



Universidad Internacional del Ecuador

Facultad de Ciencias de la Seguridad y Gestión de Riesgos

Escuela de Seguridad y Salud Ocupacional

**Trabajo de titulación previo a la obtención de la Especialidad de Seguridad y
Salud Ocupacional con mención en Salud Ocupacional.**

"Afecciones respiratorias en trabajadores expuestos a material particulado"

Autor: Henry Adrian Parrales Briones

Quito, diciembre 2019.

Certificación y acuerdo de originalidad

Yo Henry Adrian Parrales Briones declaro bajo juramento, que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o calificación profesional y que se ha consultado la bibliografía detallada.

Cedo mis derechos de propiedad intelectual a la Universidad Internacional del Ecuador, para que sea publicado y divulgado en internet, según lo establecido en la Ley de Propiedad Intelectual, reglamento y leyes.

Henry Adrian Parrales Briones

Yo Cesar José D Pool Fernández certifico que conozco al autor del presente trabajo siendo él responsable exclusivo tanto de su originalidad y autenticidad, como de su contenido.

Cesar José D Pool Fernández

Dedicatoria

Dedico esta investigación a mi novia la Doctora Jeniffer Navarrete, ya que gracias a su esfuerzo constancia perseverancia y ganas de triunfar siempre la he visto como un pilar fundamental en mi vida y en cada paso de mi carrera.

A nuestra hija Alice, que es el regalo más grande que la vida nos dio y que de una u otra forma siempre nos acompañó en cada viaje desde lejos hacia nuestro estudio, cada pequeño paso de aquí en adelante es para ti y por ti.

Henry Adrian Parrales Briones

Resumen

En las actividades diarias, así como también en el espacio laboral, las personas pueden encontrarse expuestas a altos niveles de contaminación ambiental que terminan afectando su salud. El objetivo del presente trabajo es identificar los principales procesos de contaminación en ámbitos laborales encontrados en la literatura especializada y las afecciones respiratorias abordadas en relación a ellos. Se espera revisar las ocupaciones más estudiadas respecto al tema, así como también los contaminantes más comunes, las afecciones mayoritariamente detectadas y los procedimientos investigativos usados para correlacionar todos estos factores. De tal modo, el artículo servirá para arriesgar algunas valoraciones y recomendaciones que sirvan al fin de mejorar las metodologías de muestreo de polución y diagnóstico de enfermedades respiratorias.

Se realizó una investigación de tipo exploratoria mediante una revisión sistemática sobre la bibliografía especializada en el tema. Para ello se realizó una búsqueda exhaustiva de artículos en bases de datos como Google Académico; Science Direct, Redalyc, Pubmed, LILACS, Dialnet y REDIB. Como resultados de la búsqueda utilizando palabras claves se obtuvieron 3900 artículos de los cuales solo 32 cumplieron los criterios de inclusión. Se llegó a la conclusión de que entre las principales afecciones causadas por material particulado se encuentran bronquitis crónica, fibrosis pulmonar, silicosis, laringitis, asma, sinusitis, asma, gripe, tos, disnea, sibilancias e inflamaciones, sin embargo, se denota que aún no existe una precisión sobre las enfermedades respiratorias específicas y el grado en que estarían acentuándose a raíz de la contaminación por material particulado.

Palabras claves: Material particulado, salud respiratoria, enfermedades respiratorias, contaminación ambiental, trabajadores.

Abstract

In daily activities, as well as in the workplace, people may find themselves exposed to high levels of environmental pollution that end up affecting their health. The objective of this paper is to identify the main processes of contamination in labor fields found in the specialized literature and the respiratory conditions addressed in relation to them. It is expected to review the most studied occupations on the subject, as well as the most common pollutants, mostly detected conditions and investigative procedures used to correlate all these factors. Thus, the article will serve to risk some assessments and recommendations that serve to improve the sampling methodologies of pollution and diagnosis of respiratory diseases.

An exploratory investigation was carried out through a systematic review of the literature specialized in the subject. For this, an exhaustive search of articles in databases such as Google Scholar was carried out; Science Direct, Redalyc, Pubmed, LILACS, Dialnet and REDIB. As search results using keywords, 3900 articles were obtained, of which only 32 met the inclusion criteria. It was concluded that among the main conditions caused by particulate matter are chronic bronchitis, pulmonary fibrosis, silicosis, laryngitis, asthma, sinusitis, asthma, influenza, cough, dyspnea, wheezing and inflammation, however, it is still indicated that there is no precision about specific respiratory diseases and the degree to which they would be accentuated as a result of contamination by particulate matter.

Key words: Particulate matter, respiratory health, respiratory diseases, environmental pollution, workers

Índice

Certificación y acuerdo de originalidad	2
Acuerdo de confidencialidad	¡Error! Marcador no definido.
Dedicatoria	3
Resumen.....	1
Abstract	2
Índice.....	3
Introducción	4
Marco teórico	6
Antecedentes.....	6
Conceptualización	8
Metodología	9
Resultados	11
Discusión.....	12
Conclusiones y recomendaciones	25
Bibliografía	27
Anexos	36

Introducción

La contaminación ambiental es un grave problema que aumenta la morbilidad y acarrea una serie de riesgos para la salud de las personas (Castro et al., 2010; Korc, 2001; López, Quiroz, & Rúa, 2011). Se estima que en un trabajo promedio de 40 horas semanales, se introducen aproximadamente unos 14.000 litros de aire en las vías respiratorias (Cruz, Díaz, & Gómez, 2006, p. 258). En ese sentido, este tipo de contaminación ocupacional se presenta como un riesgo adicional para los trabajadores expuestos a material particulado (MT). Específicamente, se ha demostrado también que la exposición al MT incurre en problemas cardiovasculares y respiratorios (Schinasi et al., 2011; Yamazaki et al., 2011). Diversos estudios han analizado las implicaciones específicas de las exposiciones de ciertos grupos de trabajadores a ciertos tipos de materiales particulados, por ejemplo: exposición al diésel (Bott, Kirk, Logan, & Reid, 2017; Lee et al., 2015), material derivado de la construcción (Escudero, 2017; Gomez et al., 2008), polvo de sílice (Cruz et al., 2006), material particulado en el área agrícola (Le Blond, Woskie, Horwell, & Williamson, 2016; Moran, Bennett, Garcia, & Schenker, 2014). La problemática también se sustenta en el hecho de que por ejemplo algunos estudios (Attfield et al., 2012; Silverman et al., 2012) han encontrado relación entre la exposición a ciertos materiales de trabajadores y su morbilidad por cáncer pulmonar, y también por otros factores (Miri et al., 2018).

Las enfermedades ocupacionales producen efectos negativos como: disminución en la productividad, gastos elevados en asistencia médica, compensaciones a los empleados, problemas económicos y hasta problemas familiares que afectan directamente al país, la industria y la sociedad. Es por esto que es de gran importancia tener un grupo de especialistas en la detección y evaluación de riesgos dentro de un ambiente laboral (Sánchez Aguilar, Pérez-Manríquez, & González Díaz, 2011). Actualmente, se considera que la contaminación del aire es uno de los tres factores de riesgo que afecta directamente la mortalidad global (Thirión-Romero et al., 2017). Además, el incremento

de partículas en el aire pueden producir problemas cardiovasculares y a nivel del sistema nervioso central ya que dichas partículas son toxinas que ralentizan el metabolismo de los organismos que las ingieren, ya que las partículas según su tamaño [finas (PM10) o ultrafinas (PM de 10 a 100 nm)] son capaces de atravesar los alveolos pulmonares, desplazarse a través del torrente sanguíneo y acumularse en algunos órganos (Manquían-Tejos, Tovar-Gálvez, & Yáñez-Canal, 2008).

La cantidad de reportes de enfermedades respiratorias a nivel laboral ha incrementado en los últimos años; por ejemplo, en el 2004 se reportó un caso donde un grupo de empleados industriales presentaron casos de bronquiolitis debido a la constante exposición a diacetil, usados en los saborizantes del canguil que se producía en dicha industria (Thirión-Romero et al., 2017). A pesar de ser un país de primer mundo, en España solo el 17% de las enfermedades laborales son registradas y la mortalidad producida por dichas enfermedades no está registrada (Sánchez Aguilar et al., 2011). Es importante mencionar que el personal del área médica también está expuesta a gases, vapores y aire contaminado que produce: bronquitis crónica, asma, cáncer de pulmón, enfisema, fibrosis pulmonar, engrosamiento pleural, etc (Angarita, Ocampo, López, & Jaramillo, 2017).

Ahora bien, aunque estos estudios han identificado los grados de exposición presentes en espacios específicos, interpretándolos también como factores de riesgo de sufrir ciertas enfermedades, pero es necesario realizar una revisión sobre cuáles han sido los padecimientos detectados y las correlaciones establecidas con distintas fuentes y formas de contaminación. Considerando lo anterior, el presente artículo tiene como objetivo identificar los principales procesos de contaminación en ámbitos laborales encontrados en la literatura especializada y las afecciones respiratorias abordadas en relación a ellos.

La revisión bibliográfica aquí propuesta busca describir la correspondencia entre la contaminación por material particulado y la formación de afecciones respiratorias concentrándose en aspectos como: las ocupaciones estudiadas; las fuentes de contaminación, el tipo de material particulado, el diseño general de estudio y el grado de relación entre la contaminación y las afecciones

respiratorias. Se espera que este estudio arroje recomendaciones para desarrollar investigaciones con resultados más precisos y fiables, sobre el tema en cuestión, para el campo de la salud ocupacional.

Marco teórico

Antecedentes

La investigación aquí presentada tiene en su centro el concepto de material particulado. Este es definido como un contaminante atmosférico compuesto por “partículas líquidas y/o sólidas (a excepción del agua pura), presentes en suspensión en la atmósfera, que se originan a partir de una gran variedad de fuentes naturales o antropogénicas (Mészáros, 1999, citado en: Arciniégas Suárez, 2011, p. 195). Desde una perspectiva más amplia, este tipo de sustancias está englobadas dentro de los denominados “contaminantes criterio”, es decir, aquellos con gran presencia en el medio ambiente y sobre los cuales “razonablemente se puede anticipar que son un peligro para la salud pública y el medio ambiente” (Ubilla y Yohannessen, 2017).

Por lo general, los estudios sobre material particulado (Ministerio de Salud Argentina, 2010) han concebido a este como un tipo de contaminación que se produce en medios internos (casas, espacios de trabajo, etc.), o en medios externos (al aire libre). Uno de los estudios que provee conclusiones a este respecto, y enfocado en contextos diversos, es el llevado a cabo por la Organización Mundial de la Salud en Europa, organización que, mediante un informe técnico, buscó responder 24 preguntas detalladas sobre aspectos sanitarios de contaminación del aire de relevancia para la revisión de las políticas de la Unión Europea. Este informe consistió en revisar evaluaciones sobre contaminación en sectores diversos como el de transporte, el energético y la industria (World Health Organization, 2013).

En consonancia con estos tipos de análisis, se han identificado fuentes particulares desde las cuales se produce este tipo de contaminantes. Entre las más recalables están aquellas emparentadas a la combustión de productos, a productos de procesos biológicos, compuestos orgánicos como materiales

de construcción y emanaciones de gases (Moreno, 2010). Se distingue también al material particulado de acuerdo a su tamaño, diferenciándolas como finas o gruesas. Esta distinción se efectúa usando la unidad de medida denominada como ' μm ', la cual determina que las partículas menores a $2,5 \mu\text{m}$ son consideradas como finas, mientras que las de tamaño de entre a $2,5 - 10 \mu\text{m}$ son catalogadas como gruesas. Entre las primeras se encuentran las producidas por los motores de los vehículos, la combustión del carbón o el fuego de leña; mientras que las segundas provienen generalmente de polvos de rocas, tierra y minería (Marchetti, 2010). Así pues, se denomina a las partículas finas como PM 2,5 y a las gruesas como PM 10.

En nuestro país, Quito ya cuenta con una Red de Monitoreo de Material Particulado, la cual busca evaluar la distribución de material particulado en la ciudad de acuerdo a su tamaño, así como también su composición química. En relación a lo primero, los datos muestran excedencias de hasta un 200% tanto en lo que respecta al PM2.5 y de hasta un 75% en el caso del PM10 (sobre todo en los extremos norte y sur de la ciudad, así como también en el centro) (Díaz Suárez & Páez Pérez, 2006, p.p. 313 – 316). Por otro lado, se comprobó que el 41% corresponde a polvo mineral, 31% a carbón total, 25% a iones y el 3% a componentes no identificados (Díaz Suárez & Páez Pérez, 2006, p. 317). Este estudio resulta altamente importante para contextualizar el problema de estudio en nuestro país, pero se insiste en la necesidad de considerar mayores tiempos de muestreo.

Se debe no obstante notar que estas mediciones no han sido asociadas entornos laborales, aunque existen algunas excepciones. En términos generales, los estudios revisados sobre el tema hasta el momento, buscan comprender, en primer lugar, la intensidad de la correlación entre la presencia de material particulado en entornos laborales, y los factores de riesgo de contraer enfermedades respiratorias (Escudero, 2017; Gómez Yepes, 2008; Sánchez Rosero, 2016). Para dimensionar la incidencia de estos riesgos, otros estudios tratan de correlacionar la contaminación atmosférica por material particulado y los casos de hospitalización en niños y adultos (Gaviria,

Benavidez & Tangarife, 2011; Salazar Cevallos & Álvarez-Miño, 2011; Barrios, Peña Cortés & Osses, 2004); como también comparar un grupo altamente expuesto a material particulado vs otro expuesto a niveles mínimos. Estos grupos pertenecían a estratos socio-económicos similares, y se trataba de contrastar sus grados de morbilidad para comprobar, mediante métodos estadísticos, si es que la exposición a la contaminación efectivamente influye en la generación de enfermedades respiratorias. Las principales afecciones comprobadas han sido la congestión nasal, las dificultades respiratorias, la tos y los estornudos, comprobando en todas una fuerte relación con la contaminación. Similarmente, Pope, et. al., (2002), encuentra una estrecha correlación entre el riesgo de sufrir cáncer cardiopulmonar y la exposición a material particulado fino, afirmando específicamente que las elevaciones en concentraciones de partículas incrementan del 4% al 6% de mortalidad cardiopulmonar y general (Pope, et. al, 2002, p. 1137).

Conceptualización

La conceptualización propuesta para el análisis presentado a continuación parte de las apreciaciones de estudios sobre contaminación atmosférica. Se puede afirmar que gran parte de las investigaciones sobre material particulado se enfocan en ambientes abiertos y están orientados a la ciudadanía en general como sujetos de estudio, más que al caso particular de los trabajadores. Por este motivo, Ballester et. al., (2007) en un estudio realizado en España bajo lineamientos de la Unión Europea, recomendaba considerar a la exposición laboral tanto como la contaminación atmosférica ambiental, indagar en la composición y las características de las partículas de acuerdo a sus efectos en la salud, e investigar la exposición a la contaminación en zonas interiores (Ballester, et. al., 2007, p. 73). Desde este punto de vista, el determinar espacios de contaminación, sus fuentes y los tipos de elementos contaminantes (por tamaño y/o composición química), así como las conexiones entre estas variables y la formación de afecciones respiratorias, resulta fundamental para tener una perspectiva más integral

sobre las causas de estas últimas. Junto con esto, vale también describir los métodos de análisis mediante los cuales se establecieron dichas conexiones.

Metodología

Conociendo los niveles de evidencia disponible, se realizó un acercamiento guiado por una metodología exploratoria-descriptiva (Jiménez, 1998) referido estas últimas, recurriendo específicamente a la metodología de la revisión sistemática para reseñar y analizar de manera crítica la biografía especializada. Como primera etapa de la investigación, se delimitó una pregunta de investigación para conocer a profundidad la temática propuesta. Ésta es: ¿Cuáles son las principales interrelaciones encontradas entre la presencia de material particulado en espacios laborales, y la generación de afecciones respiratorias en los trabajadores? Partiendo de esta pregunta, se buscó identificar dimensiones de análisis más específicas, para a partir de ellas, definir palabras clave de búsqueda en bases científicas. Las palabras clave utilizadas fueron: Material particulado, salud respiratoria, enfermedades respiratorias, contaminación ambiental, trabajadores. Por su parte, algunas de las bases de datos consideradas: Google Académico; Science Direct, Redalyc, Pubmed, LILACS, Dialnet y REDIB. Se revisó estas bases al considerarlas representativas de varios contextos geográficos y especializados en temas médicos. Además, se incluyó textos en idioma inglés además de español.

Para el proceso de lectura como tal, se emplearon los siguientes criterios de análisis.

- 1.-Caracterización de los entornos laborales en donde se realizaron las investigaciones.
- 2.- Definir grupos específicos estudiados como sujetos de estudio.

- 3.- Especificar los tipos de material particulado (ya sea por sus componentes o por su tamaño).
- 4.- Verificar los métodos de detección y medición de la contaminación en cada trabajo de investigación realizado.
- 5.- Señalar los tipos de afecciones respiratorias estudiadas y sus resultados con respecto a su incidencia en los trabajadores.

Los criterios de inclusión para la búsqueda fueron: trabajos de todo el mundo tanto en inglés como español; artículos científicos publicados desde el 2004 hasta la actualidad; artículos científicos, tesis de cuarto nivel en adelante, otras revisiones bibliográficas; textos hechos por académicos particulares, y mediante autoría compartida; todo esto respecto a información de material particulado en entornos laborales y su influencia en la salud. Artículos descriptivos de autoría institucional; tesis de pregrado, documentos no originales o incompletos, artículos más antiguos a la fecha mencionada; artículos no relacionados al ámbito laboral.

Tabla 1. Criterios de inclusión

Variable	Criterios de inclusión
Localización geográfica	Se consideraron trabajos de todo el mundo siempre y cuando se ajusten a los demás criterios
Rango de fecha de publicación	2004 – 2019
Idiomas	Inglés y español
Tipo de artículos	Artículos científicos, tesis de cuarto nivel en adelante, otras revisiones bibliográficas
Autores	Académicos particulares, y autoría compartida.
Tipo de artículos	Textos sobre la presencia de material particulado en entornos laborales y su influencia en la salud.

Tabla 2. Criterios de exclusión

Variable	Criterios de exclusión
Tipo de artículos	Artículos descriptivos de autoría institucional.
Tipos de publicaciones	Tesis de pregrado, documentos no originales o incompletos, artículos más antiguos a la fecha mencionada.
Temas de artículos	Artículos que no relacionados al ámbito laboral.

Resultados

La cantidad de textos arrojados en una primera etapa de revisión basada en los criterios de inclusión y exclusión fue de aproximadamente 3900. Posteriormente, se leyeron los resúmenes o introducciones de los documentos, y más tarde toda la extensión de los textos más relacionados con el tema, resultando en 32 artículos que finalmente sirvieron para redactar y concluir la revisión. Estos últimos fueron clasificados de la siguiente forma en cuanto a sus años de publicación y se lenguaje.

Tabla 3. Año de los textos analizados

Año	Textos analizados
2006	1
2008	2
2009	1
2010	3
2011	3
2012	1
2013	1
2014	2
2015	3
2016	2
2017	8
2018	4
2019	1
Total	32

Fuente: Datos obtenidos en la revisión sistemática.

Elaborado por: Henry Parrales Briones

Tabla 4. Idiomas de los textos analizados

Idioma	Textos analizados
Español	17
Inglés	15
Total	32

Fuente: Datos obtenidos en la revisión sistemática. Elaborado por: Henry Parrales Briones.

Sobre estos resultados, llama la atención que gran parte de ellos, aproximadamente un 40%, fueron escritos en los últimos tres años, lo que resulta una gran ventaja pues permite contar con información sobre los desarrollos más actuales del tema abordado. Otro aspecto es la paridad entre los artículos en inglés y español. Puede notarse que existen varios estudios llevados a cabo en Latinoamérica, especialmente en países como Colombia, junto a Ecuador y España. Esto permite evitar el sesgo ‘anglófono’ al que suelen verse abocados con motivo de la mayor cantidad de estudios redactados en idioma inglés. Se puede concluir entonces que los estudios sobre material particulado en entornos laborales están en vías de crecer cada vez más en nuestra región. Adicionalmente, la diversidad de países donde se efectuaron las investigaciones es bastante diversa, lo que se ilustra en haber hallado artículos de países en cuatro continentes (Ecuador, Nigeria, Polonia, La india, por ejemplo).

Discusión

Los estudios sobre las afecciones respiratorias a partir del material particulado en los entornos laborales se refieren a varios tipos de ocupaciones, así como también a fuentes de contaminación. Existen también artículos donde se estudia la contaminación en dichos entornos, pero en su relación con ambientes abiertos por fuera de los establecimientos laborales propiamente dichos (es decir, en tanto espacios físicos).

En línea con lo anterior, un estudio en Francia concluyó que tanto los empleados de las industrias como las personas que habitan en comunidades cercanas a las industrias pueden presentar enfermedades pulmonares por la contaminación área emitida por las industrias (Thiri6n-Romero et al., 2017). Asimismo, otra revisi6n bibliogr6fica en Espa6a determin6 que las enfermedades respiratorias en empleados de la industria productora de alimentos por inhalaci6n de asbesto, s6lice y otros polvos inorg6nicos son: Neumoconiosis, Rinosinusitis, Bronquitis y Asma. En Espa6a se

concluyó que el 20% de los casos de asma son originados con el trabajo que desempeñan y se cree en países subdesarrollados en valor incrementa al 50% (Sánchez Aguilar et al., 2011). Como contexto, se encuentra que uno de los casos más evidentes sobre patologías respiratorias por absorción de nanopartículas en Estados Unidos fue producido por los atentados ocurridos el 11 de septiembre del 2001 en New York. Debido a dichos atentados, hubo un desprendimiento de nanopartículas en Manhattan, donde entre 60 000 y 70 000 profesionales de intervención inmediata acudieron para ayudar a las personas afectadas por el atentado. A partir de dicha fecha se registró que una cantidad significativa de dichos profesionales desarrollaron algún tipo de patología respiratoria, las más comunes fueron: disnea, sibilancias, asma, sinusitis, laringitis, enfermedades pulmonares, neumonía, sarcoidosis y bronquiolitis. Es por esto, que se realizaron biopsias en algunos de los pacientes y se evidenciaron nanotubos de carbono probablemente desprendidos durante el derrumbe de las torres gemelas (Wu et al., 2010).

Por otra parte, algunos autores se refieren a industrias a nivel general. Por ejemplo, Gutiérrez Gonzáles et al., (2013) exponen en su investigación que la exposición de nanopartículas ha incrementado debido al avance de la tecnología y al uso de las mismas dentro de las industrias, entre ellas: industria aeronáutica, industria química y de materiales, industria de energía, alimenticia, cosmética, farmacia, biomedicina, etc. Sin embargo, si bien ha incrementado el uso de nanopartículas, no han incrementado las medidas de seguridad para sus empleados; es por ello que con la cantidad de nanopartículas usadas o emitida y el tiempo de exposición, los casos de afecciones respiratorias van en aumento. También a nivel general, (López et al., 2011) estudiaron la morbilidad respiratoria en personas que habitan o trabajan en las zonas urbanas con una alta contaminación por material particulado, versus la morbilidad respiratoria de habitantes de los municipios del oriente antioqueño con concentraciones bajas del material particulado. Las concentraciones halladas del primer grupo fueron 60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM10 mientras las del segundo fueron 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM10. Gracias a los análisis realizados se encontraron diferencias significativas entre los dos grupos, sobre todo en

sintomatología como: ardor en los ojos, congestión nasal, dificultad respiratoria, garganta irritada, tos, gripe o asma; donde las zonas urbanas de Medellín registraron un mayor riesgo para la salud humana.

A partir de otro método, una revisión bibliográfica en España determinó que dentro de los estudios aplicados en trabajadores que tiene contacto con el dióxido de titanio, el 90% de la población estudiada corresponde a hombres. Este compuesto se obtiene de minas o en forma de arena impura, en el ámbito laboral los trabajadores están expuestos a partículas finas y ultrafinas de dióxido de titanio, dependiendo de su profesión, las más comunes son: pintores, albañiles, mecánicos, joyeros, productores de papel, laca, barnices y productores de dióxido de titanio. Además, el dióxido de titanio está relacionado con afecciones: respiratorias, cardiovasculares y genéticas. Sin embargo, no se logró concluir que dicho compuesto esté relacionado con el cáncer de pulmón y este compuesto es considerado un producto de baja toxicidad (Gutiérrez Antezana & Lizárraga Hurtado, 2016). Otro ejemplo adicional es la investigación de Quiroz (2008) la cual presenta una visión de las concentraciones ambientales del material particulado en dichos espacios, junto con el peso de los factores en la aparición de EPOC (enfermedad pulmonar obstructiva crónica), encontrando una correlación muy estrecha entre el vivir en un barrio vecino a empresas contaminantes y dicha alteración pulmonar. Para llegar a estas conclusiones, el autor realizó una investigación a una población de cerca de 7000 habitantes de un barrio cercano a industrias expulsoras de material particulado. Además, aplicó encuestas de síntomas respiratorios, así como también pruebas funcionales respiratorias, entre las que se destacó el Volumen Espiratorio Forzado (VEF). Inicialmente se realizaron mediciones en la calidad del aire en las viviendas de la zona estudiada, y en las cuales se comprobó que los índices de contaminación eran altos, más allá de los mínimos permitidos en el país. Si bien este estudio no se centra en el ambiente laboral, arroja resultados contundentes frente a este tema. Además, se determinó que solo el 7,2 % de la población estudiada presentaba índices bajos de VEF y por ello era el porcentaje de personas con riesgo de EPOC, con lo

cual se reafirma que vivir en zonas aledañas a industrias que desprenden material particulado produce un efecto negativo en el sistema respiratorio.

Un estudio particular es el de Baxter et al.,(2010) , quienes realizaron una investigación en siete casos de incendios a los que están expuestos comúnmente, los bomberos. Los escenarios de incendio fueron recreados en un laboratorio, mientras que las mediciones de la calidad de aire se realizaron con un espectrómetro de partículas cada 30 minutos. Gracias a esta experimentación se concluyó que, sin importar el escenario, un incendio desprende partículas de hasta 100 nanómetros, las que de ser absorbidas directamente podría ocasionar asfixia e incluso patologías cardíacas a largo plazo. Se afirma que por ello es de gran importancia que los bomberos usen las mascarillas respiratorias en todo momento, esencialmente cuando se logra apagar un incendio ya que en dicho lapso de tiempo es cuando se registró la mayor liberación de partículas.

Otro grupo de artículos considera como elementos de contaminación partículas que contienen elementos químicos variados. En México, se determinó que la composición del aire depende de la zona geográfica; sin embargo, las partículas halladas en el aire son: aluminio, cobre, hierro, zinc, molibdeno, níquel, etc. Por otro lado, es el Aluminio la partícula con mayor concentración en el aire, se hallaron partículas de PM10 y PM25 (Manquián-Tejos et al., 2008). De entre las partículas químicas estudiadas, el arsénico es una de las capaces de producir enfermedades pulmonares. Además, se demostró que el incremento de ozono es directamente proporcional al incremento de la mortalidad en al menos un 3%, a través de enfermedades como el asma, neumonía o bronquitis aguda (Thirión-Romero et al., 2017). La medición de la concentración de las partículas inhaladas por un organismo se puede realizar incluso después de la muerte de las personas; por ejemplo, se realizó un estudio para medir la cantidad de Aluminio en residentes de la ciudad de México; donde las muestras fueron tejidos de los lóbulos pulmonares de 36 personas fallecidas. Dichos tejidos fueron sometidos a un examen de plasma de inducción acoplada a la espectrofotometría de absorción atómica. Con este análisis se identificaron 3 patologías pulmonares:

enfisema pulmonar, antracosis y bronquitis. Por otro lado, con el análisis multivariado por conglomerados se identificaron tres grupos dentro de la población evaluada, dependiendo de la cantidad de Aluminio absorbida, la edad y el tiempo de residencia en México (Manquián-Tejos et al., 2008). Por otro lado, en Ontario se realizó un muestreo gravimétrico para determinar el número de partículas de sílice por centímetro cúbico de aire. El resultado fue que el 7,5% del sílice hallado en el aire de las minas de oro es respirable y por ello, los trabajadores con enfermedades como: silicosis, enfermedad pulmonar obstructiva crónica e incluso enfermedades autoinmunes, fueron compensados monetariamente para que puedan pagar sus gastos médicos (Verma, Rajhans, Malik, & des Tombe, 2014).

Considerando este último elemento, en Cartagena se analizó el riesgo del manejo de sílice en el proceso de sandblasting (Morales, Rocha, Gómez, & Sierra, 2015). Dicho proceso es el término usado para denominar al proceso de alisado, elaboración y limpieza de superficies duras mediante el impacto de partículas sólidas con alta presión y velocidad. En este procedimiento se produce la emisión de material particulado que puede ser ingerido y generar problemas respiratorios, irritación de ojos, piel, nariz y boca. La arena utilizada en el proceso de sandblasting emite partículas de un tamaño de 10 μm de diámetro que son capaces de atravesar los alveolos pulmonares y producir silicosis, enfermedad que puede producir la muerte. Sin embargo, se concluyó que dicha enfermedad puede presentarse en empleados con una experiencia de al menos cinco años de exposición.

Así mismo, en Cúcuta se realizó un estudio en empleados en 61 empleados de una empresa de salud médica. Las personas sometidas a dicho estudio corresponden a distintas áreas corporativas, y en particular esta población está expuesta a: polvos inorgánicos (sílice, silicatos y asbesto), polvos orgánicos, gases, vapores químicos, radiaciones ionizantes, amoniaco, dióxido de azufre, nitrógeno, gas cloro, ozono, etc. Con este estudio se reportaron 44% de rinitis alérgica (Angarita et al., 2017). Se encontró también otro grupo de estudio referido a los efectos de gases potencialmente nocivos. En Polonia, Bujak-Pietrek y sus colaboradores (2016), estudiaron los gases de escape de diésel en

instalaciones del depósito de autobuses durante el trabajo con el servicio técnico de estos automotores. Es imprescindible mencionar que las partículas liberadas en estas áreas son ultrafinas y por ello pueden ingresar fácilmente en el tracto respiratorio, llegando incluso a los alveolos pulmonares. En este estudio se realizaron mediciones sobre la presencia del material particulado en el espacio laboral mencionado, considerando aspectos como el número de las partículas, la superficie y su área. Para estas mediciones se usaron distintos equipos: un Contador de la condensación de Partículas para medir el número de partículas de 10 a 1000 nanómetros en unidades de volumen de aire, un monitor de nanopartículas para determinar la concentración de superficie, y un Monitor de Concentración de Aerosol para determinar la concentración de aerosol. Con esta experimentación se concluyó, que existe un incremento significativo en el número de partículas entre 10 a 1000 nm al momento de realizar los servicios de reparación, como también en el área de concentración de las partículas, y la concentración de masa de la fracción del Material Particulado con diámetro de $0.021 \mu\text{m}$ (PM1). Con todo esto, se determina que los empleados de dicha área presentarán afecciones respiratorias si no se implementa un mecanismo de protección ante la exposición de las partículas ultrafinas.

En Nigeria, Iyogun et al., (2019) realizó un estudio sobre las concentraciones de material particulado en tiendas de moliendas de granos. De manera particular, el estudio se enfocó en el material del polvo de harina y en los gases de escape de las máquinas usadas para moler los granos. El tamaño del material particulado considerado en las mediciones fue de PM10 y PM2.5, mientras que el método para determinar las afectaciones respiratorias resultantes fue el análisis espirométrico, midiendo específicamente el Volumen Espiratorio Forzado en un segundo (VEF), y la Velocidad del Flujo Espiratorio Pico (VFEP). Estas mediciones fueron tomadas considerando un grupo expuesto y un grupo no expuesto, para así encontrar las principales diferencias entre los dos. Además, se realizaron encuestas sobre las condiciones laborales de los trabajadores, y una medición del aire con un monitor de Material Particulado calibrado. La conclusión fue que los niveles de PM10 y PM2.5 eran mayores a los permitidos por la OMS, aunque estas concentraciones variaban en la mañana y en la tarde. Se

hallaron declives significativos en el FEV y en el PEFr, los cuales se acentuaron más a medida que el tiempo de trabajo se incrementaba (Iyogun, 2018, p. 6).

También en Nigeria, Okonkwo et al., (2018) realizó un análisis comparativo de espirometría (Flujo Espiratorio Pico, Volumen Espiratorio Forzado y la Capacidad Vital Forzada) en trabajadores expuestos a emisiones debidas a la quema de llantas (124 carniceros y 32 trabajadores administrativos). En este caso se midió la presencia de PM1, PM2.5, PM7 y PM10 por un contador de partículas, encontrando concentraciones distintas de acuerdo a las horas. Por otra parte, se concluyó que el Volumen Espiratorio Forzado y la Capacidad Vital Forzada fue más alta en el caso de los carniceros en comparación con los trabajadores administrativos (Okonkwo, 2018, p. 391).

Por otra parte, en un ambiente abierto, Solanki (2015) estudió a 227 trabajadores gasolineros en la ciudad de Ahmedabad, India, quienes suelen estar constantemente expuestos a polvo, gases y humos en su trabajo. En este caso se demostró que el material particulado PM 10 ha reducido significativamente parámetros espirométricos como la Capacidad Vital Forzada, el Volumen Espiratorio Forzado en el primer segundo, el Flujo Respiratorio Forzado y el Pico del Flujo Espiratorio (Solanki, 2019, p. 348). La duración de la exposición fue otro factor positivamente correlacionado con la acentuación de estos padecimientos (Solanki, 2019, p. 349).

Otra vertiente de investigaciones se concentró en lugares de trabajo específicos, y no tanto así en sustancias (elementos químicos o gases), como lo hacían los artículos arriba mencionados. Por ejemplo, en la rama de la construcción encontramos a (Escudero, 2017), quien desarrolló una investigación de tipo cuantitativa y cualitativa en base a la observación de que los trabajadores durante la construcción de las viviendas MIDUVI utilizan materiales que producen material particulado, y que existen deficiencias en los protocolos y sistemas de seguridad para el manejo de aquellos. Para realizar este estudio se aplicaron encuestas y tomas de medición de la calidad del aire a 30 trabajadores de la construcción de las viviendas. En cuanto al análisis de los datos, se realizó una matriz de riesgos para cada actividad y proceso en la construcción, con lo cual el investigador concluyó que existen

riesgos importantes e intolerables en la exposición de los trabajadores al material particulado. Gracias a las mediciones de la calidad del aire se evidenció que existe una cantidad de polvo respirable más allá de lo permitido en los puestos de trabajo de los obreros y que se han producido afecciones respiratorias como: tos, gripe o expectoración. De manera similar, en Medellín se realizó una revisión bibliográfica de la exposición ocupacional a contaminación aérea y enfermedades laborales en el sector de construcción, con el cual se determinó que las materias primas más comunes a las que están expuestos los trabajadores son: cemento, arena, cartón y yeso, materiales capaces de liberar polvos durante su manipulación. Las afecciones respiratorias detectadas fueron: asma, silicosis, asbestosis y cáncer pulmonar. Todo esto se podría detectar y prevenir a través de: la revisión del historial ocupacional, exploración física, cuestionarios estandarizados, estudios radiológicos (Rayos X y Tomografía de Tórax), pruebas de función pulmonar (espirometría, transferencia de CO, valoración cardiorrespiratoria), pruebas inmunológicas, estudios de sensibilidad a sustancias químicas y pruebas toxicológicas (Salazar, 2017).

Las carpinterías también fueron ámbitos estudiados a estos respectos. En Colombia, se realizó un estudio para analizar la incidencia de las enfermedades respiratorias en los carpinteros del Quindío. Dichos trabajadores están expuestos a material particulado proveniente del polvo de madera que se produce durante la elaboración de un mueble; el polvo que se desprende es una mezcla de celulosa: poliosas y lignina. Las maderas se clasifican en duras y blandas dependiendo de su composición. Una prueba de observación bajo el microscopio muestra que las partículas pueden presentar diferentes formas y tamaños dentro de una misma muestra; estas partículas están asociadas a enfermedades respiratorias ocupacionales como: asma, bronquitis, rinitis, sinusitis, hipersecreción nasal, eliminación mucociliar y otras más graves como: cáncer nasal, cáncer pulmonar, cáncer gastrointestinal. En este estudio se detectaron 14 reportes de enfermedades laborales, de las cuales solo 3 casos fueron por enfermedades respiratorias (Gómez & Cremades, 2018)

También en Colombia, Gómez Yepes e investigadores (Gómez et al., 2008) , buscaron comprender las condiciones de salud de los trabajadores expuestos a riesgos químicos de ebanisterías y carpinterías del municipio de Armenia. En esta investigación, se analizaron a 10 empresas de dichos municipios, de las cuales se eligieron a 178 trabajadores en las áreas de lijado, cepillado, inmunizado y pinturas. Los investigadores realizaron una valoración de la Exposición Promedio Ocupacional con bombas muestreadoras de aire, calibradores y filtros que determinan la cantidad de “Polvo total no respirable” y “Polvo Total”, mediante el método NIOSH norma 500. Como resultado, se observó que las industrias más grandes presentaban grados de riesgo mayores a lo aconsejable, superándolo en un más de 200%. Estos resultados cobran relevancia en la medida en que el polvo de madera puede producir cáncer en quienes lo aspiran, sobre todo aquel proveniente de maderas duras trabajadas en las empresas tales como: el Algarrobo, Cedro Rosado, Cedro Negro o Cedro Tuloa, entre otros.

En la revisión realizada, China destaca por estudios en la industria de las pinturas y la metalurgia, como también en trabajadores en espacios abiertos. Así, Song y sus colaboradores (2009), registraron uno de los primeros casos laborales de afecciones respiratorias producidas por nanopartículas. En dicho estudio se consideraron a ocho trabajadores de un departamento de pinturas de una empresa, quienes trabajaban en un área de 70m² y sin ventilación; y cuya labor era la ‘aerosolización’ de una mezcla de marfil blanco y éster poliacrílico del cual se desprende nanopartículas de sílice. Después de 18 meses, se registraron casos de disnea y derrame pleural recurrente. Se observaron también problemas cutáneos debido a la falta de protección, y gracias a un análisis de microscopía electrónica se evidenciaron agregados de sílice en el tejido pulmonar de personas fallecidas (Song, 2009). Similarmente, Cheng y sus colaboradores (2012) describieron un caso de muerte por exposición ocupacional a dióxido de titanio y al igual que en el caso anterior el empleado fallecido realizada aerosolización en una fábrica de pintura. Dicho empleado estuvo expuesto durante tres meses a nanopartículas del poliéster de titanio, y tuvo una sintomatología de fiebre y bronquiolitis. A partir de ello, se realizaron radiografías y tomografías de tórax con las cuales

se evidenció la consolidación bilateral del espacio aéreo. Gracias a una biopsia se diagnosticó neumonía y finalmente el paciente falleció debido a una septicemia refractaria.

Como puede notarse, uno de los problemas en estos últimos casos fue el encierro y la falta de ventilación, pero, como se anotó líneas más arriba, también se encontró estudios en ámbitos abiertos. La investigación de Chuang y otros (2018), analiza los efectos respiratorios de la exposición a material particulado PM2.5 en trabajadores de soldadura de astilleros navales, pero relacionándolo a sus consecuencias para la calidad del sueño. Se concluyó que efectivamente la exposición a metales pesados en humos metálicos perjudica las funciones pulmonares, pues los soldadores (quienes fueron más expuestos) tuvieron un mayor nivel de (VEF) que trabajadores de oficina (con quienes, al estar menos expuestos, fueron comparados). En China se estudió también la incidencia de la contaminación por Material Particulado en el sistema respiratorio de los policías de tráfico, esto a fin de explorar la relación entre la presencia de material PM2.5 y los daños pulmonares a nivel inflamatorio y de las funciones de dicho órgano. Este estudio se caracterizó por analizar los nexos entre las concentraciones de PM2.5 a nivel individual (Zhao et al., 2015). Mediante un análisis espirométrico y uno encaminado a detectar los cambios entre proteínas (la proteína C-reactiva, la proteína 16 de la célula clara y el polimorfismo de los genes CXCL3, NME7 Y C5), se detectó una significativa influencia entre la exposición al material particulado tanto al nivel de funciones pulmonares como de inflamaciones de dicho órgano (Zhao, 2015, p. 981).

Otro ámbito laboral estudiado fue el de la minería. (González et al., 2017) estudiaron el caso de 226 mineros del carbón de Paipa, Colombia, del cual se tenía como antecedente que las principales enfermedades producidas por estas partículas en esta industria eran la silicosis, una neumoconiosis típica que “se desarrolla tras muchos años de exposición”. En esta investigación se utilizó la espirometría como metodología para medir la función respiratoria y se aplicó una encuesta de enfermedades mentales ocupacionales creado por la ‘American Thoracic Society’ (ATS). Las partículas analizadas fueron: sílice, cristalina libre, amianto y polvo de carbón. Con los resultados

obtenidos se determinó que los patrones de espirometría entre los trabajadores habían cambiado, encontrando que un 13.2% de los participantes se registraron alteraciones de tipo obstructivo o restrictivo. Adicionalmente, en el 35% se registró una disminución de la relación entre la capacidad vital forzada y el volumen espirado en el primer segundo, lo cual concuerda con la presencia de trastorno obstructivo entre los mineros.

En cuanto a la industria del acero, Cruz y sus investigadores (2006) analizaron los efectos del polvo de sílice en los trabajadores de una industria de Acero. En base a registros previos, dicha industria poseía niveles superiores a los permitidos de contaminación ambiental. En este caso, la población analizada fue de 33 trabajadores con un tiempo mayor a 10 años de exposición del área de fundición del acero, debido a que los niveles de exposición en dicha área son los más altos dentro de toda la industria. Se llevaron a cabo cuestionarios y exámenes médicos que incluyeron espirometría forzada y radiografías torácicas. Los resultados de esta investigación demostraron que más de la mitad (el 53.3%) de los trabajadores presentaron ‘neumopatías’. De igual manera, se evidenciaron enfermedades tales como: bronquitis crónica, fibrosis pulmonar y silicosis. Finalmente, se concluyó que a mayor exposición mayor la presencia de enfermedades respiratorias.

Por otro lado, se realizó un análisis en los trabajadores del relleno sanitario en el estado de Morelos, México; donde concluyeron que la basura en descomposición produce endotoxinas como D-glucan que es perjudicial para la salud de trabajadores como de comunidades cercanas a los vertederos de basura (Kozajda, Jeżak, Cyprowski, & Szadkowska-Stańczyk, 2017; Terrazas, 2014). Se determinó que esta toxina en aerosol disminuye la función pulmonar e incluso afecta al desarrollo pulmonar en niños. Además, es capaz de producir daños gastrointestinales y daños dérmicos, debido a que el tamaño de las partículas va de PM10 a PM2.5. Es importante recalcar que el primer síntoma es la inflamación de las vías respiratorias y dicha inflamación puede detectarse a través de una prueba de sangre.

En Estados Unidos, Abraham y otros investigadores (2010), examinaron los efectos de la exposición ocupacional al tóner, ya que dicho elemento es capaz de desprender partículas de 10 µm en diámetro, y estas, a su vez, son capaces de ingresar al sistema respiratorio de las personas. En este caso se diferencian tres grupos de empleados: los que manufacturan el tóner en ciudades como Oklahoma o Monroe County, empleados de Xerox en Monroe County quienes no tuvieron exposición a tóner y empleados de atención al público reclutados por Xerox. Una particularidad de este estudio es que tomó una muestra histórica de los registros de la empresa entre 1960 y 1982. Se incluyeron a 33 671 empleados pertenecientes a los tres grupos previamente mencionados. Los resultados obtenidos fueron expresados en valores de Mortalidad: de 0.65 y 0.84 para hombres y mujeres blancos, y de 0.37 y 0.74 para hombres y mujeres no blancos, respectivamente. Aunque algunos empleados presentaron enfermedades respiratorias y enfermedades cardiovasculares, no hubo evidencia de que la exposición al tóner aumente el riesgo de mortalidad.

Los trabajadores de cocina fueron analizados en la India por Singh, et al., (Singh et al., 2017), quien junto a otros colaboradores estudió la función pulmonar en 233 trabajadores de cocina del norte de La India y 186 trabajadores de cocina del sur de la India. De manera más específica, la investigación trató de encontrar el nexo entre la contaminación por material particulado, los problemas en funciones pulmonares y la ‘Microalbuminuria’ (MAU), un marcador de enfermedad renal que también puede servir para comprender posibles padecimientos emparentados con la hipertensión arterial. El método de la espirometría (midiendo la velocidad del flujo espiratorio pico), se combinó con la toma de muestras de sangre para medir la glucosa. Después de haber encontrado una amplia presencia de material particulado (PM 1 y PM2.5), se demuestra un descenso en el Pico del flujo espiratorio y el Volumen Espiratorio Forzado, en todos los casos de personas con MAU, aunque estos problemas fueron más presentes en trabajadores del sur de La India que del norte (Singh, 2017, p. 5).

Por otro lado, Córdoba y Sánchez (Cordoba & Sánchez, 2017), analizaron la incidencia del material particulado y sus efectos en la salud de trabajadores en una industria textil y de calzado en Ecuador.

Dicha investigación tuvo como fin, orientar a los empresarios en la toma de decisiones sobre medidas preventivas para cuidar la salud del personal. La metodología se basó en el análisis de riesgos laborales, encuestas y mediciones de material particulado. Para efectuar el estudio, se consideró a los 15 empleados del área de corte y apartado de la empresa de calzado, destinándoles un cuestionario encaminado a identificar episodios de tos, expectoración, sibilancias, disnea, gripe y enfermedades pulmonares. Como resultados, se determinó que el material particulado sí incide en la salud de los trabajadores de la empresa CM Original, pues tanto en el área de troquelado como en el área de apartado los niveles de riesgo son altos debido al material desprendido de la materia prima de pantuflas y otros calzados con componentes textiles.

También en nuestro país, en una investigación realizada (Santillán-Lima et al., 2016), los autores realizaron una investigación para determinar la cantidad de nanopartículas en el Laboratorio de Servicios Ambientales de la Universidad Nacional de Chimborazo. En dicho laboratorio, se evaluó el grado de contaminación por material particulado atmosférico (MPA) y material particulado sedimentado (MPS), a través de mediciones con el equipo DustTrack II y mediante muestreo pasivo para polvo sedimentable; con estos análisis determinaron que los niveles del material particulado en el laboratorio estudiado sobrepasan los niveles permitidos por la normativa ecuatoriana: “15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (promedio anual) y 65 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (promedio 24 horas); por lo que la salud de las personas que trabajan allí está en riesgo debido a la constante exposición al material particulado. En esta investigación, no se analizó a la población afectada por lo cual se desconoce si los trabajadores ya presentan afecciones respiratorias o no.

Para finalizar, en Turquía, Sak y sus colaboradores (2018), estudiaron el efecto de los pesticidas (organofosfatos y carbamatos), en el sistema respiratorio de trabajadores en plantaciones de algodón. En el estudio, se analizaron a 252 personas que no estuvieron expuestas a los pesticidas y 66 personas que sí estuvieron expuestas. Para ello, se efectuó un análisis estadístico mediante encuestas, mediciones de espirometría, análisis de la calidad del aire. Con esto concluyeron, que los

síntomas dentro de la población expuesta a pesticidas fueron: ardor de nariz, de ojos, toz o flema, dolores de cabeza y comezón. Por otra parte, los niveles de Capacidad Vital Forzada y Expiración Forzada disminuyeron significativamente en las personas expuestas. Se determinó entonces que el uso o contacto con pesticidas afecta significativamente el sistema respiratorio.

Conclusiones y recomendaciones

1.- Existe una gran variedad de ámbitos laborales en relación a los cuales se ha estudiado la formación de afecciones respiratorias. Estos van desde el ámbito de la construcción, la carpintería, la minería, la metalurgia, la industria textil, la industria química la agroindustria, y la mecánica.

2.- Se encontró estudios de metodología estadística basada en el análisis de grandes bases de datos cuantitativos y en revisiones bibliográficas, mismos que confirmaban o refutaban correlaciones de largo aliento entre la contaminación y ciertas afecciones como bronquitis crónica, fibrosis pulmonar, silicosis, laringitis, asma, sinusitis, asma, gripe, tos, disnea, sibilancias e inflamaciones, etc.

(Abraham, 2010; Salazar, 2017). Por otra parte, hubo otros centrados en muestras más pequeñas (Escudero, 2017; Gómez & Cremades, 2018; Gonzáles, et.al., 2017; Cruz et. al., 2016).

3.- Muchos estudios se enfocaban en investigar los efectos de la contaminación en poblaciones externas a espacios laborales (pero influidos por ellos), como es el caso de López et. al., (2011), Quiroz (2008) y Kozajda, Jeżak, Cyprowski, & Szadkowska-Stańczyk (2017). Al estar dichas poblaciones en entornos abiertos, esto incidió en los mecanismos de medición. (Wu et. al., 2010; Zhao, et. al., 2015).

4.- A partir de la revisión se pudo constatar también que en muchos casos no se mencionaba específicamente el tamaño del material particulado, sino más bien el tipo de material o composición

química del contaminante. Se encontró algunos textos que se enfocaban, por ejemplo, en determinar las afectaciones ocasionadas por elementos como sílice, silicato y el asbesto (Morales, Rocha & Sierra, 2015) el zinc, molibdeno o el níquel (Manquian – Tejos, 2008).

5.- Tanto los estudios basados en muestras amplias como pequeñas se distinguían entre los que identificaban factores de riesgo a nivel general y los que analizaban correlaciones entre la contaminación ambiental y hospitalizaciones, casos de muerte o consultas médicas efectivamente ocurridas.

6.- No existe una precisión sobre las enfermedades respiratorias específicas y el grado en que estarían acentuándose a raíz de la contaminación por material particulado.

7.- En relación a lo anterior, muy pocas investigaciones trataban afecciones respiratorias realizando análisis médicos sobre la influencia de ciertas sustancias en el organismo, entre los que están Quiroz (2018) y Singh et. al., (2017); al estudiar la EPOC y a individuos con microalbuminuria, respectivamente. Hubo una importante presencia de investigaciones que extraían conclusiones de salud a partir de la espirometría (Chuang, et. al 2018; Solanki, 2019).

8.- Es necesario realizar más investigaciones enfocadas a la determinación de afecciones o enfermedades como tal causadas por material particulado en ámbitos laborales, con el objetivo de profundizar en el tema y generar así información que ayude a la prevención de estas afecciones.

Para cerrar, y a partir de las conclusiones descritas, se debe anotar que, en términos generales, la gran mayoría de estudios encuentran correlaciones altas entre ciertos tipos de contaminación y la formación de afecciones respiratorias (1). El punto principal de atención radica en posibilitar que los estudios basados en muestras estadísticas grandes puedan ganar mayor profundidad a la hora de

detectar cuales enfermedades concretas se han producido en la gente, más que sólo en la detección de factores de riesgo (2). También es necesario una mayor compenetración entre variables de salud ocupacional (concentraciones de material particulado más arriba de los niveles permitidos en los estándares), y variables de tipo médico (padecimientos observados en el organismo); con el fin de determinar con mayor precisión la relación fuente de contaminación – enfermedad respiratoria (3). Estos fines podrían alcanzarse armonizando metodologías para medir la contaminación en entornos diferentes, así como también datos clínicos y datos de salud laboral (4).

Bibliografía

- Abraham, A. G., Gange, S. J., Rawleigh, S. B., Glass, L. R., Springer, G., & Samet, J. M. (2010). Retrospective mortality study among employees occupationally exposed to toner. *Journal of Occupational and Environmental Medicine*, 52(10), 1035-1041.
<https://doi.org/10.1097/JOM.0b013e3181f73afc>

- Angarita, C., Ocampo, J. J., López, M., & Jaramillo, A. (2017). Características y prevalencia de las enfermedades respiratorias en los trabajadores de Coomeva EPS en la ciudad de Cúcuta en el periodo 2015-2016. Recuperado de <http://bdigital.ces.edu.co:8080/jspui/handle/10946/3334>
- Arciniégas Suárez, César Augusto ‘*Diagnóstico y control de material particulado: partículas suspendidas totales y fracción respirable PM10*’ Revista Luna Azul, núm. 34, enero-junio, 2012, pp. 195-213 Universidad de Caldas Manizales, Colombia. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/pdf/3217/321727348012.pdf>
- Attfield, M. D., Schleiff, P. L., Lubin, J. H., Blair, A., Stewart, P. A., Vermeulen, R., Silverman, D. T. (2012). The Diesel Exhaust in Miners Study: A Cohort Mortality Study With Emphasis on Lung Cancer. *JNCI Journal of the National Cancer Institute*, 104(11), 869-883. <https://doi.org/10.1093/jnci/djs035>
- Baxter, C. S., Ross, C. S., Fabian, T., Borgerson, J. L., Shawon, J., Gandhi, P. D., Lockey, J. E. (2010). Ultrafine particle exposure during fire suppression—Is it an important contributory factor for coronary heart disease in firefighters? *Journal of Occupational and Environmental Medicine*, 52(8), 791-796. <https://doi.org/10.1097/JOM.0b013e3181ed2c6e>
- Beatriz Moreno, Laura. ‘*Contaminación y contaminantes del aire interior*’, en: *Salud Ambiental Infantil: manual para enseñanza de grado en escuelas de medicina / compilado por Daniel Quiroga; Ricardo Fernández; Enrique Paris. - 1a ed. - Buenos Aires: Ministerio de Salud de la Nación; Organización Panamericana de la Salud, 2010. Recuperado de: <http://www.municipios.msal.gov.ar/images/stories/bes/graficos/0000000271cnt-s12-manualuniversitario-salud-ambiental-infantil.pdf#page=33>*
- Bott, R. C., Kirk, K. M., Logan, M. B., & Reid, D. A. (2017). Diesel particulate matter and polycyclic aromatic hydrocarbons in fire stations. *Environmental Science. Processes & Impacts*, 19(10), 1320-1326. <https://doi.org/10.1039/c7em00291b>
- Bujak-Pietrek, S., Mikołajczyk, U., Kamińska, I., Cieślak, M., & Szadkowska-Stańczyk, I. (2016).

- Exposure to diesel exhaust fumes in the context of exposure to ultrafine particles. *International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health*, 29(4), 667-682.
<https://doi.org/10.13075/ijomeh.1896.00693>
- C. Arden Pope III; Richard T. Burnett; Michael J. Thun; et al (2002). *Lung Cancer, Cardiopulmonary Mortality, and Long-term Exposure to Fine Particulate Air Pollution*. March 6, 2002 – Vol 287, No. 9. <https://jamanetwork.com/journals/jama/fullarticle/194704>
- Castro, P., Vera, J., Cifuentes, L., Wellenius, G., Verdejo, H., Sepúlveda, L., Llevaneras, S. (2010). Polución por material particulado fino (PM 2,5) incrementa las hospitalizaciones por insuficiencia cardiaca. *Revista chilena de cardiología*, 29(3), 306-314.
<https://doi.org/10.4067/S0718-85602010000300004>
- Cheng, T.-H., Ko, F.-C., Chang, J.-L., & Wu, K.-A. (2012). Bronchiolitis obliterans organizing pneumonia due to titanium nanoparticles in paint. *The Annals of Thoracic Surgery*, 93(2), 666-669. <https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2011.07.062>
- Chuang, H.-C., Su, T.-Y., Chuang, K.-J., Hsiao, T.-C., Lin, H.-L., Hsu, Y.-T., Lai, C.-H. (2018). Pulmonary exposure to metal fume particulate matter cause sleep disturbances in shipyard welders. *Environmental Pollution (Barking, Essex: 1987)*, 232, 523-532.
<https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.09.082>
- Cordoba, A., & Sánchez, C. (2017). Material particulado y su incidencia en la salud de los trabajadores en la Empresa de Calzado CM Original. Recuperado de <http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/24456>
- Cruz, H. P., Díaz, S. V., & Gómez, Y. R. (2006). Enfermedades Broncopulmonares en trabajadores expuestos a polvo de sílice en una empresa siderometalúrgica. *Mapfre medicina*, 17(4), 257-265.
- Escudero, P. (2017). Material particulado y su incidencia en alteraciones respiratorias en los trabajadores de la construcción en viviendas rurales tipo miduvi. Recuperado de <http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/25950>

- Gómez, M., & Cremades, L. (2018). Evaluación de la gestión integral del riesgo químico en curtiembres de la ciudad de Armenia. *ORPjournal*, 96-103.
- Gomez, M. E., Sánchez, J. F., Villamizar, R. H., Pioquinto, J. F., Torres, P., Sanchez, D., Cremades, L. V. (2008). Diagnóstico situacional de las condiciones de trabajo de los trabajadores de ebanisterías y carpinterías del municipio de armenia. Recuperado de <https://docplayer.es/47441969-Diagnostico-situacional-de-las-condiciones-de-trabajo-delos-trabajadores-de-ebanisterias-y-carpinterias-del-municipio-de-armenia.html>
- González, N., Díaz, S. L., Wilches, M. R., Franky, M. P., Méndez, C., & Herrera, A. del R. (2017). Valoración mediante espirometría de mineros del carbón de Paipa, Colombia. *Biomédica*, 37(4), 498-506. <https://doi.org/10.7705/biomedica.v34i2.3364>
- Gutiérrez Antezana, A. F., & Lizárraga Hurtado, T. L. (2016). Efectos sobre la salud en los trabajadores expuestos al dióxido de titanio. *Medicina y Seguridad del Trabajo*, 62(242), 79-95.
- Gutiérrez González, L., Hernández Jiménez, M. J., & Molina Borchert, L. (2013). Daños para la salud tras exposición laboral a nanopartículas. *Medicina y Seguridad del Trabajo*, 59(231), 276-296. <https://doi.org/10.4321/S0465-546X2013000200007>
- Iyogun, K., Lateef, S. A., & Ana, G. R. E. E. (2019). Lung Function of Grain Millers Exposed to Grain Dust and Diesel Exhaust in Two Food Markets in Ibadan Metropolis, Nigeria. *Safety and Health at Work*, 10(1), 47-53. <https://doi.org/10.1016/j.shaw.2018.01.002>
- Jiménez, R. (1998). Metodología de la Investigación. Elementos básicos para la investigación clínica. La Habana: Editorial Ciencias Médicas.
- Korc, M. E. (2001). Calidad del aire y su impacto en la salud en América Latina y el Caribe. Recuperado de <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/7068>
- Kozajda, A., Jeżak, K., Cyprowski, M., & Szadkowska-Stańczyk, I. (2017). Inhalable dust, endotoxins and (1–3)- β -d-glucans as indicators of exposure in waste sorting plant environment. *Aerobiologia*, 33(4), 481-491. <https://doi.org/10.1007/s10453-017-9484-4>

- Le Blond, J., Woskie, S., Horwell, C., & Williamson, B. (2016). Particulate matter produced during commercial sugarcane harvesting and processing: A respiratory health hazard? *Atmospheric Environment*, *149*. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2016.11.012>
- Lee, K.-H., Jung, H.-J., Park, D.-U., Ryu, S.-H., Kim, B., Ha, K.-C., Yoon, C. (2015). Occupational Exposure to Diesel Particulate Matter in Municipal Household Waste Workers. *PLoS ONE*, *10*(8). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0135229>
- López, E. M., Quiroz, C. M., & Rúa, J. (2011). Morbilidad respiratoria asociada con la exposición a material particulado en el ambiente*. *Facultad Nacional de Salud Pública: El escenario para la salud pública desde la ciencia*, *29*(4), 13.
- Manquián-Tejos, A. R. I., Tovar-Gálvez, L. R., & Yáñez-Canal, G. (2008). [Aluminium in the lower respiratory tract of people living in México City]. *Revista De Salud Publica (Bogota, Colombia)*, *10*(3), 452-461. <https://doi.org/10.1590/s0124-00642008000300010>
- Miri, M., Alahabadi, A., Ehrampush, M. H., Rad, A., Lotfi, M. H., Sheikhha, M. H., & Sakhvidi, M. J. Z. (2018). Mortality and morbidity due to exposure to ambient particulate matter. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, *165*, 307-313. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2018.09.012>
- Morales, J. del C., Rocha, I. D., Gómez, E. M., & Sierra, C. A. S. (2015). Salud y riesgos laborales por el manejo de sílice en el proceso de sandblasting. *Ciencia y Salud Virtual*, *7*(1), 45-58.
- Moran, R. E., Bennett, D. H., Garcia, J., & Schenker, M. B. (2014). Occupational exposure to particulate matter from three agricultural crops in California. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, *217*(2), 226-230. <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2013.05.002>
- Okonkwo, F. O., Njan, A. A., Ejike, C. E. C. C., Nwodo, U. U., & Onwurah, I. N. E. (2018). Health Implications of Occupational Exposure of Butchers to Emissions from Burning Tyres. *Annals of Global Health*, *84*(3), 387-396. <https://doi.org/10.29024/aogh.2321>
- Quiroz, C. M. (2008). Prevalencia de alteraciones en la Función Pulmonar de la población residente vecina a dos fábricas de material particulado. *Corregimiento La Sierra, Municipio de Puerto*

- Nare (Antioquia Colombia) 2008 / Quiroz / Facultad Nacional de Salud Pública*. Recuperado de <http://aprendeenlinea.udea.edu.co/revistas/index.php/fnsp/article/view/6348>
- Sak, Z. H. A., Kurtuluş, Ş., Ocaklı, B., Töreyn, Z. N., Bayhan, İ., Yeşilnacar, M. İ., Arbak, P. (2018). Respiratory symptoms and pulmonary functions before and after pesticide application in cotton farming. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine: AAEM*, 25(4), 701-707. <https://doi.org/10.26444/aaem/99561>
- Salazar, C. (2017). Exposición ocupacional a contaminación atmosférica de material particulado y enfermedades respiratorias laborales en trabajadores del sector de la construcción de edificaciones en Colombia. (Thesis, CES). Recuperado de <http://bdigital.ces.edu.co:8080/jspui/handle/10946/462>
- Sánchez Aguilar, M., Pérez-Manríquez, G. B., & González Díaz, G. (2011). Enfermedades potenciales derivadas de factores de riesgo presentes en la industria de producción de alimentos. *Medicina y Seguridad del Trabajo*, 57(225), 300-312. <https://doi.org/10.4321/S0465-546X2011000400004>
- Santillán-Lima, G.-P., Damián-Carrión, D.-A., Rodríguez-Llerena, M.-V., Torres-Rodríguez, S.-H., Cargua-Catagña, F.-E., & Torres-Barahona, S.-M. (2016). Estimación del grado de contaminación de material particulado atmosférico y sedimentable en el laboratorio de servicios ambientales de la UNACH. *Revista Perfiles*, 2. Recuperado de <http://ceaa.esPOCH.edu.ec:8080/revista.perfiles/Articuloshtml/Perfiles16Art5/Perfiles16Art5.xhtml>
- Schinasi, L., Horton, R. A., Guidry, V. T., Wing, S., Marshall, S. W., & Morland, K. B. (2011). Air pollution, lung function, and physical symptoms in communities near concentrated Swine feeding operations. *Epidemiology (Cambridge, Mass.)*, 22(2), 208-215. <https://doi.org/10.1097/EDE.0b013e3182093c8b>

- Silverman, D. T., Samanic, C. M., Lubin, J. H., Blair, A. E., Stewart, P. A., Vermeulen, R., Attfield, M. D. (2012). The Diesel Exhaust in Miners Study: A Nested Case–Control Study of Lung Cancer and Diesel Exhaust. *JNCI Journal of the National Cancer Institute*, 104(11), 855-868. <https://doi.org/10.1093/jnci/djs034>
- Singh, A., Kesavachandran, C. N., Kamal, R., Bihari, V., Ansari, A., Azeez, P. A., Khan, A. H. (2017). Indoor air pollution and its association with poor lung function, microalbuminuria and variations in blood pressure among kitchen workers in India: A cross-sectional study. *Environmental Health: A Global Access Science Source*, 16(1), 33. <https://doi.org/10.1186/s12940-017-0243-3>
- Solanki, R. B., Bhise, A. R., & Dangi, B. M. (2015). A study on spirometry in petrol pump workers of Ahmedabad, India. *Lung India: Official Organ of Indian Chest Society*, 32(4), 347-352. <https://doi.org/10.4103/0970-2113.159567>
- Song, Y., Li, X., & Du, X. (2009). Exposure to nanoparticles is related to pleural effusion, pulmonary fibrosis and granuloma. *The European Respiratory Journal*, 34(3), 559-567. <https://doi.org/10.1183/09031936.00178308>
- Terrazas, M. (2014). Marcadores de inflamación e incidencia de síntomas respiratorios asociados a partículas suspendidas, en trabajadores del relleno sanitario «La Perseverancia» y poblaciones aledañas en el estado de Morelos, México: Un enfoque ecosistémico. El autor, Cuernavaca, Mor.
- Thiri6n-Romero, I., Gochicoa-Rangel, L., Torre-Bouscoulet, L., Thiri6n-Romero, I., GochicoaRangel, L., & Torre-Bouscoulet, L. (2017). «Neumología ocupacional y ambiental». Temas necesarios en la formaci6n del especialista en Medicina Respiratoria. *Neumología y cirugía de t6rax*, 76(4), 295-297.
- Ubilla, Carlos y Yohannessen, Carla. ‘Contaminaci6n atmosférica efectos en la salud respiratoria en el ni6o outdoor air pollution respiratory health effects in children’ Rev. Med. Clin. Condes -

2017; 28(1) 111-118]. <https://www.elsevier.es/es-revista-revista-medica-clinica-las-condes-202-pdf-S0716864017300214>

World Health Organization – Régional Office for Europe (2013). ‘*Review of evidence on health aspects of air pollution – REVIHAAP Project. Technical Report.*’ World Health Organization – Régional Office for Europe. Copenhagen, Denmark.

http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0004/193108/REVIHAAP-Final-technicalreport-final-version.pdf?ua=1

Verma, D. K., Rajhans, G. S., Malik, O. P., & des Tombe, K. (2014). Respirable dust and respirable silica exposure in Ontario gold mines. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, 11(2), 111-116. <https://doi.org/10.1080/15459624.2013.843784>

Wu, M., Gordon, R. E., Herbert, R., Padilla, M., Moline, J., Mendelson, D., ... Gil, J. (2010). Case report: Lung disease in World Trade Center responders exposed to dust and smoke: carbon nanotubes found in the lungs of World Trade Center patients and dust samples. *Environmental Health Perspectives*, 118(4), 499-504. <https://doi.org/10.1289/ehp.0901159>

Yamazaki, S., Shima, M., Ando, M., Nitta, H., Watanabe, H., & Nishimuta, T. (2011). Effect of hourly concentration of particulate matter on peak expiratory flow in hospitalized children: A panel study. *Environmental Health: A Global Access Science Source*, 10, 15. <https://doi.org/10.1186/1476-069X-10-15>

Zhao, J., Bo, L., Gong, C., Cheng, P., Kan, H., Xie, Y., & Song, W. (2015). Preliminary study to explore gene-PM2.5 interactive effects on respiratory system in traffic policemen. *International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health*, 28(6), 971-983. <https://doi.org/10.13075/ijomeh.1896.00370>

Anexo N°2 Presupuesto

Ítem presupuestario	Aporte	Otros aportes	Total
Transporte	300.00	-	300.00
Computador/ Internet	550.00	-	550.00
Materiales de Oficina	170.00	-	170.00
Alimentación	170.00	-	170.00
Telefonía y comunicación	50.00	-	50.00
		Total Acumulado	1240.00