

UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE
FACULTAD DE MEDICINA
ESCUELA DE ENFERMERIA

“Contaminación atmosférica por material particulado y consultas de urgencia por morbilidad respiratoria en menores de 5 años en la ciudad de Valdivia, período mayo–julio, año 2010.”

Tesis presentada como parte de los
requisitos para optar al grado de
Licenciado en Enfermería.

Paulina Alejandra Salinas Vio
VALDIVIA – CHILE
2012

Profesor Patrocinante:

Nombre : R. Mauricio Barría P.
Profesión : Enfermero
Grado : Magíster en Epidemiología Clínica
Instituto : Enfermería
Facultad : Medicina- Universidad Austral de Chile

Firma :

Profesor Co- patrocinante:

Nombre : Sandra Cortés A.
Profesión : Médico Veterinario
Grado : Doctor en Salud Pública
Instituto : Depto. de Salud Pública
Facultad : Medicina – Pontificia Universidad Católica de Chile

Firma :

Profesores Informantes:

Nombre : Patricio Méndez M.
Profesión : Ingeniero Forestal
Grado : Magíster en Gestión y Tecnología Ambiental
Instituto : Economía
Facultad : Ciencias Económicas y Administrativas- Universidad Austral de Chile

Firma :

Nombre : Tatiana Victoriano R.
Profesión : Enfermera
Grado : Magíster en Desarrollo Humano
Instituto : Enfermería
Facultad : Medicina- Universidad Austral de Chile

Firma :

DEDICATORIA

Esta tesis y la finalización de mi carrera, quiero dedicársela en especial a mi madre, que siempre ha estado conmigo iluminándome y apoyándome, que me inculcó que la perseverancia, dedicación y esfuerzo siempre serían recompensados, que gracias a su amor, cariño, paciencia, puedo decir que me siento una persona que hace el bien y que puede luchar por sus objetivos y vida.

También quiero agradecer de corazón a mi familia, a mi abuelo Jorge, mis compadres Oscar e Inge, mis ahijados Raimundo y Aníbal, mi padre, Omar, mi hermano, Cristian y mi querida Irma.

A mis amigos del alma, esos que se pueden contar sólo con los dedos de las manos, muchas gracias....

INDICE

	Páginas
RESUMEN.....	iii
SUMMARY.....	v
1.- INTRODUCCIÓN.....	1
2.- MARCO TEÓRICO.....	2
3.- HIPÓTESIS Y OBJETIVOS.....	12
4.- MATERIAL Y MÉTODOS.....	13
5.- RESULTADOS.....	16
6.- DISCUSIÓN.....	21
7.- CONCLUSIONES.....	25
8.- BIBLIOGRAFÍA.....	26

RESUMEN

La contaminación del aire es un importante problema de salud ambiental que afecta a países desarrollados y en desarrollo de todo el mundo. Ésta se define como la presencia de sustancias extrañas en la atmósfera en concentraciones suficientes como para interferir en la salud, seguridad o bienestar de los seres vivos, además de constituir un problema ambiental debido a que la acción antrópica genera un efecto sobre un componente ambiental (aire) y a su vez el deterioro de éste afecta la supervivencia y la calidad de vida del hombre.

La evidencia disponible señala que la contaminación por concentraciones elevadas de $MP_{2,5}$, MP_{10} y ácido sulfúrico (gas) producen un riesgo elevado de mortalidad en la población, el que es mayor con el $MP_{2,5}$; éste contaminante produce un mayor riesgo de mortalidad y morbilidad asociado especialmente a enfermedades cardiovasculares y respiratorias, principalmente en los más vulnerables, niños y adultos mayores.

A nivel local, en Valdivia, no existen estudios que evalúen el efecto de la contaminación por MP sobre la salud de la población. Considerando que desde hace un par de años (2008) se dispone de una estación de monitoreo de contaminantes atmosféricos en la ciudad, parece relevante intentar evaluar como esta exposición podría afectar la salud, en especial de población vulnerable como los niños.

El presente estudio tuvo como finalidad evaluar la asociación entre los índices $MP_{2,5}$ y MP_{10} el número de consultas de morbilidad por causas respiratorias de menores de 5 años inscritos en el Consultorio Externo Valdivia (CEV), durante el período de mayo a julio del año 2010.

Se planteó un estudio epidemiológico, observacional de enfoque ecológico. Este proyecto propuso evaluar la asociación entre una variable de exposición: *nivel de contaminación por MP* y un desenlace (outcome): *consulta de urgencia por morbilidad respiratoria*. Se recogió información sobre la concentración de MP fino ($MP_{2,5}$) y grueso (MP_{10}) desagregado por hora. Además se recopiló información sobre la variable climatológica Temperatura (T°) del mismo sistema.

El promedio de consultas diarias por mes fue de 12,9 ($\pm 4,8$) para mayo, 13,2 ($\pm 5,0$) para junio y 16,5 ($\pm 4,4$) para julio, observándose una media significativamente mayor en julio respecto a los meses precedentes. El promedio de temperatura por mes obtenidos mediante los datos disponibles en SIVICA, fue de 7,4 $^{\circ}C$ ($\pm 2,9$) para mayo, 8,3 $^{\circ}C$ ($\pm 2,3$) para junio y 6,4 $^{\circ}C$

($\pm 2,1$) para julio, observándose una diferencia significativa entre los promedios de junio y julio siendo este último mes el que presentó la media de temperatura más baja. La mediana de niveles de $MP_{2,5}$ por mes fue de $94,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para mayo, $84,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para junio y $60,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para julio, observándose que no existen diferencias significativas entre estos niveles por mes. La mediana de niveles de MP_{10} por mes fue de $85,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para mayo, $67,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para junio y $62,85 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para julio. Al evaluar el comportamiento de la concentración de MP_{10} por mes tampoco se evidenciaron diferencias estadísticamente significativas.

Los resultados indicaron que la hipótesis científica planteada en este estudio no fue comprobada, debido a que el aumento de concentraciones de MP , no se asoció a un incremento de las consultas diarias de morbilidad por causa respiratoria, pero sin duda dada la importancia y trascendencia de éste tipo de estudios, es necesario escatimar esfuerzos en seguir evaluando los efectos de las variables atmosféricas y meteorológicas en la salud de la población en el mundo y principalmente en nuestro país.

SUMMARY

Air Pollution is an important environmental health problem, which one affects developed and developing countries worldwide. This is defined as the presence of foreign substances into the atmosphere in sufficient concentrations to make interferences with health, safety or welfare of living beings, furthermore it becomes an environmental problem, because anthropic action generates an impact on an environmental component (air) and, at the same time, the deterioration of that one impacts on the survival and quality of human life.

The available evidence exposes that the contamination by high concentrations of $MP_{2.5}$, PM_{10} and sulfuric acid (gas) produce a high risk of mortality in the population, which is higher with $MP_{2.5}$; this pollutant produces a higher mortality and morbidity risks associated especially to cardiovascular and respiratory diseases, principally on the most vulnerable children and elderly people.

Locally, in Valdivia, there are no studies which ones evaluate the PM pollution effect on population health. Considering that since some years ago (2008) there is a monitoring station of atmospheric contaminants available in the city, it seems relevant to try to evaluate how this exposition could affect people health, especially vulnerable population such as children.

The present study aims to evaluate the association between two rates: $PM_{2.5}$ and PM_{10} the number of morbidity consulting for respiratory causes of under 5 years children enrolled at the Valdivia External outpatient (CEV) during the period from may to july 2010.

The procedure consisted of raising an epidemiological, observational and ecological approach study. This project aimed to evaluate the association between an exposure variable: level of contamination by PM and a result (outcome): emergency respiratory morbidity visits. The information was collected on the concentration of fine PM ($PM_{2.5}$) and coarse (PM_{10}) disaggregated by hour. It was also collected the information on the weather variable temperature (T°) of the same system.

The average of daily visits per month was 12.9 (\pm 4.8) in may, 13.2 (\pm 5.0) in june and 16.5 (\pm 4.4) in july, showing a significantly higher medium in july than the median of the previous months. The average monthly temperature obtained from available data in SIVICA, was 7.4°C (\pm 2.9) in May, 8.3°C (\pm 2.3) in June and 6.4°C (\pm 2,1) in july, showing a significant difference between the average of june and july, being the last one which showed

the lowest temperature median. The median levels of PM_{2,5} per month was 94.5 µg/m³ in may, 84.3 µg/m³ in june and 60.2 µg/m³ in july. There were no significant differences observed between monthly levels of PM_{2,5}. The median levels of PM₁₀ were 85.1 µg/m³ in may, 67.5 µg/m³ in june and 62.85 µg/m³ in july. By measuring the behavior of monthly PM₁₀ there were no statistically significant differences found.

The results of this study made the scientific hypothesis to be rejected, it happened because the increased concentration of PM was not associated with the increased visit of patients because of morbidity from respiratory causes, but given the importance and significance of this kind of studies, it is necessary to make an effort to continue evaluating the atmospheric and meteorological variable effects on population health in the world and especially in our country.

1. INTRODUCCIÓN

La contaminación del aire es un importante problema de salud ambiental que afecta a países desarrollados y en desarrollo de todo el mundo (OMS, 2004). Ésta se define como la presencia de sustancias extrañas en la atmósfera en concentraciones suficientes como para interferir en la salud, seguridad o bienestar de los seres vivos, además de constituir un problema ambiental debido a que la acción antrópica genera un efecto sobre un componente ambiental (aire) y a su vez el deterioro de éste afecta la supervivencia y la calidad de vida del hombre (Elson, 1992; Peña-Cortés y Henríquez, 2002).

Por lo general, las partículas finas y gruesas provienen de fuentes diferentes y tienen mecanismos de formación distintos, aunque es probable que haya cierta superposición. Elementos biológicos como las bacterias, el polen y las esporas también se pueden encontrar en las partículas gruesas. Las partículas finas y gruesas normalmente se comportan de manera diferente en la atmósfera (OMS, 2004).

Los efectos adversos de los contaminantes atmosféricos sobre la salud son dependientes de las concentraciones de exposición al material particulado (MP) y otros contaminantes; así como también del tiempo de exposición a estos. Exposiciones prolongadas y repetidas en el tiempo podrían producir mayores y más persistentes efectos, que las transitorias a corto plazo y a plazo intermedio. Los estudios de exposición a largo plazo frente a una repetición en la exposición al MP causan efectos con mayores consecuencias en la salud, ya que son más persistentes y acumulativos que los efectos de exposición a corto plazo (Pope y Dockery, 2006).

La contaminación atmosférica es un problema de salud pública prioritario en Chile, en especial en las ciudades con mayores índices de contaminación. Se debe tener en cuenta que durante la época de invierno, los índices de contaminación aumentan, consecuencia de la combustión incompleta de fósiles utilizados como combustible sumado a la variación de las variables climatológicas (temperatura, presión atmosférica, humedad). Es en esta época del año donde se deben realizar todos los esfuerzos y utilizar todos los medios disponibles para enfrentar este problema y así disminuir los efectos en la salud de la población.

La evidencia disponible señala que la contaminación por concentraciones elevadas de $MP_{2.5}$, MP_{10} y ácido sulfúrico (gas) producen un riesgo elevado de mortalidad en la población, el que es mayor con el $MP_{2.5}$; éste contaminante produce un mayor riesgo de mortalidad y morbilidad asociado especialmente a enfermedades cardiovasculares y respiratorias, principalmente en los más vulnerables, niños y adultos mayores (Pope y Dockery, 2006)

A nivel local, en Valdivia, no existen estudios que evalúen el efecto de la contaminación por MP sobre la salud de la población. Considerando que desde hace un par de años (2008) se dispone de una estación de monitoreo de contaminantes atmosféricos en la ciudad, parece relevante intentar evaluar como esta exposición podría afectar la salud, en especial de población vulnerable como los niños.

Consecuentemente, se planteó un estudio epidemiológico para explorar el potencial efecto del MP sobre la salud respiratoria de niños menores de 5 años y responder a la pregunta de investigación: *¿se asocian los niveles de contaminación atmosférica por $MP_{2,5}$ y MP_{10} al número de consultas de urgencia por morbilidad respiratoria en menores de 5 años?*

2. MARCO TEORICO

CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA Y CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL PARTICULADO.

La contaminación atmosférica en Chile y el mundo es un tema de especial preocupación, ya que los diferentes tipos de contaminantes existentes en la atmósfera, generan problemas en el medio ambiente y afectan la salud de la población humana.

La contaminación atmosférica se define como la presencia de sustancias extrañas en la atmósfera en concentraciones suficientes como para interferir en la salud, seguridad o bienestar de los seres vivos. Ésta constituye un problema ambiental debido a que la acción antrópica genera un efecto sobre un componente ambiental (aire) y a su vez el deterioro de éste afecta la supervivencia y la calidad de vida del hombre (Elson, 1992; Peña-Cortés y Henríquez, 2002).

A pesar de que el deterioro de la calidad del aire es un problema creciente desde hace un par de décadas en nuestro país, la preocupación ciudadana y de las autoridades por el tema es reciente, como problema ambiental, la contaminación atmosférica adquiere en Chile dicha dimensión en la ciudad de Santiago a partir de la década de los años 80. A la fecha este problema está vigente en la capital de Chile a pesar de los numerosos esfuerzos y estudios para mitigar sus efectos (Pizarro y Vasconi, 2001) y se ha extendido a ciudades del centro y sur de Chile.

La contaminación atmosférica es evidente dentro de asentamientos de tipo urbano, industrial y minero, asociado al crecimiento económico, como en el caso de Chile. En los últimos años se ha producido un aumento sostenido en la actividad productiva e industrial, generando un impacto sobre el medio ambiente, que en la mayoría de los casos no ha sido dimensionado (Barros, Peña-Cortés y Osses, 2004; Peña Cortés y Henríquez, 2002; Durán y Arteaga, 2001).

Los efectos adversos que genera la contaminación atmosférica fueron determinados tempranamente. En “Sobre aire, agua tierra” escrito hace cerca de 2.500 años atrás, Hipócrates (1849) descubrió que la salud de las personas podría verse afectada por el aire que se respiraba y por la calidad del aire según el área. En la década de los años 30, en Londres, la contaminación atmosférica era muy severa, por lo cual una comisión estableció la dirección

del problema y las estrategias a aplicar a continuación para disminuir sus niveles (Bell y Samet, 2005).

En Chile la contaminación atmosférica se dimensiona como problema ambiental en la ciudad de Santiago durante la década de los 80, desde ese tiempo ya se conocía que el material particulado (MP) era el agente contaminante que determinaba una mayor mortalidad y morbilidad por afecciones respiratorias no sólo en Chile, sino también en el mundo. En la actualidad en nuestro país el problema sigue vigente, pese a los esfuerzos y estudios que se han realizado para mitigar sus efectos (Ostro, 1989, citado en Román, Mancilla y Prieto, 2004).

La concentración y naturaleza de los contaminantes varía entre diversas áreas en el mundo, y es principalmente resultado de la combustión incompleta de combustibles fósiles de los vehículos motorizados, industrias y centrales eléctricas. Cuando un contaminante es emitido directamente desde su fuente, se llama contaminante primario, mientras que el que se forma en la atmósfera por reacciones químicas tales como hidrólisis, oxidación y reacciones fotoquímicas se le conoce como contaminante secundario.

Los contaminantes más ligados a efectos en las enfermedades alérgicas de la vía aérea son los primarios: dióxido de azufre (SO₂), monóxido de carbono (CO), plomo (Pb), el ozono (O₃) como secundario y el material particulado suspendido, el dióxido de nitrógeno (NO₂) y los compuestos orgánicos volátiles (COVs) como primarios y secundarios. (Joya, 2007; Salvi, 2001).

El MP se define como partículas sólidas y líquidas mezcladas que se encuentran suspendidas en el aire y que varían en número, tamaño, forma, área de superficie, composición química, solubilidad y origen. La distribución total de partículas suspendidas, según su tamaño en el ambiente aéreo son de dimensión trimodal, incluyendo partículas gruesas, finas y ultra finas. La selección del tamaño del MP se determina según si la colección de partículas se encuentran, debajo, encima o dentro de un rango de tamaño aerodinámico específico, ya que cada uno de estos tiene una especial relevancia en la inhalación y depósito, fuentes o toxicidad (Pope y Dockery, 2006). Las partículas se definen por su punto de corte según su diámetro aerodinámico (como 2,5 o 10 µm) (Chow, 1995; Pope y Dockery, 2006). El diámetro aerodinámico se define como el diámetro de una esfera de unidad de densidad uniforme, que lograría la misma velocidad terminal que las partículas de interés (Bell y Samet, 2005).

Las fuentes antropogénicas primarias del MP son: la combustión de fósiles para la producción de energía, la calefacción doméstica, la industria metálica, los gases emitidos por los combustibles de los vehículos, el desgaste de los neumáticos, el polvo emitido por los frenos, y la re-suspensión de partículas sedimentadas. Las fuentes antropogénicas secundarias

del MP son: gases reactivos como SO_2 , SO_3 , NO_x , NH_3 , gases orgánicos emitidos en la atmósfera y partículas que se forman por la coagulación, la condensación nuclear y las reacciones químicas (Heinrich y Slama, 2007).

El MP según su fuente, varía en composición, toxicidad y tamaño, pudiendo clasificarse en: a) Partículas gruesas principalmente derivadas de la suspensión de polvo, suelo, u otros materiales provenientes de caminos, de la agricultura, de minería, de tempestades, de volcanes, entre otros. Además este tipo de partículas a menudo son indicados como concentraciones de MP mayor que $2,5 \mu\text{m}$; b) Partículas finas que derivan de la emisión directa de procesos de combustión como el uso de gasolina o diesel en los vehículos, la quema de maderas, la quema de carbón y procesos industriales, como fábricas de papeles y aceros. Este tipo de partículas también se producen por la transformación de productos, como las emisiones de partículas de SO_3 , así como del aerosol orgánico secundario de emisiones volátiles compuestas. El indicador más común de las partículas finas es el $\text{MP}_{2,5}$, consistente en partículas aerodinámicas con un diámetro igual o menor a $2,5 \mu\text{m}$ como punto de corte; c) Partículas ultrafinas que son definidas por tener un diámetro aerodinámico menor a $0,1 \mu\text{m}$. El ambiente aéreo urbano y el entorno industrial constantemente recibe emisiones de partículas ultrafinas procedentes de las combustión como reacciones fotoquímicas atmosféricas, entre otras. Este tipo de partículas primarias tienen una vida muy corta (minutos u horas) y un rápido crecimiento, que forman un largo, complejo agregado, típicamente incorporado como parte del $\text{MP}_{2,5}$ (Pope y Dockery, 2006).

Los estándares de la Organización Mundial de la Salud (OMS), indican que los límites permisibles anuales $\text{MP}_{2,5}$ son de $20 \text{ug}/\text{m}^3$ y de MP_{10} son de $50 \text{ug}/\text{m}^3$ (Wilson y Suh, 1997). La OMS se basa en guías de calidad de aire las cuales tienen como objetivo asistir a los países en la formulación de sus propias guías nacionales de calidad del aire y de este modo contribuir a proteger la salud humana de la contaminación del aire.

Los efectos adversos de los contaminantes atmosféricos sobre la salud son dependientes de las concentraciones de exposición al MP y otros contaminantes; así como también del tiempo de exposición a estos. Exposiciones prolongadas y repetidas en el tiempo podrían producir mayores y más persistentes efectos, que las transitorias a corto plazo y a plazo intermedio. Los estudios de exposición a largo plazo frente a una repetición en la exposición al MP causan efectos con mayores consecuencias en la salud, ya que son más persistentes y acumulativos que los efectos de exposición a corto plazo (Pope y Dockery, 2006).

La contaminación atmosférica es un problema de salud pública prioritario en Chile, en especial en las ciudades con mayores índices de contaminación. Se debe tener en cuenta que durante la época de invierno, los índices de contaminación aumentan, consecuencia de la combustión incompleta de fósiles utilizados como combustible sumado a la variación de las

variables climatológicas (temperatura, presión atmosférica, humedad). Es en esta época del año donde se deben realizar todos los esfuerzos y utilizar todos los medios disponibles para enfrentar este problema y así disminuir los efectos en la salud de la población.

Las concentraciones de $MP_{2.5}$, MP_{10} y ácido sulfúrico constituyen un riesgo elevado de mortalidad en la población, pero el riesgo mayor se produce con el $MP_{2.5}$, ya que existe evidencia de que éste contaminante produce un mayor riesgo de mortalidad asociado especialmente a enfermedades cardiovasculares y respiratorias. Estudios muestran que una elevación de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en el $MP_{2.5}$ incrementa en 1% la mortalidad, y que un aumento en $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en los niveles de MP_{10} produce un promedio de 1,2 muertes por día en una población de un millón de habitantes (Pope y Dockery, 2006). Esto indica que pequeñas elevaciones en la exposición de MP por un corto tiempo puede ser responsable de producir un gran aumento en la mortalidad. Otro estudio reafirma lo anterior observando que durante los meses de invierno la concentración de $MP_{2.5}$ fue $71,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en ciudad de México, indicador que triplica al menos el valor normal que debe existir según la OMS en el ambiente atmosférico, pudiendo causar así efectos irreversibles en la salud de la población (Tellez-Rojo, Romieau, Ruiz-Velasco, Lezana y Hernández- Ávila, 2000).

Estudios en países desarrollados determinan que existe una relación de corto plazo entre las concentraciones de MP_{10} y otros contaminantes y la mortalidad y morbilidad por causas respiratorias y cardiovasculares (Dockery, Cunningham, Damakosh, Neas, Spengler, Koutrakis, et al, 2006, citado en Joya 2007; Joya 2007; Sanhueza, Vargas, Mellado, 2006). Se ha observado que el aumento del riesgo de mortalidad ante incrementos de MP_{10} de $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sería del orden de 3 a 15% (Joya, 2007; Sanhueza, Vargas y Jiménez, 1999). En nuestro país, este efecto ha sido cuantificado en la ciudad de Santiago, encontrándose riesgos de un exceso en la mortalidad entre 6 y 8% (Sanhueza et al., 2006). De manera global, se calcula que el incremento en la mortalidad relacionada con partículas MP_{10} es de alrededor de 1,4% por cada $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Joya, 2007).

Un estudio en Estados Unidos refiere un incremento de 0,51% en la mortalidad total y de 0,68% en la mortalidad cardiovascular por cada $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de incremento de MP_{10} (Aga, Samoli, Toulami, Anderson, Cadum, Forsberg, et al, 2003; Samet, Zeger, Dominici, Curreiro, Coursac, Dockery, et al, 2000).

A mediados de 1990, un estudio de cohorte prospectivo realizado en 6 ciudades en Estados Unidos, evidenció que existen efectos sobre la exposición a largo plazo en la mortalidad, en relación a la contaminación atmosférica por MP fino, asociado a esto un análisis reciente de un estudio de cohorte también en 6 ciudades de Harvard determinó que los índices de mortalidad en 8 años más, evidenciarán un crecimiento duplicado en el número de muertes con respecto a la actualidad (Pope y Dockery 2006).

EFFECTOS DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA POR MP EN LA SALUD

Los efectos de la contaminación atmosférica en la población poseen tres características fundamentales: el efecto de una exposición puede tardar tiempo en aparecer o ser detectado, el comportamiento del efecto de la exposición puede ser no-lineal, y la magnitud del efecto puede variar según la localidad geográfica (Muñoz y Sá Carvalho, 2009).

La ruta primaria de exposición es el sistema respiratorio, el cual tiene mecanismos de defensa para impedir que las partículas, bacterias, virus y gases ingresen a la mucosa de la vía aérea. La cantidad de aire que debe filtrar el pulmón es enorme y el mecanismo de limpieza de las vías aéreas podría llegar a saturarse cuando las personas viven en ambientes contaminados. Esta situación no sólo puede ser nociva para el pulmón, sino también aumenta el riesgo de enfermedades cardiovasculares y puede producir alteraciones y diversos daños en gran parte del organismo (Boushey, et al, 1994, citado en Joya, 2007; Oyarzún, 2006; Richard y Brooks, 1995).

La Sociedad Americana del Tórax define los efectos adversos sobre la salud respiratoria como cambios fisiológicos o patológicos, evidenciados por uno o más de los siguientes puntos: a) interferencia en la actividad normal de las personas afectadas, b) enfermedad respiratoria episódica, c) enfermedad incapacitante, d) daño respiratorio, y/o difusión respiratoria progresiva (Joya, 2007).

Se ha informado que la exposición a los contaminantes atmosféricos principalmente MP₁₀, MP_{2.5}, NO₂, y O₃ son las partículas responsables de incrementar la mortalidad general, la mortalidad infantil y la mortalidad en los adultos mayores (Delfino, Gong, Linn, Pellizani y Hu, 2003, citado en Joya, 2007; Gent, Triche, Holford, Belanger, Bracken, Becket, et al, 2003; Gielen, Van der Zee, Van Wijnen, Van Steen y Brunekreef, 1997; Hiltermann, De Brujine, Stolk, Zwindermann, Spieksma y Roemer, 1997; Joya, 2007, Pope y Dockery, 2006; Ostro et al, 1995), ya que producen aumento en los síntomas respiratorios, disminución de la función pulmonar en asmáticos, aumento de uso de broncodilatadores (Gielen et al, 1997; Hiltermann, Stolk, Van der Zee, Brunekreef, de Brujine y Fischer, 1998; Peters, Wichmann, Tuch, Heinrich y Heyder, 1997), aumento de visitas a urgencia (Delfino, Murphy-Moulton, Burnett, Brook y Becklake, 1997, citado en Joya, 2007; Delfino, Murphy-Moulton y Becklake, 1998, citado en Joya, 2007; Fauroux, Sampil, Quenel y Lemoullec, 2000, citado en Joya, 2007; Jones, Sletten, Mandry y Brantley, 1995, citado en Joya, 2007; Lipsett, Hurley y Ostro, 1997, citado en Joya, 2007; Pantazopoulou, Katouyami, Kourea-Kremastinou y Trichopoulos, 1995, citado en Joya, 2007), aumento de hospitalizaciones por enfermedades respiratorias y cardíacas (Joya, 2007), aumento de la reactividad bronquial, baja tolerancia al ejercicio, bronquitis obstructiva crónica, enfisema, asma y cáncer pulmonar, entre otros efectos (Joya, 2007; Kappos, Bruckmann, Elkmann, Englert, Heinrich, Hoppe, et al, 2004).

Otros estudios señalan que los efectos de los contaminantes sobre la salud se pueden dividir en: a) agudos, como irritación de ojos y nariz, aumento de las infecciones respiratorias agudas (IRA) altas y bajas, exacerbaciones del asma bronquial, enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC), cardiopatías y aumento de las tasas de mortalidad y b) efectos crónicos o diferidos, como el cáncer pulmonar, que es el más representativo (Joya, 2007; Román, Mancilla y Prieto, 2004).

Diversos estudios apoyados por evidencia epidemiológica han indicado que la exposición a largo plazo de MP, ha sido asociada con un déficit en la función pulmonar, causando enfermedades y/o síntomas como enfermedad obstructiva crónica, tos crónica, bronquitis, dolor torácico, disnea, lo que aumenta el riesgo de producir cáncer pulmonar. Cabe destacar que los estudios indican que el factor de riesgo mayor asociado al padecimiento de este tipo de patologías es el consumo de cigarrillos. (Pope, Dockery, 2006).

Investigaciones realizadas desde mediados de la década de los 90 en países como Bélgica, EE.UU, Inglaterra, evidencian que la contaminación atmosférica por MP causa efectos en la salud cardiovascular. En el año 2004 la Sociedad Americana de Cardiología publicó estudios científicos que determinaron un incremento consistente en el riesgo cardiovascular en relación a la exposición diaria tanto a corto como a largo plazo al MP (Brook, et al 2004; Ciocco y Thompson, 1961; Firket, 1930; Logan, 1952, citado en Pope y Dockery, 2006).

Similarmente un estudio de cohorte realizado por la Sociedad Americana de Estudios del Cáncer relacionado con la mortalidad cardiovascular, concluyó que la exposición a largo plazo de MP_{2,5} se asoció fuertemente con la enfermedad cardiovascular isquémica, disritmias, falla cardíaca y mortalidad por infarto agudo al miocardio. Otros estudios realizados en EE.UU e Italia determinaron que el mayor riesgo se produce horas o pocos días después de la exposición al MP, además de que este riesgo aumenta considerablemente durante los meses de invierno (Dockery, Pope, Xu, Spengler, Ware, Fay y Ferris 1993; Delfino, Quintana, Floro, Gastañaga, Samimi y Kleinman, 2004).

Se ha demostrado que la exposición atmosférica al MP pudiese producir reacciones fisiopatológicas que afectan el sistema pulmonar, pudiendo causar reacciones del sistema oxidativo, inflamación, aterosclerosis y enfermedades cardiovasculares; además se propone que la inflamación pulmonar baja a moderada, inducida por la exposición a largo plazo del MP llevaría a una aceleración de la aterosclerosis y la exposición a partículas ultra finas pudieran provocar una translocación pulmonar, y de esta forma desencadenar complicaciones inflamatorias y trombóticas que pudiesen producir una mayor vulnerabilidad a la ruptura, cierre, o precipitación de eventos cardiovascular y cerebrovasculares como infarto agudo al miocardio o accidente cerebro vascular. Uno de los principales factores de riesgo para este tipo de enfermedades es el consumo de cigarrillo que asociado a la exposición atmosférica de MP

puede causar daños irreversibles en estos sistemas. Según lo descrito anteriormente se puede determinar que la exposición a MP puede causar múltiples consecuencias fisiopatológicas, las cuales dependen de las interacciones e interdependencias que produzcan entre los diversos factores. El determinar quién es más susceptible depende del estado de salud evaluado según el nivel y tiempo de exposición, en la actualidad se ha demostrado que existen numerosas características que pueden influir en la susceptibilidad a la contaminación atmosférica como: diferencias genéticas, factores sociales, edad, sexo, raza, pre-existencia de enfermedades respiratorias y cardiovasculares, diabetes, fármacos, disponibilidad de asistencia médica, características del hogar, etc. (Pope y Dockery, 2006).

La contaminación atmosférica por MP produce efectos en la salud de la población, pero sin duda sus mayores efectos se producen en los niños, un sector de la población con mayor susceptibilidad a las amenazas ambientales, en virtud de sus actividades y comportamiento, así como de su reducida capacidad para metabolizar las sustancias tóxicas. Asociado a esto, la maduración en los niños finaliza a los 6 años de vida, por lo cual la respuestas del sistema inmunitario y pulmonar se ven modificadas por el estímulo del ambiente. Se ha observado que la exposición a MP produce efectos adversos en la salud de los niños, ya que se asocia a un déficit en la función pulmonar, aumento de síntomas respiratorios y enfermedades, lo que deriva en un aumento de ausentismo escolar, hospitalizaciones por enfermedades respiratorias. Los niños que viven en ciudades contaminadas muestran un aumento en la presencia de células necróticas, hiperplasia celular pulmonar, déficit de cilios, metaplasia celular, presencia intraepitelial de neutrófilos y presencia de MP en los espacios intracelulares (Dockery, Warre y Ferris, 1982; Dockery, Speizer, Stram, Ware, Spengler y Ferris, 1989; Pope, 1989; Pope y Dockery, 1992; Neas, Dockery, Koutrakis, Tollerud Speizer, 1995; Pope y Dockery, 2006; Joya, 2007).

Algunas evidencias sugieren que las lesiones en el parénquima pulmonar causadas por la exposición a contaminantes aéreos probablemente exacerbaban la respuesta viral y alérgica en ellos lo cual puede producir daños en el estado de salud de éstos (Pope y Dockery, 2006). La OMS estimó que más de 300 millones de personas cada año están expuestos a los efectos adversos de la contaminación atmosférica, y que sin duda el grupo más vulnerable de la población son los niños, en los cuales estudios indican que el MP se deposita en un 50% más que en los adultos, teniendo en cuenta también que los niños respiran un 50% más de aire por cada kilogramo de peso que los adultos (Hernández-Cadena, Barraza-Villareal, Ramírez-Aguilar, Moreno-Macías, Miller, Carbajal- Arroyo, et al, 2007, Heinrich y Slama, 2007; Salvi, 2001).

En una variedad de estudios epidemiológicos se ha procurado evaluar asociaciones potenciales entre exposiciones a MP y enfermedades en niños. Una revisión de éstos indica una relación directa de efectos entre el número de atenciones de salud en los niños (incluyendo mortalidad) con la exposición prolongada a MP₁₀. Estudios realizados en América Latina han obtenido resultados similares que señalan, que en diferentes zonas de Río de Janeiro por

ejemplo, se observó una asociación estadísticamente significativa entre las concentraciones anuales medias de partículas contaminantes en el aire y la mortalidad infantil ocasionadas por neumonía; se encontró además que aunque los niveles de contaminación del aire en las ciudades sean bajos, son dañinos para el tracto respiratorio en los niños y esto se relaciona con el aumento del riesgo de padecer infecciones respiratoria de la vía aérea alta (Ebelt, Petkau, Vedal, Fischer y Brauer, 2000; Godish, 1997).

Un estudio de análisis de series de tiempo y regresión múltiple mostró una asociación significativa entre MP_{10} y número de consultas por IRA bajas en lactantes, donde una fluctuación de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en MP_{10} se asoció con un aumento de 4% a 12% de consultas por IRA bajas (Prieto, Mancilla, Astudillo, Reyes y Román, 2007). Otro estudio muestra que por cada hora de exposición a concentraciones superiores a $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de MP_{10} (nivel referencia ambiental) se genera un aumento de 3% en las consultas por urgencia de bronquitis aguda en lactantes (Barrios et al., 2004).

La función pulmonar en los niños se ve afectada debido a que la relación entre el área y la superficie pulmonar se ve reducida durante las primeras etapas del crecimiento, esto produce que el aumento de la cantidad de aire inspirado afecte de mayor manera a la reducida área del tejido pulmonar. Sobre la base del peso del cuerpo el volumen de aire ingresa y se introduce al interior de los pulmones el doble en la edad infantil, que en la edad adulta en iguales condiciones, lo que a su vez duplica las posibilidades de que los contaminantes atmosféricos ingresen en los pulmones durante la infancia. Las enfermedades respiratorias en los niños son la más común causa de consulta de visitas médicas durante los meses de invierno y son consideradas prioridad por las autoridades de salud, la incidencia de que se produzca una infección respiratoria en los menores de 5 años fue estimada en 43.398/100.000, cabe destacar que estudios determinan que la exposición de $MP_{2,5}$ en la población infantil produce efectos adversos en la salud ya que generan un riesgo para enfermar de neumonía (Ilabaca, Tellez-Rojo y Romieau, 1999; Heinrich y Slama, 2007; Salvi, 2001).

Un estudio realizado en un hospital pediátrico de la ciudad de Santiago de Chile evaluó el impacto de la variación de las concentraciones de $MP_{2,5}$ y otros contaminantes atmosféricos en relación al número diario de visitas de tipo respiratorio a centros de emergencias (VCE), se observó relación entre las concentraciones de $MP_{2,5}$ y el número de VCE fue significativa, ya que durante los meses de invierno un aumento $45 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en el promedio de 24 hrs de las concentraciones de $MP_{2,5}$ produjo un aumento de 2,7% en las VCE con un rezago de 2 días, y un aumento de 6,7 % en el número de visitas por neumonía manteniendo con rezago de 3 días desde dicho incremento. (Ilabaca, Tellez-Rojo y Romieau, 1999).

Consecuentemente con lo desarrollado en el marco teórico se justifica estudiar el fenómeno de la contaminación ambiental y su potencial efecto sobre la salud respiratoria considerando que las características socioculturales y geográficas determinan condicionantes como el uso de calefacción contaminante y exposición a temperaturas bajas, lo que favorecerá el desarrollo de la IRA.

3. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

3.1 HIPÓTESIS CIENTÍFICA

3.1.2 El aumento de las concentraciones de MP en la ciudad de Valdivia, se asocia a un incremento de las consultas diarias de morbilidad por causa respiratoria en menores de 5 años durante el período de mayo a julio del año 2010.

3.2 OBJETIVO GENERAL

3.2.1 Evaluar la asociación entre los índices $MP_{2,5}$ y el número de consultas de morbilidad por causas respiratorias en menores de 5 años inscritos en el Consultorio Externo Valdivia (CEV).

3.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

3.3.1 Establecer el número de consultas de morbilidad respiratoria en menores de 5 años del periodo mayo - julio de 2010 en el CEV.

3.3.2. Determinar la concentración promedio diaria de $MP_{2,5}$ y MP_{10} del periodo mayo - julio de 2010.

3.3.3. Determinar los niveles medios de temperatura diaria del periodo mayo-julio de 2010.

3.3.4 Determinar la asociación entre el número de consultas de morbilidad respiratoria con el índice de $MP_{2,5}$ del periodo mayo-julio de 2010.

4.- MATERIAL Y MÉTODOS

4.1 TIPO DE ESTUDIO

En consideración del fenómeno a estudiar, así como en virtud de las implicancias logísticas, de tiempo y recursos, se optó por realizar un estudio basado en datos secundarios. Se planteó un estudio epidemiológico, observacional de enfoque ecológico.

Se consideró *observacional*, ya que no se intervino en la población en estudio sino que sólo se limitó a observar los fenómenos tanto de exposición (nivel de contaminación por MP) como del resultado de interés (número de consultas de urgencia por morbilidad respiratoria).

Fue *ecológico*, ya que se comparó las variaciones temporales de los niveles de exposición con otra serie de tiempo que refleja los cambios en la frecuencia de la enfermedad en la población de un área geográfica (Borja-Aburto, 2000). El estudio ecológico examinó tasas de enfermedad o de una condición en relación a un factor descrito a nivel poblacional. Consecuentemente, las unidades de análisis son las poblaciones o grupos de personas más que los individuos (Aschengrau, Seage, 2008). Por lo tanto, se estudió la salud en un contexto ambiental, considerando que la salud de un grupo es más que la suma de la salud de los miembros individuales, y que la perspectiva brindada por estos estudios se debe entender como una manera de abordaje de la epidemiología y la salud pública, cuyo objeto de interés son los grupos (Susser, 1994).

4.2 VARIABLES DE INTERÉS.

Este proyecto propuso evaluar la asociación entre una variable de exposición: *nivel de contaminación por MP* y un desenlace (outcome): *consulta de urgencia por morbilidad respiratoria*. La información sobre contaminación se obtuvo desde los registros del Sistema de Vigilancia de Calidad de Aire (SIVICA) obtenidos en Valdivia a través de la estación de monitoreo situada en el sector Pampa Kramer. Se recogió información sobre la concentración de MP fino (MP_{2,5}) y grueso (MP₁₀) desagregado por hora. Además se recopiló información sobre la variable climatológica Temperatura (T°) del mismo sistema.

Para la información sobre consultas de morbilidad respiratoria se accedió a los registros de atención de urgencia (DAU) del servicio de atención de urgencia (SAPU) del Consultorio Externo Valdivia detallándose número total de consultas, consultas de morbilidad

respiratoria y consultas en niños menores de 5 años. Para todas las variables mencionadas se dispuso de los datos del periodo comprendido entre el 1 de mayo de 2010 y el 31 de julio de 2010.

4.3 ADMINISTRACION, PROCESAMIENTO Y ANALISIS DE DATOS.

Los datos obtenidos desde el SIVICA fueron exportados a planillas en formato Excel. Como se mencionó, esta planilla incluyó las variables MP_{10} , $MP_{2,5}$, y T° , indicadores que fueron medidos de forma separada. Respecto de la variable resultado, se diseñó un protocolo de extracción de datos desde los registros DAU que principalmente recogió información sobre: fecha de consulta, edad del niño y diagnóstico. Interesa definir el número total de consultas por causa respiratoria sin ahondar en características individuales de los pacientes consultantes.

El análisis se desarrolló en dos fases. La primera, basada en estadística descriptiva donde, dependiendo del comportamiento distribucional de las variables, se calculó medidas de tendencia central y dispersión. Por ejemplo, el comportamiento no normal se presentó como mediana, y rangos de concentración de MP por día. Las consultas de morbilidad respiratoria, por su parte, se describieron como media de consultas por día, etc.

Para comparar el comportamiento de las variables número de consultas, concentración de material particulado (fino y grueso) y temperatura para evaluar diferencias por mes se utilizó las pruebas ANOVA con comparación de Bonferroni para las medias y para las medianas Kruskal Wallis.

Secundariamente se desarrolló un análisis de asociación estableciendo como variable de exposición los niveles de MP y como desenlace el número de consultas respiratorias. Se analizó igualmente el potencial efecto de la variable climatológica temperatura ambiental. Se realizó análisis de correlación y de regresión lineal. Para evaluar el efecto de las variables consideradas como exposición sobre las consultas respiratorias se evaluó el día de la consultas y como rezagos (lag) para los días 1, 2 y 3 antes de la consulta. Para el análisis se emplearon los paquetes estadísticos Stata 10.

4.4 ASPECTOS ETICOS DEL ESTUDIO

Se trató de un estudio observacional de nivel agregado, por lo que utilizó datos ya recopilados (secundarios) de manera que, en primer lugar no ejecutó ninguna intervención y

secundariamente no expuso a riesgos a los individuos de los que proviene la información. Si bien se accedió a registros con algunos datos individuales, la orientación del estudio no consideró su análisis individual. No obstante, se resguardó la confidencialidad de toda información de manera que en el análisis y descripciones derivadas no fuera posible acceder a las unidades individuales del estudio.

Adicionalmente, los resultados de esta investigación buscan dar a conocer, basado en información retrospectiva, información relevante sobre una primera aproximación al efecto de los niveles de contaminantes particulados sobre la salud respiratoria de los niños. De esta forma, propende a brindar resultados que pueden ser relevantes para emprender acciones con el fin de reducir el problema de la contaminación y establecer estrategias para evitar episodios de enfermedad relacionados en población vulnerable como los menores de 5 años.

5. RESULTADOS

Entre mayo y julio de 2010 se registraron 1298 consultas por causa respiratoria en el Servicio de Atención Primaria de Urgencia (SAPU) del Consultorio Externo de Valdivia. Se estimó una media (\pm DS) de 14,2 (\pm 4,9) consultas/día. La distribución por mes se muestra en la figura 1.

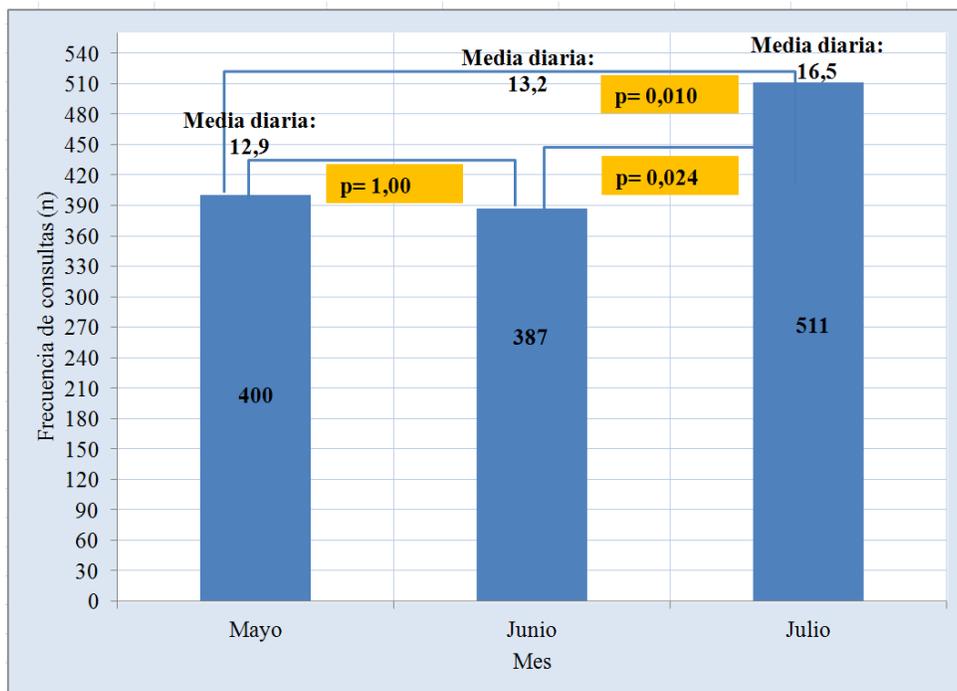


Figura 1. Distribución de consultas por morbilidad respiratoria por mes

El promedio de consultas diarias por mes fue de 12,9 (\pm 4,8) para mayo, 13,2 (\pm 5,0) para junio y 16,5 (\pm 4,4) para julio, observándose una media significativamente mayor en julio respecto a los meses precedentes (figura 1).

El promedio de temperatura por mes obtenidos mediante los datos disponibles en SIVICA, fue de 7,4 °C (\pm 2,9) para mayo, 8,3 °C (\pm 2,3) para junio y 6,4 °C (\pm 2,1) para julio, observándose una diferencia significativa entre los promedios de junio y julio ($p= 0,025$) siendo este último mes el que presentó la media de temperatura más baja (figura 2).

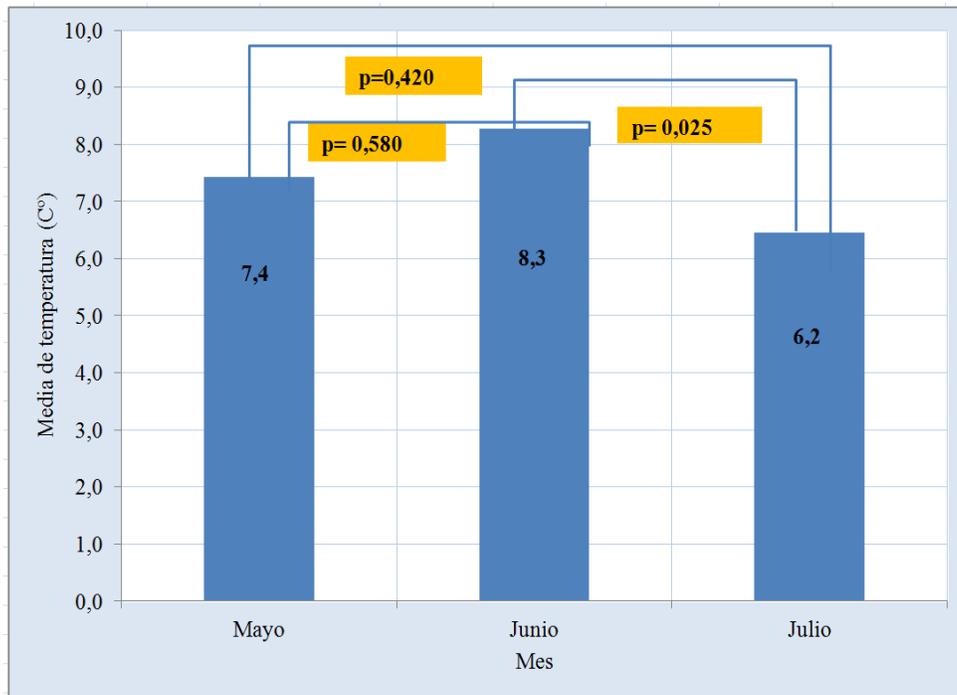


Figura 2. Distribución de niveles de temperatura por mes

La mediana de niveles de $MP_{2,5}$ por mes fue de $94,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para mayo, $84,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para junio y $60,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para julio (figura 3), observándose que no existen diferencias significativas entre estos niveles por mes ($p = 0,1678$) (figura 3).

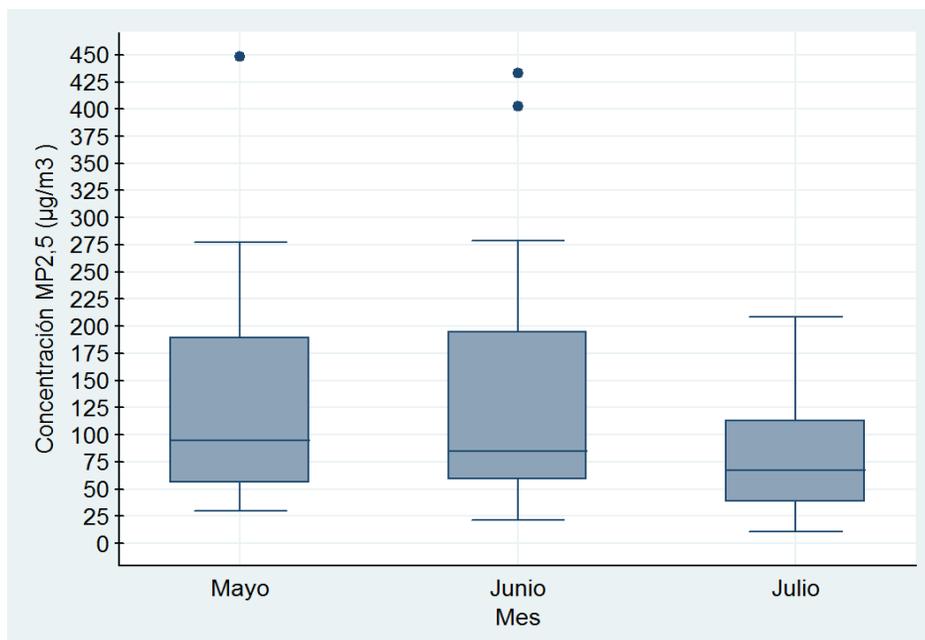


Figura 3. Distribución de concentración de $MP_{2,5}$ por mes.

La mediana de niveles de MP_{10} por mes fue de $85,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para mayo, $67,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para junio y $62,85 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para julio (figura 4). Al evaluar el comportamiento de la concentración de MP_{10} por mes tampoco se evidenciaron diferencias estadísticamente significativas ($p=0,1715$) (figura 4).

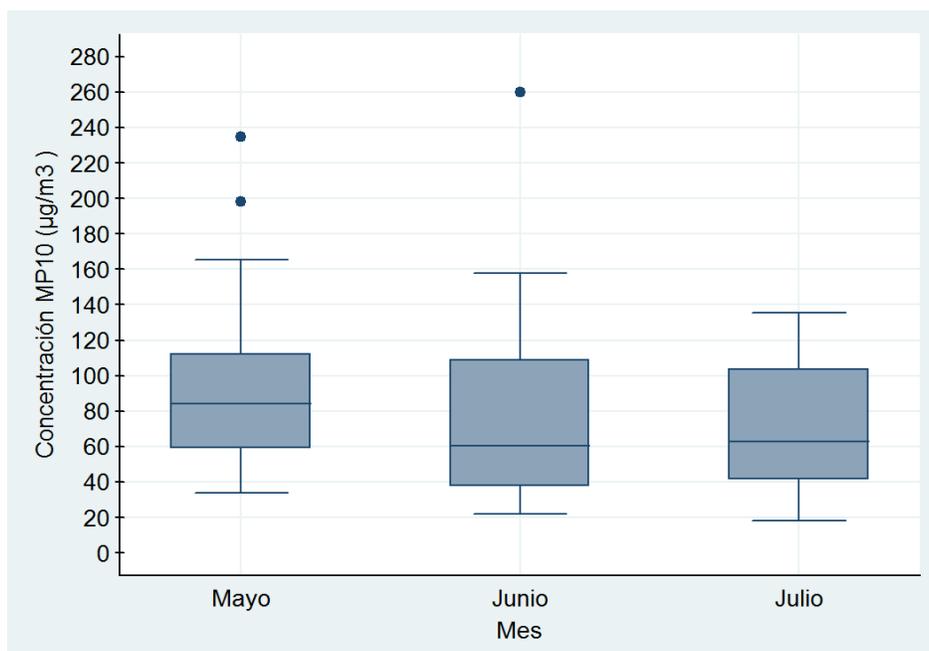


Figura 4. Distribución de concentración de MP_{10} por mes.

La estadística promedio para los contaminantes atmosféricos y las variables meteorológicas se presentan para 85 días en que se contó con todas las mediciones (tabla 1). Destaca valores medios de MP_{10} y $MP_{2,5}$ de $80,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y $114,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ alcanzándose máximos de $259,9$ y $448,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$, respectivamente.

Tabla 1. Media de contaminantes atmosféricos ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), temperatura y número de consultas por morbilidad respiratoria de menores de 5 años.

Variable	Media	Mínimo	Máximo	DS	Percentiles			Válidos	Perdidos
					10	50	90		
$MP_{10} \mu\text{g}/\text{m}^3$	80,45	15,42	259,95	47,69	31,1	67,3	145,7	85	7
$MP_{2,5} \mu\text{g}/\text{m}^3$	114,50	11	448,40	91,65	33,8	84,9	244,9	85	7
Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	7,36	2,5	12,9	2,54	3,8	7,5	10,7	85	7
Consultas (n)	14,04	4	29	14,04	6,6	14	21	85	7

La tabla 2 muestra la asociación entre el número de consultas respiratorias y la temperatura durante el periodo, las cuales estuvieron dadas por el coeficiente de correlación (Pearson), en la cual se observa que esta asociación es significativa respecto a la temperatura tres días antes de la consulta.

Tabla 2. Coeficiente de correlación (Pearson) entre consultas diarias por causas respiratorias y temperatura ambiental del mismo día y hasta 3 días antes de la consulta, en niños menores de 5 años.

Causa	Niños < 5 años			
	TEM	TEM -1	TEM -2	TEM -3
Enfermedades Respiratorias	-0,076	0,163	0,192	,236(*)

TEM: Temperatura promedio día de la consulta, en Valdivia.

TEM -1: Registrada 1 día antes de la consulta, en Valdivia.

TEM -2: Registrada 2 días antes de la consulta, en Valdivia.

TEM -3: Registrada 3 días antes de la consulta, en Valdivia.

Valores en (*) señalan valor de $p > 0.01$

Tabla 3. Coeficiente de correlación (Pearson) entre consultas diarias por causas respiratorias y niveles de MP_{2,5} y MP₁₀ ambiental del mismo día y hasta 3 días antes de la consulta, en niños menores de 5 años.

Enfermedades por causa respiratoria en niños < de 5 años	
MP 2.5	-0,159
MP 2.5 -1	-,241(*)
MP 2.5 -2	-.248 (*)
MP 2.5 -3	-320(**)
MP 10	0,051
MP 10 -1	-0,093
MP 10 -2	-,280(**)
MP 10 -3	-0.154

PM 2,5: material particulado 2.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, el día de la consulta, en Valdivia.

PM 2,5: material particulado 2.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, registrado 1 día antes de la consulta, en Valdivia.

PM 2,5: material particulado 2.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, registrado 2 días antes de la consulta, en Valdivia.

PM 2,5: material particulado 2.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, registrado 3 días antes de la consulta, en Valdivia.

PM 10: material particulado 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, el día de la consulta, en Valdivia.

PM 10: material particulado 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, registrado 1 día antes de la consulta, en Valdivia.

PM 10: material particulado 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, registrado 2 días antes de la consulta, en Valdivia.

PM 10: material particulado 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, registrado 3 días antes de la consulta, en Valdivia.

Valores en (*) señalan valor de $p > 0,05$

Valores en (**) señalan valor de $p > 0,01$

La tabla 3 muestra la correlación entre el número de consultas respiratorias y los niveles de MP_{2,5} y MP₁₀ μg durante el periodo, en la cual se observa una asociación

significativa respecto al MP_{2,5} µg al día, a los dos y tres días antes de la consulta y respecto al MP₁₀ µg a los dos días antes de la consulta.

Tabla 4. Regresión lineal entre consultas diaria por causa respiratorias y niveles de MP_{2,5}, MP₁₀ ambiental y temperatura del mismo día y hasta 3 días antes de la consulta, en niños menores de 5 años.

Modelo	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados		Sig.	Intervalo de confianza para β al 95%	
	β	Error típ.	Beta	t		β	Error típ.
(Constante)	15,905	3,876		4,104	0,000	8,160	23,650
temp	-0,483	0,344	-0,217	-1,407	0,164	-1,170	0,203
t previo-1	0,884	0,409	0,407	2,163	0,034	0,067	1,701
t previo-2	-0,518	0,396	-0,254	-1,308	0,195	-1,309	0,273
t previo-3	0,291	0,324	0,150	0,897	0,373	-0,357	0,939
mp 10	-0,004	0,022	-0,041	-0,191	0,849	-0,048	0,040
mp 10 previo-1	0,028	0,021	0,267	1,328	0,189	-0,014	0,070
mp 10 previo-2	-0,039	0,022	-0,381	-1,771	0,081	-0,084	0,005
mp 10 previo-3	0,018	0,022	0,173	0,807	0,423	-0,027	0,063
pm _{2,5}	-0,003	0,012	-0,061	-0,271	0,787	-0,028	0,021
mp 2.5 previo-1	-0,017	0,013	-0,307	-1,315	0,193	-0,042	0,009
mp 2.5 previo-2	0,020	0,012	0,364	1,575	0,120	-0,005	0,044
mp 2,50 previo-3	-0,027	0,012	-0,503	-2,208	0,031	-0,051	-0,003

Valores en **negritas** señalan valor de $p < 0,01$.

La tabla 4 muestra la regresión lineal entre el número de consultas respiratorias y los niveles de MP_{2,5,10} y temperatura durante el periodo, en la cual se observa una asociación significativa inversa respecto al MP_{2,5} a los tres días antes de la consulta y respecto a la temperatura al día antes de la consultas, el valor de R² indica el % de variabilidad del modelo, el cual para este análisis resultó ser de un 28% acorde a las variables analizadas.

6. DISCUSIÓN

Los resultados sugieren que la exposición a distintos niveles de $MP_{2,5}$ y MP_{10} no se relacionan con un aumento en el número de consultas respiratorias en Valdivia. El estudio mostró que los valores máximos de MP_{10} y $MP_{2,5}$ fueron de 259,9 y 448,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, respectivamente, teniendo en consideración que los límites permisibles anuales según la OMS son de 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para el $MP_{2,5}$ y 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para el MP_{10} y que en Chile la norma de calidad del aire indica que el límite diario permisible para $MP_{2,5}$ será de 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (desde enero del año 2012) y para el MP_{10} es de 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (norma actual primaria de la calidad de aire). Consecuentemente, se observó que los niveles máximos de MP fino superan más de 20 veces la norma y para el MP grueso en 5 veces. Además, de los 85 días analizados se superó el valor de la norma para $MP_{2,5}$ y MP_{10} en 67 y 6 días respectivamente, resultados que indican el alto grado de contaminación durante estos meses, especialmente por los altos niveles de $MP_{2,5}$ que se mantuvieron durante casi todos los días del estudio.

Existen diferentes estudios a lo largo del país que muestran un alto nivel de MP_{10} , por ejemplo entre junio y julio del año 1996 en Temuco, la concentración máxima de MP_{10} fue de 517 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, lo cual supera ampliamente el valor de la norma. Otro estudio realizado en Puchuncaví, en 1996, mostró un nivel máximo de MP_{10} de 213 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Sánchez., Romieu, Pino, Gutiérrez, 1999), lo cual supera en 14,2% la norma. Por otro lado, un estudio llevado a cabo en cinco ciudades chilenas, Iquique, Valparaíso, Viña del Mar, Rancagua y Temuco, reveló que en la mayoría de las ciudades las concentraciones del MP_{10} fueron entre 11 y 55% mayores a la norma (Kavouras et al., 2001 citado en Celis et al., 2006). Con respecto al $MP_{2,5}$ en Chile se aprobó durante el mes de Noviembre de 2010 que el valor normal diario será de 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, el cual empezará a regir desde el año 2012. Otro estudio realizado en Chile, en julio de 2000 en Temuco, registró valores máximos que llegaron hasta 741,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Ulriksen et al., 2000), en tanto en Septiembre del año 2010, en la Serena, se registró un valor máximo de 85,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Zamarreño, Díaz, 2010), lo cual supera el valor establecido por la futura norma nacional. Todo lo anterior da cuenta de que independientemente del lugar y sus características topográficas y culturales, los niveles de MP son elevados determinando que la población esté expuesta a importantes concentraciones de este material y sus potenciales efectos nocivos.

Respecto del número de consultas respiratorias, se observó un rango mínimo/máximo de 5 y 29, en tanto los promedios de consultas fueron de 12,9 (mayo), 13,2 (junio) y 16,4 (julio), constatándose un aumento significativo en el número de consultas durante el mes de julio. La estacionalidad de la IRA en los niños aumenta durante los meses de invierno y estudios indican que el peak de consultas en niños por morbilidad respiratorias aumenta entre los meses de julio y agosto, y que las enfermedades respiratorias agudas infantiles (menores 15 años) tienen un claro componente estacional con mayor proporción de consultas por dichas

causas en las semanas invernales, distribución que sigue un patrón común en todas ellas. (Palominos, 2009; Prieto, Mancilla, Astudillo, Reyes, Román, 2007). Los agente etiológicos virales más comunes en nuestro país en los menores de 5 años son el virus sincicial respiratorio (VRS), causante de alrededor de 70-80% de bronquiolitis, broncoalveolitis y neumonías (el 50% de los niños sufre una infección por VRS en el primer año de vida y prácticamente todos la han padecido antes de los 3 años), seguido por el virus adenovirus y el virus parainfluenza. Un estudio reciente en Chile indicó que diariamente entre 25 a 30 niños requieren hospitalización por IRA y que el porcentaje por consultas respiratorias en los meses de invierno se elevaba en 30% en los servicios de urgencia hospitalaria, a raíz del alza de cuadros de infecciones respiratorias agudas y bronquitis. (De Liria, 2004; Ministerio Salud, 2011).

A diferencia de otros estudios que han encontrado asociación entre niveles de MP y el desarrollo de IRA (Barría, Fuentes, Martínez, Steger, Yañez, 2004; Ilabaca, et al, 1999; Prieto, et al, 2007), esta tesis no pudo comprobar dicha asociación. Incluso, al evaluar el efecto días posteriores a la exposición (rezago) se observó una asociación inversa entre estas variables.

Con respecto a la temperatura (variable meteorológica) se observó un rango que varió de 2,5° C a 12.9° calculándose valores promedios por mes de 7,4° C (mayo), 8,3°C (junio) y 6,5° C (julio). Si estos valores se comparan con los promedios del año 2008, 11,6 °C (mayo), 10,5 °C (junio), 8,5° C (julio) disponibles en SIVICA, se puede establecer que en el año 2010 fueron más frías. Estos valores podrían explicar la falta de relación encontrada del MP con el número de consultas por causas respiratorias, haciendo pensar que, en parte estaría más determinada a la temperatura que a la contaminación ambiental. Al respecto, cabe señalar que existen estudios como el APHEA-2 que encontró que en ciudades de Europa, tanto la temperatura media anual como la ubicación de la ciudad (Norte, Sur, Este), es decir, componentes relacionados con el clima, jugaban un papel modificador del efecto de la contaminación con la mortalidad y que el efecto de las partículas sobre la mortalidad fue mayor en las ciudades de clima más cálido (Ballester, 2005). Es importante destacar que este estudio no consideró otras variables meteorológicas (humedad, viento, lluvia), estudios comprueban que éstos asociados a la temperatura pueden incidir de manera indirecta como efectos modificadores de la contaminación atmosférica, pero que no son concluyentes para determinar que indicadores como la temperatura afectan directamente en la salud de la población (Aguilar, 2007). Otro estudio realizado en EE.UU indicó que existió asociación entre las bajas temperaturas y las infecciones del tracto respiratorio (Hajat, Bird, Haines, 2004; Nastos, Matzarakis, 2006; Falagas, et al, 2008, citado en Makinen, et al, 2008) y que hubo evidencia de laboratorio y clínica que demostró que la inhalación de aire frío produjo un estrés de las vías respiratorias, lo que contribuye a un aumento en la susceptibilidad de infecciones respiratorias, (Mourtzoukou, Falagas, 2007; Giesbrecht, 1995; Eccles, 2002; Liener, et al, 2003; Cruz, et al, 2006; citado en Makinen, et al, 2008), ya que al disminuir la T° aumentó el número de consultas, teniendo en cuenta que durante el invierno la mortalidad por este tipo de patologías aumenta en 20%. (Lancet, 1997; Díaz, et al, 2005; Neyha, 2005, citado en Makinen, et al, 2008). Finalmente el análisis realizado en este estudio indicó que existió una

asociación lineal entre la temperatura y las infecciones respiratorias, ya que al disminuir 1°C la temperatura el riesgo de tener infecciones del tracto respiratorio alto aumento en un 4,3% y del tracto respiratorio bajo en un 2,1%. (Makinen, et al, 2008). En resumen la evidencia disponible indica que diferentes estudios realizados muestran que la exposición a temperaturas frías y humedad baja produjo un aumento en la incidencia de las infecciones respiratorias, lo cual tiene implicancias en la salud pública de la población que se requieren seguir estudiando. (Mourtzoukou, Falagas, 2007; Bartzokas, Kassomenos, Petrakis, Celessides, 2004, citado en Falagas, et al, 2007). En Chile se realizó un estudio que evidenció por ejemplo que la duración y magnitud de los brotes invernales del virus sincial respiratorio (VRS) en niños parecen depender del número de individuos susceptibles en las población y de las variaciones antigénicas del VRS, más que de las condiciones climáticas geográficas, ya que las epidemias de VRS se presentan casi simultáneamente en la diversa geografía de Chile. (Hall, Walsh, Schanabel, Long, McConnochie, Hildreth, et al, 1990; Cane, 2001; Collins, McIntosh, Chanock, 1996; Banclari, Martínez, Casanueva, Veliz, Quinterosn, Walquer, et al, 1999, Alvarado, Centellas, Krstulovic, Millar, Pérez, Poblete, et al, 2002, Palomino, Larragaña, Montaldo, Suárez, Díaz, Avendaño. (1994), citados en Avendaño, Parra, Padilla, Palomino, 2002).

Relacionado con lo anterior, es importante señalar que estudios indican que los contaminantes atmosféricos pueden ser removidos eficientemente por degradaciones húmedas y secas o absorción por superficies. El primer proceso está relacionado con nubes y lluvias e implica una interacción de las gotas de agua con las sustancias contaminantes presentes en la atmósfera. En las gotas de agua ocurren transformaciones químicas que conducen a la captura irreversible de sustancia contaminantes presentes en el aire. Los iones presentes en la lluvia reflejan tanto la contaminación local como los contaminantes colectados durante todo el trayecto de la nube. En cambio en la degradación seca, por ejemplo en el rocío, sólo se detectan los contaminantes presentes en la atmósfera cercana al sitio de colección y su eficiencia depende de la interacción entre los contaminantes y las superficies (captura) (Rubio, Lissi, Riveros y Paez, 2001). En algunas zonas de Europa entre 20% y 30 % de las deposiciones acídicas totales están asociadas a la precipitación húmeda (Ruijgrok, Römer, 1993, citado en Rubio, et al, 2001). La relevancia de las remociones húmedas puede estar fuertemente condicionada por la abundancia de precipitaciones. En la ciudad de Santiago de Chile, han ocurrido últimamente años relativamente secos con escasas y débiles precipitaciones (1995, 1996 y 1998), alternados con años lluviosos (1997, 2000). Por otro lado, el aire de Santiago presenta en otoño e invierno altos niveles de material particulado; por lo tanto, la presencia de altos niveles de concentración para estos iones, indicaría que las lluvias en Santiago remueven parte de este material contaminante (Artaxo, Oyola, Martínez, 1999 citado en Rubio et al, 2001).

El estudio presentó ciertas limitantes por lo cual la hipótesis científica fue rechazada, debido a que el aumento de concentraciones de MP, no se asoció a un incremento en el número de consultas diarias de morbilidad respiratoria, esto pudo deberse por ejemplo, a errores en el sistema de medición de los datos (temperatura, niveles material particulado), así

como también un error en la medición del número de consultas. Es probable también que el período de observación haya sido insuficiente o que la estacionalidad de las IRA haya variado el año 2010, cabe destacar que éste año hubo un brote de influenza durante el mes de Septiembre, los datos se analizaron con dos y tres días de desfase, tiempo promedio utilizado para este tipo de estudios. Es importante destacar que este estudio no consideró otras variables meteorológicas (humedad, viento, lluvia), estudios comprueban que éstos asociados a la temperatura pueden incidir de manera indirecta como efectos modificadores de la contaminación atmosférica, pero que no son concluyentes para determinar que indicadores como la temperatura afectan directamente en la salud de la población (Aguilar, 2007).

7. CONCLUSIÓN

La contaminación atmosférica es un problema de salud pública prioritario en Chile, en especial en las ciudades con mayores índices de contaminación y que en la época de invierno, los índices de contaminación aumentan, consecuencia de la combustión incompleta de fósiles utilizados como combustible sumado a la variación de las variables climatológicas (temperatura, presión atmosférica, humedad).

La contaminación atmosférica por MP produce efectos en la salud de la población, pero sin duda sus mayores efectos se producen en los niños, un sector de la población con mayor susceptibilidad a las amenazas ambientales, en virtud de sus actividades y comportamiento, así como de su reducida capacidad para metabolizar las sustancias tóxicas. Asociado a esto, los niños a lo largo de su desarrollo tienen diferencias y modificaciones en su primer año de vida y su maduración termina a los 6 años de vida, por lo cual las respuestas del sistema inmunitario y pulmonar se ven modificadas por el estímulo del ambiente. Se ha observado que la exposición a MP_{2.5} y MP₁₀ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ produce efectos adversos en la salud de los niños, ya que se asocia a un déficit en la función pulmonar, aumento de síntomas respiratorios y enfermedades, lo que deriva en un aumento de ausentismo escolar, hospitalizaciones por enfermedades respiratorias.

Acorde a lo descrito anteriormente, se debe concluir que la hipótesis científica planteada en este estudio no fue comprobada, debido a que el aumento de concentraciones de MP, no se asoció a un incremento de las consultas diarias de morbilidad por causa respiratoria, pero sin duda dada la importancia y trascendencia de éste tipo de estudios, es necesario escatimar esfuerzos en seguir evaluando los efectos de las variables atmosféricas y meteorológicas en la salud de la población en el mundo y principalmente en nuestro país.

8. REFERENCIAS

Aga, E., Samoli, E., Touloumi, G., Anderson, H.R., Cadum, E., Forsberg, B., *et al.* (2003). Short-term effects of ambient particles on mortality in the elderly: results from 28 cities in the APHEA 2 project. *European Respiratory Journal* 40, 28-33.

Aguilar, L. (2007). [Citado en julio de 2006]. Disponible en: <http://aire-contaminacion.blogspot.com/2007/09/contaminantes-del-aire.html>.

Arteaga, J., Duran, H. (2001). Contaminación atmosférica en Chile: Antecedentes y políticas para su control. *Medio ambiente, ecología y salud pública. Universidad de Santiago. Instituto Medio Ambiente*. Disponible en: <http://www.usach.cl/ima/cap9.htm>.

Aschengrau, A, Seage III G. (2008). *Essentials of Epidemiology in Public Health*. 2th Edition. Sudbury, MA: Jones and Barlett Publishers.

Ballester, F. (2005). Contaminación atmosférica, cambio climático y salud. *Revista Española de Salud Pública*, 79, (2), 1135-5727.

Barría, B., Becker, S., Bahamondes, L., Cayul, M., Ceriche, B., Cortés J., De Ferrari, I, et al. (2004). Colección de estudios de epidemiología ambiental. El vigía 23, boletín de vigilancia en salud pública de Chile.

Barrios, S., Peña-Cortes, F., Osses S. (2004). Efectos de la contaminación atmosférica por material particulado en las enfermedades respiratorias agudas en menores de 5 años. *Revista de Ciencia y Enfermería*, 10, (2), 22-29.

Bell, M., Samet, J. (2005). Air Pollution. En: Frumkin, H. *Environmental Health: From Global to Local*. 1° Edition. San Francisco. Pp. 331-361.

Boushey, H.A., Sheppard, D., Tager, I. (1994). Air pollution, In: Murray, J.F., Nadel, J.A. *Textbook of Respiratory Medicine*, Philadelphia W.B, Volumen II.

Brook, R.D., Franklin, B., Cascio, W., Hong, Y., Howard, G., Lipsett, M., *et al.* (2004) Air Pollution and Cardiovascular Disease: A Statement for Healthcare Professionals from the Expert Panel on Population and Prevention Science of the American Heart Association. *Circulación*, 109, 2655-2671.

Celis, J., Flocchini, R., Carvacho, O., Morales, J., Zaror, C., Inzunza, J., Pineda, M. (2006). Analysis of aerosol particles and coarse particulate matter concentrations in Chillán, Chile, 2001-2003. *Air and Waste Manage. Assoc* 56: 152-158.

Chow, J.C. (1995). Measurement Methods to Determine Compliance with Ambient Air Quality Standards for Suspended Particles. *Journal Air & Waste Manage. Association*, 45, 320-382.

Ciocco, A., Thompson, D.J. (1961). A Follow-Up of Donora Ten Years After: Methodology and Findings. *Ambient Journal Public Health*, 51, 155-164.

De Liria, R. (2004). Infecciones víricas del tracto respiratorio inferior. *Pediatric Integral*, VIII, (2): 153-162.

Delfino, R.J., Gong Jr, H., Linn, W.S., Pellizzari, E.D., Hu, Y. (2003). Asthma symptoms in hispanic children and daily ambient exposures to toxic and criteria air pollutants. *Environmental Health Perspective*, 111, 647-656.

Delfino, R.J., Murphy-Moulton, A.M., Burnett, R.T., Brook, J.R., Becklake, M.R. (1997). Effects of air pollution on emergency room visits for respiratory illness in Montreal, Quebec. *Ambient Journal Respiratory Critical Care Medical*, 155, 568-576.

Delfino, R.J., Murphy-Moulton, A.M., Becklake, M.R. (1998). Emergency room visits for respiratory illnesses among the elderly in Montreal: association with low level ozone exposure. *Environmental Resolution*, 76, 67-77.

Delfino, R.J., Quintana, P.J.E., Floro, J., Gastañaga, V.M., Samimi, B.S., Kleinman, M.T., *et al.* (2004). Association of FEV1 in asthmatic children with personal and microenvironmental exposure to airborne particulate matter. *Environmental Health Perspective*, (112), 932-941.

Dockery, D.W., Cunningham, J., Damokosh, A.I., Neas, L.M., Spengler, J.D., Koutrakis, P., *et al.* (2006) Health Effects of Acid Aerosols on North American Children: Respiratory Symptoms. *Environmental Health Perspective*, 104, 500-505.

Dockery, D. W., Pope, C. A., Xu, X. P., Spengler, J. D., Ware, J. H., Fay, M. E., Ferris, B. G., Speizer, F. E. (1993). An association between air pollution and mortality in six U. S. cities. *New England Journal Medical* 329, 1753-1759.

Dockery, D.W., Speizer, F.E., Stram, D.O.; Ware, J.H., Spengler, J.D., Ferris, B.G. (1989). Effects of Inhalable Particles on Respiratory Health of Children. *Ambient Revision Respiratory*, 139, 587-594.

Dockery, D.W., Ware, J.H., Ferris, B.G., *et al.* (1982). Change in pulmonary function in children associated with air pollution episodes. *Journal Air Pollution Control Association*, 32, 937-942.

Ebelt, S., Petkau, J., Vedal, S., Fischer, T., Brauer, M. (2000). Exposure of Chronic Obstructive Pulmonary Disease Patients to Particulate Matter: Relationships between Personal and Ambient Air Concentrations. *Journal Air & Waste Manage Association*, 50, 1081-1094.

Elson, D.M. (1992) Atmospheric pollution: a global problem. *Second edition Oxford: Blackwell*, Vol III.

Falagas, M., Theocharis, G., Spanos, A., Lambrini, V., Evangelos, A., Panos, G, *et al.* (2007). Effect of meteorological variables on the incidence of respiratory tract infections. *Respiratory Medicine*, 102, 733-737.

Fauroux, B., Sampil, M., Quenel, P., Lemoullec, Y. (2000). Ozone: a trigger for hospital pediatric emergency room visits. *Pediatric Pulmonology*, 30, 41-46.

Firket, J. (1931). The Cause of the Symptoms Found in the Meuse Valley during the Fog of December, 1930. *Bull Academic Revision Medical Belgium*, 11, 683-741.

Gent, J.F., Triche, E.W., Holford, T.R., Belanger, K., Bracken, M.B., Beckett, W.S., Leaderer, B.P. (2003). Association of low-level ozone and fine particles with respiratory symptoms in children with asthma. *JAMA*, 290, (14), 859-1867.

Gielen, M.H, Van Der Zee, S.C., Van Wijnen, J.H., Van Steen, C.J., Brunekreef, B., (1997). Acute effects of summer air pollution on respiratory health of asthmatic children. *Ambient Journal Respiratory Critical Care Medical*, 155, 2105-2108.

Godish, T. (1997). Health Effects. Air Quality. Boca Raton. CRC Press LLS. U.S.A.

Heinrich, J., Slama, R. (2007). Fine particles, a major threat to children. *International Journal Hygienic Environmental Health*, 210, 617-622.

Hernández-Cadena, L., Barraza-Villareal, A., Ramírez-Aguilar, M., Moreno-Macías, H., Miller, P., Carbajal-Arroyo, L., et al. (2007). Morbilidad infantil por causas respiratorias y su relación con la contaminación atmosférica en ciudad Juárez, Chihuahua, México. *Salud Pública México*, 49, (1), 27-36.

Hiltermann, T.J., de Bruijne, C.R., Stolk, J., Zwinderman, A.H., Spijksma, F.T., Roemer, W. et al. (1997). Effects of photochemical air pollution and allergen exposure on upper respiratory tract inflammation in asthmatics. *Ambient Journal Respiratory Critical Care Medical*, 156, 1765-1772.

Hiltermann, T.J., Stolk, J., van Der Zee, S.C., Brunekreef, B., de Bruijne, C.R., Fischer, P.H., et al. (1998). Asthma severity and susceptibility to air pollution. *European Respiratory Journal*, 11, 686-693.

Ilabaca M., Tellez-Rojo, M., Romieu, I. (1999). Association between levels of fine particulate and emergency visits for pneumonia and other respiratory illnesses among children in Santiago. *Journal Air and Waste Manage Association*, 49, 154-163.

Joya, E. (2007). Contaminación del aire exterior y enfermedades alérgicas de la vía aérea. *Revista Ciencia y Trabajo*, 23, 23-29

Jones, G.N., Sletten, C., Mandry, C., Brantley. P.J. (1995) Ozone level effect on respiratory illness: an investigation of emergency department visits. *South Medical Journal*. 88, (10), 1049-1056.

Kappos, A., Bruckmann, P., Eikmann, T., Englert, N., Heinrich, U., Hoppe, P., *et al* (2004). Health effects of particles in ambient air. *Environmental Health*, 207, 399-407.

Kavouras, I., P. Koutrakis, F. Cereceda-Balic y P. Oyola, *Source apportionment of PM₁₀ and PM_{2,5} in five Chilean cities using factor analysis*, Journal of Air Waste Management Association, 51, 451-464 (2001).

Koutrakis, P., Sax, S., Sarnat, J., Coull, B., Demokritou, P., Oyola, P., *et al* (2005). Analysis of PM₁₀, PM_{2,5}, and PM_{2,5-10}, concentrations in Santiago, Chile, from 1989 to 2001, 55, 342-351.

Lipsett, M., Hurley, S., Ostro, B. (1997). Air pollution and emergency room visits for asthma in Santa Clara County, California. *Environmental Health Perspective*, 105, 216- 222.

Logan, W.P.D. (1952) Mortality in London Fog Incident. *Lancet*, 1, 336-338.

Muñoz, F., Sá Carvalho, M. (2009). Efecto del tiempo de exposición a PM₁₀ en las urgencias por bronquitis aguda. *Cuadernos de Salud Pública*, 25, (3), 529-539.

Makinen, T., Juvonen, R, Jokelainen, T., Harju, T., Peitso, A., Bloigu, A., *et al.* (2008). Cold temperatura and low humidity are associates with increased occurrence of respiratory tract infections. *Respiratory medicine*, 103, 456-462.

Ministerio de salud de Chile. (2011). [Citado en junio 06 de 2011]. Disponible en <http://www.cambio21.cl/cambio21/site/artic/20110612/pags/20110612110454.html>

Neas, L.M., Dockery, D.W., Koutrakis, P., Tollerud, D.J., Speizer, F.E. (1995). The association of ambient Air pollution with twice daily peak expiratory flow rate measurements in children. *Ambient Journal Epidemiology*, 141, 111-122.

Organización Mundial de la Salud. (2004). Guías para la calidad del aire. Ginebra: OMS. OPS/CEPIS/PUB/04.110. [Citado en julio 25 de 2010]. Disponible en: <http://www.cepis.ops-oms.org/bvsci/fulltext/guiasaire.pdf>

Ostro, B. (1989). Air pollution and acute respiratory morbidity and observational study of multiple pollutants. *Environmental Resolution*, 50, 238-247.

Ostro, B.D., Lipsett, M.J., Mann, J.K., Braxton-Owens, H., White, M.C. (1995). Air pollution and asthma exacerbations among African-American children in Los Angeles. *Inhalation Toxicological*, 7, 711-722.

Oyarzún, M. (2006). Desencuentros entre los conocimientos y las políticas públicas para afrontar la contaminación atmosférica. *Revista Chilena Enfermedades Respiratoria*, (22), 151-154.

Pantazopoulou, A., Katouyanni, K., Kourea-Kremastinou, J., Trichopoulos, D. (1995). Short term effects of air pollution on hospital emergency outpatient visits and admissions in the greater Athens, Greece area. *Environmental Resolution*, 69, 31-36.

Palominos, M. (2009). Amenaza estacional Virus Respiratorio Sincicial. *Revista vivir más*.

Peña-Cortés, F., Henríquez, L. (2002). Evaluación de la aplicabilidad de la Norma ISO 14001 en empresas de la Región de La Araucanía. Chile. *Revista Información Tecnológica*, 13, (3), 35-40.

Peters, A., Wichmann, H.E., Tuch, T., Heinrich, J., Heyder, J. (1997). Respiratory effects are associated with the number of ultrafine particles. *Ambient Journal Respiratory Critical Care Medical*, 155, 1376-1383.

Pizarro, R., Vasconi, P. (2001). Contaminación atmosférica de la Región Metropolitana. Publicaciones Terram. Análisis de Políticas Públicas 2001; N° 3. Septiembre. Santiago. Chile.

Pope, C.A. (1989) "Respiratory disease associated with community air pollution and steel mill, Utah Valley". *Ambient Journal Public Health*, 79, 623-628.

Pope, C.A., III, Dockery, D.W. (1992). Acute Health Effects of PM10 Pollution on Symptomatic and Asymptomatic Children. *Ambient Revision Respiratory Disease*, 145, 1123-1128.

Pope, C., Dockery, D.W. (2006). Health effects of fine particulate air pollution: lines that connect. *Journal Air Waste Manage Association*, 56, (6), 709–742.

Prieto, M.J, Mancilla, P., Astudillo, P., Reyes, A, Román, A. (2007). Exceso de morbilidad respiratoria en niños y adultos mayores en una comuna de Santiago con alta contaminación atmosférica por partículas. *Revistas médica de Chile*, 135, 221-228.

Richards, I.S., Brooks, S.M. (1995). Respiratory Toxicology. In: Gochfeld M *et al.*, editors. *Environmental Medicine. St. Louis: Mosby-Year Book*, 166-181.

Román, O., Mancilla, P., Prieto, M.J. (2004). Contaminación atmosférica y daño cardiovascular. *Revista Médica Chile*, 132, 761-767.

Rubio, M., Lissi, E., Riveros, V., Páez, M. (2001). Remoción de contaminantes atmosféricos por lluvias y rocíos en la región metropolitana. *Boletín Sociedad Chilena Química*, 46, (3).

Salvi, S. (2001). Pollution and allergic airways disease. *Current Opinion Allergy Clinical Immunological*, 1, 35-41.

Samet, J.M., Zeger, S.L., Dominici, F., Curriero, F., Coursac, I., Dockery, D.W., *et al.* (2000). The National Morbidity, Mortality, and Air Pollution Study. Part II: Morbidity and mortality from air pollution in the United States. *Resolution Report Health Effects Institute*, 94, (2), 5-79.

Sanchez, J., Romieu, I., Ruiz, Silvia., Pino, Paulina., Gutiérrez, Monica,. (1999). Efectos de las partículas respirables y el dióxido de azufre sobre la salud respiratoria en niños del área industrial de Puchuncaví, Chile. *Revista Salud Pública/Pan Am J Public Health* 6, (6), 384-391.

Sanhueza, P., Vargas, C., Jiménez, J. (1999). Mortalidad diaria en Santiago y su relación con la contaminación del aire. *Revista Médica de Chile*, 127, 235-242.

Sanhueza, H., Vargas, R., Mellado, G. (2006). Impacto de la contaminación del aire por PM₁₀ sobre la mortalidad diaria en Temuco. *Revista Médica de Chile*, 134, 754-761.

Susser, M. (1994). The logic in ecological: I. The logic of analysis. *American Journal of Public Health*, 84, 825-829.

Téllez-Rojo, M.M., Romieu, I., Ruiz-Velasco, S., Lezana, M.A., Hernández-Avila, M.M. (2000). Daily respiratory mortality and PM₁₀ pollution in Mexico City: Importance of considering place of death. *European Respiratory Journal*, 16, 391-396.

Ulriksen, P., Alvarado, G., Araya, G., Serrano, P., Vargas, J., Amín, M., Cabello, A., Merino, M., Santana, C. (2001). Mediciones meteorológicas y de calidad del aire en Temuco y Rancagua, Chile, para la obtención de antecedentes técnico científico para la generación de la norma de calidad primaria para material particulado fino, MP 2,5. *Centro nacional del medio ambiente*, 1-91.

Wilson, W.E., Suh, H.H. (2007). Fine Particles and Coarse Particles: Concentration Relationships Relevant to Epidemiologic Studies. *Journal. Air & Waste Manage Association*, 47, 1238-1249.

Zamarreño, R., Díaz, C. (2010). Cuantificación de elementos metálicos, presentes en el material particulado MP 2,5 en la atmósfera de la ciudad de La Serena, Chile. *Avances en ciencia e ingeniería*, 1, (1), 27-33.