

## Evidencia Epidemiológica de Efectos a la Salud de Trabajadores Expuestos al Negro de Carbón

### Epidemiologic Evidence of Health Effects on Workers Exposed to Black Soot

Belky Castaño<sup>1</sup>, Elías Bedoya<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Programa Tecnología en Seguridad e Higiene Ocupacional, Facultad de Ingeniería, Fundación Universitaria Tecnológico Comfenalco

<sup>2</sup>Coordinador de investigación, Programa de Seguridad e Higiene Ocupacional, Fundación Universitaria Tecnológico Comfenalco. Cartagena, Colombia.  
{bcastano, ebedoya}@tecnologicocomfenalco.edu.co

**Resumen.** El uso del negro de carbón en la industria es diverso y amplio, como materia prima se emplea en la obtención de productos como relleno de neumáticos automotrices, imprenta, revestimientos e industria del plástico. La preocupación de científicos, por los efectos nocivos sobre la salud de los trabajadores expuestos de diversas maneras a este material, generó una amplia serie de investigaciones. Este artículo de reflexión, contiene el análisis sobre los principales resultados y conclusiones en relación a los efectos cancerígenos y respiratorios de estudios epidemiológicos de casos y controles comprendidos entre 1950 a 2012 en aras de ofrecer al lector experto en seguridad y salud en el trabajo, información útil y analizada para su quehacer profesional.

*Palabras claves:* Negro de Humo, Efectos, Salud, Expuestos.

**Abstract.** The use of black coal industry is diverse and extensive, as the raw material is used in the production of products such as automotive tire filling, printing, coatings and plastics industry. The concern of the scientists, are the harmful effects on the health of workers exposed in different ways to this material, that generated a wide range of research. This reflection article contains analysis on the main results and conclusions in relation to cancer and respiratory effects of epidemiological case-control studies ranging from 1950-2012 in order to provide the skilled reader in health and safety at work, useful information analyzed for their professional work.

*Key Words: Black Carbon, Effects, Health, Exposed.*

## **1 Introducción**

El negro de carbón es considerado como uno de los productos de manufactura más antiguos, en India era producido como pigmento y en la antigua China y Egipto se empleaba en murales, a partir en el siglo quince se usó masivamente de la imprenta. Y a principios del siglo pasado su uso se generalizó en la industria del caucho y automotriz al descubrir sus propiedades como reforzante del caucho [1]. También se emplea como pigmento, agente conductor o estabilizante de rayos ultravioletas, tóners de impresoras, base para tintas tipográficas, pinturas, lacas, pilas secas, relleno de gomas, de acuerdo a las características de dicho material según el método de producción o fabricación del mismo. Debido a que es un producto muy empleado a nivel mundial, existen cifras de estimación de producción de negro de carbón para la década de los 90 de siete millones de toneladas por años, 140 fábricas en treinta y cinco países [1]. Mientras que para 2011 se estima producción en 11 millones de toneladas [2]. Estos datos de producción indican que su uso a nivel industrial es aún vigente en nuestros tiempos y la población expuesta a este producto sigue siendo importante en número; por lo cual estudios epidemiológicos de inicios y mitad del siglo pasado, han sido continuados y sus resultados son aun referenciados y siguen teniendo vigencia después del 2000. Durante muchos años se obtuvo a partir de la combustión sin oxígeno de aceites y resinas. Actualmente los procesos de producción del negro de carbón se basan en la descomposición térmica sin oxígeno de materiales como hidrocarburos, aceites, madera, carbón, por lo cual las propiedades de este material y las impurezas que contiene dependen básicamente del método usado en su producción. En el proceso de producción se distinguen etapas principales como: separación, peletización, densificación, embalaje, almacenamiento y envío [1].

## **2 Las Impurezas**

Las diferencias en los métodos de producción y materias primas empleadas durante su producción, justifican las diferencias en tamaño y propiedades y por ende estas definen uso final en la industria; pero además su composición también varía y las impurezas que cada clase de negro de carbón contiene, este es un primer factor que contribuye a la aparición y o atribución de posibles efectos nocivos de dicha sustancia.

Dentro de las impurezas más comunes tenemos hidrocarburos aromáticos, metales pesados y álógenos álcalis y sulfuros [1]. El porcentaje de hidrocarburos policíclicos aromáticos se encuentra entre 0,1 a 1,5 %. [3].

La presencia de hidrocarburos aromáticos, se evidenció desde 1952, por Falk & Steiner, quienes solo encontraron estas impurezas en negro de carbón producido por horno y no por método de canales; encontrando principalmente seis hidrocarburos aromáticos como pireno, fluoranteno, 3,4-benzopireno, antraceno, 1,2-benzopireno, 1,12-benzoperilene, y hexabenzobenceno.; dos de estos productos ya habían sido identificados como impurezas por otros autores previamente [4]. Siendo una de las grandes dificultades para identificar con exactitud la toxicidad de esta sustancia, es precisamente la sumatoria de efectos de las distintas impurezas por lo cual es indispensable conocer con exactitud cuál es la composición química, sus porcentajes y efectos de cada una de ellas.

### **3 Efecto Cancerígeno**

Desde inicios de la década de 1900 a 1910, iniciaron los reportes de efectos cancerígenos en población expuesta al negro de carbón, pero debido a que estos se exponían también a otros químicos, no se pudo establecer relación directa.

En 1950 un estudio epidemiológico no encontró diferencias en la incidencia de cáncer entre trabajadores expuestos a negro de carbón y otro tipo de población trabajadora [5].

También en 1954 se reportó un aumento de cáncer de vejiga “papiloma de vejiga” en trabajadores de la industria de la goma en Inglaterra y gales; sin embargo ya en 1949 se había informado un aumento de cáncer de vejiga por el uso de aditivos químicos en la industria del caucho. Estos productos se retiraron en esta fecha y solamente la bencidina se empleó hasta 1956, sin embargo se creó una comisión que realizaba seguimiento a los efectos en estos trabajadores. Estos datos fueron citados por Fox en 1974, [6] referenciando a resultados de Parkers de 1969 [7].

Por otra parte, un estudio retrospectivo de cohorte realizado en Estados Unidos, en cuatro compañías productoras de negro de carbón entre 1935 a 1974; que comparó la causa de muerte debida a cáncer de pulmón, y de órganos digestivos y enfermedad cardiaca en expuestos con la estadística en población masculina de raza blanca de los estados donde se ubicaba cada una de las empresas estudiadas. No halló un aumento significativo de las muertes en trabajadores expuestos por estas causas con relación al grupo. Tampoco se observó relación entre incremento de muertes en relación a los años de servicio. En cuanto a las muertes por causa cardiaca hubo un leve incremento sin significancia estadística en trabajadores expuestos [3].

Se observó un exceso de neoplasias entre estas carcinoma bronquial en un estudio realizado durante cinco años, en industrias de neumáticos pero solo en algunos puestos de trabajo moldeo prensa autoclave productos terminados, empaque y envío [6].

Con base en la evidencia de presencia de impurezas carcinogénicas en este producto y las diferencias de los resultados publicados por distintos autores, que realizaron estudios epidemiológicos sobre carcinogenicidad del negro de carbón se puede llegar a concluir que el cáncer podría producirse por las impurezas y no por el producto en sí mismo, lo cual es apoyado por algunos autores [4] [8].

Además en trabajadores de la sección de empaque, se encontró relación significativa entre nivel de exposición y los niveles de 1-hidroxi-pireno en orina, con lo cual se refuerza el hecho de que estos trabajadores también presentan exposición laboral a hidrocarburos aromáticos al manipular el negro de carbón [9].

Un estudio realizado en Reino Unido en el cual participaron cinco plantas entre 1947 y 1980, se incluyó un total de 1422 trabajadores Se encontró un aumento leve en muertes de cáncer de pulmón luego de 10 años de seguimiento y un aumento leve de muertes por cáncer de vejiga después de 15 años de seguimiento, en las fábricas 2, 3, 4 y 5 pero estos datos no se consideran estadísticamente significativos. Sin embargo en la fábrica número 1 se encontró un aumento significativo de muertes por causa de cáncer tanto de pulmón como vejiga; así como una disminución en las muertes ocasionadas por problemas tanto respiratorios como circulatorios, y ambas diferencias fueron estadísticamente significativas. En este mismo estudio se encontró un ambiente de trabajo muy contaminado con valores por encima de 3,5mg/m<sup>3</sup> siendo el valor más alto de 79 mg/m<sup>3</sup> y solo en una se empleaba protección respiratoria sin embargo no era la adecuada. Paradójicamente los niveles ambientales más bajos de negro de carbón se encuentran en las fábricas donde hubo un aumento de cáncer de pulmón y vejiga. También encontró factores de confusión como hábitos de consumo de cigarrillo y datos de exposiciones laborales anteriores [10]. El análisis posterior de estos resultados por Sorahan y colaboradores publicados en 2001, no pudo establecer relación entre los riesgos elevados de cáncer de pulmón con la exposición acumulativa de negro de carbón [11].

En 1994, Szozda encontró en Polonia, la existencia de riesgos de malignidad pulmonar entre los trabajadores expuestos al negro de carbono. Mientras que en países de Europa Occidental y Estados Unidos, los resultados no son compatibles con este; por lo cual el autor recomienda que se continúe la evaluación del efecto de negro de carbón en la salud humana [12].

En un estudio de cohorte realizado en Alemania entre enero 1981 a diciembre de 1991, en 8933 trabajadores de la industria del caucho, para establecer las asociaciones de un aumento de la mortalidad por cáncer estómago, pulmón y laringe de trabajadores de dicha

industria expuestos a nitrosaminas, negro de carbón, asbesto y talco; se referencia un aumento cáncer de vejiga urinaria, estomago, pulmón y leucemia por la Agencia Internacional de Investigación de Cáncer en 1982, pero los resultados son limitados; debido al uso simultaneo de nitrosaminas y negro de carbón clasificados como posibles carcinogénicos para humanos, además del uso de talco posiblemente contaminado con asbestos y sustancias como hidrocarburos policíclicos aromáticos y acrilonitrilo encontrado en algunas empresas del caucho. Otro resultado relevante fue un aumento estadísticamente significativo del riesgo de cáncer de laringe en los trabajadores expuestos, sin embargo recomiendan continuar investigando sobre esta temática debido a los factores de confusión por empleo simultáneo de otras sustancias y recomienda además la obtención de mediciones exactas de este material por puestos de trabajo [13].

En un estudio publicado en 2001, que evaluó el riesgo a la salud de los trabajadores generado por inhalación o contacto dérmico de hidrocarburos aromáticos policíclicos presentes en el negro de carbón, se encontró un riesgo más bajo para cáncer de piel, pero más elevado y estadísticamente significativo, que el nivel designado por el Tribunal Supremo de Estados Unidos en el año 1980. Sin embargo dado que la biodisponibilidad de partículas de unidas hidrocarburos aromáticos policíclicos es aún desconocida los autores concluyen que deben hacerse más investigaciones [14].

Posteriormente, Sorahan en 2007, publica un estudio sobre la mortalidad de 1.147 trabajadores de cinco fábricas británicas de producción de negro de humo en el período 1951 hasta 2004, se encontró solo en dos de las cinco plantas una tendencia positiva y significativa entre los riesgos de cáncer de pulmón y la exposición a negro de humo acumulado recibidas en los más recientes 15 años [15].

Büchte SF, publicó resultados de un estudio de casos y controles de cáncer de pulmón, que incluyó 1.528 trabajadores de plantas de negro de carbón de Alemania, entre 1976 a 1998. Encontró asociación significativa entre muertes por cáncer de pulmón y la exposición por negro de carbón, pero también una posible asociación con exposición a asbesto [16]. Otro estudio Alemán entre 1960 a 1998, reporta también un aumento de muertes por cáncer de pulmón, sin embargo ellos no obtuvieron resultados concluyentes debido a que la curva dosis respuesta para esta asociación es aplanada y existen factores de confusión como fumadores y exposición a cancerígenos como el asbesto [17].

Baan en 2007, resume los resultados de la Agencia Internacional de Investigación de Cáncer, IARC, sobre los riesgos carcinogénicos a los seres humanos de negro de carbono, dióxido de titanio, y talco, reportando que en 2006, se continua clasificando al negro de carbón dentro del Grupo 2B, ósea que los estudios epidemiológicos proporcionan pruebas insuficientes de carcinogenicidad para humanos, mientras que los datos generales de los estudios de cáncer en roedores proporcionan pruebas suficientes de carcinogenicidad [18].

Los resultados de estos estudios por tanto siguen siendo limitados y refuerza el hecho de otros factores de confusión como hábitos de consumo de cigarrillo, bebidas alcohólicas, contaminantes ambientales, así como antecedentes familiares en relación a estas enfermedades que podrían influir en una disparidad de resultados entre los estudios asociados a la exposición de este material y efectos cancerígenos.

Otra explicación encontrada para las diferencias de resultados en cuanto a carcinogenicidad en pulmón del negro de carbón en estudios epidemiológicos y de toxicidad en animales de experimentación, son expuestas por Rausch y colaboradores en su estudio publicado en 2004; ellos describen un mecanismo que solo se presenta en ratas cuando se exponen por vías intratraqueal e inhalatoria debido a la aparición de tumores queratinizantes y quístico de células escamosas benigna a nivel del parénquima alveolar, mientras que en los seres humanos las lesiones se encuentran principalmente en las vías respiratorias bronquiales. Además describen que estas lesiones no se evidencian en hamsters, conejos, primates, ratones, conejillos de indias y en ratas pero por vía oral [19].

#### **4 Efecto Respiratorio**

A diferencia de los posibles efectos cancerígenos, los reportados a nivel del sistema respiratorio, son concluyentes desde el inicio y desde los primeros datos publicados por Crosbie en 1986, en relación a efectos encontrados durante el estudio de 3027 trabajadores pertenecientes a 18 plantas de producción de negro de carbón ubicadas en el oeste Europeo y 1 en Estados Unidos, muestra que los trabajadores expuestos a polvo de negro de humo presentan síntomas como tos, esputo y sibilancias, además de alterar los parámetros de la prueba de función pulmonar, como son Capacidad Vital Forzada y Volumen Espiratorio Forzado en un segundo FEV1, y se encontró una disminución significativa en dichos parámetros al comparar con los no expuestos o grupo control. Además de 6 casos de neumoconiosis; sin embargo concluye que no existe un incremento en la incidencia de anormalidades radiológicas. También resalta la relación existente entre fumadores y efectos a nivel del sistema respiratorio [20]. Por tanto deben implementarse programas de prevención de tabaquismo en trabajadores de empresas donde existe exposición a negro de humo, debido a que ejerce un efecto sumatorio sobre sintomatología en sistema respiratorio. Una revisión de estudios sobre efectos de negro de carbón concluye que se observan cambios como pequeñas opacidades en las radiografías de trabajadores que refleja la acumulación de este material en pulmones, así mismo se relaciona con síntomas reportados por trabajadores y disminución de Volumen Expiratorio Forzado en un segundo FEV1 y Flujo Expiratorio Forzado FEF en las pruebas de función pulmonar [8]. Resultados que concuerdan con los reportados en estudios de

1975, sobre cambios radiográficos y cambios en función pulmonar en FEV1 pero a diferencia también reportan en Capacidad Vital Forzada FV C [21].

Otro estudio de 1993, reporta síntomas de bronquitis crónica como tos, esputo asociado con el aumento de la exposición. En cuanto a las pruebas de función pulmonar también muestra una pequeña disminución en relación con el aumento de la exposición al polvo en los fumadores y los no fumadores. Además casi el 25% de las radiografías de tórax mostraron pequeñas opacidades. Los autores consideran que el negro de carbón produce un efecto no irritante en las vías respiratorias combinado con retención pulmonar del material [22]. Van Tongeren y colaboradores en 2002, publican resultados de un estudio de corte longitudinal en donde se estudia en tres cortes la exposición negro de carbón y la aparición de anomalías en pulmón de trabajadores expuestos; ellos concluyen que las opacidades reportadas inicialmente en trabajadores de Europa disminuyen en el segundo y tercer corte de estudio y que dicha disminución coincide con la de niveles de exposición y hábitos de fumador; por tanto estos datos sugieren un efecto no acumulativo [23]. .

También reportan que los trabajadores con pequeñas opacidades presentaban alteraciones en algunos parámetros de las pruebas de función pulmonar. Ellos consideran que los efectos de partículas más finas de negro de carbón causan mayor inflamación en tejido pulmonar [23].

En 2002 un grupo de investigadores, emplearon 15.800 estimaciones de la exposición. Incluyeron estudios de 22 plantas, en un lapso de tiempo de 40 años, seis categorías de trabajo, y tres tipos de polvo (respirable, inhalables y polvo "total") para realizar un estudio basado en la reconstrucción de exposiciones ambientales y relacionarlo con la morbilidad respiratoria, ellos calcularon un valor promedio de polvo inhalable acumulativo de 48,4 mg-años / m<sup>3</sup>. Los resultados de este estudio confirman que las empresas productoras de negro de carbón tenían exposiciones exageradas durante los primeros años de investigación, lo cual fue mejorando con el pasar el tiempo y los niveles de exposición han disminuido significativamente [24]. Esto aún es posible evidenciarlo en estudios realizados en países en vías de desarrollo en donde las condiciones ambientales y laborales a las que se exponen los trabajadores aun no son las ideales y es posible encontrar que puestos de trabajo cuentan con exposiciones superiores al nivel máximo permitido actualmente.

Entre estos estudios se puede referenciar al llevado a cabo por Oleru en 1983, quien estudia resultados de pruebas de función pulmonar y los síntomas de 125 trabajadores expuestos al negro de carbono en la fabricación de celdas de pila seca y plantas de fabricación de neumáticos. En cuanto a los síntomas reportados en las dos fábricas fueron: tos con producción de flema, cansancio, dolor de pecho, catarro, dolor de cabeza e irritación de la piel. Encontraron también que la función pulmonar en expuestos fue

significativamente menor que en el grupo de no expuestos o grupo control. También encontró que los niveles de partículas en suspensión en la planta de fabricación de celda para pila seca varió desde 25 hasta 34 mg / m<sup>3</sup>, por lo cual concluyen que es necesario una normativa de salud laboral más estricta en las industrias de los países en desarrollo [25].

También Neghab y colaboradores en 2011, encontraron exposición a polvo inhalable y respirable de negro de carbón en valores de  $6,2 \pm 1,7$  y  $2,3 \pm 0,29$  mg /m<sup>3</sup> respectivamente, los cuales fueron asociados a síntomas respiratorios como tos regular, flema, sibilancias y falta de aliento en trabajadores expuestos. Además encontraron una disminución significativa en algunos parámetros de la prueba de función pulmonar y trastorno ventilatorio restrictivo. Este estudio apoya la idea de que al superarse el actual TLV aumenta la prevalencia de síntomas respiratorios agudos parcialmente reversible y disminución crónica e irreversible en algunos parámetros de la función pulmonar [26].

Un estudio de caso reportado por un accidente, muestra síntomas como tos, esputo, dificultad respiratoria que fueron en aumento y además presento obstrucción pulmonar con alteraciones de los parámetros de función pulmonar como capacidad vital FVC y flujo espiratorio forzado en un segundo FEF1 [27]. Resultados que concuerdan con los de Crosbie de 1986, con afectación de capacidad vital FVC y niveles ambientales elevados.

Gardiner y colaboradores, publican resultados de un estudio en 1996, en el cual analizan niveles de polvo tanto inhalable como respirable de negro de carbón en puestos de trabajo en fábricas de países de Europa y Estados Unidos entre los años 1987 a 1992, con respecto a los diferentes puestos de trabajo, encontrando que en los puestos de trabajo de empacador en almacén se encuentran valores por encima del límite permisible de 3,5 mg por m<sup>3</sup>. Esto es apoyado por otro estudio realizado por van Tongeren [28]. Gardiner, también concluye que en estudios epidemiológicos uno de los aspectos más complejos es la determinación de muestreo ambiental [29]. De ahí que los programas de exposición a negro de humo a nivel empresarial además de mantener el nivel máximo de exposición por debajo de 3,5 mg /m<sup>3</sup>, consideren el chequeo de radiografías de tórax y pruebas de función pulmonar. Sin descuidar los controles de ingeniería que disminuyan la exposición ambiental a este contaminante y propender por el mejoramiento continuo de las condiciones laborales del trabajador expuesto. Así mismo se debe determinar el grado de exposición en diferentes puestos de trabajo debido a que puede variar y encontrar zonas como las de embalaje, con niveles más altos a aerosol inhalable por un factor de casi tres, como lo referencia Steven en su estudio [30].

## **5 Conclusiones**



Los niveles ambientales de una sustancia pueden variar a lo largo del tiempo, o entre puestos de trabajo; así también las diferencias en los procesos de producción y las prácticas de manipulación, afectan los resultados obtenidos en los estudios epidemiológicos y puede llegar a ser un factor de confusión en estos. De aquí la importancia de llevar un registro detallado de estas variables en los puestos donde exista exposición a químicos en las empresas lo cual contribuiría enormemente con el análisis de los posibles efectos. Los efectos a la salud de trabajadores generados por el Negro de Humo, se ven afectados por los factores antes mencionados, continuar con este tipo de investigaciones permitirán obtener curvas de relación dosis respuestas y evaluar exposiciones a múltiples sustancias en aras de dilucidar efectos reales del Negro de Humo en la salud de los trabajadores expuestos. Contar con suficiente evidencia tanto legislativa, como normativa y científica permite al profesional de seguridad y salud en el trabajo, justificar ante el empleador, la mejora de las condiciones de trabajo y por ende de salud del trabajador que se encuentra bajo su responsabilidad.

## Referencias

1. Gerhard Kühner., Manfred Voll.: Manufacture of Carbon Black. [aut. libro] Science and Technology. Carbon Black. Jean-Baptiste Donnet, New York,(1993) 13.
2. Lopéz F. A., Lopez Delgado A., Alguacil F. J., Manso J.: Situación actual del tratamiento de neumáticos fuera de uso y posibilidades de obtención de negro de humo de alta pureza. Madrid: digital.csic.es/bitstream/10261/17979/1/NFU's\_revision.pdf, (2009) 1- 25.
3. Robertson J., Ingalls T.: A mortality study of carbon black workers in the united states from 1935 to 1974. London, Ontario Canada: Archives of Environmental Health, Archives of environmental health, Vol. 35, (1980) 181 - 186.
4. Falk Hans L y Steiner, Paul E. Chicago.: The identification of aromatic polycyclic hydrocarbons in carbon black. Cancer Research, Vol. 12, (1952) 30-39.
5. Ingalls, T. N.: Incidence of cancer in the carbon black industry. Chicago. Archives of Industrial Hygiene & occupational Medicine, Arch. Ind. Hyg. & Occup. Med., Vol. 1, (1950) 662-676.
6. Fox A. J., Lindars D. C., Owen R. London.: A survey of occupational cancer in the rubber and cablemaking industries: results of five year analysis 1967-71. British Journal of Industrial Medicine, British Journal of Industrial Medicine , Vol. 31, (1974)140- 151.
7. Parkes, H. G.: Epidemiology and etiology of human bladder cancer; occupational bladder cancer in the British rubber industry, Oxford : Journal of the National Cancer Institute, Journal of the National Cancer Institute, Vol. 43, (1969) 249 - 252.
8. Gardiner, Kerry.: Effects on respiratory morbidity of occupational exposure to carbon black: A Review. Birmingham : Archives Environmental Health, Archives fo Environmental Health, Vol. 50, (1995)44 -60.
9. Gardiner K., Hale KA., Calvert IA., Rice C., Harrington JM. Birmingham .:The suitability of the urinary metabolite 1-hidroxyppyrene as an index of polynuclear aromatic polycarbon bioavailability from workers exposed to carbon black. Anna Occupational Hygien, Ann Occup Hyg, Vol. 36, (1992) 681- 688.
10. Hodgson J. T., Jones R. D., Merseyside, U.K.: A mortality study of carbon black workers employed at five United Kingdom factories between 1947 and 1980. Archives Environmental Health, Archives of Environmental Health, Vol. 40, (1985) 261 - 268.

11. Sorahan T.; Hamilton L.; van Tongeren M.; Gardiner K.; Harrington M.: A cohort mortality study of U. K. carbon black workers, 1951–1996 New York United States. *American Journal of Industrial Medicine*. Vol 39, (2001) Issue 2, 158–170.
12. Szozda, R., Gliwice, Poland.: The respiratory health of carbon black workers--differences between Polish, west European and American scientific reports. *Journal of UOEH, Journal of UOEH*, Vol. 16, (1994) 91 - 95.
13. Kurt Straif., Ulrich Keil., Dirk Taeger., Dagmar Holthenrich., Yi Sun., Martina Bungers., Stephan K. Weiland.: Exposure to Nitrosamines, Carbon Black, Asbestos, and Talc and Mortality from Stomach, Lung and Laryngeal Cancer in a Cohort of Rubber Workers. Münster, Germany. *American Journal of Epidemiology*, Vol. 152, (2000) 297 - 306.
14. Tsai P. J., Shieh H. Y., Lee W. J., Lai S. O., Tainan, Taiwan .: Health-risk assessment for workers exposed to polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in a carbon black manufacturing industry. *Science Total Environmental, Science Total Environmental*, Vol. 278, (2001) 137-150.
15. Sorahan T y Harrington M.: A “lugged” analysis of lung cancer risks in UK carbon black production workers, 1951–2004., Birmingham , U.K. : *American Journal Industrial Medicine , Am J. Ind. Med.*, Vol. 50, (2007)555-564.
15. Büchte S. F., Morfeld P., Wellmann J., Bolm-Audorff U., McCunney R.J., Piekarski.: Lung cancer mortality and carbon black exposure: a nested case - control study at a German a carbon black production plant. Cologne. *J Occup Environ Med, Journal Occupational Environmental Medicine* , Vol. 48, (2006) 1242 - 1252.
17. Wellmann J., Weiland S.K., Neiteler G., Klein G., Straif K, Münster.: Cancer mortality in German carbon black workers 1976–98. Germany. *Occupational & Environmental Medicine, Occupational Environmental Medicine*, Vol. 63, (2006) 513 - 521.
18. Baan, RA.: Carcinogenic Hazards from Inhaled Carbon Black, Titanium Dioxide, and Talc not Containing Asbestos or Asbestiform Fibers: Recent Evaluations by an IARC Monographs Working Group. Lyon, France: *Inhalatpry Toxicology, Inhalation Toxicology*, Vol. 19, (2007)213 - 228.
19. Rausch L.; Bisinger E. ; Sharmab A.: Carbon black should not be classified as a human carcinogen based on rodent bioassay data. 41. United States of American. *Regulatory Toxicology and Pharmacology* Vol. 40 (2004) 28–41.
20. Crosbie, W. A.: The Respiratory Health of Carbon Black Workers Philadelphia (Pensilvania) : *Archives of Environmental Health, Archives of Environmental Health*, Vol. 41, (1986) 346 - 353.
21. Valic F., Dunja Beritic-Stahuljak., Mark B, Zagreb.: A follow up study of funtional and radiological lung changes in carbon black exposure.: *Internationales archiv für Arbeitsmedizin, Int. Arch. Arbeitemed*, Vol. 34, (1975) 51 - 63.
22. Gardiner K., Trethowan N., Harrington M., Rossiter C., Calvert I.: Respiratory health effects of carbon black: a survey of European carbon black workers. Birmingham : *British Journal of Industrial Medicine , British Journal og Industrial Medicine*, Vol. 50, (1993)1082 - 1096.
23. Tongeren van., M.J.A., y otros, y otros.: Longitudinal analyses of chest radiographs from the European Carbon Black Respiratory Morbidity Study. Birmingham : *Europen Respiratory Journal*, 2002, *European Respiratory Journal*, Vol. 20, págs. 417 - 425.
24. A triangulation approach to historical exposure assessment for the carbon black industry. Harber P., Shvartsblast S., Solis S., Torossian A., Oren T. 2, Los Angeles, California : *Journal Occupational Environmental Medicine , Journal Occupational Environmental Medicine* , Vol. 45, (2003) 131 - 143.

25. Oleru U.G. , Elegbeleye O.O ., Enu C.C., Olumide Y.M., Pulmonary function and symptoms of Nigerian workers exposed to carbon black in dry cell battery and tire factories. Nigerian : Environmental Research, Environmental Research, Vol. 30, (1983) 161 - 168.
26. Neghab M., Mohraz M., Hassanzadeh J, Shiraz.: Symptoms of Respiratory Disease and Lung Functional Impairment Associated with Occupational Inhalation Exposure to Carbon Black Dust. Iran. Journal Occupational Health, Journal of Occupational Health , Vol. 53, (2011) 432 - 438.
27. Hailemariam Y., Mojazi H., Amiri, K Nugent.: Acute respiratory symptoms following massive carbon black exposure. Texas, USA: Occupational Medicine, Occupational Medicine, Vol. 62, (2012)1 - 3.
28. Van Tongerer M., Kromhout H.,Gardiner K.: Trends in Levels of Inhalable Dust Exposure, Exceedance and Overexposure in the European Carbon Black Manufacturing Industry. Birmingham. Ann Occupational Hyg, Ann. Occup. Hyg, Vol. 44, (2000) 271 - 280.
29. Gardiner K., Calvert I. A., van Tongeren M. J. A., Harrington J. M.; Occupational exposure to carbon black in its manufacture: data from 1987 to 1992., Birmingham : American Occupational Hygien, Ann. Occup. Hyg, Vol. 40, (1996) 65 - 77.
30. Steven M., Henry J., Muranko B., James H., Vincent.: Personal Sampling for Inhalable Aerosol Exposures of Carbon Black Manufacturing Industry Workers. Cincinnati, Ohio. Applied Occupational and Environmental Hygiene, Applied Occupational and Environmental Hygiene, Vol. 17, (2002) 681 - 692.