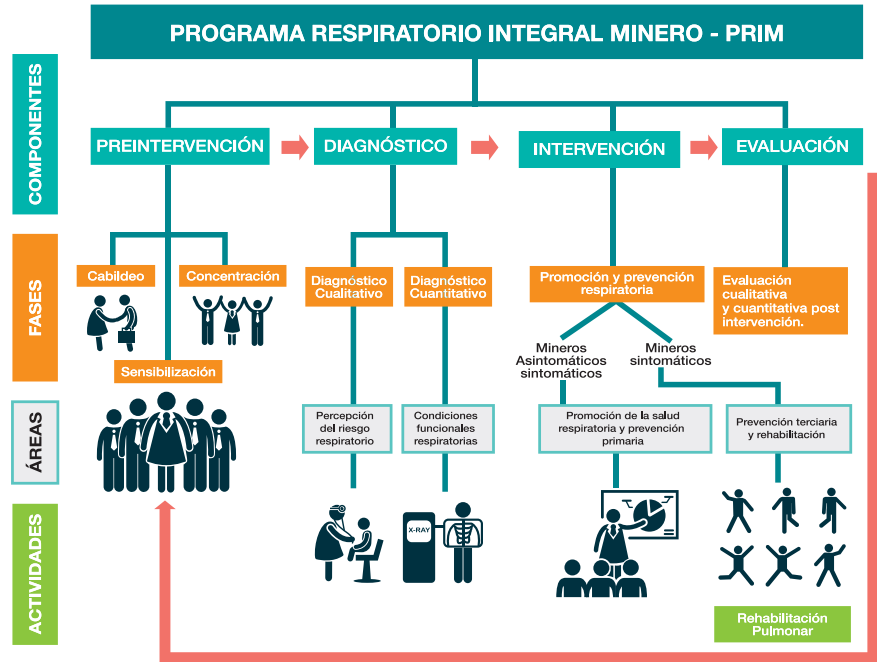
IV. COMPONENTE DE EVALUACIÓN

La evaluación debe propender por una comprensión e interpretación de los fenómenos encontrados, a partir de un análisis del contexto, el proceso y los resultados; se busca que una vez finalizada la fase de intervención, mediante una combinación de métodos cualitativos y cuantitativos, verificables a través de la información registrada, se pueda dar cuenta no solo de la magnitud del cambio, si lo hubo, sino el por qué y a consecuencia de qué.

Cuando se evalúa la efectividad, se está indagando sobre el cumplimiento de los objetivos de la intervención, los cambios esperados y no esperados como consecuencia de ella y los factores que han contribuido a estos resultados, de tal manera que permita replantear, reforzar o fortalecer la estructura del programa propuesto; en este sentido, se contaría con el soporte para definir nuevos procesos de inversión social en el campo, presentando resultados significativos a la comunidad en general.



Figura 17. Estructura y proceso del programa respiratorio integral del minero



Fuente: Investigadoras.

GLOSARIO

Aire – Atmósfera. Es la capa gaseosa que rodea nuestro planeta, contiene aire que incluye partículas sólidas y líquidas en suspensión, o aerosoles y nubes. La composición de la atmósfera y los procesos que en ella se desarrollan tienen gran influencia en la actividad humana y en el comportamiento del ambiente en general. Estas interacciones afectan el intercambio y consumo de bienes y servicios, el bienestar y seguridad de la población¹⁰⁰.

Capacidad vital forzada (CVF): Máximo volumen de aire que puede espirar un individuo después de una inspiración máxima. Es un indicador del tamaño pulmonar. Nos indica el tamaño pulmonar. Por consiguiente, la CVF disminuye en las enfermedades en las cuales existe disminución del volumen pulmonar (enfermedades restrictivas)¹⁰¹.

Contaminantes. Son los fenómenos físicos o sustancias o elementos en estado sólido, líquido o gaseoso causantes de efectos adversos en el medio ambiente, los recursos naturales renovables y la salud humana que solos o en combinación, o como productos de reacción, se emiten al aire como resultado de actividades humanas, de causas naturales, o de una combinación de estas¹⁰².

¹⁰⁰ SISTEMA DE INFORMACIÓN AMBIENTAL DE COLOMBIA SIAC. Aire y atmósfera. [En línea]. Bogotá: SIAC, s.f. [Citado el 26-05-2014]. Disponible en: <https://www.siac.gov.co/contenido/contenido.aspx?catID=362&conID=1040>

¹⁰¹ TORRES DUQUE, Carlos Arturo y AWAD GARCÍA, Carlos Enrique. Fundamentos de Medicina. Neumología. Medellín: Corporación para Investigaciones Biológicas, 2007, p. 62.

¹⁰² COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Resolución 909 de 5 de junio de 2008. Bogotá: El Ministerio, 2008. p. 39.



Coquización del Carbón. La Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (USEPA), define la coquización del carbón como una destilación incompleta en hornos de tipo colmena y solera. La Unidad de Planeación Minero-Energética del Ministerio de Minas y Energía de Colombia describe la coquización como una transformación definida como: “Conjunto de operaciones fisicoquímicas o metalúrgicas utilizadas para obtener un producto comercial no identificable con el material en su estado natural, tal como la destilación de carbón para producir coque, gas, amoníaco y brea entre otros”¹⁰³.

Curva flujo volumen. Esta curva relaciona el volumen pulmonar (capacidad vital) con los máximos flujos espiratorios e inspiratorios que se pueden generar a diferentes volúmenes pulmonares. Muestra también la respiración en reposo y durante un ejercicio máximo. En condiciones normales existe una gran reserva tanto de flujos como de volumen pulmonar, situación que permite incrementar la ventilación en forma muy importante sin alcanzar los flujos espiratorios máximos¹⁰⁴.

¹⁰³ MADÍAS, Jorge. Coquización sin recuperación de subproductos y con recuperación de calor. *En*: Acero Latinoamericano. 2010. pp. 36-44.

¹⁰⁴ LISBOA, CARMEN; BORZONE, GISELLA; DÍAZ, ORLANDO, Orlando. Hiperinflación pulmonar en la enfermedad pulmonar obstructiva crónica: Importancia funcional y clínica. *En*: Revista Chilena de Enfermería Respiratoria. [En línea]. Enero 2004, vol. 20, no. 1. pp. 9-20. [Citado el 14-07-2014]. Disponible en: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-73482004000100002&lng=es. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-7348200400010000>

Disnea. Sensación de falta de aire de una respiración anormal o incómoda con la percepción de mayor trabajo respiratorio que aparece durante el reposo o con un grado de actividad física inferior a la esperada¹⁰⁵.

Espirometría. Es una prueba básica de función mecánica respiratoria, es crítica para el diagnóstico y la vigilancia de enfermedades pulmonares crónicas, como el asma y la enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC), problemas de salud pública en todo el mundo¹⁰⁶.

De los diversos índices derivados de una espiración forzada, los más usados son: el volumen espiratorio forzado en un segundo (VEF1), corresponde al volumen de aire exhalado durante el primer segundo de la capacidad vital forzada (FVC) expresado en litros; cantidad de aire que puede sacar un individuo un segundo después de iniciar la exhalación teniendo los pulmones completamente inflados y haciendo su máximo esfuerzo, y la capacidad vital forzada (CVF) que es el máximo volumen de aire exhalado después de una inspiración máxima expresado en litros¹⁰⁷; estos parámetros son los más representativos dada su buena reproducibilidad, facilidad de su medición, y grado de correlación con la etapa de la enfermedad, condición funcional, morbilidad y mortalidad.

¹⁰⁵ QUITIAN, Jerson, et al. Un enfoque práctico de disnea. En: Revista Colombiana de Neumología. 2011. Vol. 23, No. 2.

¹⁰⁶ VÁZQUEZ GARCÍA, Juan Carlos. PÉREZ PADILLA, Rogelio. Manual para el Uso y la Interpretación de la Espirometría por el Médico. En: Asociación Latinoamericana de Tórax. 2007, vol. 1, n° 1. p. 5.

¹⁰⁷ *Ibíd.*, pp. 16 - 17



Relación Volumen Espiratorio Forzado en un segundo (VEF1) / Capacidad Vital Forzada (CVF), índice que se expresa como porcentaje, y se utiliza para describir el retardo en la espiración que define las alteraciones obstructivas. En el adulto normal la relación VEF1/CVF varía entre 70 y 80%, su disminución <70% define la presencia de obstrucción.¹⁰⁸

Flujo Espiratorio Máximo o Pico: (FEM o FEP), flujo máximo de aire alcanzado con un máximo esfuerzo, partiendo de una posición de inspiración máxima, expresado en L/s.¹⁰⁹ Esta medida es dependiente del esfuerzo realizado por el paciente, del volumen al cual se inicia la espiración y de la resistencia del equipo utilizado.

Flujo Espiratorio Máximo 25-75 (FEM 25-75), corresponde a la tasa promedio de flujo espiratorio en la mitad (25 a 75%) de la curva espiratoria medida en el espirograma o derivada de la curva flujo-volumen, es considerada un índice más sensible que el volumen espiratorio forzado en un segundo para el diagnóstico precoz de obstrucción al flujo de aire.

Flujo Espiratorio Forzado_{50%} y Flujo Espiratorio Forzado_{75%} (FEF_{50%}-FEF_{75%}). Estos índices se obtienen de la capacidad vital forzada (CVF), los cuales corresponden al flujo instantáneo cuando se ha exhalado el 50 y 75 % de la capacidad vital forzada (CVF), se encuentran disminuidos en las alteraciones obstructivas pero pueden estar disminuidos en las alteraciones restrictivas, por lo cual deben analizarse teniendo en cuenta la morfología de la curva y la relación VEF1/CVF.¹¹⁰

¹⁰⁸ TORRES D., Op. Cit., p. 62

¹⁰⁹ Ibíd., p.17

¹¹⁰ TORRES D., Op. Cit., p. 64

Los valores derivados de la espirometría dependen de varios factores, uno muy importante es el tamaño de los pulmones, una persona de tamaño grande tiene pulmones más grandes comparados con una persona pequeña, por tanto la CV y el VEF1 dependen de esta característica. Otro factor importante es el sexo de la persona, las mujeres tienen pulmones más pequeños que los hombres aunque tengan la misma talla y edad, el tercer factor importante es la edad, ya que conforme la persona envejece hay un deterioro de la función pulmonar y sobretodo de la resistencia de los bronquios al paso del aire disminuyendo progresivamente el VEF. La CVF y la relación VEF/CVF.

Neumoconiosis. Son enfermedades pulmonares producidas por polvo mineral y que originan la sustitución de tejido pulmonar por colágeno¹¹¹.

Partículas en suspensión. De acuerdo a lo expresado por la Organización Mundial de la Salud, estas partículas consisten en una mezcla compleja de partículas líquidas y sólidas de sustancias orgánicas e inorgánicas suspendidas en el aire, las cuales se clasifican en función de su diámetro aerodinámico en PM10 (partículas con un diámetro aerodinámico inferior a 10 μm) y PM2.5 (diámetro aerodinámico inferior a 2,5 μm). Los efectos adversos a la salud de las personas dependen de los niveles de exposición a los que está sometida la población.

Patrón obstructivo. Consiste en una reducción del flujo de aire máximo que puede ser expulsado por el pulmón en relación con el volumen máximo que

¹¹¹ GONZÁLEZ-RIBAS, M. Neumoconiosis textiles. En: Anales de Medicina y Cirugía. 1962, vol. 42, no. 172. p. 257-282.



puede expulsar. Se produce en enfermedades que cursan con limitación al flujo aéreo, por un aumento de las resistencias de la vía respiratoria (bronquitis crónica o asma) o por una disminución de la presión de retroceso elástico. Se define por: Relación FEV1/FVC disminuida (<70%), FEV1 disminuido (<80%), FVC conservada (>80%)¹¹².

Patrón restrictivo. Se caracteriza por una reducción de los volúmenes pulmonares. Se define por: Relación FEV1/FVC normal (>70%), FVC disminuida (<80%), FEV1 disminuido (<80%)¹¹³.

Saturación arterial de oxígeno. La oximetría de pulso es un método no invasivo que permite la estimación de la saturación de oxígeno de la hemoglobina arterial y también vigila la frecuencia cardíaca y la amplitud del pulso¹¹⁴.

Tos. Mecanismo de defensa que protege las vías aéreas de los efectos adversos de las sustancias inhaladas. Sirve, además, para expulsar las secreciones que se acumulan cuando se altera el mecanismo normal de la limpieza mucociliar. Es un síntoma de alteración broncopulmonar que puede ser transitoria y poco importante o indicar la presencia de una enfermedad severa¹¹⁵.

¹¹² *Ibíd.*, p. 457.

¹¹³ VILLAESCUSA, M.C. y GONZÁLEZ. Evaluación de las pruebas funcionales respiratorias más frecuentes. Espirometría forzada. En: *Avances en Diabetología*. 2009, vol. 25, no. 6. pp. 455-458.

¹¹⁴ MEJÍA SALAS, Héctor y MEJÍA SUÁREZ, Mayra. Oximetría de pulso. *En*: *Revista de la Sociedad Boliviana de Pediatría*. 2012, vol. 51, no 2. pp. 149-155.

¹¹⁵ BARRACLOUGH, Kevin. Tos crónica: diagnóstico en la práctica general. En: *BMJ*. 2009, no. 338. pp. b1218.

BIBLIOGRAFÍA

- ALPERN, B. y LEMOS DE SOUSA, M.J. Documented international enquiry on solid sedimentary fossil fuels; coal: definitions, classifications, reserves-resources, and energy potential. En: *International Journal Coal Geology*. 2002, no. 50. pp. 3-41.
- AMERICAN THORACIC SOCIETY. Standardization of spirometry. 1994 update. *American Journal Respiratory Critical Care Medicine*. 1995, no. 152. pp. 1107-1136.
- ATES, Iker. et al. Possible effect of gene polymorphisms on the release of TNF alpha and IL1 cytokines in coal workers' pneumoconiosis. En: *Experimental and Toxicology Pathology*. 2011, no. 63. pp. 175-179.
- ARTILLERO. [En línea]. [s.p.i.]. [Citado el 23-05-2014]. Disponible en: <http://pozosanfructuoso.files.wordpress.com/2010/06/artillero.jpg>
- BARRACLOUGH, Kevin. Tos crónica: diagnóstico en la práctica general. En: *BMJ*. 2009, no. 338. p. b1218.
- ZHENGFU, Bian, et al. Environmental issues from coal mining and their solutions. En: *Mining Science and Technology*. 2010, no. 20. pp. 215-223.
- BORM, Paul JA; TRAN, Lang; DONALDSON, Ken. The carcinogenic action of crystalline silica: a review of the evidence supporting secondary inflammation-driven genotoxicity as a principal mechanism. En: *Critical Reviews Toxicology*. 2011, no. 41. pp. 756-770.
- CHAPARRO ESCOBAR, Alfonso. *Historia del carbón de Colombia*. Bogotá: Editorial, 2011. ISBN 978-958-44-8973-9.



- COGGON, David. y NEWMAN TAYLOR, Anthony. Coal mining and chronic obstructive pulmonary disease: a review of the evidence. En: Thorax. 1998, no.53. pp. 398-407.
- COGGON, David., et al. Work-related mortality in England and Wales, 1979-2000. En: Occupational and Environmental Medicine. 2010, no. 67. pp. 816-822.
- COHEN, R. A.; PATEL, Aiyub; GREEN, F. H. Lung disease caused by exposure to coal mine and silica dust. En: Seminars Respiratory and Critical Care Medicine. 2008, no. 29. pp. 651-661.
- COHN, Corey. A., et al. Adenine oxidation by pyrite-generated hydroxyl radicals. En: Geochemical Transaction. 2010, vol. 1, no. 1. p. 2.
- COHN, Corey. A., et al. Pyrite-induced hydroxyl radical formation and its effect on nucleic acids. En: Geochemical Transaction. 2006, no.7. p. 3.
- COHN, Corey. A., et al. Role of pyrite in formation of hydroxy radicals in coal: possible implications for human health. En: Particle and Fibre Toxicology. 2006, no. 3. p. 16.
- COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Resolución 909 del 5 de junio de 2008. Bogotá: El Ministerio, 2008. p. 39.
- COLOMBIA. MINISTERIO DE LA PROTECCIÓN SOCIAL. Guía de atención integral basada en la evidencia para neumoconiosis (silicosis, neumoconiosis del minero de carbón y asbestosis). Bogotá: El Ministerio, 2007. 37 p.

- _____. Plan Nacional para la prevención de la silicosis, la neumoconiosis de los mineros de carbón y la asbestosis 2010-2030. Bogotá: El Ministerio, 2010. 141 p.
- COLOMBIA. MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA, UNIDAD DE PLANEACIÓN MINERO ENERGÉTICA. La cadena del carbón. Bogotá: Imprenta Nacional de Colombia, 2012. p. 17- ISBN: 978-958-8363-12-7
- COPENHAGEN. WORLD HEALTH ORGANIZATION REGIONAL OFFICE FOR EUROPE. Air quality guidelines for Europe. Copenhagen: El autor, 1987.
- _____. Air quality guidelines for Europe. 2nd ed. Copenhagen: el autor, 2000.
- DANÚS, Hernán y VERA, Susana. Carbón protagonista del pasado, presente y futuro. Santiago de Chile: RIL Editores, 2010.
- DÍAZ, Marcelo. Salud y seguridad en trabajadores de minería. Buenos Aires: Aulas y Andamios, 2009. 120 p. ISBN 978-987-24878-9-8
- EMPRESA SOCIAL DEL ESTADO HOSPITAL SANTA MARTA DE SAMACÁ. Análisis situacional municipio de Samacá. Samacá: El Hospital, 2011.
- EXPLOTACIÓN A CIELO abierto. [En línea]. [s.p.i.]. [Citado el 23-05-2014]. Disponible en: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/0/05/Coal_mine_Wyoming.jpg/350px-Coal_mine_Wyoming.jpg
- EXPLOTACIÓN SUBTERRÁNEA. [En línea]. [s.p.i.]. [Citado el 23-05-2014]. Disponible en: <https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9G-cRAmx4bSekQ8-84ZEc0Wyw4E5uannkTZaK9icFRvf9LkRxQhSGhAA>



- FARZANEH, M.R.; JAMSHIDIHA, F. y KOWSARIAN, S. Inhalational lung disease. En: International Journal of Occupational and Environmental Medicine. 2010. No. 1. p. 11-20.
- GÁLDIZA, Juan B. y MARTÍNEZ LLORENSB, Juana. Nuevos valores espirométricos de referencia. En: Archivos de Bronconeumología. 2013. p. 413
- GARAY, Luis Jorge. Minería en Colombia: Institucionalidad y territorio, paradojas y conflictos. Bogotá: Contraloría General de la República, 2013.
- GARCÍA ORDUZ, Carlos Eduardo. Guías de la Asociación Colombiana de Neumología y Cirugía del Tórax Neumología ocupacional. En: Revista Colombiana de Neumología. 2009, vol. 21, Supl. 2.
- GARROTE WILCHES, Carolina. F., et al. Caracterización de las condiciones de salud respiratoria de los trabajadores expuestos a polvo de carbón en minería subterránea en Boyacá, 2013. En: Revista Universidad Industrial de Santander Salud. 2014, vol. 46, no. 3. pp. 237-247.
- GEORGE, K. V.; PATIL, D.D. y ALAPPAT, B.J. PM10 in the ambient air of Chandrapur coal mine and its comparison with other environments. Chandrapur: Springer Science+Business, 2012.
- GHOSE, Mrinal K. Generation and quantification of hazardous dusts from coal mining in the Indian context. En: Environmental of the Monitoring and Assessment. 2007, no. 130. pp. 35-45.
- GHOSE, Mrinal. K. y MAJEE, S.R. Characteristics of hazardous airborne dust around an Indian surface coal mining area. En: Environmental of the Monitoring and Assessment. 2007, no. 130. pp. 17-25.

- GONZÁLEZ JIMÉNEZ, Nubia Mercedes, et al. Evaluación de la disnea en un grupo de mineros del carbón de municipio de Paipa–Boyacá. En: Ciencia & Salud. 2013, vol. 2, no. 6, p. 21-26.
- GONZÁLEZ JIMÉNEZ, Nubia Mercedes, et al. Utilidad de las técnicas de espirometría y oximetría en la predicción de alteración pulmonar en trabajadores de la minería del carbón en Paipa-Boyacá. En: Revista Facultad de Medicina (Bogotá). 2009, no. 57. p. 100-110.
- GONZÁLEZ JIMÉNEZ, Nubia Mercedes, FERNÁNDEZ CELY, Leidy, RIVEROS PÉREZ, Efraín. Caminata de seis minutos en un grupo de mineros de carbón del Municipio de Paipa - Boyacá 2010 – 2011. En: Colombia Revista Colombiana de Neumología y Cirugía de Tórax. 2011, vol. 23, no. 2, pp. 34 - 39. ISSN - 0121 – 5426
- GONZÁLEZ-RIBAS, M. Neumoconiosis textiles. En: Anales de Medicina y Cirugía. 1962, vol. 42, no. 172. pp. 257-282.
- GÜIZA, L. Minería de hecho en Colombia. Bogotá, D.C.: Imprenta Nacional, 2010.
- INSTITUTO MUNDIAL DEL CARBÓN. El carbón como recurso: una visión general del carbón. Londres: World Coal Institute 2005. p. 7.
- JIMÉNEZ-FORERO, Claudia P.; ZABALA, Ivonne T. e IDROVO, Álvaro J. Condiciones de trabajo y morbilidad entre mineros del carbón en Guachetá, Cundinamarca: la mirada de los legos. En: Biomédica. 2015, vol. 35, Supl. 2. pp. 77-89.



- JUN, Jae.Sup., et al. Complications of pneumoconiosis: radiologic overview. En: *European Journal of Radiology*. 2013, no. 82. pp. 1819-1830.
- KARKHANIS, V.S. y JOSHI, J.M. Pneumoconioses. En: *Indian Journal of Chest Disease and Allied Science*. 2013, no. 55. pp. 25-34.
- KEATING, Martha. Cradle to grave: the environmental Impacts from Coal. Boston: Clean Air Task Force, 2001. pp. 1-9.
- KIRKHORN, Steven R.; GARRY, Vincent F. Agricultural Lung Diseases. En: *Environmental Health Perspectives*. 2000, vol. 108, no. 4. pp. 50-54.
- LIM, WEI-YEN; SEOW, Adeline. Biomass fuels and lung cancer. En: *Respirology*. 2012, no. 17. pp. 20-31.
- LISBOA, CARMEN; BORZONE, GISELLA; DÍAZ, ORLANDO., Orlando. Hiperinflación pulmonar en la enfermedad pulmonar obstructiva crónica: Importancia funcional y clínica. En: *Revista Chilena de Enfermería Respiratoria*. [En línea]. Enero 2004, vol. 20, no. 1. pp. 9-20. [Citado el 14-07-2014]. Disponible en: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-73482004000100002&lng=es.http://dx.doi.org/10.4067/S0717-7348200400010000
- MADÍAS, Jorge. Coquización sin recuperación de subproductos y con recuperación de calor. En: *Acero Latinoamericano*. 2010. pp. 36-44.
- MAMUREKLI, D. Environmental impacts of coal mining and coal utilization in the UK. En: *Acta Montanistica Slovaca Roenik*. 2010, no. 15. p. 134-144.
- McCUNNEY, Robert J., et al. Carbón black. En: *Environment Health Perspectives*. 2011, no. 119. pp. A332-A333.

- MCCUNNEY, Robert J.; MORFELD, Peter; PAYNE, Stephen. What component of coal causes coal workers' pneumoconiosis? En: Journal Occupational and Environmental Medicine. 2009, no. 51. pp. 462-471.
- MEJÍA SALAS, Héctor y MEJÍA SUÁREZ, Mayra. Oximetría de pulso. En: Revista de la Sociedad Boliviana de Pediatría. 2012, vol. 51, no 2. pp. 149-155.
- MILLER, Brian G.; MACCALMAN, Laura. Cause-specific mortality in British coal workers and exposure to respirable dust and quartz. En: Occupational and Environmental Medicine. 2010, no. 67. pp. 270-276.
- MONTES, Isabel Isidro, et al., et al. Respiratory disease in a cohort of 2,579 coal miners followed up over a 20- year period. En: Chest, 2004, no.126. pp. 622-629.
- MO, Jingfu., et al. Prevalence of coal cokers' pneumoconiosis in China: a Systematic Analysis of 2001–2011 studies. En: International Journal Hygiene Environment Health. 2013. In press.
- NULVALUE. Breve historia del carbón. En: El Tiempo.com. [En línea]. 15 de noviembre de 1996. [Citado el 14-04-2014]. Disponible en: <http://www.el-tiempo.com/archivo/documento/MAM-598718>
- OLIVEIRA, Marcos .L.S., et al. Chemical composition and minerals in pyrite ash of an abandoned sulphuric acid production plant. En: Science of the Total Environment. 2012, no. 430. p. 34-47.
- OLIVEIRA, Marcos.L.S., et al. Mineralogy and leaching characteristics of beneficiated coal products from Santa Catarina, Brazil. En: International Journal Coal Geology. 2012, no. 94. pp. 314-325.



ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. Calidad del aire y salud. En: Nota Descriptiva. Septiembre 2011, n° 313.

_____. Guías para la calidad del aire. Lima: OMS, 2004.

OSPINA DÍAZ, Juan Manuel, GONZÁLEZ JIMÉNEZ, Nubia Mercedes y FERNÁNDEZ CELY, Leidy Johanna. Evidencia temprana de alteración funcional por exposición respiratoria: minería artesanal del carbón en Paipa, Colombia. En: Colombia Revista Facultad Nacional de Salud Pública. 2011, vol. 29, fasc. 4. pp. 445 - 453. ISSN: 0120-386X

OSPINA DÍAZ, Juan; MANRIQUE ABRIL, Fred Gustavo y GUÍO GARZÓN, José Alfredo. Salud y trabajo: minería artesanal del carbón en Paipa, Colombia. En: Avances en Enfermería. 2010, vol. 28, no. 1. pp. 107-115.

PALMER, Margareth.A., et al. Science and regulation. Mountaintop mining consequences. En: Science. 2010. No. 327. pp. 148-149.

PÉREZ PADILLA, José Rogelio; REGALADO PINEDA, Justino y MORÁN MENDOZA, Ángel Onofre. La inhalación doméstica del humo de leña y otros materiales biológicos: un riesgo para el desarrollo de enfermedades respiratorias. En: Gaceta. Médica de México. Enero - Febrero 1999, vol. 135, no. 1. pp. 19-29.

PINHO, Ricardo. A., et al. Lung oxidative response after acute coal dust exposure. En: Environmental Research. 2004, no. 96. pp. 290-297.

QUITIAN, Jerson, et al. Un enfoque práctico de disnea. En: Revista Colombiana de Neumología. 2011, vol. 23, no. 2.

- RÍOS, Carlos A.; WILLIAMS, Craig D.; ROBERTS, Clive L. Removal of heavy metals from acid mine drainage (AMD) using coal fly ash, natural clinker and synthetic zeolites. En: *Journal of Hazardous Materials*. 2008, no. 156. pp. 23-35.
- SANTO TOMÁS, Linus. H. Emphysema and chronic obstructive pulmonary disease in coal miners. En: *Current Opinion in Pulmonary Medicine* 's. 2011, no. 17. pp. 123-125.
- SANTO TOMÁS, Linus H. Emphysema and chronic obstructive pulmonary disease in coal miners. En: *Current Opinion in Pulmonary Medicine* 's. 2011, no. 17. pp. 123-125.
- SCHANE, et al. Health effects of light and intermittent smoking: a review. En: *Circulation*. 2010, no. 121. pp. 1518-1522.
- SCHINS, Roel.PF. Mechanisms of genotoxicity of particles and fibers. En: *Inhalation Toxicology*. 2002, no. 14. pp. 57-78.
- SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO. El carbón colombiano: recursos, reservas y calidad. Bogotá: Ingeominas, 2012.
- SHI, X., et al. Reactive oxygen species and molecular mechanism of silica-induced lung injury. En: *Journal Environmental Pathology Toxicology Oncology*. 2001, no. 20. pp. 85-93.
- SILVA, Luis FO, et al. Study of environmental pollution and mineralogical characterization of sediment rivers from Brazilian coal mining acid drainage. En: *Science of the Total Environment*. 2013, no. 447. pp. 169-178.



- SISTEMA DE INFORMACIÓN AMBIENTAL DE COLOMBIA SIAC. Aire y atmósfera. [En línea]. Bogotá: SIAC, s.f. [Citado el 26-05-2014]. Disponible en: <https://www.siac.gov.co/contenido/contenido.aspx?catID=362&conID=1040>
- SIVARAJAN, V. Ben, and BOHN Desmond. Monitoring of standard hemodynamic parameters: Heart rate, systemic blood pressure, atrial pressure, pulse oximetry, and end-tidal CO2. En: Pediatric Critical Care. Medicine. 2011, vol. 12, no. 4.
- TORRES DUQUE, Carlos Arturo y AWAD GARCÍA, Carlos Enrique. Fundamentos de Medicina . Neumología. Medellín: Corporación para Investigaciones Biológicas, 2007. p. 62.
- TULUCE, Yasin., et al. Increased occupational coal dust toxicity in blood of central heating system workers. En: Toxicology and Industrial Health. 2011, no. 27. p. 57-64.
- U.S. INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). 2008, 2009, 2010 y 2011. Coal information. Annual Energy Outlook 2008 With Projections to 2030 June 2008 Energy Information Administration Office of Integrated Analysis and Forecasting U.S. Department of Energy Washington, DC 20585.
- VALERO ORTIZ, Adriana Sofía y FRANKY ROJAS, Mabel Patricia. Prevalencia de enfermedad pulmonar obstructiva crónica y su asociación a factores de riesgo en población mayor de 40 años en las veredas: La Concepción, San Francisco, San Isidro y San Onofre del municipio de Cómbita en Boyacá, Colombia. En: Revista Colombiana de Neumología. 2006, vol. 18, no. 4. p. 144-150.

- VALLYATHAN, Val., et al. The influence of dust standards on the prevalence and severity of coal worker's pneumoconiosis at autopsy in the United States of America. En: Archives of Pathology & Laboratory Medicine. 2011, no. 135. p. 1550-1556.
- VALLYATHAN, Val; SHI, Xianglin; CASTRANOVA, Vincent. Reactive oxygen species: their relation to pneumoconiosis and carcinogenesis. En: Environmental Health Perspective. 1998, no. 106. pp. 1151-1155.
- VAN BERLO, Damiën; HULLMANN, Maja; SCHINS, Roel PF. Toxicology of ambient particulate matter. En: Molecular Clinical and Environmental Toxicology. 2012, no. 101. pp. 165-217.
- VASSILEV, S.V. y VASSILEVA, C.G. A new approach for the combined chemical and mineral classification of the inorganic matter in coal. 1. Chemical and mineral classification systems. En: Fuel - The Science and Technology of Fuel and Energy. 2009, no. 88. pp. 235-245.
- VÁZQUEZ GARCÍA, Juan Carlos; PÉREZ PADILLA, Rogelio. Manual para el Uso y la Interpretación de la Espirometría por el Médico. En: Asociación Latinoamericana de Tórax. 2007, vol.1, n°1. p. 5.
- VILLAESCUSA, M.C. y GONZÁLEZ. Evaluación de las pruebas funcionales respiratorias más frecuentes. Espirometría forzada. En: Avances en Diabetología. 2009, vol. 25, no. 6. pp. 455-458.
- WANG, Mei-Lin, et al. Weight gain and longitudinal changes in lung function in steel workers. En: Chest Journal. 1997, vol. 111, no. 6, pp. 1526-1532.



- WANG, Xiaorong, et al. Respiratory symptoms and pulmonary function in coal miners: looking into the effects of simple pneumoconiosis. En: American Journal of Industrial Medicine. 1999, no. 35. p. 128.
- WARD, Colin R. Analysis and significance of mineral matter in coal seams. En: International Journal Coal Geology. 2002, no. 50. pp. 135-168.
- WEST, John B. Fisiopatología pulmonar. 5 ed. Buenos Aires: Médica Panamericana, 2000. p. 128.
- YU, Ming-Ho; TSUNODA, Humio; TSUNODA, Masashi. Air pollution – particulate matter. En: CRC Press (ed.). Environmental Toxicology Biological and Health Effects of Pollutants. New York: Taylor & Francis Group LLC, 2005.

Este libro se terminó de imprimir
en el mes de enero de 2017 en
BÚHOS EDITORES LTDA.