



Universidad del Bío-Bío

Facultad de Ciencias de la Salud y los Alimentos

Magíster en Salud Pública

Contaminación Atmosférica por MP 2,5 y Consultas por Enfermedades Respiratorias  
en Servicios de Atención Primaria de Urgencias en las Comunas de Chillán y Chillán  
Viejo.

---

Autor: Paula Cifuentes Martínez

Profesor guía: Dra. Carolina Luengo Martínez

Profesores informantes:

Dr. Carlos Escudero

Dra. Carmen Luz Muñoz

Chillán 2019



Universidad del Bío-Bío

Facultad de Ciencias de la Salud y los Alimentos

Magister en Salud Pública

Contaminación Atmosférica por MP 2,5 y Consultas por Enfermedades Respiratorias en Servicios de Atención Primaria de Urgencias en las Comunas de Chillán y Chillán Viejo.

Autor: Paula Cifuentes Martínez

Nombre guía de tesis	Carolina Luengo Martínez
Nombre informante 1	Dra. Carmen Luz Muñoz
Nombre informante 2	Dr. Carlos Escudero

Nota: \_\_\_\_\_

Chillán2019

## RESUMEN

La contaminación atmosférica se entiende como la presencia de contaminantes o sustancias poluentes en el aire. Los efectos en la salud que pueden causar dichos contaminantes dependen del tiempo de exposición y los niveles de concentración ambiental. La presente investigación indaga la relación entre los niveles de contaminación ambiental por material particulado<sub>2,5</sub> y el número de consultas respiratorias según tipo de enfermedad respiratoria y edad de los usuarios que consultaron en los Servicios de Atención Primaria Urgencias de las comunas de Chillán y Chillán Viejo, entre los años 2016 y 2017. Corresponde a un estudio retrospectivo y analítico de tipo cuantitativo, la información fue obtenida de dos bases de datos secundarias de carácter público, desde el Departamento Estadístico y de Información de Salud (Consultas por enfermedades respiratorias) y del Sistema de Información Nacional de Calidad del Aire (Nivel de concentración diaria de MP 2,5), donde se obtuvo una muestra de 729 días en donde hubieron un total de 64.063 consultas por enfermedades respiratorias. Los análisis estadísticos utilizados fueron Anova, aplicación de test estadístico Dickey-Fuller, análisis inferencial basado en correlación de Spearman y Cross-Correlation en el software R-Project y STATA v14. Entre los hallazgos del estudio, se encontraron los niveles promedios más altos de contaminación ambiental, en los meses de Mayo, Junio y Julio con valores promedios de 210  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 223  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  y 189  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  respectivamente. Se observó, una correlación positiva entre contaminación ambiental y consultas por enfermedades respiratorias asociadas al día siguiente y al noveno día posterior a un día de Emergencia ambiental. Además de una correlación positiva entre las consultas por enfermedades respiratorias (Infección respiratoria alta, Influenza, Neumonía y Bronquitis aguda) y niveles de contaminación ambiental además de una correlación positiva entre estos niveles y todos los grupos etarios estudiados (desde menores de 1 año hasta mayores de 65 años). En conclusión, existe relación entre los niveles de contaminación ambiental por MP 2,5 y el número de consultas por enfermedades respiratorias (Infección respiratoria alta, Influenza, Neumonía y Bronquitis aguda) y edad de los usuarios que consultaron en los Servicios de Atención Primaria de Urgencias de las comunas de Chillán y Chillán Viejo, entre los años 2016 y 2017.

Palabras clave: Contaminación del Aire, Material Particulado, Enfermedades respiratorias, Atención ambulatoria.

## ABSTRACT

Air pollution is understood as the presence of contaminating substances or pollutants in the air. The health effects that these pollutants can cause depend on the exposure time and the levels of environmental concentration. The present investigation inquires the relation between the levels of environmental pollution by particulate matter 2,5 and the number of respiratory-related admissions according to type of respiratory disease and age of the users who were admitted in the Primary Healthcare Emergency Services in the cities of Chillán and Chillán Viejo, between the years 2016 and 2017. It corresponds to a retrospective and analytical study of quantitative type, the information was obtained from secondary database of public access, from the Department of Statistics and Health Information (respiratory-related admissions) and from National Air Quality Information System (levels of environmental pollution). Finally obtaining a sample of 729 days where there was a total of 64,063 consultations for respiratory diseases. The statistical methods used were: Anova, application of the statistical test Dickey-Fuller, inferential analysis based on Spearman's correlation and Cross-Correlation in the software R-Project and STATA v14.0. Among the findings of the study, the highest average levels of environmental pollution were found in the months of May, June and July, with average values of  $210 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ,  $223 \mu\text{g}/\text{m}^3$  and  $189 \mu\text{g}/\text{m}^3$  respectively. It was observed a positive correlation between environmental pollution and admissions related to respiratory diseases associated with the following day and the ninth day after an environmental emergency. In addition to a positive correlation between the admissions related to respiratory diseases (Upper Respiratory Tract Infection, Influenza, Pneumonia and Acute Bronchitis) and levels of environmental pollution in addition to a positive correlation between these levels and all the age groups studied (from children under 1 year to older than 65 years). In conclusion, there is a relation between the air pollution levels by PM 2,5 and the number of admissions related to respiratory diseases (Upper Respiratory Tract Infection, Influenza, Pneumonia and Acute Bronchitis) and the ages of the patients admitted in the Primary Healthcare Emergency Services in the cities of Chillan and Chillan Viejo, between the years 2016 and 2017.

Key words: Air pollution, Particulate matter, Respiratory diseases, Ambulatory care.

## **DEDICATORIA Y AGRADECIMIENTOS**

Agradecimientos infinitos a los que estuvieron conmigo en este proceso, mi compañero Leonardo Tapia, Rafael Cifuentes mi padre, Sandra Martínez mi madre y a mi mejor amiga Constanza Bravo.

Agradecida de mis compañeros Alejandra Rodríguez, Juan Pablo Fernández, Andrea Chávez, Pablo Llanos e Ignacio González que hicieron de este magíster no solo un espacio para aprender sino para fraternizar y compartir amistad.

También quisiera mencionar que la finalización de esta tesis está dedicada a nuestro compañero Beto Silva Hernández.

## **INDICE GENERAL**

RESUMEN	3
I. INTRODUCCIÓN	10
II. MARCO TEÓRICO	12
II.1.-Contaminación atmosférica y salud humana	12
II.2.- Contaminación atmosférica por material particulado	13
II.3.- Legislación ambiental en Chile	14
II.4.-Fisiopatología del material particulado en salud respiratoria	14
II.5.- Enfermedades respiratorias	15
II.6.- Contaminación atmosférica por material particulado y Enfermedades respiratorias	16
II.7.- Sistema de Salud en Chile.	18
II.7.1 Servicios de atención primaria de urgencias	19
III. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	20
IV. OBJETIVOS	24
IV.1 OBJETIVO GENERAL	24
IV.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	24
V. HIPÓTESIS	24
VI. METODOLOGÍA	25
VI.1 DISEÑO METODOLÓGICO	25

VI.2 .DETERMINACIÓN DE VARIABLES	26
VI.2.1. VARIABLE DEPENDIENTE	26
VI.2.2 .VARIABLES INDEPENDIENTES	26
VI.2.3. COVARIABLES	26
VI.3. DEFINICIÓN CONCEPTUAL Y OPERACIONAL DE LAS VARIABLES	26
VI. 4. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	29
VI.4.1 RECOLECCIÓN DE DATOS	29
VI.4.2 CONSIDERACIONES ÉTICAS	29
VI.4.3 ANÁLISIS DE LOS DATOS	32
VII. RESULTADOS	34
VIII. DISCUSIÓN	41
IX. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	46
X. BIBLIOGRAFÍA	48
XI. ANEXOS	54

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Número de Consultas por enfermedades respiratorias según Niveles de Contaminación ambiental por MP 2,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y en el periodo 2016 – 2017.	37
Tabla 2. Correlación entre Número de Consultas por enfermedades respiratorias según Niveles de Contaminación Ambiental por MP 2,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en el periodo 2016 – 2017.	38
Tabla 3. Niveles de contaminación ambiental por MP 2,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en el periodo 2016-2017 según rangos de Edad.	39
Tabla 4. Correlación entre consultas según edad y niveles de contaminación ambiental por MP 2,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en el periodo 2016-2017.	40

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Gráfico de distribución de los Niveles de Contaminación Ambiental por MP 2,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , promedio mensual durante el periodo 2016 – 2017.	34
Figura 2. Panel superior: N° total de consultas por enfermedades respiratorias diarias. Panel inferior: Niveles de contaminación ambiental (concentración) diarios de MP 2,5.	35
Figura 3. Función de correlación cruzada.	36

## I. INTRODUCCIÓN

La contaminación atmosférica es un factor importante en las problemáticas de salud ambiental, esta situación afecta tanto a los países en vías de desarrollo como a países desarrollados. La contaminación atmosférica se entiende como la presencia de contaminantes o sustancias poluentes en el aire que interfieren en la salud o bienestar humano, o que producen otros efectos perjudiciales al medio ambiente. Éstas sustancias pueden ser gases, material particulado o compuestos orgánicos volátiles, presentes durante lapsos prolongados y en cantidades que superen los niveles de tolerancia permitidos (1). Los efectos en la salud humana que pueden causar dichos contaminantes dependen del tiempo de exposición y los niveles de concentración ambiental (2).

En Chile, esta problemática ha sido abordada principalmente por el Ministerio del medio ambiente, quedando al deber otras entidades gubernamentales relacionadas con la salud humana, no obstante, es indiscutible la importancia que toma hoy en día la contaminación atmosférica por material particulado en la salud pública, sobre todo en aquellas zonas declaradas saturadas por material particulado, en donde se han efectuados planes de prevención y descontaminación, tal como se realizó en Chillán y Chillán Viejo al ser ambos declarados como zona de saturación por MP 10 y MP2,5 a fines del 2012, para posteriormente en el año 2016 aprobar su plan de descontaminación(3).

Es un hecho que durante los meses de invierno los índices de contaminación aumentan de forma considerable debido a fuentes de emisión antropogénicas móviles y estacionarias, la más importante de ellas proviene de la combustión de biomasa para calefacción doméstica, pero también existen las derivadas de la densidad del tráfico vehicular, termoeléctricas y sistemas industriales a lo cual se suma la influencia de las variables climatológicas (temperatura, presión atmosférica y humedad) (4).

Estudios previos han informado asociación entre contaminación del aire y salud humana, teniendo impacto principalmente en la disminución de la función pulmonar y aumento de síntomas respiratorios derivando a un aumento de los ingresos hospitalarios por patologías respiratorias. Una amplia evidencia ha demostrado una correlación positiva entre los

contaminantes del aire y la morbilidad por infecciones respiratorias virales y otras afecciones respiratorias como asma y obstrucción crónica enfermedad pulmonar, todo esto debido al mecanismo celular que se desencadena en el organismo en presencia de contaminación atmosférica por material particulado, ya que actúa directamente como prooxidante de lípidos y proteínas y como generador de radicales libres, promoviendo estrés oxidativo e induciendo respuesta inflamatoria de las vías aéreas (4-6).

Por lo anterior, es prioritario que en los meses de invierno se focalicen los esfuerzos para enfrentar dicha problemática con planes y programas eficientes para disminuir los efectos que provoca en la salud de la población.

La disminución en los niveles de contaminación del aire podría reducir la carga de morbilidad en enfermedades como cáncer de pulmón, neumopatías crónicas y agudas y accidentes cerebrovasculares. Mientras más bajos se mantengan los niveles de contaminación atmosférica mejor será la salud de la población a nivel respiratorio y cardiovascular. Por este motivo las políticas públicas de apoyo a viviendas energéticamente eficientes para la reducción de sistemas energéticos basados en biomasa, medios de transporte menos contaminantes, generación de electricidad en base a energías renovables y la mejor gestión de residuos domiciliarios e industriales permiten reducir de manera importante las fuentes de contaminación ambiental y mejorar la calidad del aire de las ciudades (2).

Actualmente tanto en Chillán como Chillán Viejo no existen estudios en los cuales se haya evaluado el efecto de la contaminación atmosférica por MP<sub>2,5</sub> sobre la salud de la población. Teniendo en consideración que existen los datos de concentraciones diarias de material particulado tanto de MP<sub>10</sub> como MP<sub>2,5</sub>, las alertas por niveles de contaminación atmosférica declaradas por el ministerio de medio ambiente son a partir de la medición de los niveles de MP<sub>2,5</sub> las cuales son medidas a través de la Estación Inia Quilamapu y Estación Purén, por lo que se considera de interés evaluarla asociación entre los niveles de contaminación atmosférica por MP<sub>2,5</sub> y el número de consultas por Enfermedades Respiratorias en los Servicios de Atención Primaria Urgencias de las comunas de Chillán y Chillán Viejo, entre los años 2016 y 2017.

## II. MARCO TEÓRICO

### *II.1.-Contaminación atmosférica y salud humana*

La contaminación del aire es uno de los problemas ambientales más serios en las sociedades y es, por consiguiente, una de las formas principales en que puede ser degradado o afectado parte del ambiente. La contaminación ambiental se puede definir como la emisión al aire de sustancias peligrosas a una magnitud que excede la capacidad de los procesos naturales de la atmósfera para transformarlos, precipitarlos y depositarlos o diluirlos por medio del viento y el movimiento del aire (7).

Estudios epidemiológicos a nivel mundial han analizado la asociación entre los efectos agudos de enfermedades respiratorias en la población general y su exposición a los contaminantes atmosféricos. La mayor parte de estos estudios se han abocado a estudiar el número de consultas por enfermedades respiratorias en lugares que presentan concentraciones de contaminación elevadas (8-11). En diferentes ciudades del mundo se presentan episodios críticos de contaminación atmosférica donde se sobrepasan constantemente los valores normativos de las legislaciones ambientales de los diferentes países (12).

En un estudio realizado en Santiago de Chile, se asoció la contaminación vehicular a la muerte prematura de los habitantes de la zona (13), además se logró concluir que las concentraciones “aceptables” según la legislación actual no resultan adecuadas para los adultos mayores (14). En estudio realizado en la ciudad de Temuco también se determinó una asociación entre contaminación diaria por Material particulado 10 micrones (MP10) y mortalidad por causas respiratorias, cardiovasculares y cardiorrespiratorias (15).

Los hechos llevan a plantear que no solo afecta en la morbilidad de las personas sino también a un aumento de mortalidad de los habitantes de una zona determinada contaminada por material particulado. De hecho, en los años 70 y 80 se atribuía en gran medida a los aumentos de la morbilidad y mortalidad de las personas, los episodios de contaminación atmosférica extrema, sin embargo, había un desacuerdo en los científicos sobre que niveles de exposición a material particulado y que tipo es el que efectivamente afectaba a la salud humana, sin embargo, posteriormente se argumentó que la

contaminación del aire por partículas afecta a la salud humana incluso en concentraciones relativamente bajas (16).

A principio y fines de 1990 hubo un periodo importante para la historia en materia de investigación sobre la contaminación atmosférica por material particulado y la salud humana, gracias a los esfuerzos de investigación epidemiológica, ese mismo año en Estados Unidos se realiza una serie de estudios que informaron asociaciones entre cambios diarios de material particulado y la mortalidad diaria. Estudios prospectivos de cohorte de la Sociedad del Cáncer, evaluaron la exposición a largo plazo a material particulado y se asoció a enfermedades cardiopulmonares (16).

## *II.2.- Contaminación atmosférica por material particulado*

La contaminación atmosférica por material particulado es una mezcla de partículas sólidas y líquidas que varían en número, tamaño, forma, superficie, composición química, solubilidad y origen. En cuanto a tamaño se divide en 3 tipos: partículas gruesas, partículas finas y partículas ultra finas. A modo de descripción de cada una de ellas, las partículas gruesas son en su mayoría de suspensión de polvo u otros materiales, como sales marinas, polen, moho, esporas, las que tienen un diámetro mayor a 2,5 micrones. Por otro lado, las partículas finas son de emisiones de procesos de combustión (calefacción domiciliaria con leña, gasolina, diesel, carbón para generación de energía y procesos industriales). El indicador más común de material particulado fino consiste en partículas de un diámetro menor o igual a 2,5 micrones (16).

Las partículas ultrafinas se definen típicamente como partículas con un diámetro aerodinámico 0.1 micrones, las cuales provienen de fuentes como el escape de reacciones fotoquímicas de la atmósfera, tienen una vida muy corta (minutos u horas) y crecen rápidamente para formar agregados complejos más grandes, pero típicamente se consideran como parte de MP 2,5(16).

Las partículas finas juegan un rol preponderante en el detrimento de la salud humana, ya que son más tóxicos debido a que incluye sulfatos, nitratos, ácidos, metales y partículas con diversos productos químicos. Las altas concentraciones de MP 10, MP 2,5, O<sub>3</sub>, dióxidos de azufre y óxidos de nitrógeno, compuestos orgánicos volátiles, entre otros, generan riesgos

latentes que atentan contra la calidad ambiental, el bienestar y la salud de los habitantes en los territorios (12).

El material particulado fino permanece suspendido por más tiempo en el aire, penetrando fácilmente el interior de hogares y se logra transportar a largas distancias de la fuente de emisión, en comparación con el MP 10, además por tener un diámetro aerodinámico menos a 10 micrones estas partículas pueden penetrar fácilmente la región torácica del pulmón(16).

### *II.3.- Legislación ambiental en Chile*

En cuanto a la legislación ambiental vigente en nuestro país, el decreto N°12 establece que la norma primaria de calidad del aire para material particulado fino (MP 2,5) es veinte microgramos por metro cúbico (20  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), como concentración anual, y cincuenta microgramos por metro cúbico (50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), como concentración de 24 horas. En donde es responsabilidad de la superintendencia de medioambiente fiscalizar el cumplimiento de las disposiciones de la ley y de priorizar medidas de gestión en zonas que presenten mayor cantidad de población afectada. Por otra parte, el decreto N° 59 establece que la norma primaria de calidad del aire para el contaminante material particulado respirable MP10, es ciento cincuenta microgramos por metro cúbico normal (150  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) como concentración de 24 horas (17).

### *II.4.-Fisiopatología del material particulado en salud respiratoria*

En relación a los efectos fisiopatológicos del material particulado en la salud respiratoria, existen mecanismos ya estudiados y conocidos, por ejemplo en personas con asma se desencadena el mecanismo de estrés oxidativo, en donde aumenta la inflamación y la sensibilización alérgica, se induce una hiperreactividad de las vías respiratorias y agravamiento de la rinitis. Se sabe que las partículas con un diámetro menor o igual a  $2,5\mu\text{m}$  (MP 2,5) tienen un efecto más nocivo en la salud debido a su pequeño tamaño ya que pueden penetrar fácilmente en la vía respiratoria como ya se mencionaba anteriormente (18). Entre los principales componentes que se depositan en las vías respiratorias y el tejido pulmonar después de ser inhalados y con frecuencia desencadenan respuestas inmunes inflamatorias anormales son partículas de metales pesados, óxidos ácidos, contaminantes orgánicos, bacterias, hongos y virus (19).

## II.5.- Enfermedades respiratorias

Las enfermedades respiratorias afectan a las vías respiratorias, incluidas las vías nasales, los bronquios y los pulmones. Incluyen desde infecciones agudas como la neumonía y la bronquitis a enfermedades crónicas como el asma y la enfermedad pulmonar obstructiva crónica.

El modo principal de transmisión de la mayoría de las enfermedades respiratorias agudas (ERA) es a través de las microgotas de un “paciente fuente” que tose o estornuda. La transmisión también puede ocurrir a través del contacto (incluyendo la contaminación de las manos con secreciones respiratorias seguida de la autoinoculación de la conjuntiva o la mucosa de la nariz o boca) y mediante la propagación de aerosoles respiratorios infecciosos muy pequeños a corta distancia durante los procedimientos que generan aerosoles. Dado que muchos síntomas de las ERA no son específicos y dado a que no siempre se dispone de exámenes diagnósticos rápidos, la etiología a menudo no se conoce en forma inmediata. Por consiguiente, los centros de salud afrontan el reto de brindar atención a los pacientes con ERA de etiología y formas de transmisión conocidas y desconocidas (20).

En Chile las enfermedades respiratorias atendidas en los servicios de atención primaria de urgencias se mantienen en un sistema de registros a través del Departamento de Estadísticas e Información en Salud perteneciente al Ministerio de Salud, el cual recopila la información contabilizando los usuarios según diagnóstico, clasificadas como IRA alta, influenza, neumonía, bronquitis/bronquiolitis aguda, crisis obstructiva bronquial y otras causas respiratorias, que se describen a continuación:

- *IRA alta*: Las infecciones respiratorias agudas (IRA) alta, es toda infección aguda que involucre el tracto respiratorio superior ya sea nariz, oído, senos paranasales y faringe. Son un importante problema de salud pública y afectan principalmente a niños, portadores de patología crónica y adultos mayores. Aumentan durante el período invernal, asociado a descenso de la temperatura, la mayor circulación de virus respiratorios y al aumento de la exposición a contaminantes, tanto intra como extradomiciliario (21).
- *Influenza*: La influenza es una enfermedad respiratoria contagiosa provocada por los virus de la influenza A y B. Puede causar formas leves que requerirán manejo

general de los síntomas; o un cuadro grave que en ocasiones puede incluso llevar a la muerte. Algunas personas, ya sea en edades extremas de la vida o quienes padezcan ciertas afecciones crónicas, tienen mayor riesgo de sufrir complicaciones graves. La principal forma de transmisión es de persona a persona, a través de gotitas que quedan suspendidas en el aire después de que un paciente con influenza tose o estornuda (22).

- *Neumonía*: La neumonía es una inflamación aguda del parénquima pulmonar que puede comprometer alveolos, intersticio o ambos, cuya etiología es habitualmente viral, bacteriana o mixta, adquirida por la exposición a un microorganismo fuera del hospital. La neumonía adquirida en comunidad afecta con mayor frecuencia a adultos mayores con más intensidad en los periodos de otoño e invierno, especialmente en pacientes con factores de riesgo como tabaquismo, desnutrición, alcoholismo, enfermedad pulmonar obstructiva crónica, insuficiencia renal e inmunodeficiencia entre otras (23).
- *Bronquitis/Bronquilitis aguda*: Bronquitis aguda no obstructiva es una inflamación aguda de la mucosa bronquial generalmente de etiología viral y evolución auto limitada. Agentes infecciosos involucrados: Rinovirus, VRS, Parainfluenza, Influenza, Adenovirus, Coronavirus, entre otros (24).
- *Crisis obstructiva bronquial*: Bronquitis obstructiva aguda, es una enfermedad caracterizada por obstrucción bronquial aguda con sibilancias, y en ocasiones acompañadas de crépitos y roncus. De etiología viral preferentemente en meses fríos (24).

#### *II.6.- Contaminación atmosférica por material particulado y Enfermedades respiratorias*

Estudios epidemiológicos internacionales proporcionan evidencia de una asociación positiva entre MP y resultados tales como las tasas diarias de ingreso hospitalario, visita a la sala de emergencia y mortalidad por enfermedades respiratorias y cardiovasculares. Estudios que se han concentrado en la fracción menor a MP 10 y encontraron asociaciones positivas entre su concentración diaria y las exacerbaciones de enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC), asma, episodios arrítmicos e infartos agudos de miocardio (IAM) entre otras causas (25). También se ha demostrado que cuando la concentración atmosférica de MP 2,5 aumenta en 10 mg/m<sup>3</sup>, la mortalidad de enfermedades respiratorias

aumenta en un 2% y la tasa de hospitalización en pacientes con EPOC se incrementa en 1.72- 6.87% (19).

En España en el año 2005, se estudió el impacto de la contaminación atmosférica en la salud humana en las ciudades de Bilbao, Madrid y Sevilla en donde los niveles diarios de MP10 se encontraban por encima de 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  y que estos niveles fueron responsables de 59 muertes al año en las 24 horas siguientes a la exposición a la contaminación; el 50,7% por causas cardiovasculares y el 26% por causas respiratorias. Asimismo serían origen de 83,2 ingresos hospitalarios urgentes por causa respiratoria y 39,2 por causa cardíaca (26).

Por otro lado, se ha evidenciado que, los grupos más sensibles y vulnerables a la contaminación del aire son las mujeres embarazadas, los niños, los adultos mayores y los que ya padecen enfermedades respiratorias y otras enfermedades graves además de las personas con bajos ingresos socioeconómicos. Se ha demostrado que el número de enfermedades respiratorias en niños y ancianos aumenta debido a las mayores concentraciones de contaminación atmosférica. Según estos estudios, los niños son más susceptibles porque necesitan el doble de aire inhalado por los adultos y los ancianos se ven más afectados debido a su sistema inmune débil sumado a que ya han estado expuestos a una gran cantidad de contaminación del aire a lo largo de sus vidas (27).

Pero la contaminación ambiental no sólo afecta a ese grupo poblacional, ya que un estudio realizado el 2015 en Bulgaria, demostró que adolescentes expuestos a contaminantes del aire como el MP 2,5, mostraron una supresión de su respuesta inmune y una exacerbación de la respuesta inmune humoral, siendo la base de la patogénesis de las enfermedades alérgicas y autoinmunes (28). Esto se explica, ya que específicamente a nivel celular el MP 2,5 podría estimular la liberación de citoquinas proinflamatorias en el tracto respiratorio, lo que podría agravar el daño oxidativo, aumentar la permeabilidad de la mucosa y reducir la actividad de la mucina, lo que agrava patologías como la EPOC. Inclusive se encontró que el MP 2,5 podría agravar e inducir un aumento significativo en la secreción de los factores asociados con el desequilibrio inmunológico del sistema respiratorio, además informaron que MP 2,5 podría estimular células que aumentan síntesis citoplásmica de factor de necrosis tumoral (19).

A nivel latinoamericano, un estudio realizado el año 2004 en la Habana Cuba, relacionó el número de días que tardan en hacerse manifiesto los efectos de los contaminantes atmosféricos sobre el número de consultas de urgencia por enfermedades respiratorias agudas en menores de 14 años y se demostró que el efecto más relevante de las MP 10 sobre estas enfermedades se presentaron después de 5 días (8).

En este mismo contexto, un estudio realizado el año 2017 en Buenos Aires, Argentina, en un hospital pediátrico señaló que hubo un promedio de 242 consultas diarias a la sala de emergencias de pacientes menores de 18 años entre los años 2012 y 2014, los peaks máximos fueron en los meses de invierno en donde el promedio diario llegó a 286 consultas, pero en este caso la variación del nivel de contaminación del aire no mostro correlación consistente con el número de consultas (29).

En oposición al estudio anterior, un estudio realizado el 2017 en Turquía, dio como resultado que la exposición a corto plazo a contaminantes del aire (MP 10, MP2,5 y NO<sub>2</sub>), se asoció positivamente con las admisiones hospitalarias por enfermedades respiratorias en Estambul, y que el riesgo de padecerlas puede ocurrir hasta diez días después de la exposición a contaminación atmosférica. Siendo el MP 2,5 el contaminante más significativamente asociado a las admisiones por cuadros respiratorios, afectando en mayor medida a los adultos mayores (27).

#### *II.7.- Sistema de Salud en Chile.*

El sistema de salud chileno consta de dos sectores, público y privado. El primero cubre a 80% de la población. El Fondo Nacional de Salud (FONASA), a través del Sistema Nacional de Servicios de Salud (SNSS) y su red de 29 Servicios de Salud Regionales, y el Sistema Municipal de Atención Primaria, cubren a alrededor de 70% de la población nacional (30).

La Atención Primaria de Salud representa el primer nivel de contacto de los individuos, la familia y la comunidad con el sistema público de salud, cuyo objetivo es otorgar una atención equitativa y de calidad, centrada en las personas y sus familias, enfocada en lo preventivo y promocional, es decir, anticipándose a la enfermedad, bajo el Modelo de Salud Integral con Enfoque Familiar y Comunitario con un equipo de salud de cabecera que brinda atención continua a lo largo de todo el ciclo vital de tipo promocional, preventivo, curativos y de rehabilitación, brindando una atención ambulatoria, a través de: Centros de

Salud Familiar (CESFAM), Centros Comunitarios de Salud Familiar (CECOSF), Postas Salud Rurales (PSR), SAPU (Servicio de Atención Primaria de Urgencia). Estos centros de salud mencionados son administrados en su totalidad por las municipalidades (31).

### *II.7.1 Servicios de atención primaria de urgencias*

La Reforma de Salud (2004), planteó como uno de sus objetivos el aumentar la accesibilidad de la población a la Red Asistencial Pública con cambios fundamentales en la Red de Urgencia del Sistema Público, garantizando a la población la atención oportuna de las urgencias y emergencias. Para ello, desde el año 1990 se implementaron los Servicios de Atención Primaria de Urgencia (SAPU), considerados un dispositivo asistencial de baja complejidad que dependen, en forma técnica y administrativa de un CESFAM y dada su ubicación en el nivel primario, tiene la obligación de asegurar a la población el acceso inmediato a la atención médica, resolviendo los problemas de salud pertinentes a su capacidad resolutoria y/o derivando los casos que no pueden ser resueltos a ese nivel de manera coordinada con los otros establecimientos de la Red local(32).

El Servicio de Atención Primaria de Urgencia (SAPU) tiene como propósito facilitar el acceso oportuno y equitativo de los usuarios a la atención que otorga la red de urgencia/emergencia del sistema público de salud, contribuyendo a otorgar una mayor protección y seguridad de la población, especialmente de sectores de pobreza y marginalidad, frente a eventos de salud que la población percibe como urgentes (32).

Los horarios establecidos en los SAPU de Ñuble son de lunes a viernes de 17:00 a 24:00 horas y sábados, domingos y festivos de 08:00 a 24:00 horas (31). En este horario, el establecimiento debe cubrir la demanda de atención espontánea, cualquiera sea su tipo y origen, de acuerdo con las disposiciones generales técnicas y administrativas que regulan su funcionamiento.

### III. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

La Organización Mundial de la salud indica que la calidad ambiental es un determinante en la salud de la población, en lo particular, la calidad del aire es un factor relevante al momento de evaluar las causas de la morbilidad poblacional (2). La premisa mencionada es de amplia aceptación a nivel internacional, en donde según estimaciones del año 2012, la contaminación atmosférica en las ciudades y zonas rurales de todo el mundo provoca cada año 3 millones de defunciones prematuras. Un 88% de esas defunciones prematuras se producen en países de ingresos bajos y medianos (2).

La contaminación atmosférica por material particulado conlleva efectos sanitarios incluso en muy bajas concentraciones, en efecto, aún no se ha podido identificar ningún umbral por debajo del cual no se hayan observado daños para la salud. Las partículas y compuestos emitidos al aire en ciertas concentraciones pueden producir efectos nocivos en la salud de las personas como, por ejemplo, reducción de la función pulmonar, aumento de la susceptibilidad de contraer infecciones respiratorias, muertes prematuras y cáncer (33).

Luego, existe una estrecha relación cuantitativa entre la exposición a altas concentraciones de pequeñas partículas (MP<sub>2,5</sub>) y el aumento de la mortalidad o morbilidad diaria y a largo plazo. A la inversa, cuando las concentraciones de partículas pequeñas y finas son reducidas, la mortalidad desciende. Esto permite a las instancias normativas efectuar proyecciones relativas al mejoramiento de la salud de la población que se podría esperar si se redujera la contaminación del aire con partículas (2).

Estudios nacionales e internacionales han mostrado que existe una asociación entre el nivel de concentración de contaminantes como material particulado (MP), ozono (O<sub>3</sub>), dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) y dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>) y la incidencia de muertes prematuras y varias enfermedades cardiorrespiratorias, tanto en niños como en adultos (8,11,12,17).

Es posible estimar que en Chile al menos 10 millones de personas están expuestas a una concentración promedio anual de MP<sub>2,5</sub> superior a 20 microgramos por metro cúbico. Asimismo, y siguiendo la metodología propuesta por Ministerio de Medio Ambiente (2011), se estima que más de 4.000 personas mueren prematuramente al año por enfermedades

cardiopulmonares asociadas a la exposición crónica a MP<sub>2,5</sub>. Esta cifra representa más del doble del número de fatalidades por accidentes de tránsito en el año 2010 (17).

El año 2013 el Ministerio del medio ambiente, realizó un análisis del número de episodios críticos en Chillán y Chillán Viejo, de alertas, preemergencias y emergencias por MP<sub>2,5</sub> y los resultados fueron de 37 días en donde los niveles estuvieron por sobre la norma primaria de calidad del aire ( $50\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), 18 días en Alerta, 22 días de preemergencia y 11 días de emergencia (33).

En este trabajo se analizará la relación entre la calidad del aire presente en las comunas de Chillán-Chillán Viejo y los índices de consultas en servicios de atención primaria de urgencias por enfermedades respiratorias. De este modo, se podrá evaluar si la calidad del aire en el área y espacio temporal de estudio es un determinante en la cantidad de consultas médicas, es decir su posible impacto en la salud poblacional.

Entre enero y septiembre del 2017 el 30.8% de las consultas a urgencias a nivel nacional son a causa de enfermedades del sistema respiratorio, en donde los usuarios han consultado tanto en SAPU, Servicios de Alta Resolutividad (SAR) como servicios de Urgencia en Hospitales.

Esta investigación será de relevante utilidad por el hecho que no existen estudios o análisis que hayan abarcado las variaciones en las consultas médicas post ingreso del plan de descontaminación atmosférico ejecutado en el área de estudio.

Por decreto supremo N°36 el 23 de octubre del 2012 el Ministerio del Medio Ambiente, se declaró a Chillán y Chillán Viejo zona saturada por material particulado respirable MP<sub>10</sub> y material fino respirable MP<sub>2,5</sub>, debido a esta declaración, se aprobó el año 2016 el Plan de prevención y descontaminación atmosférica en Chillán y Chillán Viejo, la cual tiene por objetivo dar cumplimiento a norma primaria de calidad ambiental (3). Para evaluar el estado de la calidad del aire, en relación con los estándares establecidos en las normas primarias de calidad ambiental, se analizan los registros de las estaciones de monitoreo con representatividad poblacional (EMRP). A nivel local, en Chillán y Chillán Viejo no existen estudios que evalúen la relación entre los niveles de contaminación atmosféricos del MP y sus efectos en la salud de la población, a pesar de existir 2 estaciones de monitoreo de contaminantes atmosféricos (estación Inia Quilamapu y estación Purén).

Este estudio puede marcar un precedente a nivel de la nueva región de Ñuble, ya que no existen estudios sobre el impacto que podría llegar a tener la contaminación atmosférica por material particulado en la salud de los habitantes de este territorio.

Los resultados se podrán utilizar, a modo de insumo para el diseño de programas comunales, con el objetivo de reducir los niveles de contaminación, incluso, dependiendo de la relevancia de los resultados del estudio, se podrían considerar para eventuales acciones correctivas en el plan de prevención y descontaminación atmosférica para aumentar su efectividad y como consecuencia disminuir la gran cantidad de consultas por enfermedades respiratorias en ambas comunas.

Es de significativa relevancia para los usuarios inscritos en los servicios de atención primaria que utilizan las redes de urgencia del Servicio de Salud Ñuble, ya que no se ha difundido la suficiente evidencia sobre el impacto de la contaminación atmosférica en la salud humana y sería de ayuda para concientizar a la población sobre el daño a la salud que ejerce la contaminación atmosférica que principalmente en nuestra región es por combustión de biomasa domiciliaria en donde todos las personas que utilizan ese sistema de calefacción. Entonces podrían generar en base a los resultados, estrategias educativas de promoción de ciudades con menos contaminación atmosférica además de políticas públicas que fortalezcan los esfuerzos que ya se realizan para lograr el recambio de las estufas a leña.

A nivel de salud pública, los altos niveles de contaminación atmosférica por MP 2,5 podrían asociarse a la saturación de los Servicios de Atención Primaria de Urgencia lo que conlleva a un gran gasto en salud, en donde además estos centros se refuerzan con recursos específicos para lograr afrontar la gran cantidad de consultas por enfermedades respiratorias con el nombre de “Campaña de Invierno”, la cual involucra refuerzos con más médicos; kinesiólogos; TENS y enfermeras, y también, extensiones horarias para atender después de las 17:00 horas y así dar mayor cobertura a las necesidades que se producen durante esta temporada (34). Este gasto económico para el Ministerio de Salud el año 2017 fue de \$2.061.902.000 y en Atención Primaria de salud en Ñuble hubo un traspaso de \$61.937.000 (35), para lograr dar abasto con la gran cantidad de consultas diarias por enfermedades respiratorias en todo el país, las cuales en su mayoría son realizadas por la población más vulnerable y que efectivamente utiliza calefacción a carbón y leña ya que no tienen otras

opciones de calefacción por su costo monetario, siendo esta la más barata para su consumo. Si se logra determinar la relación entre cantidad de consultas y contaminación por MP 2,5 se podría generar estrategias más efectivas para combatir la contaminación y habría un uso más eficiente de los servicios de atención primaria mejorando los tiempos de espera, menor gasto en salud y mejor calidad de vida para las personas.

## **IV. OBJETIVOS**

### **IV.1 OBJETIVO GENERAL**

Evaluar la relación entre los niveles de contaminación ambiental por MP 2,5y el número de consultas respiratorias según tipo de enfermedad respiratoria y edad de los usuarios que consultan en los Servicios de Atención Primaria Urgencias de las comunas de Chillán y Chillán Viejo, entre los años 2016 y 2017.

### **IV. 2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- 1.** Describir los niveles de contaminación ambiental por MP 2,5según mes del año en las comunas de Chillán y Chillán Viejo durante el período 2016-2017.
- 2.** Establecer el comportamiento del número de consultas respiratorias en los Servicios de Atención Primaria de Urgencias de las comunas de Chillán y Chillán Viejo entre los años 2016 y 2017, luego de un día de emergencia ambiental.
- 3.** Determinar la relación entre los niveles de contaminación ambiental por MP 2,5y número de consultas respiratorias según tipo de enfermedad respiratoria (IRA alta, influenza, neumonía, bronquitis/bronquiolitis aguda, crisis obstructiva bronquial y otras causas respiratorias) de los usuarios que consultaron en los Servicios de Atención Primaria de Urgencias en las comunas de Chillán y Chillán Viejo entre los años 2016 y 2017.
- 4.** Determinarla relación entre los niveles de contaminación ambiental por MP 2,5 y el número de consultas respiratorias según edad de los usuarios que consultaron en los Servicios de Atención Primaria de Urgencias en las comunas de Chillán y Chillán Viejo entre los años 2016 y 2017.

## **V. HIPÓTESIS**

- 1.** Existe una relación entre la cantidad de consultas por enfermedades respiratorias y los niveles de contaminación ambiental por MP 2,5.

## VI. METODOLOGÍA

### VI.1 DISEÑO METODOLÓGICO

- **Tipo de estudio:** Estudio retrospectivo y analítico.
- **Universo:** Datos secundarios del total consultas por enfermedades respiratorias en servicios de atención primaria de urgencias de Chillán y Chillán Viejo y datos de concentración diaria de MP 2,5 obtenidos del SINCA (Sistema de Información Nacional de Calidad del Aire) de la estación Purén, en el periodo comprendido de 1 de enero 2016 a 31 diciembre 2017.
- **Muestra:** Se incluyó el total de registros que cumplieron con los criterios de elegibilidad, 729 días con un total de 64.063 consultas por enfermedades respiratorias.
- **Unidad de estudio:** En este trabajo la unidad de estudio es el número de consultas por enfermedades respiratorias en usuarios atendidos en los siguientes servicios de atención primaria de urgencias: SAPU Ultra estación, SAPU Isabel Riquelme, SAPU Los Volcanes, SAPU San Ramón Nonato, SAPU/SAR Violeta Parra y SAPU Dr. Federico Puga Borne.
- **Criterios de inclusión:**
  - Los datos de planilla Excel (edad y patologías respiratorias entre el 1 de enero 2016 al 31 diciembre del 2017) obtenida del DEIS(Departamento Estadístico y de Información de Salud) de las consultas por enfermedades respiratorias en los servicios de atención primaria de urgencias de Chillán y Chillán Viejo de enero 2016 al 31 diciembre 2017, de igual forma se incluyeron los datos del SAPU Violeta Parra, que desde enero del 2017se convirtió en Servicio de Alta Resolutividad (SAR).
  - Datos de planilla Excel de niveles de concentración diaria de MP 2,5 obtenidos del SINCA (Sistema de Información Nacional de Calidad del Aire), de la Estación de monitoreo con representación poblacional Purén, entre el periodo de 1 de enero 2016 al 31 diciembre 2017.
- **Criterios de exclusión:**
  - Se excluyeron los datos incompletos de los registros del SINCA o registros no validados

▪ **Fuente de Información:**

- Los datos se obtuvieron de las bases de datos secundarios de carácter público del DEIS (Departamento Estadístico y de Información de Salud) así como del SINCA (Sistema de Información Nacional de Calidad del Aire).

**VI.2 DETERMINACIÓN DE VARIABLES**

**VI.2.1 VARIABLE DEPENDIENTE**

- N° de consultas según tipo de enfermedad respiratoria.

**VI.2.2 VARIABLE INDEPENDIENTE**

- Niveles de contaminación ambiental por MP 2,5µg/m<sup>3</sup>.

**VI.2.3 COVARIABLES**

- Edad.
- Mes.

**VI.3 DEFINICIÓN CONCEPTUAL Y OPERACIONAL DE LAS VARIABLES**

<b>Variables</b>	<b>Definición Nominal</b>	<b>Definición Operacional</b>
<b>Edad</b>	Edad es el tiempo que ha vivido una persona desde su nacimiento (36).	Personas clasificadas por la edad, desde el nacimiento (recién nacido) hasta adultos mayores por sobre los 65 años Se medirá en función de los siguientes grupos etarios: - Menores de 1 año. - 1 a 4 años. - 5 a 14 años. - 15 a 64 años. - Mayores de 65 años.

<p><b>Mes</b></p>	<p>Cada una de las doce partes en que se divide el año (37).</p>	<p>Se medirá a través de una clasificación por meses del año:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Enero</li> <li>-Febrero</li> <li>-Marzo</li> <li>-Abril</li> <li>-Mayo</li> <li>-Junio</li> <li>-Julio</li> <li>-Agosto</li> <li>-Septiembre</li> <li>-Octubre</li> <li>-Noviembre</li> <li>-Diciembre</li> </ul>
<p><b>N° de Consultas según tipo de enfermedad Respiratoria</b></p>	<p>Consultas en Servicio de Atención Primaria de Urgencias por un tipo de enfermedad que afecta los pulmones y otras partes del aparato respiratorio. Las enfermedades respiratorias pueden ser productos de infecciones, consumo de tabaco o inhalación de humo de tabaco en el ambiente u otras formas de contaminación del aire (38).</p>	<p>Esta variable se medirá en función del número de consultas respiratorias durante el periodo de tiempo estudiado. Para otros análisis se clasificaran por :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-IRA alta</li> <li>-Influenza</li> <li>-Neumonía</li> <li>-Bronquitis aguda</li> <li>-Crisis obstructiva bronquial</li> <li>-Otras causas respiratorias.</li> </ul>

<p><b>Niveles de contaminación ambiental por MP 2,5µg/m<sup>3</sup>.</b></p>	<p>Se refiere a aquellos niveles de material particulado respirable cuyas concentraciones en periodos de 24 horas causan perjuicios sanitarios en la población, de acuerdo con la legislación vigente dichos niveles en cuanto a MP 2,5µg/m<sup>3</sup> se clasifican en alerta, preemergencia y emergencia.</p> <p>Las concentraciones que determinan los niveles de emergencia son obtenidos a partir de un pronóstico de calidad del aire, o en su defecto a partir de las mediciones provenientes de alguna de las estaciones de monitoreo de calidad del aire calificadas como EMRP (39).</p>	<p>Esta variable se trabajará en su escala original (continua) y para otros análisis se categorizará de la siguiente manera:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Sin nivel de alerta:0-79µg/m<sup>3</sup></li> <li>-Alerta: 80-109 µg/m<sup>3</sup></li> <li>-Preemergencia 110-169 µg/m<sup>3</sup></li> <li>-Emergencia 170 µg/m<sup>3</sup> o superior (39).</li> </ul>
--	--	--

## **VI.4 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN**

### **VI.4.1 RECOLECCIÓN DE DATOS**

La información sobre contaminación ambiental se obtuvo desde los registros de la página web del SINCA (Sistema de Información Nacional de Calidad del Aire) obtenidos en Chillán a través de la estación de monitoreo Purén desde el 1 de enero 2016 al 31 diciembre 2017

Para la información sobre consultas de urgencia por enfermedad respiratoria se accedió a los registros de atención de SAPU publicados en página web del DEIS, de los 5 Servicios de Atención Primaria de Urgencias de Chillán: SAPU Ultra estación, SAPU Isabel Riquelme, SAPU Los Volcanes, SAPU San Ramón Nonato, SAPU/SAR Violeta Parra y 1 de Chillán Viejo, SAPU Dr. Federico Puga Borne entre el 1 de enero del 2016 al 31 de diciembre del 2017.

Para todas las variables mencionadas se dispuso de los datos del periodo comprendido entre el 1 de enero de 2016 y 31 diciembre 2017.

### **VI.4.2 CONSIDERACIONES ÉTICAS**

Los datos son de carácter público, por lo que no se necesita solicitar autorización de las entidades de Salud ni de Medioambiente del Gobierno de Chile para el uso de las bases de datos.

El presente estudio se realizó a nivel poblacional, sin intervención a la población, en donde se trabajó con bases de datos obtenidos de páginas gubernamentales de acceso público, por consiguiente, fue aprobado por el Comité de Bioética y Bioseguridad de la Universidad del Bío-Bío.

Considera los 7 requisitos éticos de Ezekiel Emmanuel (40):

#### **1. Valor**

El presente estudio tiene una importancia social y científica, ya que los resultados emanados pueden conducir en un futuro, a mejoras en la salud y bienestar de la población de la nueva capital regional de Ñuble y sus alrededores, además de generar

conocimiento a nivel local sobre esta temática de gran relevancia en el acontecer nacional que es la contaminación atmosférica.

Realizar este estudio no tiene costo financiero alguno, debido a que los datos son de libre acceso y uso público, obtenidos y procesados de manera electrónica sin uso de recurso humano externo ni recurso material de por medio.

Cabe destacar, que el estudio no expone ni vulnera la identidad de ninguna persona, ya que sólo se observa la edad de éstas y las patologías respiratorias presentadas, sin individualizar a nadie.

## **2. Validez científica**

El estudio es original en el contexto regional y nacional ya que se están analizando variables que no han sido consideradas en estudios anteriores. Se pueden alcanzar conclusiones válidas sin exponer la identidad de las personas, además, posee objetivos, método científico y un plan de análisis de datos. Todos los datos a utilizar han sido previamente validados por las instancias gubernamentales pertinentes antes de su publicación, por lo cual estos datos secundarios son fidedignos, idóneos para procesarlos y publicar los resultados de manera veraz, consistente y justa.

## **3. Selección equitativa del sujeto**

La selección de los datos ha sido de manera equitativa ya que están todos los servicios de atención primaria de urgencias seleccionados sin importar el área de la ciudad en la cual se encuentran. Para el análisis del efecto potencial de la contaminación atmosférica sobre la cantidad de consultas a causa respiratoria, se han considerado todos los grupos etarios consignados en la información del Departamento de Estadística e información en salud, tales como niños y adultos mayores quienes son de mayor interés según bibliografía citada ya que corresponden a grupos de riesgo.

## **4. Proporción favorable de riesgo- beneficio**

No existen riesgos potenciales para los usuarios de los servicios de atención primaria de urgencia al aplicar este estudio, ya que se respetan los principios de beneficencia y no maleficencia. Los beneficios indirectos se pueden asociar a una eventual

concientización en la población, que les permita modificar sus hábitos de calefacción domiciliaria.

#### **5. Evaluación independiente**

Se declara que no existen conflictos de interés en la realización de este estudio y se realiza en base a la responsabilidad social con la comunidad.

No existe fuente de financiamiento externa.

#### **6. Consentimiento Informado**

Para la realización de este estudio se prescinde de consentimiento informado debido a que es observacional de origen poblacional y no se aplicará ningún procedimiento de manera directa o indirecta. La investigación está basada en registros de patologías respiratorias por lo que se preserva el anonimato de las consultas.

#### **7. Respeto por los sujetos inscritos**

No se aplica el principio de autonomía ya que ningún registro en la base de datos tiene los datos individuales de los sujetos, sólo número de consultas por día y por patología según centro de salud correspondiente, por lo que existe una confidencialidad implícita sin producir ningún efecto en los sujetos al aplicar el estudio. Se asegura manejar los datos estadísticos con veracidad.

### VI.4.3 ANÁLISIS DE LOS DATOS

Los datos provenientes de las fuentes mencionadas en la sección anterior fueron llevados a una planilla Excel y luego, los análisis estadísticos se llevaron a cabo en el software R-Project (software gratuito), STATA v14.0 y Microsoft Excel Versión 2010. Se consideró un nivel de significación del 0,05, es decir que toda hipótesis estadística fue rechazada si la significancia (Valor-P) de la misma es superior a dicho valor.

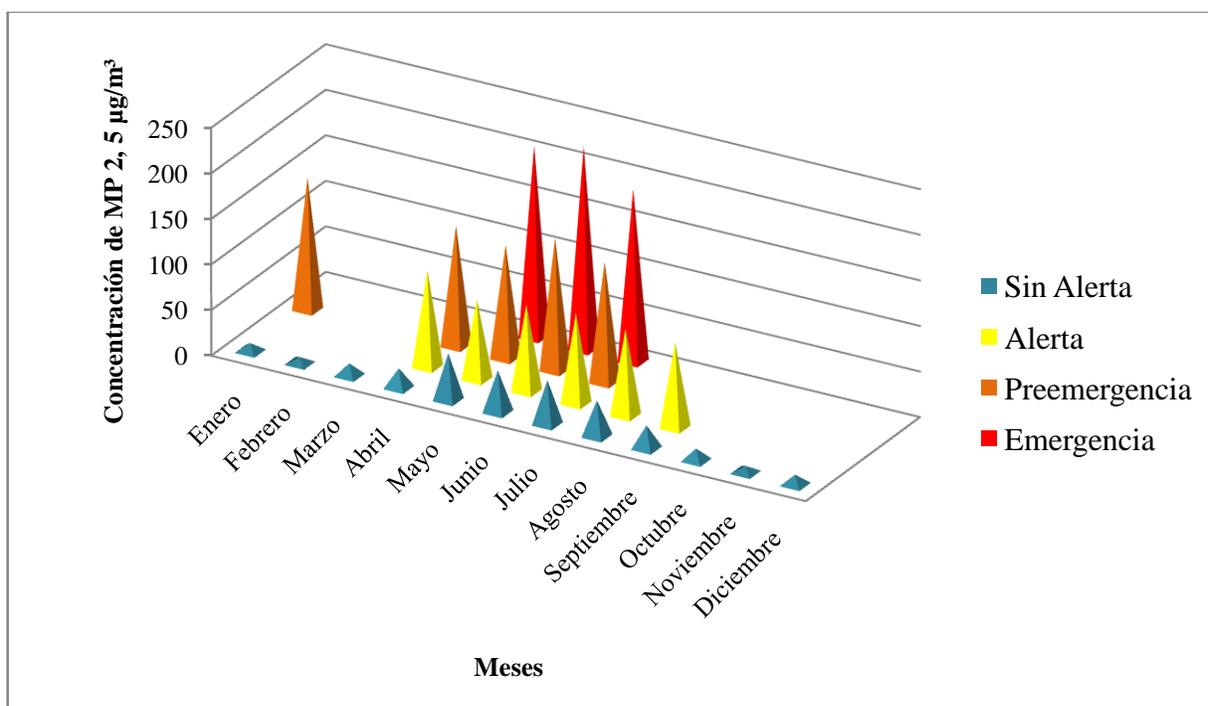
Los métodos estadísticos que se utilizaron para dar respuesta a los objetivos planteados fueron:

- Análisis descriptivo para resumir la información numérica y gráficamente.
- Análisis Anova.
- Análisis inferencial basado en correlación de Spearman.
- Aplicación del test estadístico Dickey-Fuller para verificar que una serie temporal de datos es estacionaria (comportamiento similar a lo largo del tiempo). Cada una de las columnas de la base de datos representa una serie temporal, esto porque los registros fueron recolectados en el tiempo, por lo tanto se trata de encontrar una estructura de correlación temporal entre series de tiempo. La estacionalidad de la serie se verificó mediante la prueba de Dickey-Fuller, a partir de este resultado se determinó la necesidad de rezagar (o diferenciar) la serie.
- Análisis inferencial basado en pruebas de Cross-Correlation. Las correlaciones cruzadas permiten determinar cómo es el efecto en el tiempo de una variable sobre otra. En este trabajo, uno de los objetivos es determinar el efecto de las altas concentraciones de MP 2,5 en el aire sobre la cantidad de consultas por enfermedades respiratorias luego de un día de emergencia ambiental (nivel de calidad del aire con más altas concentraciones). Para estudiar el efecto de los días de Emergencia ambiental sobre la cantidad de consultas por enfermedades respiratorias en un futuro (días posteriores), se tomaron las siguientes consideraciones:
  - Se identificaron los días con emergencia ambiental ( $\geq 170 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

- Se seleccionaron las mediciones del día de la emergencia y el de 10 días posteriores a cada emergencia.
- Se calcularon correlaciones cruzadas entre los niveles de contaminación ambiental (concentración) de MP 2,5 y el número diario de consultas por enfermedades de respiratorias.
- El punto de corte para decidir que hay correlación se basa en la fórmula  $\frac{2}{\sqrt{n - |k|}}$  (42), en donde n es el número de observaciones y k es el retraso, en este estudio n=51 y k=1, el resultado del punto de corte es 0,282.

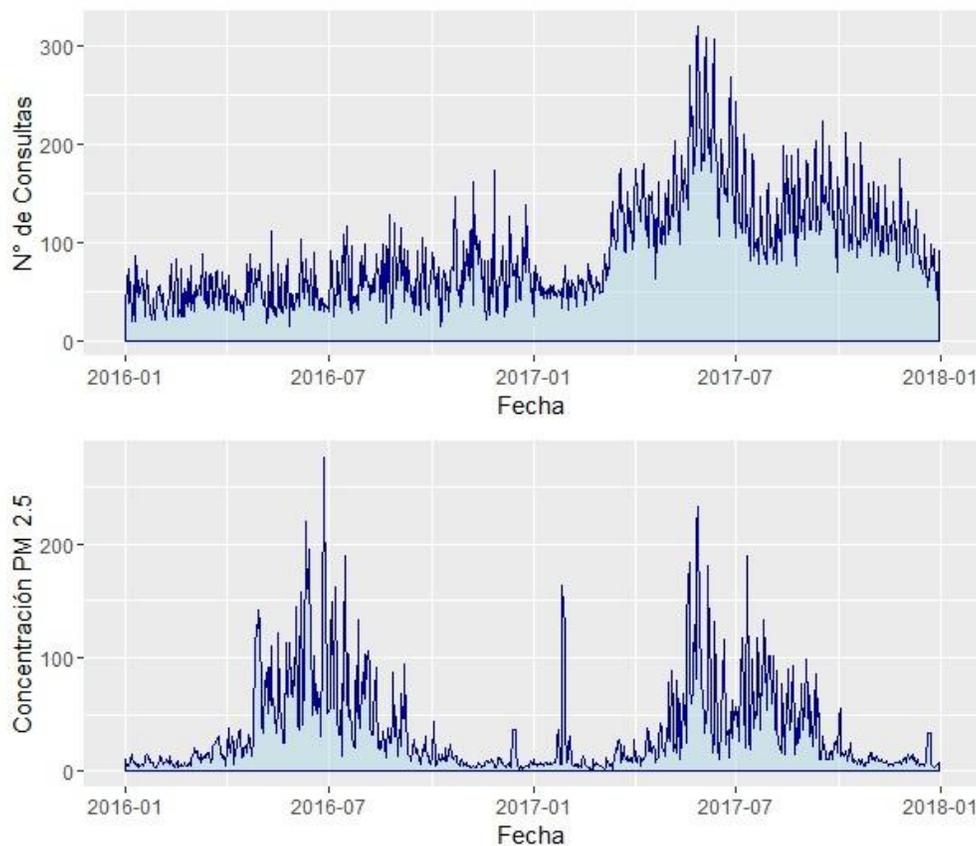
## VII. RESULTADOS

Figura1. Gráfico de distribución de los Niveles de Contaminación Ambiental por MP 2,5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , promedio mensual durante el periodo 2016 – 2017.



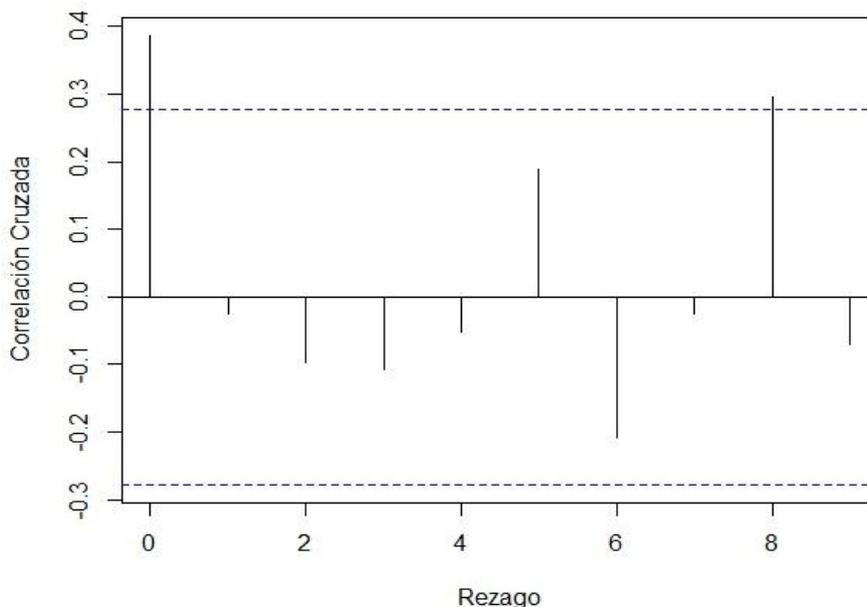
La figura 1 muestra que los niveles promedios más altos de contaminación ambiental, se encuentran en los meses de Mayo, Junio y Julio con valores promedios de  $210 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ,  $223 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y  $189 \mu\text{g}/\text{m}^3$  respectivamente, los cuales coinciden con la categoría: nivel de “Emergencia” ambiental por material particulado 2,5. Se destaca que la concentración diaria más alta encontrada en este periodo fue  $277 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , durante el mes de Junio.

Figura 2. Panel superior: N° total de consultas por enfermedades respiratorias diarias. Panel inferior: Niveles de contaminación ambiental (concentración) diarios de MP 2,5.



Los resultados muestran que la serie asociada a la concentración diaria de MP 2,5, es la única que presenta un comportamiento volátil en el tiempo. En la Figura 2 se muestra el comportamiento en el tiempo del N° total de consultas por enfermedades respiratorias y de los niveles de contaminación diaria de MP 2,5 (concentraciones diarias), se puede ver claramente que la primera serie tiene una diferencia considerable en el número de consultas a urgencia entre los años 2016 y 2017, en los cuales si bien es posible apreciar ciertos comportamientos cíclicos, estos no son tan marcados como las diferencias en las concentraciones diarias de MP 2,5, parámetro que tiene un comportamiento estacional (cíclico) el que alcanza mayores *peak* en los meses de invierno.

Figura 3. Función de correlación cruzada.



La Figura 3, representa la correlación cruzada entre la cantidad diaria de consultas por enfermedades respiratorias y las concentraciones de MP 2,5 (previas o posteriores). De la gráfica se observa, que las concentraciones de MP 2,5 en un día de emergencia ambiental aumentan el número de consultas por enfermedades respiratorias al día siguiente y en el noveno día, en ambos casos la correlación cruzada resultó ser significativa.

La línea discontinua representa el punto de corte (0,282) para decidir que hay correlación. En este caso, las dos líneas que sobresalen indican una correlación positiva asociada al día siguiente de la emergencia (0) y al noveno (8) día posterior a una emergencia ambiental (Se considera como el día siguiente porque la serie está diferenciada).

Tabla 1. Número de Consultas por enfermedades respiratorias según Niveles de Contaminación ambiental por MP 2,5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  y en el periodo 2016 – 2017.

<b>NIVELES DE CONTAMINACIÓN AMBIENTAL POR MP 2,5 <math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>.</b>					
<b>N° de consultas según enfermedad respiratoria.</b>	Sin Alerta n=645 ( $\bar{x} \pm \text{d.e}$ )	Alerta n=39 ( $\bar{x} \pm \text{d.e}$ )	Preemergencia n=35 $\bar{x} \pm \text{d.e}$	Emergencia n=10 $\bar{x} \pm \text{d.e}$	p-valor*
Total de consultas	85,8 $\pm$ 49,7	108,6 $\pm$ 58,7	85,6 $\pm$ 51,5	149,7 $\pm$ 119,7	<0,01
IRA Alta	63,7 $\pm$ 35,4	76,9 $\pm$ 40,4	61,8 $\pm$ 35,8	103,4 $\pm$ 80,5	<0,01
Influenza	1,4 $\pm$ 2,4	2,1 $\pm$ 2,6	2,1 $\pm$ 3,4	4,1 $\pm$ 5,3	<0,01
Neumonía	1,3 $\pm$ 1,7	2 $\pm$ 2,2	1,5 $\pm$ 1,8	3,3 $\pm$ 4,5	<0,01
Bronquitis aguda	15,4 $\pm$ 12,1	22,8 $\pm$ 15,2	16,6 $\pm$ 11,8	33 $\pm$ 29,4	<0,01
Crisis obstructiva bronquial	2,3 $\pm$ 2,5	3,1 $\pm$ 2,8	2,2 $\pm$ 2,2	3,6 $\pm$ 3,6	0,113
Otras causas respiratorias	1,7 $\pm$ 2,2	1,6 $\pm$ 1,5	1,5 $\pm$ 1,6	2,3 $\pm$ 2,9	0,698

\*p-valor de la prueba ANOVA.

La tabla 1 muestra que el total de consultas por enfermedades respiratorias tiene diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,01$ ), según niveles de contaminación ambiental por material particulado 2,5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Así también, es posible observar que en el nivel de “Emergencia” ambiental se presenta la mayor cantidad de consultas por enfermedades respiratorias, con un promedio de 149,7 $\pm$ 119,7. Cabe destacar, que se encontraron diferencias significativas en las consultas por IRA alta ( $p < 0,01$ ), Influenza ( $p < 0,01$ ), Neumonía ( $p < 0,01$ ), y Bronquitis aguda ( $p < 0,01$ ), según niveles de contaminación ambiental, donde el nivel de “Emergencia” ambiental es el que presentó mayor número de consultas en todas las patologías.

Tabla 2. Correlación entre Número de Consultas por enfermedades respiratorias según Niveles de Contaminación Ambiental por MP 2,5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en el periodo 2016 – 2017.

<b>N° de Consultas por enfermedades respiratorias</b>		<b>Coefficiente / p-valor</b>	<b>Niveles de contaminación ambiental por MP 2,5</b>
Total de consultas	64.063	Rho Spearman p-valor	0,1654 <0,01*
IRA Alta	47.281	Rho Spearman p-valor	0,1418 <0,01*
Influenza	1.101	Rho Spearman p-valor	0,2422 <0,01*
Neumonía	1.012	Rho Spearman p-valor	0,1183 <0,01*
Bronquitis aguda	11.715	Rho Spearman p-valor	0,2356 <0,01*
Crisis obstructiva bronquial	1.715	Rho Spearman p-valor	0,0298 0,421
Otras causas respiratorias	1.239	Rho Spearman p-valor	-0,0923 0,012*

\*La correlación es significativa al nivel 0,05

En la tabla 2, se puede observar que el total de consultas por Enfermedades respiratorias; IRA Alta, Influenza, Neumonía y Bronquitis Aguda, presentan una correlación positiva con los niveles de contaminación ambiental, lo que indica que al aumentar los niveles de contaminación ambiental, aumentan las consultas por estas enfermedades respiratorias. En cuanto a la crisis obstructiva bronquial esta no presenta una correlación con los niveles de contaminación ambiental. Al observar el último valor de la tabla, otras causas respiratorias se aprecia que  $p < 0.05$ , lo que indica que hay correlación pero ésta es débil.

Tabla 3. Niveles de contaminación ambiental por MP 2,5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en el periodo 2016-2017 según rangos de Edad.

<b>NIVELES DE CONTAMINACIÓN AMBIENTAL POR MP 2,5 <math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>.</b>					
Edad	Sin Alerta n=645 ( $\bar{x} \pm \text{d.e}$ )	Alerta n=39 ( $\bar{x} \pm \text{d.e}$ )	Preemergencia n=35 ( $\bar{x} \pm \text{d.e}$ )	Emergencia n=10 ( $\bar{x} \pm \text{d.e}$ )	p-valor *
Menores de 1 año	4,4 $\pm$ 2,9	5,6 $\pm$ 3,6	4,8 $\pm$ 3,0	7,4 $\pm$ 5,8	<0,01
1 a 4 años	13,9 $\pm$ 9,8	17,4 $\pm$ 10,9	13,4 $\pm$ 8,3	23,3 $\pm$ 20,3	<0,01
5 a 14 años	17,3 $\pm$ 12,9	23,1 $\pm$ 16,6	18,5 $\pm$ 17,9	41,7 $\pm$ 38,1	<0,01
15 a 64 años	43,5 $\pm$ 23,5	53,9 $\pm$ 28,9	43,1 $\pm$ 24,3	67,5 $\pm$ 54,1	<0,01
Mayores 65 años	6,7 $\pm$ 5,4	8,7 $\pm$ 6,9	5,8 $\pm$ 4,1	9,8 $\pm$ 7,5	0,027

\* p-valor de la prueba ANOVA.

La tabla 3 muestra que existen diferencias estadísticamente significativas entre los rangos menores de 1 año, 1 a 4 años ( $p < 0,01$ ), 5 a 14 años ( $p < 0,01$ ), 15 a 64 años ( $p < 0,01$ ), y Mayores de 65 años ( $p < 0,027$ ), para cada nivel de contaminación ambiental, donde la mayor cantidad de consultas fue en nivel “Emergencia” ambiental, independientemente de la edad de la población, cuyos promedios son 7,4 $\pm$ 5,8 (menores de 1 año), 23,3 $\pm$  20,3 (1 a 4 años), 41,7 $\pm$  38,1 (5 a 14 años), 67,5 $\pm$  54,1 (15 a 64 años) y 9,8 $\pm$  7,5 (Mayores de 65 años).

Tabla 4. Correlación entre consultas según edad y niveles de contaminación ambiental por MP 2,5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en el periodo 2016-2017.

N° de consultas según edad		Coefficiente / p-valor	Niveles de contaminación ambiental por MP 2,5
Menores de 1 año	3.289	Rho Spearman	0,1251
		p-valor	<0,01*
1 a 4 años	10.362	Rho Spearman	0,1686
		p-valor	<0,01*
5 a 14 años	13.114	Rho Spearman	0,1410
		p-valor	<0,01*
15 a 64 años	32.346	Rho Spearman	0,1475
		p-valor	<0,01*
Mayores de 65 años	4.952	Rho Spearman	0,1507
		p-valor	<0,01*

\*La correlación es significativa al nivel 0,05

La tabla 4 muestra que todas las consultas por grupos etarios presentan una correlación positiva con los niveles de contaminación ambiental. En tanto, a mayores niveles de contaminación ambiental, mayores son las consultas en todos los grupos etarios.

## VIII. DISCUSIÓN

Con el objetivo de estudiar la relación entre niveles de contaminación (Sin Alerta, Alerta, Preemergencia y Emergencia) del periodo 2016-2017 se analizó una muestra de 729 días en donde hubieron un total de 64.063 consultas por enfermedades respiratorias para lo cual, se incluyeron todos los Servicios de Atención Primaria de Urgencias de las comunas de Chillán y Chillán Viejo, incluyendo los datos del Servicio de Alta Resolutividad Violeta Parra (2017), estas consultas fueron analizadas por tipo de enfermedad y grupo etario de los usuarios que consultaron durante dicho periodo, además de analizar el comportamiento del número de consultas respiratorias luego de un día de emergencia ambiental.

El primer objetivo específico de esta investigación apunta a la descripción de los niveles de contaminación ambiental según meses del año, en donde las concentraciones de material particulado fino MP 2,5 encontrado en los años estudiados (2016 y 2017), revelan que hubieron 645 días sin Niveles de Alerta (inferior a  $80\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), 39 días de Alerta ( $80\text{-}109\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), 35 días de Preemergencia ( $110\text{-}169\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) y 10 días de Emergencia ( $170\mu\text{g}/\text{m}^3$  o superior). Los niveles más altos de contaminación ambiental (Emergencia) se encuentran en los meses de mayo y junio, cuyo valor más alto de concentración fue de  $277\mu\text{g}/\text{m}^3$  en el mes de junio. Los niveles de Preemergencia estuvieron concentrados en los meses de abril, mayo y julio, por otra parte, los niveles de alerta se expresaron en un periodo temporal superior, donde fue posible encontrarlo entre los meses de abril a septiembre. La presencia de niveles de contaminación ambiental por MP2,5 en los meses señalados anteriormente, corresponden al periodo estacional de otoño e invierno, se puede explicar debido a que en dichas estaciones, la temperatura ambiental es más baja, trayendo como consecuencia un aumento en la actividad de calefacción domiciliar en las poblaciones de Chillán y Chillan Viejo, las cuales preferentemente hacen un consumo intensivo de biomasa (leña) como combustible, problemática que se acrecienta al considerar las características de combustión de esta biomasa (leña húmeda) y la tecnología empleada para dicha calefacción, la sinergia de estos tres factores contribuyen a la emisión de altas tasas de material particulado fino MP 2,5.

Según lo estudiado el 2012 por parte del Ministerio del Medio Ambiente, al declarar Chillán y Chillán Viejo como zonas de saturación por material particulado, se verificaron altos niveles de concentraciones de MP<sub>2,5</sub> y MP<sub>10</sub> que presentan una marcada estacionalidad y un ciclo diario característico en donde las concentraciones promedio diarias se incrementan entre los meses de abril a septiembre (3). Lo cual se asimila a lo encontrado en este estudio años después (2016 y 2017).

De acuerdo a lo anterior, se evidencia la exposición de los habitantes de ambas comunas a altos niveles de contaminación ambiental por material particulado 2,5 en los meses de otoño e invierno, y es allí donde urge recordar lo escrito en la constitución política de la República de Chile sobre el derecho a vivir en un ambiente libre de contaminación, y si bien estamos lejanos a esa realidad hoy en día, es elemental para la salud y bienestar de los seres humanos, ya que vivir en un ambiente contaminado es una amenaza persistente para la salud respiratoria, por lo cual legislar sobre esta materia es de suma importancia. Así también, la generación de evidencia científica sin duda ayudará a posicionar esta temática tan atingente en estos tiempos, para que las autoridades de nuestra región y país realicen acciones dirigidas a salvaguardar la salud de las comunidades, definiendo políticas comunales, regionales y nacionales de gestión del riesgo potencial de este contaminante a nivel humano.

Sin embargo, el primer paso ya fue dado con el Plan de Prevención y Descontaminación Atmosférica de las comunas de Chillán y Chillán Viejo que entró en vigencia el año 2016 (3), Plan que constituye un instrumento de gestión ambiental con la finalidad dar cumplimiento a la norma primaria de calidad ambiental para material particulado MP<sub>10</sub> y MP<sub>2,5</sub> en un plazo de 10 años. Este plan considera dos medidas estructurales: 1) el reacondicionamiento térmico de viviendas, que permitirá disminuir la demanda energética para calefacción dentro del hogar, y 2) la sustitución de los actuales sistemas de calefacción contaminantes por sistemas eficientes y con menos emisiones, que permitirá reducir las emisiones a la atmósfera y también las intradomiciliarias, estas dos medidas se plasmaron considerando la economía local en torno a la leña, el arraigo cultural en el uso de calefacción tradicional y el problema social asociado a los costos de la calefacción. Otra de las medidas es informar a la población por distintos canales de comunicación sobre las ocurrencias de episodios de Alerta, Preemergencia y Emergencia ambiental, para que la

población efectúe medidas como no prender sus calefactores y cocinas a leña, además de la abstención de realización de actividad física al aire libre. Sin embargo, se observa que no existe una fiscalización efectiva de estas medidas (3).

En el Plan de Prevención y Descontaminación, también se busca resguardar la salud de la población disminuyendo el riesgo de mortalidad y morbilidad, los beneficios valorizados se estiman en 167 millones de dólares, destacándose los beneficios en salud que dan cuenta del 90% de los beneficios del plan, principalmente por la disminución de casos de mortalidad y ahorros en gastos de salud (3). No obstante, dicha estimación hasta la fecha, no ha sido demostrada ni documentada debido al largo plazo establecido para implementar los cambios y medidas, sin embargo podemos ver en la figura 2 (panel inferior) que al comparar el año 2016 al 2017, es decir a un año de la entrada en vigencia del plan, no hay ninguna diferencia significativa en los niveles de contaminación ambiental, por lo que pudiera existir falta de premura en las políticas públicas planteadas en pos de disminuir la exposición de la población al material particulado fino.

Respecto, al comportamiento del número de consultas respiratorias luego de un día de Emergencia ambiental. Primeramente se logró precisar en la figura 2 (panel superior) un evidente aumento de las consultas por enfermedades respiratorias el año 2017 con respecto al 2016, esto se puede explicar por la apertura del SAR Violeta Parra, dispositivo que cuenta con mayor cantidad de profesionales para resolver las consultas, en donde su rendimiento por hora es mayor a la de un Servicio de Atención Primaria de Urgencias. Sumado a esto, otro factor importante es su horario de funcionamiento, que corresponde desde las 17:00 pm a 08:00 am de lunes a viernes, además de los sábados, domingos y festivos, en donde su funcionamiento de 24 horas, dando un mayor rango de tiempo para que la población acceda a ese dispositivo de atención de salud de urgencia, aumentando por tanto la cantidad de consultas totales y por ende, las consultas por enfermedades respiratorias.

Ahora, a través del método de correlación cruzada se obtuvo que posterior a un episodio de nivel de “Emergencia” ( $MP_{2,5} > 170 \mu g/m^3$ ) por concentración de material particulado fino  $MP_{2,5}$ , se observa un aumento en la cantidad de consultas por enfermedades respiratorias, las cuales se expresan al día siguiente y al noveno día desde que ocurre el episodio de emergencia. Este hallazgo, se asemeja a lo encontrado el 2017 en Turquía,

donde se precisó una asociación positiva entre contaminantes ambientales del aire (MP 10, MP<sub>2,5</sub> y NO<sub>2</sub>) y las admisiones hospitalarias por enfermedades respiratorias en Estambul, cuyo riesgo de padecerlas puede ocurrir hasta diez días después de la exposición a contaminación atmosférica, siendo el MP 2,5 el contaminante más significativamente asociado a las admisiones por cuadros respiratorios (27). Por su parte, el Plan de Prevención y Descontaminación indica a las autoridades las medidas a tomar en episodios de Alerta, Preemergencia y Emergencia pero no las directrices a ser consideradas en días posteriores, sin embargo, los centros de atención primaria ante la realidad expuesta en este estudio, deberían tomar las medidas necesarias para enfrentar el siguiente día y el noveno post episodio de emergencia ambiental con un refuerzo en el personal que atiende dichos días en esas jornadas.

Luego, se determinó la relación entre los niveles de contaminación ambiental por MP 2,5 y número de consultas respiratorias según tipo de enfermedad respiratoria, al respecto se encontró una correlación positiva entre niveles de contaminación ambiental con IRA Alta, Influenza, Neumonía y Bronquitis aguda, así también, es importante destacar que en promedio, la mayor cantidad promedio de consultas respiratorias se observan en el nivel de “Emergencia”. Este hallazgo se diferencia de un estudio realizado en Buenos Aires, en donde a pesar que la mayor cantidad de consultas fue en meses de invierno, la variación en el nivel de contaminación del aire no demostró correlación significativa con las consultas del departamento de urgencias de un Hospital pediátrico (29).

Referente a la relación entre los niveles de contaminación ambiental por MP 2,5 y el número de consultas respiratorias según edad de los usuarios, se encontró una correlación positiva entre los niveles de contaminación ambiental y todos los rangos etarios estudiados, desde menores de 1 año a mayores de 65 años. También se aprecia que independientemente de la edad, en promedio, la mayor cantidad de consultas fue en episodios con niveles de emergencia. Cabe destacar, que debido a la metodología utilizada este hallazgo no intenta indicar causalidad, sino solamente correlación entre variables, por lo cual se podría indicar que toda la población estaría en igualdad de condiciones de contraer una enfermedad respiratoria frente a los altos niveles contaminación ambiental. Sin embargo no se puede desconocer la amplia evidencia que habla sobre los grupos más sensibles y vulnerables frente a la contaminación atmosférica, como son los niños y adultos mayores, según estos

estudios los niños son más susceptibles porque necesitan el doble de aire inhalado por los adultos, mientras que los ancianos se ven más afectados debido a su débil sistema inmune sumado a que ya han estado expuestos a una gran cantidad de contaminación del aire a lo largo de sus vidas (27).

Es importante destacar que la mayor cantidad de consultas respiratorias corresponde al rango etario de 15 a 64 años, con 32.346 consultas por enfermedades respiratorias, por lo que no se pudo analizar de forma separada los grupos etarios de adolescente con el de adultos, de esta manera se hubiera podido analizar y comparar con lo planteado en estudio realizado el 2015 en Bulgaria, en donde se demostró que adolescentes expuestos a contaminantes del aire como el MP 2,5, se vieron afectados en su salud respiratoria con una supresión de su respuesta inmune y una exacerbación de la respuesta inmune humoral (28).

## IX. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El presente estudio es la primera aproximación a la relación entre la salud respiratoria y exposición a Material Particulado 2,5 en la Región de Ñuble y permite concluir que los niveles de contaminación ambiental en promedio aumentan en los meses que corresponden a otoño e invierno, en donde los meses de Alerta abarcan desde abril a septiembre. En cuanto a los niveles de Preemergencia estos se expresaron desde abril a julio. Por último, los niveles de Emergencia ambiental están presentes desde mayo a julio, coincidiendo con las épocas más frías del año.

Existe un aumento total de las consultas por enfermedades respiratorias al día siguiente y al noveno posterior al episodio (día) de emergencia ambiental.

En tanto, frente aumentos de los niveles de contaminación ambiental por material particulado 2,5 hay un aumento de las consultas respiratorias por IRA Alta, influenza, neumonía y bronquitis aguda, e independiente del grupo etario de los usuarios, las consultas por enfermedades aumentan en función del aumento de concentración por material particulado MP 2,5.

Ante lo anterior se recomienda que los servicios de atención primaria de urgencias en las comunas de Chillán y Chillán Viejo, debieran establecer protocolos de acción toda vez que ocurra un episodio de Emergencia ambiental por MP2,5, ya que la probabilidad de colapso o sobredemanda en la atención primaria de urgencia es muy alta, esto se evidencia con un aumento de las consultas por consecuencia de un episodio de esta índole, el cual se expresa al siguiente y noveno día. Lo cual debiera ser un elemento a considerar en los programas de Atención Primaria de Urgencias, permitiendo optimizar el servicio que ofrecen a la comunidad. En este punto es donde se vuelve prioritario focalizar las campañas de invierno de cada Centro de Salud Familiar, justamente en los días mencionados, en donde sería necesario reforzar horas de atención kinesiológica y médica, con mayor cantidad de horas disponibles para esos días y de esta manera lograr entregar una atención más expedita y de calidad a los usuarios que consultan a estos servicios, todo esto también conllevaría a una reestructuración de la campaña de invierno en ambas comunas, coordinando de mejor

manera la distribución de recurso humano y monetario de esta campaña, apuntando a una sinergia bicomunal, fortaleciendo a los equipos durante esas extenuantes jornadas.

Sumado a esto se recomienda mejorar los canales de comunicación y educación hacia la comunidad sobre el Plan de Prevención y Descontaminación sobre las medidas a tomar en episodios de Alerta, Preemergencia y Emergencia, ya que como se evidenció, la relación entre contaminación ambiental y enfermedades como IRA Alta, influenza, Neumonía y Bronquitis aguda, en donde en promedio la mayor cantidad de consultas es en el nivel de emergencia, además que los cuidados y precauciones a tener afectan a toda la población en general independiente de la edad.

Una de las limitaciones de este estudio es que no se puede determinar la procedencia de las personas que consultan en los servicios de atención primaria de urgencias, pero se asume que la probabilidad de atender a la población adscrita al territorio en donde está construido su Centro de Salud Familiar de origen es muy alta, sin embargo en un Servicio de Atención Primaria de Urgencias puede atenderse cualquier persona independiente de su sistema previsional y comuna o sector de residencia.

Otra limitación también trata sobre la fuente de origen de los datos, al analizar rangos etarios de 15 a 64 años, no es posible precisar cuántos corresponden a adolescentes y cuantos a adultos, por lo que si dichos rangos fuesen más acotados, tal vez los resultados de correlación hubieran sido distintos.

Se destaca la necesidad de continuar realizando este tipo de estudios en otras ciudades y comunidades de la Región de Ñuble, no obstante, mientras no existan estaciones de monitoreo de calidad del aire en estas ciudades, no será posible, por lo cual, esto se traduce en un desafío para la autoridad sanitaria, la cual debiera iniciar las gestiones para ampliar las áreas de monitoreo ambiental permitiendo posteriores políticas de salud pública y ambiental

Finalmente, sería recomendable efectuar otros estudios ampliando los criterios o factores de análisis, como las enfermedades respiratorias crónicas, enfermedades cardiovasculares, entre otras, además de considerar otras variables ambientales, como precipitación, temperatura, humedad entre otras que sean de interés.

## X. BIBLIOGRAFÍA

1. Descriptores en Ciencias de la Salud: DeCS [Internet]. ed. 2017. Sao Paulo (SP): BIREME / OPS / OMS. 2017 [actualizado 2017 May 18; citado 14 diciembre 2017]. Disponible en: <http://decs.bvs.br/cgi-bin/wxis1660.exe/decserver/#PageBottom>
2. Organización Mundial de la Salud. Calidad del aire (ambiente) y exterior [Internet]. Suiza: WHO Media centre, Departamento de prensa; 2016 [citado 10 octubre 2017]. Disponible en: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs313/es/>
3. Declara zona saturada por material particulado respirable MP10 y por material particulado fino respirable MP2,5, ambas como concentración diaria; y declara zona latente por material particulado respirable MP10, como concentración anual, a las comunas de Chillán y Chillán Viejo. Decreto Supremo N°36 del 23 de octubre del 2012. Disponible en: <https://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=1049648>
4. Nenna R, Evangelisti M, Frassanito A, Scagnolari C, Pierangeli A, Antonelli G, et al. Respiratory syncytial virus bronchiolitis, weather conditions and air pollution in an Italian urban area: An observational study. Environ Res [Internet]. 2017 [citado 02 de enero 2018];158:188-193.Disponible En: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2017.06.014>.
5. Dong G-H, Chen T, Liu M-M, Wang D, Ma Y-N, Ren W-H, et al. Gender Differences and Effect of Air Pollution on Asthma in Children with and without Allergic Predisposition: Northeast Chinese Children Health Study. PLoS ONE [Internet]. 2011 [citado 02 Enero 2018]; 6 (7): e22470. Disponible en: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0022470>
6. Lin M, StiebD.M, Chen Y. Coarse particulate matter and hospitalization forrespiratory infections in children younger than 15 years in Toronto: a case crossover analysis. Pediatrics [Internet] 2005 [citado 02 enero 2018]; 116 (2): e235–e240. Disponible en: <http://pediatrics.aappublications.org/content/116/2/e235>
7. Yassi A, Kjellstrom T, de Kok T, Guidotti. Salud Ambiental Básica (versión al español realizada en el INHEM). México DF. PNUMA. 2002.
8. Hernández L. et al. Relación entre Consultas a Urgencias por Enfermedad Respiratoria y contaminación atmosférica en ciudad Juárez, Chihuahua. Rev. Salud Pública Mex[Internet]. 2000 [citado 13 de septiembre 2017]; 42(4): 288-297. Disponible En: <Http://Dx.Doi.Org/10.1590/S0036-36342000000400003>.

9. Romero M, Más P, Lacasaña M, Rojo M, Aguilar J, Romieu I. Contaminación atmosférica, asma bronquial e infecciones respiratorias agudas en menores de edad, de La Habana. Salud pública Méx [Internet]. 2004 [citado 24 Julio 2018]; 46( 3 ): 222-233. Disponible en: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0036-36342004000300012&lng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0036-36342004000300012&lng=es).
10. Romieu I, Meneses F, Ruiz S, Sienna JJ, Huerta J, White MC, Etzel RA. Effectof air pollution on the respiratory health of asthmatic children living in Mexico City. Am J RespirCritCareMed [Internet]. 1996 [citado 10 Septiembre 2018];154:300-7. Disponible en:<https://www.atsjournals.org/doi/abs/10.1164/ajrccm.154.2.8756798>
11. Molina E, Meneses E. Evaluación epidemiológica del impacto de los contaminantes del aire. Propuesta metodológica. Rev Cubana HigEpidemiol [Internet]. 2003[citado 10 septiembre 2018];41(2-3). Disponible en URL: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_issuetoc&pid=0253-175120030002&lng=es&nrm=iso](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_issuetoc&pid=0253-175120030002&lng=es&nrm=iso)
12. Figueroa A, Davydova V, Garibay G, Parada T, Orozco M.PM10 y O3 como factores de riesgo de mortalidad por enfermedades cardiovasculares y neumonía en la zona Metropolitana de Guadalajara, Jalisco, México. Rev. Académica Ingeniería [Internet]. 2016 [citado 13 de septiembre 2017]; 20(1): 14-23. Disponible en: <http://www.revista.ingenieria.uady.mx/ojs/ingenieria/article/view/27>
13. Cifuentes LA, Vega J, Köpfer K, Lave LB. Effectofthe Fine Fraction of ParticulateMatter versus theCoarseMass and Other Pollutants on Daily Mortality in Santiago, Chile. J Air WasteManagAssoc[Internet]. 2000[citado 15 de septiembre 2018]; 50 (8): 1287-98. Disponible en: <https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/10473289.2000.10464167?needAccess=true>
14. Cakmak S, Dales RE, Vidal CB. Air Pollution and Mortality in Chile: Susceptibility amongthe Elderly. EnvironHealthPerspect [Internet] 2007 [citado 15 de septiembre 2018]; 115 (4): 524-7. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1852651/>

15. Mardones C, Saavedra A, Jiménez J. Cuantificación económica de los beneficios en salud asociados a la reducción de la contaminación por MP10 en Concepción Metropolitano, Chile. RevMed Chile [Internet]. 2015 [citado 20 de septiembre 2017]; 143:475-483. Disponible en: [http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0034-98872015000400009](http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-98872015000400009)
16. Pope C, Dockery D. HealthEffectsof Fine Particulate Air Pollution: Lines that Connect. JA&WMA [Internet]. 2006 [citado 20 de septiembre 2017]; 56 (6):709-742. Disponible en:<http://dx.doi.org/10.1080/10473289.2006.10464485>
17. Ministerio del Medio Ambiente (MMA). Contaminación del aire [Internet]. Santiago: MMA; 2011[citado 10 de octubre 2017].68 p. Disponible en: [http://www.mma.gob.cl/1304/articles-52016\\_Capitulo\\_1.pdf](http://www.mma.gob.cl/1304/articles-52016_Capitulo_1.pdf)
18. Hyomi K, Honghyok K, Yoon-hyung P, Jong-Tae L.Assessmentof temporal variation for the risk of particulate matters on asthma hospitalization. EnvironRes[Internet].2017 [citado 10 de diciembre 2017];156: 542-550.Disponible en:<https://doi.org/10.1016/j.envres.2017.04.012>.
19. Xing-yuGu, XuChu, Xiao-Li Zeng, Hai-RongBao, Xiao-Ju Liu. Effects of PM2,5exposure on the Notch signaling pathway and immune imbalance in chronic obstructive pulmonary disease. EnvironPoll [Internet]. 2017 [citado 02 de enero 2018]; 226: 163-173. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.03.070>.
20. Organización Mundial de la Salud. Enfermedades respiratorias agudas con tendencia epidémica y pandémica [Internet]. Ginebra .2008. [citado el 19 agosto 2018] Disponible en: [http://www.who.int/csr/resources/publications/11\\_EPR\\_AM3\\_E3\\_SPAN\\_LR.pdf?ua=1](http://www.who.int/csr/resources/publications/11_EPR_AM3_E3_SPAN_LR.pdf?ua=1)
21. División de prevención y control de enfermedades. Enfermedades respiratorias agudas [Internet]. Santiago: MINSAL [actualizada febrero 2018; acceso 18 agosto 2018]. Disponible en: <https://diprece.minsal.cl/programas-de-salud/programas-enfermedades-transmisibles/enfermedades-respiratorias/>
22. Departamento de Enfermedades transmisibles. Guía para el Diagnóstico y Manejo Clínico de Casos de influenza. [Internet]. Santiago: MINSAL; 2014. Disponible en: [https://diprece.minsal.cl/wrdprss\\_minsal/wp-content/uploads/2015/02/GUIA-CLINICA-INFLUENZA-2014.pdf](https://diprece.minsal.cl/wrdprss_minsal/wp-content/uploads/2015/02/GUIA-CLINICA-INFLUENZA-2014.pdf)

23. Ministerio de Salud. Guía clínica neumonía adquirida en la comunidad en adultos de 65 años y más de manejo ambulatorio [Internet] Santiago, MINSAL.2011. Disponible en: <http://www.bibliotecaminsal.cl/wp/wp-content/uploads/2016/04/Neumonia-Adquirida-adultos-de-65-a%C3%B1os-y-m%C3%A1s.pdf>
24. Ministerio de Salud. Guía clínica Infección respiratoria aguda baja para manejo ambulatorio en menores de 5 años. Santiago: MINSAL; 2013. Disponible en: <http://www.minsal.cl/portal/url/item/7220fdc4341244a9e04001011f0113b9.pdf>
25. Conti S, Lafranconi A, Zanobetti A, Cesana G, Madotto F, Fornari C. The short-term effect of particulate matter on cardiorespiratory drug prescription, as a proxy of mild adverse events. Environ Res [Internet].2017 [citado 10 de diciembre 2017];157: 145-152. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2017.05.029>.
26. Fustel E, Martínez T, Cambra K, Lopez L, Boldo E, Zorrilla Betal. Evaluación en cinco ciudades españolas del impacto en salud de la contaminación atmosférica por partículas: Proyecto europeo APHEIS. Rev. Esp. Salud Pública [Internet]. 2005 [citado 25 Julio 2018] ; 79( 2 ): 297-308. Disponible en: [http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1135-57272005000200015&lng=es](http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1135-57272005000200015&lng=es).
27. Çapraz Ö, Deniz A, Doğan N. Effects of air pollution on respiratory hospital admissions in İstanbul, Turkey, 2013 to 2015. Chemosphere [Internet]. 2017 [citado 02 de Enero 2018];181: 544-550. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.04.105>
28. Dobрева Z, Kostadinova G, Popov B, Petkov G, Stanilova S. Proinflammatory and anti-inflammatory cytokines in adolescents from Southeast Bulgarian cities with different levels of air pollution.ToxicolIndHealth[Internet]. 2013 [citado 02 de enero 2018];31 (12): 1210- 1217. Disponible en: <https://doi.org/10.1177/0748233713491812>
29. Abrutzky R, Torres F, Ossorio M, Ferrero F. Impacto de la Contaminación Atmosférica y el clima en las consultas a un departamento de emergencias pediátrico en la Ciudad de Buenos Aires. RevFac Cs Med [Internet]. 2017[citado 24 Julio 2018]; 74(4): 365-371 Disponible en: <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/med/article/view/17495>
30. Becerril V, Reyes J, Manuel A. Sistema de salud de Chile. Salud pública Méx [Internet]. 2011 [ citado 18 agosto 2018]; 53(2): 132-142. Disponible en:

[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0036-36342011000800009&lng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0036-36342011000800009&lng=es).

31. Servicio de Salud Metropolitano Norte. Atención Primaria [Internet]. Santiago: SSMN; 2014 [actualizada 17 de agosto 2018; acceso 18 agosto 2018]. Disponible en: [http://www.ssmn.cl/atencion\\_primaria.ajax.php](http://www.ssmn.cl/atencion_primaria.ajax.php)
32. Subsecretaría de redes asistenciales. Manual administrativo para Servicios de atención primaria de urgencia [Internet]. Santiago: Ministerio de Salud de Chile; 2004 [citado 18 agosto 2018]. Disponible en: <http://www.bibliotecaminsal.cl/wp/wp-content/uploads/2016/03/6.pdf>
33. Ministerio del Medio Ambiente (MMA). Plan de descontaminación atmosférica, Estrategia 2014-2018 [Internet]. Santiago: MMA; 2014 [citado 18 de agosto 2018]. 18 p. Disponible en: <http://airechile.mma.gob.cl/download/Plan-Descontaminacion-Atmosferica-2014-2018.pdf>
34. Servicio de Salud Ñuble. Autoridades anunciaron el refuerzo de la Red Asistencial de Ñuble durante el invierno [Internet]. Chillán: SSÑ, 17 junio 2018 [17 agosto 2018; 18 agosto 2018]. Disponible en: <http://www.serviciodesaludnuble.cl/sitio/refuerza-red-asistencial-de-nuble/>
35. Subsecretaría de redes asistenciales. Informe campaña de invierno 2017 [Internet]. Santiago: MINSAL. Febrero 2018. Disponible en: <http://www.minsal.cl/wp-content/uploads/2018/03/Informe-Final-Campa%C3%B1a-de-Invierno-2017.pdf>
36. Spanish Oxford Living dictionary [Internet]. USA: Oxford University Press; 2013. [2016; 15 Octubre 2018]. Disponible en: <https://es.oxforddictionaries.com/definicion/edad>
37. Real academia Española [Internet] España: Asociación de Academias de la Lengua Española; 2014 [2017; 15 Octubre 2018]. Disponible en: <http://dle.rae.es/?id=P1koJRU>
38. Diccionario de cáncer [Internet] USA: Instituto Nacional de Cáncer; 2012 [2015; 15 de octubre 2018]. Disponible en: <https://www.cancer.gov/espanol/publicaciones/diccionario/def/enfermedad-respiratoria>
39. Establece norma primaria de calidad ambiental para material particulado fino respirable MP2,5. (Ley 19.300, Decreto 12, de 01 de enero del 2012).

40. Rodríguez E. Comités de evaluación ética y científica para la investigación en seres humanos y las pautas CIOMS 2002. Acta Bioeth. [internet]. 2004 [citado 19 de agosto 2018] ; 10( 1 ): 37-48. Disponible en: [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=s1726-569x2004000100005&lng=es](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=s1726-569x2004000100005&lng=es).
41. MadhavraoPandit S, Wu S-M. Time Series and System Analysis with Applications. J Acoust Soc Amer [internet].1984 [citado 26 diciembre 2018] 75 (6). Disponible en: [10.1121/1.390924](https://doi.org/10.1121/1.390924)

## XI. ANEXOS



UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO

### CERTIFICACION

El Comité de Bioética de la Universidad del Bío-Bío, presidido por el Dr. Federico Pastene Labrín. (Director de Investigación y Creación Artística, Docente), con fecha 17 de enero de 2019, ha revisado el Proyecto titulado "**Contaminación Atmosférica por MP 2.5 y Consultas por Enfermedades Respiratorias en Servicios de Atención Primaria de Urgencias en las Comunas de Chillán y Chillán Viejo**", que está siendo realizado por la estudiante de la carrera de Enfermería Paula Natalia Cifuentes Martínez Rut: 18.241.567-7 y guiado por la académica del Departamento de Enfermería la Dra. Carolina Luengo Martínez.

Este Comité basa lo que a continuación se señala, en la revisión de los documentos presentados por la Sra. Luengo:

1. La investigadora y la académica establecen y garantizarán la confidencialidad de los datos de investigación, en los casos que así lo ameriten.
2. El Comité ha comprobado que la investigación se ajusta a estándares científicos y éticos propios de la disciplina y de la Institución.

La presente certificación se extiende para los fines que se estimen pertinentes.

Dr. Federico Pastene Labrín  
Presidente Comité de Bioética  
Universidad del Bío-Bío

Comité Asesor de Bioética y  
Bioseguridad  
DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN  
Universidad del Bío-Bío

---

**Sede Concepción**

Avda. Collao N° 1202 Casilla 5-C Fonos: (56-41) 261200 Fono/Fax: (56-41) 322883 –VIII Región – Chile

**Sede Chillán**

Avda. Andrés Bello s/n Casilla 447 Fono/Fax: (56-42) 253000 / Departamento Ciencias Básicas Fono: 253049 –VIII Región – Chile

E- mail: [ubb@ubiobio.cl](mailto:ubb@ubiobio.cl)

[www.ubiobio.cl](http://www.ubiobio.cl)