





# INVESTIGACIÓN ORIGINAL

## UTILIDAD DE LAS TÉCNICAS DE ESPIROMETRÍA Y OXIMETRÍA EN LA PREDICCIÓN DE ALTERACIÓN PULMONAR EN TRABAJADORES DE LA MINERÍA DEL CARBÓN EN PAIPA- BOYACÁ

Utility of spirometry and oximetry in the prediction of pulmonary alterations among coal miners from Paipa, Colombia

*Nubia Mercedes González Jiménez<sup>1</sup>, Fred Gustavo Manrique Abril<sup>2</sup>,  
Juan Manuel Ospina Díaz<sup>3</sup>, Marcela América Roa Cubaque<sup>4</sup>,  
Eddy Hurtado Villamil<sup>1</sup>*

1. TR. Especialista en Gerencia en Salud. Profesor Terapia Respiratoria. Uniboyacá
2. Enf. MSc Salud Pública. Doctor en Salud Pública. Docente Escuela de Enfermería Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Profesor Asociado Universidad Nacional de Colombia. Director Grupo de Investigaciones en Salud Pública GISP-UPTC.
3. MD. MSc Epidemiología. Docente Asociado. Escuela de Medicina. Grupo de Investigación en Salud Pública UPTC Tunja-Boyacá.
4. TR. Especialista en Epidemiología. Profesor Terapia Respiratoria. Uniboyacá.

Correspondencia: [gisp@uptc.edu.co](mailto:gisp@uptc.edu.co)

### Resumen

**Antecedentes.** En 2003 se reportó incidencia de 762 casos de neumoconiosis y 3686 casos de enfermedad respiratoria crónica en Colombia.

**Objetivo.** Evaluar la utilidad de las técnicas de espirometría y oximetría para determinar la prevalencia de disfuncionalidad respiratoria en trabajadores de minas de carbón de Paipa–Boyacá y establecer posibles factores asociados, como edad y tiempo de exposición, para proponer medidas preventivas de salud ocupacional.

**Material y métodos.** Estudio de corte transversal, observacional, analítico. Mediante instrumento previamente diseñado se encuestó a 410, trabajadores de las minas de carbón. Se evaluaron aspectos generales del trabajo, antecedentes de salud y parámetros de función respiratoria por espirometría y oximetría.

**Resultados.** Grupo de sujetos jóvenes: promedio de edad 35,07 años (SD=11,75). Promedio de exposición 12,8 años (SD=11,8). Alta prevalencia de síntomas respiratorios: tos (42,7%); expectoración (31,46%); disnea

(48,8%); dolor torácico (19,75%). En 26,1 por ciento alteración funcional respiratoria y en 3,99 por ciento, hipoxemia. Tiempo de exposición superior a cinco años se asoció con alteración respiratoria (RP=1,75) y con hipoxemia (RP= 9,30). Igualmente edad superior a 40 años se asoció con alteración espirométrica (RP=1,91) e hipoxemia (RP=3,07).

**Conclusiones.** Actividad de alto riesgo. Altas prevalencias de sintomatología sugestiva de neumoconiosis y enfermedad pulmonar crónica en progreso. Se encuentran elevadas prevalencia de anormalidad del patrón respiratorio y de hipoxemia, lo cual sugiere que estas estimaciones podrían ser predictores del desarrollo de enfermedad pulmonar crónica de origen laboral.

**Palabras clave:** trabajadores, enfermedades, minería, neumoconiosis, espirometría.

**González-Jiménez N, Manrique-Abril F, Ospina-Díaz J, Roa Cubaque M, Hurtado-Villamil E.** Utilidad de las técnicas de espirometría y oximetría en la predicción de alteración pulmonar en trabajadores de la minería del carbón en Paipa-Boyacá. *Rev.Fac.Med.* 2009; 57: 100-110.

## Summary

**Background.** In the year 2003, 762 incident cases of pneumoconiosis and 3686 incident cases of chronic respiratory disease were reported in Colombia.

**Objective.** To evaluate the utility of spirometry and oximetry in determining the prevalence of respiratory dysfunction among coal miners from Paipa, Colombia and to establish possible factors associated with such dysfunction; like age and duration of exposure, in order to propose occupational health preventive measures.

**Materials and methods.** Cross-sectional study. Using a previously designed instrument we surveyed 410 workers from the coal mines. We also evaluated general working conditions, health history and respiratory function parameters using spirometry and oximetry.

**Results.** The average age of the study group was 35,1 years (SD=11,7), and the average exposure time was 12.8 years (SD=11,8). There was a high prevalence of respiratory symptoms: cough (42,7%), expectoration (31,5%); dyspnea (48,8%) and thoracic pain (19,7%). In 26,1 percent of the study participants there was some

functional respiratory alteration and in 4 percent, hypoxemia. An exposure time greater than five years was associated with respiratory alterations (OR=1,75) and with hypoxemia (OR=9,30). Also, being older than 40 years was associated with spirometric alterations (OR=1,91) and hypoxemia (OR=3,17).

**Conclusions.** Coal mining is a high-risk activity: there was a high prevalence of symptoms associated with pneumoconiosis and progressing chronic respiratory disease. We also found a high prevalence of alterations of the respiratory pattern and hypoxemia, which suggests that these measurements could be predictors of the development of chronic pulmonary disease of occupational origin.

**Key words:** workers, disease, mining, pneumoconiosis, spirometry.

**González-Jiménez N, Manrique-Abril F, Ospina-Díaz J, Roa Cubaque M, Hurtado-Villamil E.** Utility of spirometry and oximetry in the prediction of pulmonary alteration among coal miners from Paipa, Colombia. *Rev.Fac.Med.* 2009; 57: 100-110.

## Introducción

Los riesgos para la salud derivados del trabajo en las minas del carbón se han documentado desde 1864, cuando el doctor William Farr, demostró mayores tasas de mortalidad en los mineros del carbón de Durham y Northumberland, comparados con la población general, a partir de los 40 años (1).

La neumoconiosis de los mineros del carbón es una enfermedad pulmonar causada por la inhalación del polvo del carbón mineral, grafito o carbón artificial durante un período prolongado. También se le conoce como enfermedad del pulmón negro o Antrosilicosis. Se presenta en dos formas: simple y complicada (fibrosis masiva progresiva o FMP), el riesgo de desarrollarla depende del tiempo que la persona haya estado

expuesta al polvo del carbón y la edad (2). El tabaquismo no aumenta el riesgo de desarrollar esta enfermedad, pero puede tener un efecto perjudicial adicional sobre los pulmones (3).

No hay ningún tratamiento específico para este trastorno. Se recomienda evitar la exposición posterior al polvo. Por lo general, el pronóstico para la forma simple es bueno. En casos poco comunes, la forma complicada puede empeorar repentinamente a *Cor pulmonale* y tuberculosis pulmonar.

Menos frecuente, pero con características clínicas similares ocurre en los trabajadores de la minería artesanal del carbón, asma de tipo ocupacional, cuadro caracterizado por disnea, tos que puede o no ser productiva, opresión en el pecho y sibilancias. Lo peculiar de esta enfer-



medad es que los pacientes sufren de un cuadro asmático muy notorio en sus centros de labores, pero se sienten bien durante sus días libres, semanas de vacaciones o cuando están desempleados.

El reporte de estimación de incidencia de enfermedades ocupacionales en Colombia, 1985–2000 de 2003, muestra un incremento en la incidencia de enfermedades ocupacionales de 68.063 casos en 1985 hasta 101.645 en 2000, panorama en que la neumoconiosis y enfermedades respiratorias crónicas, reportan incidencias de 762 casos de neumoconiosis, 22,5 por ciento de ellas en el grupo de 15-44 años y 3686 casos de enfermedad respiratoria crónica; en el caso de las mujeres el número es inferior pero también preocupante (4).

La obstrucción bronquial difusa (OBD), uno de los componentes más significativos de la neumoconiosis, se puede evaluar muy bien por medio de los flujos espiratorios máximos, parámetros que expresan adecuadamente la magnitud de la obstrucción.

El indicador más adecuado es el volumen espiratorio forzado en el primer segundo (VEF1), empleado de preferencia para demostrar la existencia de obstrucción bronquial, al relacionarlo con la capacidad vital forzada (índice VEF1/CVF). Siendo sencilla y relativamente no invasiva, la evaluación del VEF1 requiere de equipos complejos y costosos, por esta razón, en el control de rutina de los pacientes es preferible medir el flujo espiratorio máximo (peak expiratory flow, PEF), con equipos más sencillos y baratos, disponibles en servicios de moderada complejidad clínica.

Aunque la obstrucción de las vías aéreas se distribuye de manera difusa, ello no significa que sea homogénea, algunas áreas se afectan con

mayor intensidad por diferencias en la distribución topográfica de los mecanismos causantes, de manera que la forma como se distribuye la ventilación es cada vez menos homogénea, fenómeno que se traduce en modificación de las relaciones V/Q del pulmón, con aumento de la diferencia A-a e hipoxemia. En las zonas menos ventiladas ocurre vasoconstricción para compensar las alteraciones de la relación V/Q, por esta razón, un buen número de pacientes presentaron parámetros de gases arteriales buenos, a pesar de la obstrucción de las vías aéreas.

En el pulmón de los enfermos afectados con obstrucción bronquial difusa existen diferencias significativas en el flujo de aire: el área más obstruida, que hipoventila y la menos obstruida, en la que generalmente ocurre hiperventilación. Los músculos respiratorios, juegan un papel muy importante ya que determinan la posibilidad de mantener equilibrio en el intercambio gaseoso, de manera que la hipoxemia y la retención de CO<sub>2</sub> aparecen cuando el área con obstrucción bronquial significativa es más extensa y cuando los músculos se tornan insuficientes.

La espirometría y la oximetría son estudios simples y reproducibles que permiten efectuar la mejor evaluación funcional cuantitativa de las características mecánicas y bioquímicas de la respiración. Son análisis de bajo riesgo que pueden repetirse, lo cual permite hacer el seguimiento del paciente y de los tratamientos instituidos (5).

En el departamento de Boyacá y específicamente en Paipa, se han realizado intervenciones de varios sectores gubernamentales y educativos enfocadas en tecnificación de la explotación minera del carbón y algunas intervenciones aisladas e individuales en salud ocupacional dirigidas a población expuesta. El presente estudio se propuso determinar la prevalencia de alteración funcio-

nal respiratoria expresada como alteración en el flujo espiratorio máximo y en la oximetría y su posible asociación con factores como la edad y el tiempo de exposición, en una muestra de trabajadores de las minas de carbón.

Además, se trató de clasificar la frecuencia de patrones de enfermedad respiratoria derivada de la exposición, teniendo en cuenta que ésta es una enfermedad profesional prevenible, con escasa experiencia en el diagnóstico de las condiciones de salud respiratoria en la región.

### Material y métodos

Estudio de corte transversal, observacional, analítico. De una población total de 860 trabajadores, se evaluó mediante muestreo estratificado, aleatorio secuencial por conveniencia, un grupo de 410 trabajadores utilizando un instrumento previamente diseñado.

Para efectos de criterios de inclusión se consideró que la mina estuviese activa, que hubiera trabajadores desempeñándose por lo menos en labores de piquero, malacatero, cochero y ayudante; y que el trabajador tuviese una experiencia mínima de tiempo en las labores de minería artesanal. Considerando los diferentes reportes de prevalencia de neumoconiosis encontradas en la literatura se estimó con un 95 por ciento de confiabilidad una muestra de 398 sujetos.

Como variables de interés se consideraron los valores obtenidos en la espirometría, patrón y severidad de la alteración espirométrica y la oximetría y como covariables se consideraron edad, tiempo de trabajo en la minería, tipo de labor que desempeña, duración de la jornada, antecedentes tóxico alérgicos y patológicos, presencia de síntomas como tos, expectoración, disnea y dolor torácico, que pudieran tener una posible asociación con patología respiratoria.

En la evaluación de la capacidad respiratoria se utilizó un espirómetro marca Schiller® AG SP-1, Spirovit, CH-6341 BAAR; con su correspondiente jeringa de calibración; para la oximetría se utilizó un equipo B&F® 3300 – Oxi-pulse Hand – health.

La información se tabuló y analizó en el programa estadístico Epi-info 2002®. Se realizó análisis descriptivo y analítico de acuerdo a la relación de variables. Cada variable se evaluó según nivel de medición; medias para las variables continuas, proporciones para las categóricas o nominales; con sus correspondientes intervalos de confianza (IC), con un nivel alfa de 0.05. La comparación entre grupos se realizó a través de pruebas t de student, ANOVA y de Chi cuadrado. El análisis bivariado permitió explorar la asociación de las variables explicatorias con cada una de las variables de salida, mediante el cálculo de medidas de efecto absoluto (6); razón de prevalencias, dada la exposición (RP) y sus respectivos IC al 95 por ciento, junto con la estimación de los correspondientes valores p. En algunos casos se realizó análisis estratificado con el propósito de identificar posibles confusores o interacciones.

### Resultados

#### Caracterización de la muestra

La totalidad de sujetos estudiados fueron varones; rango de edades 16-71 años, promedio de edad 35,07 años (SD= 11,75); 2,7 por ciento son menores de 18 años y 3,2 por ciento mayores de 60 años; 78,7 por ciento están entre los 20 y los 45 años y 18,6 por ciento es mayor de 46 años.

El medio tiempo de trabajo en la minería de carbón es muy variable y abarca un rango desde un mes hasta 50 años, con media de 12,8 años (SD= 11,8). La jornada diaria promedio es de 7,8 ho-



**Tabla 1.** Clasificación según labor que desempeña. Mineros del carbón Paipa, 2007.

Ubicación	Cargo	Frecuencia	Porcentaje
Bajo superficie	PIQUERO	210	51,20%
	COCHERO	72	17,60%
Sobre superficie	MALACATERO	101	24,60%
	AYUDANTE	27	6,60%
<b>TOTAL</b>		410	100,00%

Fuente: encuesta

**Tabla 2.** Presencia de tos y expectoración según grupo de edad. Mineros del carbón. Paipa, 2007.

Síntoma	Grupo de edad	Frecuencia	Porcentaje
<b>TOS</b>	Menor de 18	4	2,30%
	hasta 20	4	2,30%
	21 - 45 años	125	71,40%
	46 - 60 años	34	19,40%
	Mayor de 61	8	4,60%
	<b>TOTAL</b>		<b>175</b>
<b>EXPECTORACIÓN</b>	Menor de 18	3	2,30%
	hasta 20	1	0,80%
	21 - 45 años	93	72,10%
	46 - 60 años	27	20,90%
	Mayor de 61	5	3,90%
	<b>TOTAL</b>		<b>129</b>

Fuente: encuesta

ras (SD= 1,09). El rango varía entre tres y doce horas, no se encuentran diferencias estadísticamente significativas por grupo de edad ( $p=0,07$ ).

El tipo de labor desempeñada tiene connotaciones diferenciales respecto de los riesgos y exposiciones. Se encuentra que 68,8 por ciento se desempeñan sobre todo bajo la superficie (piquero y cochero), mientras que 31,2 por ciento trabajan más sobre la superficie (malacatero, ayudante). La distribución por funciones se reseña en la tabla 1.

Se encuentran altas frecuencias de exposición respiratoria previa, en particular al humo de tabaco (25,9%), a gases tipo metano (62%) y a humo de leña 57,6%).

### Función respiratoria

En el momento de la valoración 42,7 por ciento de los encuestados experimentaba tos de carácter crónico y 31,5 por ciento expectoración. La distribución por edad de estos síntomas se muestra en la tabla 2. Respecto de la presencia de síntomas respiratorios en función del lugar donde se trabaja, se encuentra que estos ocurren con mayor frecuencia en los trabajadores que se desempeñan a profundidad como piqueros y cocheros; pues 75 por ciento de ellos presentan tos y 72,9 por ciento expectoración.

De los sujetos estudiados 200 (48,8%) presentaron algún grado de disnea. 67,5 por ciento de los cuales trabaja bajo tierra, en contraste con el

**Tabla 3.** Patrón espirométrico alterado en trabajadores con disnea según edad. Mineros del carbón. Paipa, 2007

Edad	N°	alterado	Porcentaje
Menor de 18	11	2	18,18
hasta 20	19	4	21,05
21 - 45 años	304	67	22,04
46 - 60 años	63	27	42,86
Mayor de 61	13	7	53,85
<b>TOTAL</b>	410	107	26,10

**Tabla 4.** Asociación entre el patrón espirométrico alterado y algunos factores trabajadores del carbón Paipa, 2007.

FACTOR	RP*	IC 95%	Chi <sup>2</sup>	p
Mayor de 40	1,9180	1,3958 - 2,6356	15,83	< 0,0001
Más de 5 años	1,7508	1,1946 - 2,5662	8,98	0,0027
Dolor Torácico	1,3628	0,9776 - 1,9018	3,1949	0,0738
Ant. Patológicos	1,3342	0,9405 - 1,8925	2,4875	0,1143
Expectoración	1,3005	0,9335 - 1,8117	2,3472	0,1255
Ant. Traumáticos	1,2774	0,8783 - 1,8577	1,5617	0,2114
Tos	1,2696	0,9176 - 1,7566	2,0657	0,1506
Ant. Quirúrgicos	1,223	0,8302 - 1,8017	0,9912	0,3194
Exp. Gases	1,0709	0,7226 - 1,5037	0,1569	0,692
Más de 6 horas/ día	1,0225	0,5971 - 1,7512	0,0066	0,9351
Trabajar bajo T.	0,9337	0,6609 - 1,3193	0,1495	0,699
Más de 3 años	0,8833	0,7871 - 0,9912	3,7758	0,052
Exp. Cigarrillo	0,8293	0,5576 - 1,2332	0,8832	0,3473
Mayor de 30	0,7954	0,7116 - 0,8891	15,21	< 0,0001
Exp. Humo leña	0,6971	0,5039 - 0,9644	4,7497	0,0293

RP= Razón de prevalencias

32,5 por ciento de los que trabajan en la superficie. En función de la edad se evidencia que 63,4 por ciento de los menores de 18 años, 41,4 por ciento entre 19 y 45 años, 60,3 en el grupo entre 46 y 60 años, y 84,6 por ciento de los mayores de 60 años, presenta disnea; los grupos extremos de edad resultan siendo más afectados.

En cuanto al grado de severidad de la disnea, 8,5 por ciento de los trabajadores presentaron disnea severa o muy severa, 12,2 por ciento moderada y 28 por ciento leve. El 19,76 por ciento manifestó la presencia de dolor torácico, más frecuente en los trabajadores mayores de 21 años.

En la determinación de prevalencia de alteración funcional respiratoria, se encontró que 26,1

por ciento presentó patrón espirométrico anormal, más frecuente en quienes trabajaban bajo la superficie (67,3% de los casos), por grupos de edad este se distribuyó como se muestra en la tabla 3. El 21,5 por ciento de las alteraciones son de tipo obstructivo, 72,9 por ciento restrictivo y 5,6 por ciento mixtas. El 33,6 por ciento son de grado moderado a muy severo, 16 sujetos (3,9%) presentaron una saturación arterial de oxígeno inferior al 90 por ciento. Todos ellos mayores de 20 años.

#### Análisis bivariado

Para efectos de la medición de la fuerza de la asociación se tomaron por separado como variables de salida el patrón espiratorio alterado,



**Tabla 5.** Asociación entre la saturación de O<sub>2</sub> alterada y algunos factores trabajadores del carbón Paipa, 2007.

FACTOR	RP*	IC 95%	Chi <sup>2</sup>	p
Mayor de 30	10,9494	1,4601 – 82,10	8,7983	0,003
Más de 3 años	9,3083	1,2417 – 69,7814	7,2169	0,0072
Mayor de 40	3,0708	1,1703 – 8,0577	5,708	0,01688
Tos	2,2381	0,8291 – 6,0416	2,6662	0,1025
Expectoración	2,1783	0,8361 – 5,6753	2,6465	0,1037
Dolor Torácico	1,4847	0,5521 – 3,9930	0,6161	0,4325
Ant. Quirúrgicos	1,0308	0,3012 – 3,5271	0,0023	0,9615
Ant. Traumáticos	0,9669	0,2823 – 3,3119	0,0029	0,9572
Exp. Humo leña	0,9479	0,3600 – 2,4960	0,0117	0,9391
Exp. Gases	0,7897	0,3001 – 2,0777	0,229	0,6322
Ant. Patológicos	0,7548	0,2197 – 2,5938	0,2015	0,6534
Más de 6 horas/ día	0,5077	0,1506 – 1,7112	1,2077	0,2717
Trabajar bajo T.	0,4539	0,1742 – 1,1825	2,7282	0,0985
Exp. Cigarrillo	0,1912	0,0256 – 1,4300	3,3297	0,068

RP= Razón de prevalencias

calificado como normal y anormal y el nivel de saturación arterial de oxígeno menor al 90 por ciento, o mayor que él. En la tabla 4 se presentan los resultados de fuerza de asociación entre el patrón espiratorio anormal y las demás covariables.

Se encontró asociación positiva sólida de la alteración del patrón espiratorio con la edad igual o mayor que cuarenta años, permanecer expuesto trabajando en la mina de carbón por más de cinco años, llama la atención el hecho de que la exposición al humo de leña se insinúa como un factor protector. En la tabla 5 se reseñan los valores de fuerza de asociación entre la saturación arterial de oxígeno menor del 90 por ciento y algunos posibles factores relacionados. Se encuentra fuerte asociación con la edad igual o mayor a 30 años y el hecho de estar expuesto trabajando en las minas de carbón por un tiempo superior a los tres años.

## Discusión

Dentro del espectro de las enfermedades de origen laboral u ocupacional, las afecciones dermatológicas y del aparato respiratorio son las

más frecuentes, circunstancia fácil de comprender, debido a que son los dos órganos de la economía con una mayor interacción con los agentes ambientales. Se calcula que en un trabajo de 40 horas semanales se introducen unos 14.000 litros de aire en las vías aéreas; las sustancias inhaladas durante ese tiempo son capaces de provocar casi todos los tipos de enfermedad pulmonar crónica. La prevalencia de esta clase de enfermedades es muy elevada. En el Reino Unido se observó que el 7 por ciento de las consultas de atención primaria eran debidas a problemas relacionados con el trabajo y de ellas, el 10 por ciento correspondían a síntomas respiratorios (7,8).

La exposición permanente a polvos, humo y gases en el trabajo se ha relacionado con bronquitis crónica y puede aumentar la tasa de disminución anual de la función pulmonar; hay evidencia que apoyaría la relación entre la EPOC y la exposición de los mineros de carbón en ausencia de medidas de protección adecuadas.

La obstrucción difusa de las vías aéreas es un fenómeno que ocurre en varias entidades pulmonares entre las que se pueden mencionar asma bronquial, enfisema pulmonar, secuelas de



TBC, neumoconiosis, tromboembolismo pulmonar. Para que ocurra obstrucción bronquial difusa (OBD) es necesario un extenso grado de exposición de la vía aérea (9). La OBD se puede producir por los siguientes mecanismos:

Contracción del músculo liso de las vías aéreas. Presente en todas las enfermedades con OBD. Puede ser rápidamente modificada mediante intervenciones terapéuticas. En el mecanismo están comprometidas moléculas agonistas como la Acetilcolina, relacionada con el tabaquismo. También se pueden asociar mediadores inflamatorios como histamina, leucotrienos y prostaglandina, en particular en el caso del asma.

Acumulación de secreciones en la luz de las vías aéreas. Se correlaciona con alteración de las características mecánicas de secreciones, aparato mucociliar y tos. Además de obstruir las vías aéreas, al mismo tiempo, las secreciones aumentan la contracción del músculo liso.

Engrosamiento de la pared bronquial por edema o inflamación. Tanto el edema como la inflamación disminuyen el calibre de la vía aérea y potencian el efecto de contracción del músculo liso en razón a la producción de mediadores que desencadenan dicha contracción. El empleo de productos antiinflamatorios disminuyen el grosor de la pared bronquial, con lo que se disminuye sustancialmente la necesidad de utilizar broncodilatadores en los casos de asma, aunque la utilidad de esta terapéutica en el caso de la obstrucción bronquial difusa por tabaquismo no está del todo aclarada.

Fenómenos fibróticos que reducen u obliteran la luz. Procesos de cicatrización secundarios a la inflamación crónica, como ocurre en la exposición de los mineros del carbón, producen fibrosis de la pared de las vías aéreas, con obstrucción parcial e incluso obliteración irreversible.

Pérdida del soporte elástico. Normalmente el pulmón ejerce cierto grado de tracción radial sobre las vías aéreas. Al disminuir ella por efecto de la fibrosis, se reduce el calibre bronquial, mecanismo particularmente importante en los casos de enfisema pulmonar, dada su irreversibilidad. El aumento del volumen pulmonar actúa como un mecanismo compensatorio, dilatando las vías aéreas, mientras que la reducción del volumen pulmonar, como se observa en el decúbito, agrava la OBD.

Desde la década de los años setenta, en los estados unidos se ha explorado la correlación existente entre el tiempo de trabajo en las minas y la presencia de neumoconiosis, encontrándose prevalencias de hasta 30 por ciento de un total de 9076 mineros (10), hasta menos del 0,2 por ciento a comienzos de los años noventa (11). Estos cambios se han acompañado de cambios en los niveles permitidos de concentración de partículas en el aire respirable, que han bajado de 8.8 mg/m<sup>3</sup>, hasta 2 mg/m<sup>3</sup>.

No obstante, los niveles de polvo en las minas de carbón todavía son altos. La cuarta parte de las exposiciones de polvo de mina de carbones registrado por La Administración de Salud y seguridad en las minas (MSHA) en EE.UU., excedió el límite de exposición que el NIOSH recomendó (REL) de 1 mg/m<sup>3</sup>. (12). El límite de la exposición permisible (PEL) para el polvo de carbón respirable está en EE.UU. en 2 mg/m<sup>3</sup>. Sin embargo, desde que los nuevos casos incluidos están ocurriendo entre mineros que han trabajado exclusivamente bajo los límites de exposición a polvo actuales, una evaluación del nivel de polvo en las minas donde estos obreros eran empleados está por debajo (13).

Mediante técnicas de modelación en regresión logística, se ha podido evidenciar que, por cada unidad acumulada (mg/m<sup>3</sup>) de aumento en la



exposición del polvo, aumenta 3 por ciento el riesgo por desarrollar neumoconiosis simple de los mineros del carbón, después de ajustar por el momento del primer estudio médico, este riesgo es muy similar en varios estudios (14).

La asociación causal entre la exposición a partículas respiradas en el ambiente de trabajo y las alteraciones respiratorias se referencia desde el año 1992 en EEUU, allí se sugirió la relación existente entre las neumoconiosis de los trabajadores de carbón y el tiempo de exposición en minas de carbón (15); en 1996, se adelantó un trabajo en Amagá, Antioquia – Colombia, con un grupo representativo de mineros de carbón de este Municipio para establecer las prevalencias de neumoconiosis presente, asociadas con factores de riesgo ambientales (16).

En este mismo año en Inglaterra se realizó un estudio de corte transversal, para determinar el efecto independiente de la ocupación con la función pulmonar en mineros Ingleses del carbón (17). En Italia se reportó un estudio en 1996, que explora la exposición al polvo, los síntomas respiratorios y el descenso longitudinal de la función pulmonar en jóvenes mineros del carbón (18). En el año de 1997, se reportó en Colombia prevalencias de síntomas respiratorios en trabajadores expuestos a material particulado (19). En china se registró para el año 1999, un estudio que evaluó los síntomas respiratorios y la función pulmonar en mineros de carbón y su relación con la neumoconiosis sencilla (20). Para el año 2001, se reportaron tres estudios, uno realizado en Taiwán (21), un segundo en Alemania (22) y el tercero en Colombia (23), estas investigaciones indagaron en defectos ventilatorios en trabajadores de carbón con neumoconiosis sencilla: detección temprana de anormalidades, asociación de variables relacionadas con el grado clínico de disnea en mineros de carbón con neumoconiosis y obstrucción bronquial; en Colom-

bia se estudió la prevalencia de Neumoconiosis, con el reporte de 189 casos.

En EEUU y Sur África, se realizaron estudios sobre el tema en 2005, el estudio americano buscó determinar la progresividad de la neumoconiosis en trabajadores de carbón de EEUU, indagando aspectos geográficos y otros factores (24) y en Sudáfrica se investigó acerca de la relación entre el polvo inhalado en mineros del carbón y su efecto con la función pulmonar (25). En el año 2006 se registraron tres investigaciones, una del CDC, de los EEUU, que evalúa los casos avanzados de neumoconiosis de trabajadores del carbón, en dos condados de Virginia (26, 27). Las otras dos investigaciones reportadas en Sudáfrica, analizaron síntomas respiratorios y estimación de la exposición al polvo en trabajadores de minas de carbón (28, 29).

Investigaciones más recientes se adelantaron en el año 2007, en Turquía, para evaluar la relación existente entre anormalidades radiológicas, función pulmonar e hipertensión pulmonar en casos de neumoconiosis en trabajadores de carbón (30); en EEUU se evaluó la relación entre sintomatología respiratoria, exposición a sustancias tóxicas emanadas de las minas de carbón y función pulmonar (31).

Además de los tres estudios referenciados anteriormente, la literatura al respecto es muy limitada en el contexto Colombiano, pues los datos que se muestran son informes parciales no publicados (Tabla 1).

El último estudio colombiano, desarrollado por Santana y colaboradores en una muestra de 163 trabajadores mineros del Valle del Cauca encontró exposición mayor al 5 por ciento y una media de tiempo de exposición de 24,6 años, prevalencia de 9,8 por ciento. Vale la pena mencionar el trabajo del INPES y el Ministerio de

Salud en el año de 1970 en donde en Cundinamarca estudiaron a 1732 trabajadores, encontrando prevalencia confirmada en 14 por ciento y sospechosa 6.9 por ciento. Prevalencias de 14 a 15 por ciento, en datos del ISS muestran diferencias importantes (32).

El descubrimiento clínico de neumoconiosis en la actualidad depende de las anomalías evidenciadas por radiología, las cuales son manifestaciones tardías de enfermedad. Los marcadores de predicción y el descubrimiento temprano de neumoconiosis son indispensables para la aplicación oportuna de las estrategias de la intervención (33).

## Conclusión

Se encuentra una alta prevalencia de alteración funcional respiratoria en el grupo estudiado, expresada como patrones de tipo obstructivo, restrictivo y mixto; la prevalencia de hipoxemia, aunque menor, también es elevada. Estas alteraciones se correlacionan con las prevalencias reportadas de disnea, tos y expectoración.

Si bien las pruebas de función respiratoria no son determinantes en el diagnóstico definitivo de neumoconiosis, la literatura muestra una clara relación entre la disminución de la capacidad respiratoria y el progreso posterior a neumoconiosis, lo que sugiere la utilidad de estas pruebas como medida de diagnóstico precoz y control en trabajadores mineros expuestos al polvo de carbón, de bajo costo y fácil ejecución.

## Referencias

1. **Farr W, Buck C, Llopis A, Nájera E, Terris M.** Mortalidad de los mineros: una selección de los informes y escritos de William Farr. En: Buck C, Llopis A, Nájera E, Terris M, eds El desafío de la epidemiología Washington DC: Organización Panamericana de la Salud. 1988: 69-73.
2. **Mason RJ, Murray JF, Broaddus VC, Nadel JA.** Textbook of respiratory medicine. 4-th ed. Philadelphia: Elsevier. 2005.
3. **Noble J, Greene HL, Levinson W.** Textbook of primary care medicine. St. Louis: Mosby. 2001.
4. **Idrovo AJ.** Estimación de la incidencia de enfermedades ocupacionales en Colombia 1985-2000. Revista de Salud Pública. 2003;5:263-71.
5. **Torre-Bouscoulet L, Pérez-Padilla R.** Ajuste de varias ecuaciones de referencia espirométrica a una muestra poblacional en México. Salud Pública de México. 2006;48:466-73.
6. **Altman DG.** Practical statistics for medical research. London: Chapman & Hall. 1991.
7. **González CM.** Enfermedades respiratorias de origen ocupacional. Archivos de Bronconeumología. 2000;36:631-44.
8. **Seaton A.** Diagnosing and managing occupational disease. British Medical Journal. 1995;310:1282.
9. **Bolton M.** Fisiopatología de la obstrucción bronquial difusa. Bol Esc Med. 1995;24:4-6.
10. **Morgan WK, Burgess DB, Jacobson G, O'Brien RJ, Pendergrass EP, Reger RB, et al.** The prevalence of coal workers' pneumoconiosis in US coal miners. Archives of Environmental Health. 1973;27:221-226.
11. **Ross MH, Murray J.** Occupational respiratory disease in mining. Soc Occupational Med. 2004;54:304-10.
12. National Institute for Occupational Safety and Health. The Work-related Lung Disease Surveillance Report 2002. Cincinnati: NIOSH. 2003.
13. **Pon MRL, Roper RA, Peterson EL, Wang ML, Castellán RM, Attfield MD, et al.** Pneumoconiosis Prevalence Among Working Coal Miners Examined In Federal Chest Radiograph Surveillance Programs-United States, 1996-2002. Morbidity and Mortality Weekly Report. 2003;52:336-340.
14. **Brower PS, Attfield MD.** Reliability of reported occupational history information for US coal miners, 1969-1977. Am J Epidemiol. 1998;148: 920-926.
15. **Attfield MD, Moring K.** An investigation into the relationship between coal workers' pneumoconiosis and dust exposure in U.S. coal miners. American Industrial Hygiene Association Journal. 1992;53:486-492.
16. **Rendón O, Iván D.** Neumoconiosis en la minería subterránea del carbón, Amagá, 1995; Pneumoconiosis in



- underground coal mining; Amagá, 1995. Rev Fac Nac Salud Pública. 1997;14:46-67.
17. **Lewis S, Bennett J, Richards K, Britton J.** A cross sectional study of the independent effect of occupation on lung function in British coal miners. *British Medical Journal.* 1996;53:125-128.
  18. **Carta P, Aru G, Barbieri MT, Avataneo G, Casula D.** Dust exposure, respiratory symptoms, and longitudinal decline of lung function in young coal miners. *British Medical Journal.* 1996;53:312-319.
  19. **Mesa L, Bouza MJ.** Prevalencia de síntomas respiratorios en trabajadores expuestos a material particulado. *Colombia Médica.* 1997;28:62-66.
  20. **Wang X, Yu ITS, Wong TW, Yano E.** Respiratory symptoms and pulmonary function in coal miners: looking into the effects of simple pneumoconiosis. *American Journal of Industrial Medicine.* 1999;35:124-31.
  21. **Lin LC, Yang SC, Lu KW.** Ventilatory defect in coal workers with simple pneumoconiosis: early detection of functional abnormalities. *The Kaohsiung Journal of Medical Sciences.* 2001;17:245-52.
  22. **Bauer TT, Schultze-Werninghaus G, Kollmeier J, Weber A, Eibel R, Lemke B, et al.** Functional variables associated with the clinical grade of dyspnoea in coal miners with pneumoconiosis and mild bronchial obstruction. *British Medical Journal.* 2001;58:794-9.
  23. **García CO.** Neumoconiosis en Colombia, situación en Antioquia. Presentación de 189 casos. *Revista Colombiana de Neumología.* 2001;13.
  24. **Antao VC, Petsonk EL, Sokolow LZ, Wolfe AL, Pinheiro GA, Hale JM, et al.** Rapidly progressive coal workers' pneumoconiosis in the United States: geographic clustering and other factors. *Occupational and Environmental Medicine.* 2005;62:670-674.
  25. **Naidoo RN, Robins TG, Seixas N, Lalloo UG, Becklake M.** Differential respirable dust related lung function effects between current and former South African coal miners. *Int Arch Occup Environ Health.* 2005;78:293-302.
  26. **Antao VC, Petsonk EL, Attfield MD.** Advanced cases of coal workers' pneumoconiosis-Two counties, Virginia, 2006. *Morbidity and Mortality Weekly Report.* 2006;55:909-913.
  27. Centers for Disease Control and Prevention. Advanced Pneumoconiosis Among Working Underground Coal Miners- Eastern Kentucky and Southwestern Virginia, 2006. *Morbidity and Mortality Weekly Report.* 2007;56:652-5.
  28. **Naidoo R, Seixas N, Robins T.** Estimation of respirable dust exposure among coal miners in South Africa. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene.* 2006;3:293-300.
  29. **Naidoo RN, Robins TG, Seixas N, Lalloo UG, Becklake M.** Respirable Coal dust exposure and respiratory symptoms in South-African Coal miners: A comparison of current and ex-miners. *Journal of Occupational and Environmental Medicine.* 2006;48:581-90.
  30. **Akkoca YO, Eris GB, Saryal S, Karabiyikoglu G.** Evaluation of the relationship between radiological abnormalities and both pulmonary function and pulmonary hypertension in coal workers' pneumoconiosis. *Respirology.* 2007;12:420-6.
  31. **Bertrand JP, Simon V, Chau N.** Associations of symptoms related to isocyanate, ureaformol, and formophenolic exposures with respiratory symptoms and lung function in coal miners. *International Journal of Occupational and Environmental Health.* 2007;13:181-187.
  32. **Pacheco P, Rodríguez J, Guerrero E, Rivero C, Matiz H.** Enfermedades Respiratorias de origen ocupacional. Bogotá: Escuela Colombiana de Medicina. 1994.
  33. **Gulumian M, Borm PJA, Vallyathan V, Castranova V, Donaldson K, Nelson G, et al.** Mechanistically identified suitable biomarkers of exposure, effect, and susceptibility for silicosis and coal-worker's pneumoconiosis: A comprehensive review. *Journal of Toxicology and Environmental Health.* 2006;9:357-395.