



Impacto de la contaminación atmosférica, en valores de presión inspiratoria máxima, en un grupo de escolares de octavo básico sanos, de dos provincias de la Región Metropolitana, Chile.

Presentan:

Oscar Cisterna Harris
Mauricio Martínez Andersson
Tamara Silva Huencho

Profesor guía:
Klga. Piery Freyhofer

Universidad Ucinf
Facultad de ciencias de la salud
Licenciatura en kinesiología.
Santiago, Chile
2016

A los alumnos de los colegios: José Arrieta y liceo F-860 por su colaboración

A las directoras de los respectivos colegios Sras.: Silvia Fernández y Judith
Serrano

A nuestra Profesora Guía, Klga. Piery Freyhofer

A nuestras familias por el apoyo incondicional durante esta etapa

Índice

Capítulo I	5
Titulo	5
Presentación del Problema	
Antecedentes del Problema	5
Fundamentos del Problema	9
Preguntas de Investigación	
Pregunta Científica	10
Preguntas Investigativa	10
Hipótesis	10
Objetivos	
Objetivo General	11
Objetivos Específicos	11
Justificación de la Investigación	12
Viabilidad	12
Capitulo II	
Marco Teórico	
Calidad del aire	13
Anatomía y Fisiología del Aparato Respiratorio	25
Efectos de la Contaminación Ambiental en el Sistema Respiratorio	36

Capítulo III

Diseño Metodológico

Paradigma de la Investigación	46
Alcance y diseño de la Investigación	46
Población y Muestra	47
Variables de Estudio	48
Hipótesis	49
Instrumento Recopilación de Datos	49
Instrumento y Procedimiento	49

Capítulo IV

Análisis de Resultados	53
Discusión	55
Conclusión	57
Anexos	61

Capítulo I

Título

Impacto de la contaminación atmosférica, en valores de presión inspiratoria máxima, en un grupo de escolares de octavo básico sanos, de dos provincias de la Región Metropolitana, Chile.

Presentación del Problema

Antecedentes del problema

En los últimos años, los altos niveles de contaminación ambiental se han vuelto un problema cotidiano para los habitantes de la provincia de Santiago, no así para los habitantes de la provincia de Melipilla. Con propósitos comparativos se pretende evaluar la presión inspiratoria máxima (PIMax) en dos comunas de la Región Metropolitana con valores altos y bajos de contaminación ambiental.

Los factores que han determinado que la contaminación atmosférica se asiente en Santiago como parte estable de su paisaje se pueden agrupar en dos categorías: los naturales y los antrópicos.

Entre los primeros, el más relevante es la ubicación geográfica de la capital; ciudad emplazada en la cuenca de la superficie plana del río Maipo que, encerrada por cordones montañosos de altitud relevante, impide una circulación fluida de las partículas contaminantes, lo que se potencia aún más en invierno debido a la debilidad del sistema de vientos durante esta estación. Al mismo tiempo, la suciedad del aire también está vinculada a la inversión térmica, que tiene directa relación con las bajas temperaturas y el calentamiento de la superficie. Entre los factores que son responsabilidad directa del hombre está el crecimiento explosivo de la ciudad y el desarrollo del transporte público y urbano en general, etc. A esto se le agrega que según el último censo que se realizó el año 2012, existe un total de 16.634.603 habitantes en Chile, de los cuales 6.685.685 residen en la Región

Metropolitana (40.2% de la población total) centrándose en la ciudad de Santiago (31). Esto provoca que los niveles de contaminación ambiental en Santiago sean mayores en comparación a otras provincias de la Región.

El término "contaminación del aire" incluye una amplia variedad de componentes químicos y biológicos de la atmósfera intra y extradomiciliaria. Las palabras "contaminación" y "medio ambiente" han llegado a ser de uso frecuente en el último tiempo, tanto en el lenguaje cotidiano como en la prensa, en los círculos ilustrados, y han hecho su entrada triunfal en el discurso de los políticos. Es probable, además, que las oigamos cada vez con mayor frecuencia en el futuro.

Si bien casi todos entendemos el sentido del término "medio ambiente" como el entorno que nos rodea y en el que se desarrolla nuestra vida. Se denomina contaminación atmosférica a la presencia en él de impurezas en concentraciones tales que signifiquen un riesgo para el hombre o su medio. El origen de los contaminantes atmosféricos es múltiple. Existen causas naturales, como las erupciones volcánicas y el polvo levantado desde el suelo, pero el mayor volumen es producido por las diversas formas de actividad humana. La producción de bienes, las faenas mineras, el transporte y hasta algunas formas de recreación generan contaminantes que se vacían en la atmósfera. El número de contaminantes que es posible encontrar en el aire, especialmente en el medio urbano, es enorme e incluye desde gases volátiles hasta pesadas partículas de sílice. Por eso se ha tratado de englobar en el concepto de contaminantes atmosféricos dos grandes grupos: los que se denominan "contaminantes índices", por ser los que generalmente se asocian a la contaminación atmosférica urbana, y otro grupo de contaminantes que se estudian separadamente por sus efectos particulares, su peligrosidad y su origen conocido. Entre los primeros se encuentran el monóxido de carbono (CO), los óxidos de nitrógeno (NO y NO₂), el anhídrido sulfuroso (SO₂), el ozono (O₃) y las partículas en suspensión (2).

Las mayores fuentes de contaminantes para el aire ambiental incluyen la utilización de combustibles fósiles (calefacción doméstica, generación de energía, industria, vehículos motorizados, fundiciones, refinerías, incineración, etc.); fenómenos naturales (tormentas eléctricas, incendios forestales, tormentas de polvo, erupción de volcanes, guerras y conflictos. Las fuentes posiblemente varían entre las localidades urbanas y rurales (32).

Raúl O’Ryan y Luis Larraguibel señalan en su trabajo llamado “Contaminación del aire en Santiago: ¿qué es, qué se ha hecho, qué falta?” que el aire de Santiago es uno de los más contaminados del mundo. Desde comienzos de la década de los sesenta, los habitantes de la ciudad se han visto expuestos en forma creciente a la acción de diversos agentes nocivos, la que es percibida como impactos mayormente en sus vías respiratorias y también en los ojos. Adicionalmente, se percibe por sus efectos sobre los materiales –deterioro de estatuas, polvo en los automóviles y hogares– y la visibilidad. La presencia de estos agentes se denomina contaminación atmosférica, concepto que actualmente se considera inevitablemente ligado al hábitat urbano (29).

Cabe destacar que la calidad del aire es el principal desafío para la autoridad ambiental en Chile. Hoy 10 millones de personas en el país están expuestas a una concentración promedio anual de MP 2,5 superior a la norma. Incluso en el Primer Reporte del Medio Ambiente publicado en el año 2013 se informa que, según la Organización Mundial de la Salud (OMS), la contaminación atmosférica es responsable de al menos 4 mil muertes prematuras a nivel nacional. Abordar esta contaminación traería beneficios en salud valorizados en alrededor de 8.000 millones de dólares al año (11).

Una de las causas del problema como se ha mencionado antes, es la contaminación atmosférica la que constituye en la actualidad, por sí sola, el riesgo ambiental para la salud más importante del mundo.

Existe un artículo en particular de Lídice Álvarez Miño y Alexander Salazar Ceballos llamado” que concluye que desde PM 10 superiores a 70µg/m³ aumenta el riesgo de presentar síntomas de tracto respiratorio superior y de alterar la función pulmonar.

Un estudio realizado en Río de Janeiro encontraron asociación entre la exposición a PM₁₀ y NO₂ incluso dentro de los niveles aceptables de contaminación atmosférica, con una disminución en la función pulmonar en niños. En Chiguagua, México, evidenciaron cómo un incremento de 20 mg/m³ en la concentración de PM₁₀ se relaciona con un incremento del 4,97% (IC 95%, 0,97-9,13) en las consultas por asma. En Temuco, Chile, y La Habana, Cuba, identificaron que existe relación entre la contaminación atmosférica y la enfermedad respiratoria aguda, para establecer procesos de alerta. En Bogotá, Colombia, establecieron una asociación significativa entre la enfermedad respiratoria aguda en niños y el PM₁₀. Lo que significó el punto de partida.

Por lo cual se busca hacer uso de las alertas de calidad del aire de la provincia de Santiago y Melipilla para obtener y comparar valores de presión inspiratoria máxima de un octavo básico de un colegio de La Reina correspondiente a la provincia de Santiago y de un octavo básico de un colegio de María Pinto de la provincia de Melipilla, para determinar el impacto de la contaminación ambiental sobre la fuerza de la musculatura involucrada en la respiración.

Los valores de las presiones inspiratoria máximas determinan indirectamente la fuerza de la musculatura del sistema respiratorio, concluyendo con el estado de la bomba respiratoria, (ventilación pulmonar: fenómeno mecánico que asegura el recambio del aire contenido dentro de los alvéolos) que es a lo que apuntan los investigadores, excluyendo lo relacionado con la perfusión del sistema respiratorio.

Fundamentación del problema.

La exposición a material particulado (MP) genera efectos nocivos para la salud. El tamaño de las partículas es determinante de los efectos en la salud humana, por su diferente capacidad de penetración en el árbol respiratorio y por su permanencia en suspensión en el aire. Cuanto más pequeña es una partícula más tiempo permanecerá en suspensión en el aire y más profundamente penetrará en el pulmón humano (PM 2,5). El límite respirable de las partículas se ha fijado en forma más o menos arbitraria en un diámetro aerodinámico de diez micrones (PM10). Las partículas mayores a 10 micrones, son retenidas en la parte superior del árbol respiratorio y son expulsadas al exterior por la tos y el movimiento de los cilios de las células epiteliales. Las de menor tamaño penetran profundamente y pueden permanecer en los alvéolos pulmonares por años o para siempre. Este es el caso de las partículas que miden dos micrones o menos, disminuyendo su penetración y su permanencia a medida que aumenta su tamaño (24).

Los efectos que produce el MP 2,5 y 10 son: aumento de morbilidad respiratoria, disminución en la función pulmonar, interferencia en mecanismos de defensa pulmonar: fagocitosis y depuración mucociliar, síndrome bronquial obstructivo (5).

Los aspectos que son llamativos para los investigadores, son la obtención de las presiones inspirativas máximas, con el fin de encontrar diferencias entre los grupos a investigar y profundizar al respecto.

La investigación busca obtener datos de presión inspiratoria máxima en población escolar correspondiente a alumnos de octavo básico sanos de dos colegios. El primero se encuentra en la comuna de La Reina en la provincia de Santiago, en donde el promedio anual de MP 10 y 2,5 es elevado, considerando como referencia la comuna de La Florida que es donde se encuentra la estación de monitoreo de calidad del aire más cercana, y el segundo se encuentra en la

comuna de María Pinto de la provincia de Melipilla, en donde el promedio anual de MP 10 y 2,5 es menor, tomando como referencia la comuna de Talagante que es donde se encuentra la estación de monitoreo más cercana. Con el fin de determinar si existen diferencias en fuerza muscular inspiratoria, entre los escolares de la provincia de Santiago y los escolares de la provincia de Melipilla.

Preguntas de investigación.

Pregunta científica

¿Tiene algún impacto la contaminación atmosférica en la fuerza de la musculatura respiratoria, objetivada por valores de presión inspiratoria máxima, en un grupo de escolares de octavo básico sanos, de dos provincias de la Región Metropolitana con altos y bajos niveles de contaminación?

Pregunta investigativa

¿En Santiago al haber índices de contaminación ambiental más elevados que en Melipilla se representará, con valores más altos en la presión inspiratoria máxima?

Hipótesis

H1.- La contaminación ambiental tiene un impacto real en la fuerza de los músculos respiratorios, objetivado en cambios en los valores de pimonetría.

H2.- La exposición prolongada a niveles más altos de contaminación ambiental permite el óptimo desarrollo de la fuerza de la musculatura que está involucrada en la respiración.

Objetivos

Objetivo general.

Determinar las diferencias entre valores de presión inspiratoria máxima en escolares de dos provincias de la región Metropolitana, en función a sus niveles de contaminación atmosférica.

Objetivos específicos.

- Recopilar los datos de contaminación ambiental de las provincias en estudio, según el sistema de información nacional de calidad del aire, que pertenece al Ministerio del Medio Ambiente de Chile.
- Evaluación de la fuerza de la musculatura inspiratoria en escolares de Melipilla y Santiago.
- Comparar los valores de pimometría en ambos grupos.

Justificación de la investigación.

En términos de implicaciones prácticas, podría aportar la base para otros estudios al incluir otros datos, variables, observaciones y obtener implicaciones en una amplia gama de problemas prácticos como los que genera la contaminación ambiental en la salud a nivel país.

Respecto al valor teórico no se espera llenar un vacío de conocimiento por lo bien que es sabido que la contaminación ambiental genera daños en la salud de las personas, pero sí se podrían generalizar los resultados para cuantificar las diferencias de valores de PIMax entorno a la recolección de datos de una población escolar de enseñanza básica de dos provincias distintas y comparar los resultados para desarrollar una teoría con el fin de determinar el comportamiento y

relación de las variables a estudiar. Ofreciendo la oportunidad de explorar las mismas variables pero en distintos ambientes (uno con mejor calidad del aire que el otro).

Como recomendaciones se podrían incluir gasometrías arteriales, escolares con patologías de base respiratorias, examen de función pulmonar mediante espirometría y la inclusión de más colegios para la obtención de conclusiones más representativas.

Viabilidad.

Para analizar la viabilidad del proyecto, es necesario tomar en cuenta varias variables, como por ejemplo la disponibilidad de recursos económicos, humanos, de tiempo y recursos materiales.

Como ya se ha planteado anteriormente, la investigación consiste a grandes rasgos en medir el impacto que tiene la contaminación ambiental en parámetros de función pulmonar, en dos grupos de escolares que se encuentra expuestos a niveles distintos de contaminación ambiental. Desde el punto de vista financiero o de recursos económicos, la investigación es viable, ya que la inversión es baja y no se necesita invertir demasiado dinero para realización del proyecto. Analizando la variable de recursos humanos, se cuenta con la autorización de dos colegios para la toma de datos, uno de la provincia de Santiago y otro de la provincia de Melipilla ambos de la región metropolitana pero con valores distintos de contaminación ambiental, por lo tanto, se cuenta con la población y muestra para la ejecución de esta investigación. El factor tiempo no es problema, ya que solo se tomarán los datos en una semana en ambos colegios. Finalmente el recurso material que se utilizará para la toma de datos consiste en un pimometro. El cual se utilizará un día en el colegio de Melipilla y al otro día en el colegio de Santiago.

Capítulo II

Marco teórico.

I Calidad del Aire

Atmósfera

Es la mezcla de gases y partículas suspendidas que envuelve la Tierra y que permanece en torno a ella gracias a la atracción gravitacional del planeta. La atmósfera terrestre es extremadamente delgada en comparación a la dimensión del Planeta cuyo radio aproximado es 6400 km. Así, un poco más del 90% de la masa de la atmósfera se concentra en los primeros 20 kms. Sobre la superficie Los principales componentes de la atmósfera son el nitrógeno molecular (78% en volumen) y oxígeno molecular (21% en volumen). El vapor de agua, el dióxido de carbono (CO₂), y otros elementos gaseosos de menor concentración ocupan el 1% restante. Se subdivide en troposfera, estratosfera, mesosfera y termosfera (13).

En ella se producen todos los fenómenos climáticos y meteorológicos que afectan al planeta, regula la entrada y salidos de energía de la tierra y es el principal medio de transferencia del calor (20).

En la atmósfera también flotan diversas cantidades de partículas diminutas sólidas como polen, arena fina, cenizas volcánicas, bacterias... Todas ellas componen el polvo atmosférico (4).

En la actualidad, la atmósfera está compuesta por tres gases fundamentales: nitrógeno, oxígeno y argón, los cuales constituyen el 99.95% del volumen atmosférico. De ellos, el nitrógeno y el argón son geoquímicamente inertes, lo que

implica que permanecen en la atmósfera sin reaccionar con ningún otro elemento. En cambio, el oxígeno es muy activo y su presencia está determinada por la velocidad de las reacciones del oxígeno libre con los depósitos existentes en las rocas sedimentarias.

Los restantes componentes del aire están presentes en cantidades muy pequeñas y se expresan en volumen en partes por millón (ppm) o en partes por billón (ppb) (20).

Contaminación atmosférica

La contaminación puede definirse como “cualquier modificación indeseable del ambiente, causada por la introducción a este de agentes físicos, químicos o biológicos (contaminantes) en cantidades superiores a las naturales, que resulta nociva para la salud humana, daña los recursos naturales o altera el equilibrio ecológico”.(Revista Cubana de Higiene y Epidemiología) o como la “presencia de contaminantes en la atmósfera, tales como polvo, gases o humo en cantidades y durante períodos de tiempo tales que resultan dañinos para los seres humanos, la vida silvestre y la propiedad. Estos contaminantes pueden ser de origen natural o producidos por el hombre directa o indirectamente (13).

La contaminación ambiental no es un problema del siglo XXI. “Los problemas de contaminación del ambiente aéreo en el hábitat del hombre se inician cuando éste comienza a manejar el fuego para su beneficio. Antes, sólo sufrió la contaminación natural durante episodios de erupciones volcánicas o de incendios espontáneos en su ambiente próximo (20).

Existen evidencias de presencia de humo en las cavernas donde vivió el hombre primitivo. En efecto, para calentar su entorno o para preparar sus alimentos utilizó el fuego en ambientes cerrados, pudiendo verse hoy su efecto en los "cielos" y en las paredes de las cuevas. Como es obvio, las pinturas rupestres encontradas a

menudo en compartimentos oscuros, debieron requerir de una iluminación mediante la luz de antorchas (20).

Contaminantes

Según su origen los contaminantes se clasifican en antropogénicos, derivados de la actividad humana, o naturales, resultantes de procesos de la naturaleza, por ejemplo erupciones volcánicas o polen en suspensión. Según su estado físico son gases como los óxidos de azufre (SO_x), de nitrógeno (NO_x), el monóxido de carbono (CO), los hidrocarburos y el ozono (O₃) o partículas como polvo y aerosoles. Se consideran primarios cuando están presentes tal como fueron emitidos y secundarios, cuando se forman a partir de los primarios por una reacción química como es el caso del O₃ y de los ácidos sulfúrico y nítrico.

Según su tamaño, las partículas se depositan cerca o a cierta distancia de la fuente de emisión. Si son muy pequeñas pueden mantenerse suspendidas y ser transportadas a grandes distancias. Dentro de las partículas suspendidas se denomina “respirables” a las de un diámetro menor o igual a 10 µm (PM10) por su capacidad de introducirse en las vías respiratorias. Cuantas más pequeñas son las partículas mayor es su capacidad de penetración en el árbol respiratorio. Las partículas finas cuyo diámetro aerodinámico es ≤ 2,5 µm alcanzan fácilmente los bronquiolos terminales y los alvéolos, desde donde pueden ser fagocitadas por los macrófagos alveolares y atravesar la barrera alvéolo-capilar para ser transportadas hacia otros órganos por la circulación sanguínea (18).

Las sustancias extrañas que provocan la contaminación atmosférica son agentes gaseosos, líquidos y sólidos que se concentran en la atmósfera; sus potenciales fuentes de origen son las siguientes:

- 1) Procesos industriales: a pesar de las medidas preventivas constituyen uno de los principales focos contaminantes.

2) Combustiones domésticas e industriales: principalmente los combustibles sólidos (carbón) que producen humos, polvo y dióxido de azufre.

3) Vehículos de motor: su densidad en las regiones muy urbanizadas determina una elevada contaminación atmosférica (óxidos de carbono, plomo, óxidos de nitrógeno, partículas sólidas). En Estados Unidos son los responsables de cerca de un 60% del peso total de los contaminantes emitidos a la atmósfera, y en París de un 47% de la contaminación atmosférica. La importancia de cada una de estas fuentes contaminantes es función de la concentración de los agentes emitidos con intensidad superior a la normal, y de las condiciones meteorológicas locales.

Se han clasificado más de un centenar de sustancias contaminantes de la atmósfera. Las más importantes son el dióxido de azufre, el dióxido de carbono, el monóxido de carbono, los óxidos de nitrógeno, los compuestos orgánicos volátiles liberados tras una combustión incompleta de los hidrocarburos líquidos (COV), el plomo, los fluoruros, etc. (7).

Monóxido de carbono

Es uno de los productos de la combustión incompleta. Es peligroso para las personas y los animales, puesto que se fija en la hemoglobina de la sangre, impidiendo el transporte de oxígeno en el organismo. Además, es inodoro, y a la hora de sentir un ligero dolor de cabeza ya es demasiado tarde. Se diluye muy fácilmente en el aire ambiental, pero en un medio cerrado, su concentración lo hace muy tóxico, incluso mortal. Cada año, aparecen varios casos de intoxicación mortal, a causa de aparatos de combustión puestos en funcionamiento en una habitación mal ventilada (1).

Dióxido de Azufre

La principal fuente de emisión de dióxido de azufre a la atmósfera es la combustión del carbón que contiene azufre (1). Es uno de los contaminantes habituales más representativos del aire de nuestras ciudades. Procede de la

combustión de carbones o de aceites minerales utilizados en la producción de energía, en la industria y en la calefacción doméstica, los que pueden llegar a contener azufre en una proporción de 5%. Al ser quemados dichos combustibles, el azufre es liberado a la atmósfera en forma de dióxido de azufre o gas sulfuroso (SO_2) (27).

Ozono

El ozono O_3 es un constituyente natural de la atmósfera, pero cuando su concentración es superior a la normal se considera como un gas contaminante. Su concentración a nivel del mar, puede oscilar alrededor de 0,01 mg kg. Cuando la contaminación debida a los gases de escape de los automóviles es elevada y la radiación solar es intensa, el nivel de ozono aumenta y puede llegar hasta 0,1 kg. Las plantas pueden ser afectadas en su desarrollo por concentraciones pequeñas de ozono. El hombre también resulta afectado por el ozono a concentraciones entre 0,05 y 0,1 mg kg, causándole irritación de las fosas nasales y garganta, así como sequedad de las mucosas de las vías respiratorias superiores (1).

Material particulado

El material particulado es una mezcla compleja de componentes con características físicas y químicas muy diversas que están determinadas por los mecanismos de su génesis. Este aerosol se forma a partir de partículas directamente emitidas a la atmósfera (particulado primario) o aquellas que se forman a partir de procesos de conversión gaspartículas (particulado secundario). Actualmente se reconocen al menos dos modos: el particulado fino y el particulado grueso que son evidentes en la distribución bimodal de la masa de partículas en función del tamaño. Ambas fracciones provienen predominantemente de procesos de combustión.

Desde el punto de vista operacional la medición del componente de la fracción gruesa importante para la salud comprende aquellas partículas que pueden ser inhaladas, es decir que penetren el árbol respiratorio más allá de la laringe. Por tal razón las partículas en el rango entre 2.5 y 10 micrones se conocen como la fracción torácica gruesa o PM10-2.5 y la menor a 2,5 micras de diámetro aerodinámico como fracción respirable ya que es capaz de llegar al alvéolo y eventualmente entrar al torrente circulatorio.

Actualmente se reconocen al menos dos modos: el particulado fino y el particulado grueso que son evidentes en la distribución bimodal de la masa de partículas en función del tamaño. El particulado grueso comprende tanto partículas de origen natural como antropogénicas.

Las concentraciones son espacialmente más heterogéneas que las del particulado fino debido a la rápida precipitación al suelo de estas partículas que habitualmente son transportadas en la atmósfera desde algunos metros a pocos kilómetros. El particulado grueso comprende polvo en suspensión o resuspendido de los caminos y de procesos industriales, construcción, y también un componente biológico en que destacan el polen, y fragmentos de bacterias que contienen lipopolisacáridos. A nivel urbano el desgaste de neumáticos, frenos y pavimento produce un material particulado ligado al tráfico vehicular. En los sectores rurales la actividad agrícola, la minería y el polvo proveniente de caminos no pavimentados junto a la acción del viento sobre la corteza terrestre adquieren mayor importancia (31).

En la siguiente tabla se resume algunas características del material particulado fino y grueso. [31]

Tabla 1 Caracterización de las fracciones del material particulado presente en el aire troposférico (traducción modificada de Wilson (5)).

	Particulado fino	Particulado grueso
Se forma a partir de:	gases	Sólidos grandes, gotas
Se forma a través de:	Reacciones químicas o vaporización. Nucleación, condensación sobre núcleos, y coagulación. Evaporación de gotitas de neblina y nubes en que se han disuelto gases	Disrupción mecánica (aplastamiento, molienda, abrasión de superficies, etc.). Evaporación de sprays. Suspensión de polvos
Están compuestas de:	Sulfato, nitrato, amonio, carbono elemental. Compuestos orgánicos como los HAP. Metales como plomo, cadmio, vanadio, níquel, cobre, zinc, manganeso, hierro)	Polvo resuspendido del suelo y las calles. Ceniza del carbón y petróleo. Óxidos de elementos de la corteza (sílice, aluminio, titanio y hierro). Sal, carbonato de calcio, polen, esporas de hongos, moho. Fragmentos de plantas y animales. Detritus del desgaste de los neumáticos
Solubilidad	Predominantemente solubles, higroscópico y delicuescente	Predominantemente insolubles y no higroscópicos
Fuentes	Combustión del carbón, petróleo, gasolina, diesel o madera. Procesos a altas temperaturas como fundiciones y siderúrgicas. SO	Resuspensión del polvo industrial y del suelo en carreteras y calles. Suspensión del suelo en minería, caminos no pavimentados. Fuentes biológicas. Construcción y demolición. Spray oceánico. Combustión de carbón y petróleo.
Vida media en la atmósfera	Días a semanas	Minutos a horas
Distancia de viaje	100 a 1000 km	1 a 10 km

Valores normales según la normativa chilena, son los siguientes:

Contaminante	Norma (media)	Unidad	Período de evaluación
Partículas $\leq 10 \mu\text{m}$ (PM ₁₀)	150	$\mu\text{g}/\text{m}^3 \text{ N}^{**}$	Diario
	50	$\mu\text{g}/\text{m}^3 \text{ N}$	Anual
Dióxido de azufre (SO ₂)	80	$\mu\text{g}/\text{m}^3 \text{ N}$	Anual
	250	$\mu\text{g}/\text{m}^3 \text{ N}$	Diario
Ozono (O ₃)	120	$\mu\text{g}/\text{m}^3 \text{ N}$	8 horas
	60	ppb	
Monóxido de carbono (CO)	30	$\text{mg}/\text{m}^3 \text{ N}$	1 hora
	26	ppm	8 horas
	10	$\text{mg}/\text{m}^3 \text{ N}$	
	9	ppm	
Dióxido de nitrógeno (NO ₂)	100	$\mu\text{g}/\text{m}^3 \text{ N}$	Anual
	400	$\mu\text{g}/\text{m}^3 \text{ N}$	1 hora
Plomo (Pb)	0,5	$\mu\text{g}/\text{m}^3 \text{ N}$	Anual

(18).

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS) “en 2012 unos 7 millones de personas murieron –una de cada ocho del total de muertes en el mundo- como consecuencia de la exposición a la contaminación atmosférica. Esta conclusión duplica con creces las estimaciones anteriores y confirma que la contaminación atmosférica constituye en la actualidad, por sí sola, el riesgo ambiental para la salud más importante del mundo. Si se redujera la contaminación atmosférica podrían salvarse millones de vidas”.

Una evaluación de 2013 realizada por la Centro Internacional de Investigaciones sobre el Cáncer de la OMS determinó que la contaminación del aire exterior es carcinógena para el ser humano, y que las partículas del aire contaminado están estrechamente relacionadas con la creciente incidencia del cáncer, especialmente el cáncer de pulmón (26).

Problemática en Santiago

El aire de Santiago es uno de los más contaminados del mundo. Desde comienzos de la década de los sesenta, los habitantes de la ciudad se han visto expuestos en forma creciente a la acción de diversos agentes nocivos, la que es percibida como impactos mayormente en sus vías respiratorias y también en los ojos. Adicionalmente, se percibe por sus efectos sobre los materiales –deterioro de estatuas, polvo en los automóviles y hogares– y la visibilidad. La presencia de estos agentes se denomina contaminación atmosférica, concepto que actualmente se considera inevitablemente ligado al hábitat urbano.

Adicional a la contaminación que se mide en las estaciones de monitoreo –al exterior de los hogares– los habitantes urbanos están sometidos a una significativa contaminación generada dentro de sus hogares: la contaminación intramuros o intradomiciliaria. Esta se origina en diversos procesos de combustión, especialmente provenientes de la calefacción, además de la cocina, el calentamiento de agua y humo del tabaco. Este tema se reconoce como importante para Santiago, pero existe poca información científica al respecto. El

frío del invierno que lleva a un uso creciente de la calefacción aumenta esta contaminación interna, la que unida a la contaminación extramuros, genera los conocidos aumentos en casos con problemas respiratorios cada invierno (21).

Los factores que han determinado que la contaminación atmosférica se asiente en Santiago como parte estable de su paisaje se pueden agrupar en dos categorías: los naturales y los antrópicos. Entre los primeros, el más relevante es la ubicación geográfica de la capital; ciudad emplazada en la cuenca de superficie plana del río Maipo que, encerrada por cordones montañosos de altitud relevante, impide una circulación fluida de las partículas contaminantes, lo que se potencia aún más en invierno debido a la debilidad del sistema de vientos durante esta estación. Al mismo tiempo, la suciedad del aire también está vinculada a la inversión térmica, que tiene directa relación con las bajas temperaturas y el calentamiento de la superficie. Entre los factores que son responsabilidad directa del hombre están el crecimiento explosivo de la ciudad y el desarrollo del transporte público y urbano en general (21).

Problemática en Melipilla

El Colegio F-860 María Pinto está ubicado en la provincia de Melipilla, pero esta no cuenta con una estación de monitoreo de calidad del aire propia, por ende se toma como referencia la estación de monitoreo más cercana que corresponde a la de Talagante. También se puede considerar el hecho de que como Melipilla se encuentra a varios kilómetros de Talagante y por ende de la metrópolis, los valores de contaminación atmosférica podrían ser aún más bajos. En la provincia de Santiago se toma como referencia la estación de monitoreo de la comuna de La Florida ya que es la más cercana a la comuna de La Reina lugar donde se encuentra ubicado el Colegio José Arrieta.

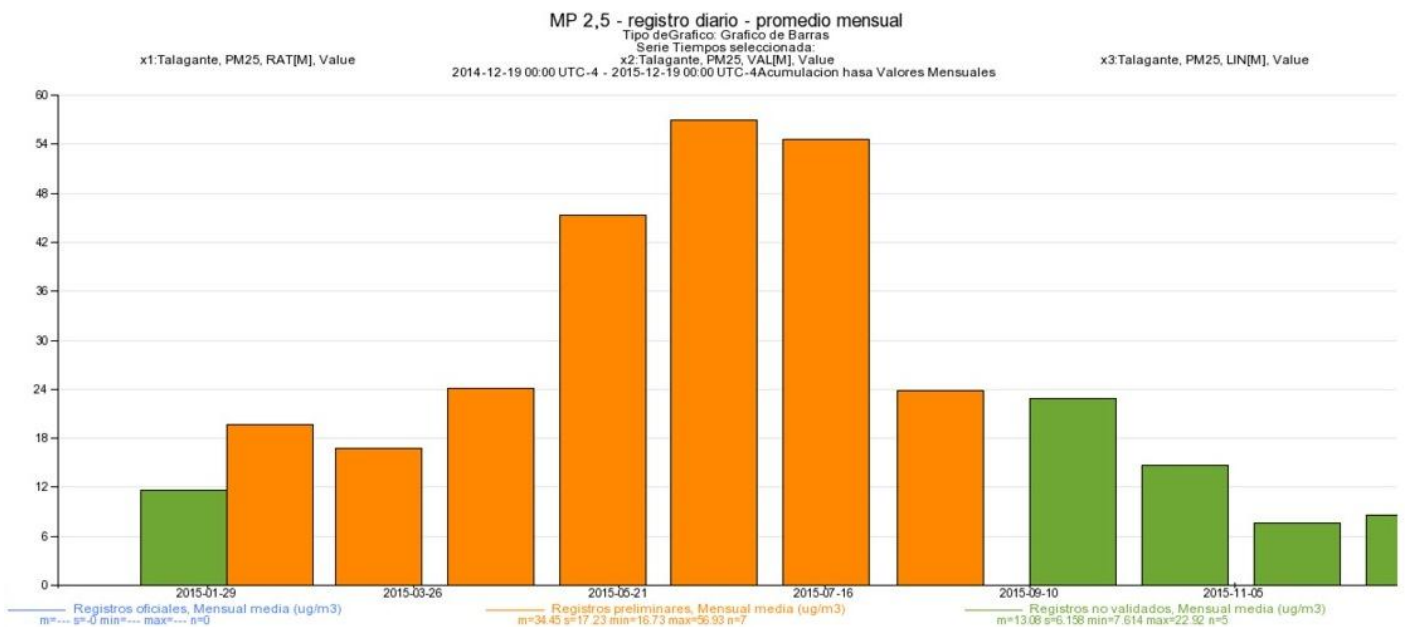
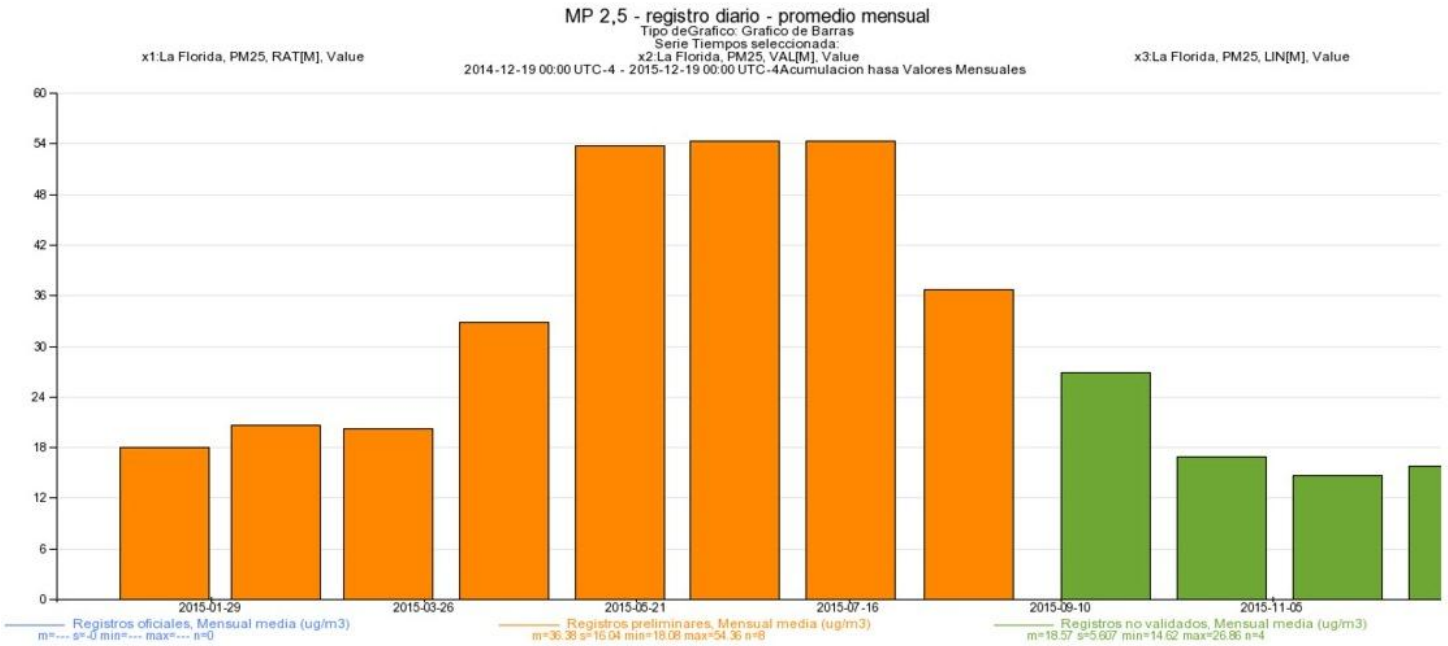
Históricamente los valores de Talagante han estado por debajo de los valores de La Florida, en relación al Material Particulado 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y 2,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Y así lo confirma el Sistema de Información Nacional de Calidad del Aire (SINCA) del Ministerio del Medio Ambiente de Chile, quien es el encargado de validar los datos que entregan las estaciones de monitoreo de calidad del aire de todo el país.

Al obtener los gráficos de MP 2,5 y MP 10 para la comuna de La Florida y Talagante en el periodo comprendido entre enero y diciembre del año 2015, se hace la siguiente comparación; tanto los valores de MP 2,5 y MP 10 de Talagante son inferiores en relación a los valores de La Florida. El valor más bajo de MP 2,5 en Talagante fue de 8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ mientras que el valor más bajo en La Florida fue de 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, ambos valores correspondientes al mes de noviembre. El valor más alto de MP 2,5 en Talagante alcanzó los 57 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ mientras que en La Florida llegó a 54 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, ambos en el mes de junio. Así mismo para el MP 10 en Talagante su valor mínimo fue de 28 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ mientras que en La Florida fue de 39 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ambos valores coincidieron en el mes de octubre. El valor máximo de MP 10 para Talagante fue de 90 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ mientras que en La Florida alcanzó los 119 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, ambos valores se dieron en el mes de junio.

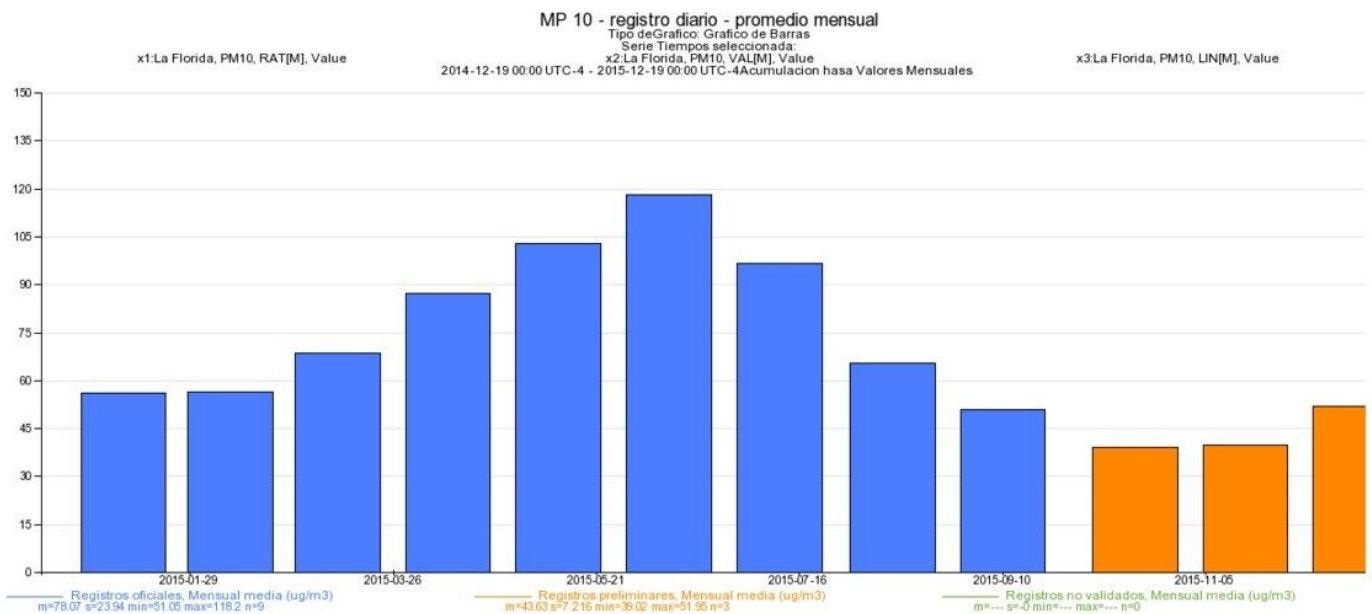
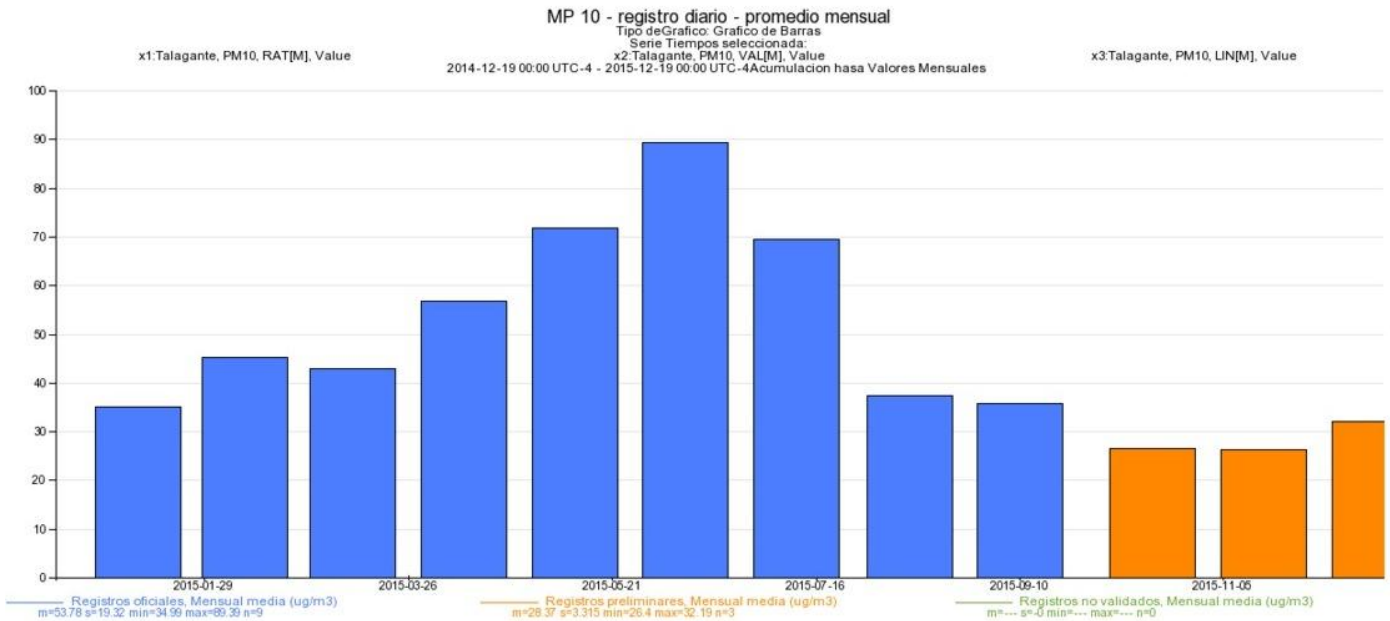
El promedio anual de MP 2,5 para Talagante fue de 25,91 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ mientras que el de La Florida fue de 30,25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, con una diferencia de 4,34 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. El promedio anual de MP 10 en Talagante fue de 48,41 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ mientras que en La Florida fue de 69,6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, existiendo una diferencia de 21,19 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Por consecuencia se establece que los escolares de Santiago están expuestos a niveles mayores de contaminación del aire, en relación a los escolares de Melipilla.

Gráficos MP 2,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ correspondientes a las estaciones de monitoreo de calidad del aire, de Talagante y La Florida, periodo 2015. SINCA



Gráficos MP 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ correspondientes a las estaciones de monitoreo de calidad del aire, de Talagante y La Florida, periodo 2015. SINCA



II Anatomía y fisiología del aparato respiratorio.

Anatómicamente este, está compuesto por la vía aérea superior, la vía aérea inferior y caja torácica.

Vía aérea superior

Que comprende aquellas cavidades ubicadas por sobre la entrada a la laringe, esto es, fosas nasales faringe.

Fosas nasales

La cavidad nasal corresponde a la primera porción de la vía aérea superior y es un espacio común entre el cráneo y la cara. Esta cavidad se constituye por dos partes, una zona anterior, llamada nariz o pirámide nasal y otra posterior, las fosas nasales propiamente tales. (15)

Funciones de la cavidad nasal

- Ingresar el aire oxigenado, fijando en el mucus las partículas extrañas inspiradas (función filtro).
- Eliminar los desechos respiratorios, principalmente dióxido de carbono, hacia el exterior.
- Temperar y humectar el aire que respiramos, acondicionándolo para su tránsito hacia los alvéolos pulmonares.
- Detectar partículas odoríferas, debido a que en la porción superior de este segmento se encuentra el epitelio olfatorio.
- Participar en la fonación, sirviendo como resonador de la voz, función donde participan los senos perinasales. (15)

Faringe

La faringe es un canal mucoso, membranoso y muscular, dispuesto ventral a la columna vertebral, que se extiende desde la base del cráneo hasta el nivel de la sexta vértebra cervical. Este canal se encuentra abierto hacia ventral y se relaciona sucesivamente, de arriba abajo con:

- Fosas nasales, nasofaringe
- Cavidad oral, bucofaringe
- Laringe, laringofaringe (zona donde ocurre el cruce con de las vías aérea y digestiva), para continuarse con el esófago.

En la mucosa faríngea existe abundante tejido linfóide, que sirve de barrera defensiva a las infecciones que ingresen al organismo por esta vía. El conjunto de estas estructuras forman el círculo (anillo) linfático de la faringe (Waldeyer). (15)

Vía aérea inferior

La vía aérea inferior comienza en la laringe y termina en los alveolos, lugar donde se realiza el intercambio gaseoso.

Laringe

Es el órgano muscular y cartilaginoso de la fonación y está situada en una encrucijada importante por la confluencia de las vías respiratoria y digestiva. Un complejo mecanismo de ascenso de la laringe hacia la base la lengua con contracción de músculos laríngeos intrínsecos y cierre de epiglotis protege al aparato respiratorio de la penetración de elementos extraños durante la deglución o el vómito. Esta parte de la vía aérea baja participa también en el reflejo defensivo de la tos a través del cierre de la glotis durante la fase de compresión del aire intrapulmonar y de su brusca apertura en la fase expulsiva (9).

Tráquea

Está situada en la línea media en el cuello y dentro del tórax, siendo ligeramente desviada a la derecha por el arco aórtico. Su diámetro es de 17 a 26 mm en adultos y su estabilidad es asegurada por la superposición de una serie de cartílagos que tienen la forma de una C abierta hacia el dorso. En los extremos de estos cartílagos se insertan haces musculares, cuya contracción estrecha el lumen del conducto, mecanismo que permite acelerar considerablemente la velocidad del flujo espiratorio durante en la tos, con la consiguiente mayor capacidad expulsiva. (17)

Todo el árbol bronquial esta tapizado por una mucosa que tiene un epitelio ciliado que, en combinación con las glándulas mucosas, constituyen el mecanismo mucociliar. Que es una especie de correa transportadora de mucus que es constantemente impulsada por los cilios a una velocidad de 20 mm por minuto, atrapando por adherencia las partículas que han sobrepasado la barrera nasal. Al llegar a la faringe el mucus es deglutido insensiblemente. (9)

A la altura de la articulación del manubrio del esternón con el cuerpo del esternón, la tráquea bifurca en los bronquios principales, derechos e izquierdos, formándose hacia el interior de la tráquea un espolón medianamente agudo o carina principal. (17)

El tejido alveolar y las vías aéreas, a partir de la porción distal de los bronquios fuente, se disponen organizadamente con un soporte de tabiques fibrosos, formando los pulmones derecho e izquierdo, envueltos por sus respectivas serosas pleurales (9).

Caja torácica.

La caja torácica está compuesta por huesos, los que brindan protección, y músculos respiratorios de cuya actividad depende la ventilación. La jaula ósea está constituida por la columna vertebral, sobre la cual articulan las 12 costillas de cada hemitórax. El movimiento en sentido cráneo-caudal de estos arcos óseos ha sido comparado a la del asa de un balde cuyos puntos de giro son, en su extremo anterior el esternón y en el posterior la columna. Al elevarse el vértice del arco, que en reposo se encuentra más bajo que los puntos de giro, se produce su alejamiento de la línea media a medida que la costilla se acerca hacia la horizontal. Esto significa un aumento del diámetro transversal del tórax con lo que baja la presión de su contenido y penetra aire al aparato respiratorio. Lo inverso sucede al bajar las costillas a su posición de reposo (9).

Para la parte de fisiología se abordaran procesos relacionados con el problema de estudio con grandes aportes del capítulo II del libro “Aparato respiratorio fisiología y clínica 5ta edición, E. Cruz Mena y R. Moreno Bolton”.

Control de la ventilación

Centros de la respiración.

La alternancia de inspiración y espiración está bajo el gobierno de una compleja red de neuronas que interconecta la corteza cerebral, asiento de los estímulos voluntarios, con el tronco cerebral, especialmente el puente y el bulbo, a cargo del automatismo ventilatorio. (9)

La inspiración comienza por activación de las neuronas inspiratorias, que envían impulsos a la musculatura inspiratoria, básicamente el diafragma. Los impulsos a los músculos intercostales presentan patrones semejantes a los del diafragma, aunque algo retrasado en la respiración tranquila, retraso que se supera al

aumentar la ventilación. Los músculos que controlan la apertura de la vía aérea se activan antes que el diafragma y los intercostales, lo que permite que la vía aérea se encuentre adecuadamente abierta antes que se genere presión negativa intratorácica. (9)

Durante la respiración normal en reposo, la musculatura espiratoria casi no participa, ya que la espiración es un evento pasivo desencadenado por las fuerzas elásticas toracopulmonares acumuladas durante la inspiración previa. Durante la primera parte de la espiración, persiste alguna activación de los músculos inspiratorios que aminora la velocidad del flujo aéreo en la primera parte de la espiración, la cual cesa durante el resto de la espiración. Los músculos espiratorios son estimulados sólo cuando aumenta la demanda ventilatoria.

Mecanismos aferentes.

La información moduladora llega al sistema neuronal por las vías humoral y nerviosa. La sensibilidad de estos mecanismos varía entre individuos y parece estar genéticamente determinada. También se producen adaptaciones adquiridas, como son las que ocurren con el crecimiento, con el ejercicio intenso habitual o con la residencia en la altura. (9)

Regulación humoral

Los principales moduladores humorales de la ventilación son los niveles arteriales de O₂, CO₂ e hidrogeniones.

Regulación neurológica de la respiración.

Control central voluntario.

La actividad respiratoria puede ser modificada en forma voluntaria por actividad de la corteza cerebral, pero sólo en forma temporal, ya que los cambios fisiológicos secundarios a la modificación ventilatoria, terminan por imponer el control automático.

Control central inconsciente.

Las emociones influyen marcadamente en la ventilación. Muchos actos automáticos, como la deglución, fonación, la tos, la preparación para el ejercicio, etc., involucran una adecuación automática del ritmo respiratorio que es comandada por vía neurológica.

Reflejos de origen pulmonar.

Existen tres tipos de receptores en el pulmón, cuya información va a los centros respiratorios a través del vago:

1. Receptores de distensión
2. Receptores de irritación
3. Receptores J o yuxtacapilares

Receptores de distensión. Son de adaptación lenta y se encuentran en relación al músculo liso de la vía aérea, cuya elongación en inspiración sería el estímulo específico. Uno de los efectos de la vía refleja en la que participan es la frenación de la inspiración (reflejo de Hering-Breuer), que en el hombre es activo sólo en el recién nacido o cuando se respira con volúmenes corrientes muy grandes. Otro efecto es la bronco constricción que sigue a una inspiración profunda, hecho que debe tenerse presente en algunas pruebas funcionales clínicas que emplean inspiraciones forzadas.

Receptores de irritación. Son de adaptación rápida y se les supone una finalidad primariamente defensiva. Son estimulados por gases irritantes, estímulos mecánicos, histamina, reacciones alérgicas, hiperpnea, congestión pulmonar pasiva, embolia pulmonar, etc. Su respuesta es la broncoconstricción, constricción laríngea y tos. Se localizan preferentemente en la laringe y vías aéreas centrales, aparentemente en relación al epitelio.

Receptores J. Son receptores localizados en el intersticio alveolar en la cercanía de los capilares. Se estimulan por procesos que comprometen esta área, tales como el edema intersticial y la acción de irritantes químicos. Los impulsos de los

receptores de irritación como los de los receptores J son enviados al centro respiratorio a través del vago.

Receptores musculares.

Los músculos intercostales y el diafragma poseen husos musculares que captan la elongación del músculo. Esta información es importante para el control reflejo de la fuerza de contracción. Se ha propuesto que estos receptores intervienen en la sensación de disnea cuando captan que el esfuerzo muscular es excesivo para el efecto ventilatorio que se consigue. (9)

Mecánica de la ventilación.

Fenómeno mecánico que renueva cíclicamente el aire alveolar alternando la entrada de y la salida de aire. En relación con este aspecto, el aparato respiratorio puede ser comparado a un fuelle, en el que conviene diferenciar los siguientes componentes:

- a) Las vías aéreas, que son tubos de calibre regulable que comunican el ambiente exterior con la superficie de intercambio.
- b) El tórax, que actúa como continente protector del pulmón y motor de la ventilación.
- c) El pulmón que es, en esencia, una extensa superficie de intercambio gaseoso entre aire y sangre, contenida dentro del tórax que la ventila ya que en si carece de motilidad propia (9)

Acá entran en juego los músculos respiratorios

Musculatura respiratoria

Desde el punto de vista funcional, puede considerarse que el tórax se extiende desde el cuello hasta la pelvis e incluye, además de la caja torácica propiamente tal, el diafragma y el abdomen. Esta cavidad tiene dos componentes rígidos: la

columna vertebral y la pelvis, cuya forma no es modificada por la contracción de los músculos respiratorios. En cambio, las paredes anteriores y laterales se desplazan directamente por la acción muscular e indirectamente por los cambios de presión que esta provoca. En la tabla 2-1 se indican los músculos respiratorios más importantes. (9)

TABLA 2-1. ROL DE LOS MUSCULOS RESPIRATORIOS

INSPIRATORIOS	
Utilizados durante respiración tranquila	Diafragma Escalenos Paraesternales
Accesorios de la inspiración	Esternocleidomastoideo Trapecio Pectorales
Fijadores de la pared torácica	Intercostales externos
ESPIRATORIOS	
Utilizadas en espiración forzada	Intercostales internos Abdominales

*tabla 2-1. Del capítulo II del libro “Aparato respiratorio fisiología y clínica, 5ta edición. E. Cruz Mena y R. Moreno Bolton”

La respiración en reposo es sostenida básicamente por el diafragma, pero, para que su acción sea eficaz, es necesario que los músculos intercostales externos estabilicen el tórax impidiendo que éste se hunda cuando se contrae el diafragma. Esto es especialmente importante en recién nacidos.

Durante la espiración tranquila no hay actividad de los músculos espiratorios, ya que esta fase es un fenómeno elástico pasivo. Sin embargo, el diafragma se mantiene en contracción decreciente al comienzo de la espiración evitando que el pulmón se desinfe bruscamente por efecto de la retracción elástica del pulmón. Si la ventilación aumenta sobre 20 litros por minuto se agrega la contracción activa de los músculos espiratorios abdominales; sobre los 40 litros por minuto, como

ocurre durante un ejercicio físico intenso, se suman los músculos accesorios de la inspiración y si la ventilación sobrepasa los 100 litros por minuto, como sucede en la ventilación máxima voluntaria, se reclutan todos los músculos torácicos y abdominales que tienen alguna acción respiratoria. (9)

Diafragma

El diafragma es el principal músculo de la respiración y se contrae con una frecuencia de por lo menos 10 veces por minuto durante toda la vida. Esta actividad continua es posible debido a que, si bien es un músculo esquelético, tiene características bioquímicas y enzimáticas que lo asemejan al miocardio: su contenido de mitocondrias y citocromo-oxidasas, su capacidad de metabolizar lactato y su flujo sanguíneo son intermedios entre los músculos esqueléticos y el miocardio, cualidades que permiten que el diafragma cumpla su papel de órgano esencial para la vida.

El diafragma tiene una morfología única entre los músculos esqueléticos, ya que sus fibras nacen de un tendón central y se dirigen radialmente hacia sus inserciones periféricas.

Una parte de ellas se inserta en las 6 costillas inferiores y el esternón (diafragma costal) y la otra, en las primeras vértebras lumbares (diafragma crural). Está innervado por los nervios frénicos cuyas raíces se originan desde C3 a C5.

El flujo sanguíneo lo recibe de las arterias mamarias internas, intercostales y frénicas inferiores que presentan abundantes anastomosis entre ellas y forman una red alrededor del tendón central. Esta buena perfusión del diafragma, permite que su flujo sanguíneo pueda aumentar 5 a 6 veces cuando trabaja contra una carga respiratoria patológicamente aumentada.

Resistencias ventilatorias

Para lograr la movilización del aire, los músculos respiratorios deben vencer 2 tipos de fuerzas que se oponen a ello:

La elasticidad del pulmón y tórax que tienden a mantener a estas estructuras en su posición de equilibrio de final de espiración. Este obstáculo, denominado elastancia, tiene la particularidad que la energía que se invierte en vencerlo se recupera al dejar que el cuerpo deformado vuelva por sí mismo a su posición de partida. En el caso del pulmón, ésta se opone a la inspiración y es propulsora de la espiración en cualquier nivel de volumen pulmonar.

2. Las resistencias friccionales que se deben principalmente al roce del aire en las vías aéreas y, en menor grado, a la fricción interna de los tejidos del aparato respiratorio. La energía invertida en vencer estas resistencias no es recuperable.

En suma lo básico es que durante la inspiración corriente los músculos vencen la fuerza de retracción elástica y resistencias friccionales, mientras que en la espiración basta que los músculos se relajen para que el aire salga. Sólo en maniobras que requieren espiración forzada contra algún obstáculo y en ventilaciones sobre 20 L/min intervienen los músculos espiratorios. (9)

Determinantes de la elasticidad pulmonar y torácica

Como se dijo anteriormente, un cuerpo elástico se caracteriza por recuperarse, sin nuevo gasto energético, su posición o forma original cuando cesa la fuerza externa que lo deformó. La elasticidad del pulmón es producto de diversos factores:

- a) La estructura fibro-elástica del parénquima pulmonar.
- b) La tensión superficial en la interfase aire-líquido alveolar.
- c) El tejido elástico y conectivo de vasos y bronquios.
- d) El contenido de sangre del lecho vascular pulmonar.

También cabe destacar las capacidades de este fuelle

En donde se pueden diferenciar 4 niveles:

- a) Nivel de final de espiración normal.
- b) Nivel de final de inspiración normal.

c) Nivel de inspiración máxima.

d) Nivel de espiración máxima.

Convencionalmente las cantidades de aire comprendidas entre dos niveles contiguos se denominan volúmenes y la suma de dos o más de estos, capacidades. Se distinguen 4 volúmenes y 4 capacidades:

1. Volumen corriente (VC): cantidad de aire que entra en una inspiración o sale en una espiración, en las condiciones de actividad que se especifiquen (reposo, ejercicio).

2. Volumen de reserva inspiratoria (VRI): cantidad máxima de aire que se puede inspirar por sobre el nivel de inspiración espontánea de reposo.

3. Volumen de reserva espiratoria (VRE): máxima cantidad de aire que se puede expulsar a partir del nivel espiratorio espontáneo normal.

4. Volumen residual (VR): cantidad de aire que queda en el pulmón después de una espiración forzada máxima. Este volumen no puede medirse directamente con el espirómetro.

Las capacidades son:

1. Capacidad pulmonar total (CPT): cantidad de gas contenido en el pulmón en inspiración máxima. Corresponde a la suma de los cuatro volúmenes ya descritos.

2. Capacidad vital (CV): cantidad total de aire movilizado entre una inspiración y espiración máximas. Incluye el volumen corriente y los volúmenes de reserva inspiratoria y espiratoria.

3. Capacidad inspiratoria (CI): máximo volumen de gas que puede inspirarse a partir de una espiración normal. Comprende los volúmenes corriente y de reserva inspiratoria.

4. Capacidad residual funcional (CRF): volumen de gas que permanece en el pulmón al término de la espiración normal y representa la suma del volumen residual y volumen de reserva espiratoria (10).

Efectos de la contaminación ambiental en el sistema respiratorio

Obviamente, el principal sistema afectado por los contaminantes tóxicos del aire es el sistema respiratorio y así lo refleja el capítulo 26 del libro “Aparato respiratorio fisiología y clínica 5ta edición, E. Cruz Mena y R. Moreno Bolton”.

Que indica los efectos sobre el aparato respiratorio del depósito de polutantes en el pulmón dependen de su solubilidad, duración de la exposición y del patrón respiratorio. Los polutantes solubles son atrapados en la superficie húmeda de la nariz.

El tamaño de las partículas determina el sitio donde se impactan.

Las de mayor tamaño son atrapadas mecánicamente en las vías aéreas superiores, mientras que las más pequeñas penetran al pulmón y pueden sedimentar por gravedad en los bronquiolos y alvéolos.

La remoción de las partículas se realiza fundamentalmente a través de la tos, del mecanismo mucociliar y por los macrófagos alveolares, sistemas que también pueden dañarse por efecto de los polutantes inhalados.

SO₂ y partículas en suspensión

Elementos que se encuentran combinados, por lo que, desde el punto de vista epidemiológico, se analizan en conjunto.

Los estudios al respecto han logrado establecer que la exposición a niveles altos de estos polutantes se asocia a un aumento de los síntomas y de la mortalidad en enfermos cardíacos y respiratorios crónicos. No se ha logrado comprobar un rol causal en el desarrollo de enfermedades respiratorias crónicas.

La inhalación de partículas respirables produce un aumento de la incidencia de tos y expectoración. Estudios realizados en escolares de ciudades norteamericanas con distinto grado de contaminación por partículas, demuestran que la incidencia de tos y expectoración es más alta mientras mayor es la concentración de partículas en el aire atmosférico, especialmente en niños asmáticos. (9)

III Pimometro

La medida de la presión inspiratoria es una prueba sencilla que permite evaluar en forma global la fuerza de los músculos respiratorios. Esta prueba mide la presión (en cm. H₂O o mmHg) generada por los músculos respiratorios al realizar una maniobra inspiratoria forzada en contra de una vía aérea ocluida. Esta medida puede ser realizada en diferentes niveles (nariz, esófago y estomago) por medio de la introducción de sondas con balones conectadas a transductores de presión. Sin embargo la más comúnmente realizada por su carácter no invasivo es la medida de la presión en boca que se realiza con una boquilla especial y un adaptador al cual se conecta el transductor de presión. La presión inspiratoria máxima (PIM) es un índice representativo de la fuerza global de los músculos inspiratorios (diafragma e intercostales externos como los más importantes) además de un conjunto de variables como las relaciones de longitud-tensión, frecuencia de estimulación y velocidad de contracción que presentan dichos músculos. El método más común para la medida de estas presiones es el propuesto por Black y Hyatt.

Debe tenerse en cuenta que las maniobras pueden realizarse a diferentes volúmenes pulmonares y por ello los resultados deben ser interpretados cuidadosamente (33).

La medición de las presiones inspiratoria (PIMax) permite evaluar la fuerza de los músculos respiratorios. La PIMax evalúa principalmente la fuerza diafragmática. La medición de las presiones respiratorias máximas (PRM) es sencilla y consiste en que el paciente debe generar la máxima presión inspiratoria (a partir de volumen residual) contra una vía o equipo ocluido.¹⁻³ Con el objetivo de mejorar la calidad y facilitar la realización de la medición de las PRM, revisamos las recomendaciones internacionales^{2, 3} en materia de este procedimiento y emitimos lineamientos locales que contribuyen a un mejor proceso de estandarización (33).

Tabla 1. Contraindicaciones de la medición de las presiones respiratorias máximas.

A. Contraindicaciones absolutas

1. Angina inestable
2. Infarto de miocardio reciente (4 semanas siguientes al evento) o miocarditis
3. Hipertensión arterial sistémica no controlada
4. Neumotórax reciente
5. Posoperatorio de biopsia pulmonar (una semana)
6. Posoperatorio de cirugía abdominal o genitourinaria
7. Incontinencia urinaria

B. Contraindicaciones relativas

1. Presión arterial diastólica en reposo > 110 mmHg o presión arterial sistólica en reposo > 200 mmHg
2. Lesión espinal reciente
3. Lesión ocular reciente
4. Pacientes poco colaboradores o incapaces de realizar la prueba por debilidad, dolor, fiebre, disnea, falta de coordinación o psicosis

(33)

INSTRUCCIONES PARA EL PACIENTE ANTES DE LA PRUEBA

Cuando el paciente acude a solicitar cita para el estudio, se le deben entregar por escrito las siguientes indicaciones para la prueba:

1. Acudir al laboratorio vistiendo ropa cómoda, preferentemente deportiva.
2. No acudir con prendas restrictivas de tórax o abdomen, como chalecos, corsés o ropa muy ajustada.
3. Haber consumido un desayuno ligero.
4. No realizar ejercicio vigoroso cuatro horas previas al estudio.
5. Evitar tabaquismo al menos dos horas antes de la prueba.
6. No es necesario interrumpir la medicación habitual del paciente antes del examen.

Preparación del equipo y del laboratorio de función pulmonar antes de la prueba

1. Los equipos deben estar desinfectados y calibrados de acuerdo a las consideraciones del fabricante y verificar el buen funcionamiento de los mismos.
2. Se debe verificar la calibración de los transductores de presión contra un manómetro (línea de base igual a la presión atmosférica). En la figura 4 observamos la calibración de un equipo portátil con un manómetro graduado en centímetros de agua (cmH₂O).

Preparación del paciente para la prueba



1. El técnico que realiza la prueba se presenta con el paciente y revisa la solicitud.

2. Verifica el nombre completo y fecha de nacimiento del paciente así como el número de identificación.

3. Revisa que no existan

contraindicaciones para la prueba y en caso de identificar alguna, deberá informar al personal médico responsable del laboratorio.

4. Se cerciora que el paciente haya acudido de acuerdo a las recomendaciones; y en caso contrario, informar al personal médico del laboratorio.

5. El técnico explica al paciente el objetivo del procedimiento, la frase más sencilla recomendada es la siguiente: *«La medición de las presiones respiratorias máximas consiste en meter y sacar el aire con toda la fuerza posible, con lo que podremos conocer la fuerza de los músculos que utilizamos para respirar. Realizaremos varias mediciones y cuando tengamos tres mediciones casi iguales habremos terminado. Si usted considera que ya no puede continuar, o tiene alguna molestia como mareo o dolor intenso en el 'pecho, le pedimos nos lo comunique para detener la prueba».*

6. El técnico procede a medir, pesar y hacer el registro del paciente. La estatura se mide en centímetros y con el individuo sin zapatos, en posición completamente erguida, talones juntos y mirando al frente. Para la medición de estatura es recomendable el uso de estadímetros de pared. El peso se mide en una báscula calibrada y se registra en kilogramos en unidades cerradas al 0.5 kg más cercano. La edad se registra en años cumplidos al día de la prueba.

7. En los pacientes que no puedan mantenerse de pie o sufran de deformidad de caja torácica, se puede usar la extensión de los brazos como una estimación de la estatura. Se solicita al paciente que extienda al máximo los brazos en direcciones

opuestas. Se mide la extensión entre el extremo de los dedos medios de cada mano. La estatura se estima para hombres como extensión de brazos en centímetros dividido entre 1.03 y para mujeres dividido entre 1.01. Una vez registrados los datos del paciente y habiéndole explicado el objetivo se procede a la realización del estudio.

PROCEDIMIENTO

La prueba debe realizarse con el sujeto sentado. Se deben utilizar sillas sin ruedas y con soporte para los brazos. Se coloca al sujeto sentado con el tórax y cuello en posición erguida y con ambos pies apoyados sobre el piso. Si se utiliza una posición diferente, ésta debe de registrarse 2, 3,10 ya que en pacientes con EPOC las mediciones obtenidas con inclinación hacia adelante, 11 pueden ser mayores que las obtenidas en la posición en decúbito.

Se explica el procedimiento y se demuestra la prueba en el siguiente orden:

1. El paciente permanecerá sentado durante la prueba (figura 5).
2. Una persona o el mismo paciente, darán soporte a las mejillas, principalmente para la Pemax.2, 3,12
3. Se le colocará una boquilla con filtro en la cual no debe introducir la lengua, ni morderla y tratará de sellar los labios alrededor de la misma.
4. Advierta al paciente que realizar esfuerzos respiratorios intensos puede molestar sus oídos; pero aun así, debe realizar un esfuerzo máximo.
5. Enfatice la necesidad de mantener los labios perfectamente cerrados para evitar fugas.



Figura 5. El paciente realiza la maniobra sentado en una silla sin ruedas, con los pies apoyados en el piso y con el cuerpo en posición erguida.

Medición de la PIMax:

1. Solicite al paciente que exhale suave, pero completamente (con el fin de llegar a volumen residual) y que luego inhale tan fuerte y rápido como le sea posible. La duración de la presión máxima alcanzada debe ser idealmente de 1.5 segundos para poder obtener el promedio de medición durante un segundo.
2. El pico de presión puede ser más alto que la presión de un segundo sostenido, pero se considera que es menos reproducible por lo que se prefiere el promedio de la presión máxima durante un segundo (ATS-ERS 2002).
3. Estimule al paciente para que lo haga con toda la fuerza posible.
4. Ya que los resultados son considerablemente dependientes del esfuerzo del paciente, obtenga tres intentos reproducibles (menos de 10% de diferencia entre los dos de mayor valor) de un máximo de ocho y mínimo de cinco intentos.
5. Permita que el paciente descanse 60 segundos entre un intento y otro.

Complicaciones:

1. Ruptura timpánica
2. Síncope

Figura 6.

- A. Gráfica de la maniobra de PIMax.
- B. Gráfica de la maniobra de PEmax.

Se observan las curvas de las maniobras de presiones respiratorias máximas, la presión pico y el área sombreada, ésta es utilizada para calcular el promedio de presión durante un segundo.

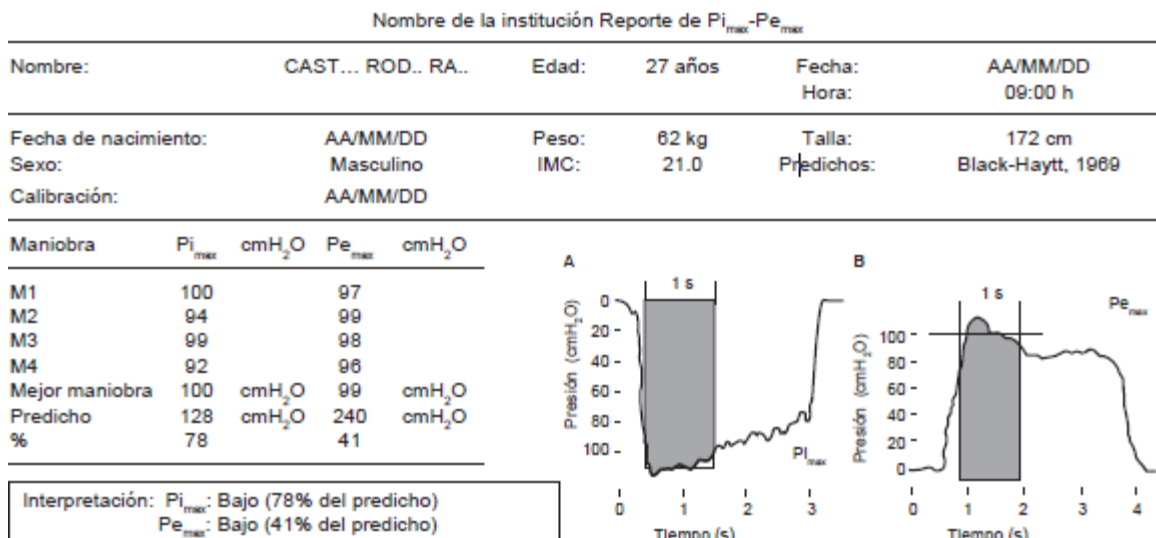


Figura 7. Se muestra ejemplo de informe de resultados.

INFORME DE LOS RESULTADOS

1. El informe debe incluir los datos demográficos de cada paciente.
2. Los resultados de los valores medidos para la PIMax y PEmax se expresan usualmente en cmH₂O.

3. Se informará el mayor de tres intentos reproducibles teniendo en cuenta que se deben de eliminar los picos de presión registrados menores a un segundo de duración.
4. Los datos se presentan en valor absoluto y como porcentaje de predichos.

INTERPRETACIÓN

Distintos grupos de investigación han informado valores normales de PRM en niños, adolescentes y adultos, 13-16 y se ha observado una gran variabilidad en los puntos de corte o ecuaciones de referencia entre los diferentes grupos étnicos, lo cual podría resultar en falsos positivos y falsos negativos. Se considera que además de las diferencias entre los grupos étnicos, existen otros determinantes de los valores de las PRM como son la fuerza de los músculos respiratorios, la fuerza de retroceso elástico pulmonar, el crecimiento diferencial de las vías respiratorias, la distensibilidad de la pared torácica y las dimensiones del tórax.¹⁷ Otros aspectos importantes a considerar en los valores de referencia publicados son: el equipo utilizado, el tipo de boquilla, la posición para realizar la maniobra y las variables antropométricas incluidas en la ecuación.

De tal manera que la interpretación de los resultados debe ser cuidadosa y siempre debe realizarse tomando en cuenta la historia clínica, la patología del paciente y las condiciones fisiológicas que pueden ser determinantes en el momento de realizar el examen (hiperinflación o volúmenes pulmonares pequeños)

En la interpretación deben tenerse en cuenta los porcentajes de los valores medidos con relación a las ecuaciones de referencia, considerándose normal las medidas > 80% del valor predicho o que se encuentren por arriba del límite inferior de la normalidad.^{12,18} Otra propuesta de interpretación es considerar puntos de corte en valores absolutos, un valor de PIMax (medida a partir del volumen residual [VR]) igual o mayor a 75 cmH₂O para hombres y 50 cmH₂O para mujeres es considerado como «normal», y para la PEMax (medido a partir de la capacidad pulmonar total [CPT]) un valor igual o mayor de 100 cmH₂O para hombres y de 80

Tabla 3. Ecuaciones de Black y Hyatt.¹⁵

	Mujer	Hombre
$P_{i_{max}}$ (cmH ₂ O)	104 - (0.51 x edad)	143 - (0.55 x edad)
$P_{e_{max}}$ (cmH ₂ O)	170 - (0.53 x edad)	268 - (1.03 x edad)

Tabla 4. Ecuaciones de predicción para presiones respiratorias máximas en adultos (de 18 a 50 años) y en niños (7-17 años).¹³

Grupo	$P_{i_{max}}$ (cmH ₂ O)	$P_{e_{max}}$ (cmH ₂ O)
Hombres	142 - (1.03 x edad)*	180 - (0.91 x edad)*
Mujeres	-43 + (0.71 estatura) [‡]	3.5 + (0.55 x estatura) [‡]
Niños	44.5 + (0.75 x peso) [§]	35 + (5.5 x edad)*
Niñas	40 + (0.57 x peso) [§]	24 + (4.8 x edad)*

*Edad en años, [‡]Estatura en cm, [§]Peso en kg.

Los valores obtenidos de PIMax y PEMax se expresan en valores absolutos y en porcentaje de lo normal según valores de referencia esperados según la edad y sexo determinados por Szeinbergtabla2 (33).



El instrumento a utilizar para nuestro estudio es un pimometro anaeroide DHD Medical 55-0120 (New York, USA) calibrado en centímetros de agua (0 a -200 cmH₂O). Y para el cual utilizaremos la siguiente tabla:

I. Contreras y cols

Edad (años)	N por grupo etéreo Mujeres/Hombres	Plmáx (cmH ₂ O) Hombres	PEmáx (cmH ₂ O) Hombres	Plmáx (cmH ₂ O) Mujeres	PEmáx (cmH ₂ O) Mujeres
6 - 8	152/121	91,67 ±20,88	116,00 ±20,65	84,58 ±22,96	108,84 ±21,93
9 - 11	232/130	105,78 ±25,53	139,18 ±32,765	93,74 ±23,81	117,70 ±24,43
12 - 14	191/188	115,16 ±28,06	155,89 ±32,52	95,58 ±27,92	123,02 ±25,00
15 - 18	195/189	125,40 ±35,64	165,60 ±33,19	94,89 ±30,72	121,15 ±24,24

cmH₂O para mujeres¹⁵ (tabla 3). Otros valores de referencia propuestos se observan en la tabla 4 (33).

1.- PIMax, esfuerzo inspiratorio máximo desde el volumen residual, según la técnica descrita por black and Hyatt

Los valores obtenidos de PIMax y PEMax se expresan en valores

Capítulo III

Diseño Metodológico

Paradigma de la investigación.

Investigación con enfoque cuantitativo. Paradigma interpretativo.

Alcance y diseño de la investigación.

La propuesta es con un enfoque correlacional. Ya que busca conocer la relación o grado de asociación que exista entre los valores obtenidos de PIMax entre dos colegios de provincias distintas en el contexto de los niveles de contaminación ambiental entre dos provincias, en este caso poder determinar diferencias entre los valores obtenidos en una escuela de la provincia de Santiago que posee malos indicadores de la calidad del aire con los valores obtenidos en una escuela de la provincia de Melipilla, provincia que posee mejores indicadores de calidad del aire.

La utilidad principal de este estudio es saber cómo se puede comportar una variable (resultados de PIMax) al conocer el comportamiento de la variable vinculada como lo es la contaminación ambiental.

Lo que busca esta investigación es saber el grado de asociación entre valores elevados de contaminación ambiental y valores de fuerza de músculos respiratorios. Por lo mismo, se espera que la relación sea positiva, ya que al estar expuestos a índices más elevados de contaminación ambiental la tendencia sería a presentar valores más altos de fuerza de músculos respiratorios.

En esta investigación el tipo de diseño corresponde a no experimental transversal. A su vez, es de tipo transeccional o transversal ya que la toma de datos será efectuada una sola vez a cada grupo, para luego realizar su respectivo análisis.

En nuestra investigación no se genera ninguna situación, sino que se observa una situación ya existente, que corresponde a nuestra variable independiente “contaminación ambiental”, por ende los factores que la modifican no son de nuestra competencia. Como es una variable que no podemos modificar, nuestra investigación consiste en medir si el antecedente de exposición a inhalación prolongada (5 años) a este agente potencialmente deletéreo, condiciona los valores de pimometría de dos grupos de escolares provenientes de dos provincias de la Región Metropolitana con valores distintos de contaminación ambiental.

Población y muestra.

El universo corresponde a escolares educación básica, la población escolares de octavo básico y la muestra está representada por los escolares que cumplan con los criterios de inclusión de dos colegios de provincias de la Región Metropolitana.

Tipo de muestra no probabilística. La elección de los elementos no va a depender de la probabilidad, sino de causas relacionadas con las características de la investigación. Para esta investigación tomaremos una muestra de escolares de octavo básico de colegio de la provincia de Melipilla con niveles bajos de exposición a contaminación ambiental y otra muestra de escolares de octavo básico de colegio de la provincia de Santiago con niveles altos de exposición a contaminación ambiental. Ambos grupos deberán cumplir los siguientes criterios de inclusión u exclusión.

Criterios de inclusión

- Alumnos de octavos básicos.
- Alumnos cuya edad sea de 13 y 14 años.
- Alumnos con consentimiento informado aceptado y entregado por apoderados.
- Alumnos con encuesta respondida por padres.
- Los alumnos participantes deben residir en dichas provincias.
- Los alumnos deben haber residido mínimo 5 años en dichas provincias.

Criterios de exclusión

- Alumnos con patología respiratoria de base.
- Alumnos que no vayan en octavo básico.
- Alumnos cuya edad no sea entre los 13 y 14 años.
- Alumnos con el consentimiento informado entregado y no aceptado.
- Alumnos cuyos padres no hayan respondido encuesta.
- Alumnos que no residan en dichas provincias.
- Alumnos que han residido menos de 5 años en dichas provincias.
- Alumnos que no deseen participar en la investigación.

Variables de estudio.

Variable independiente

Contaminación ambiental.

Variables dependientes

Presión Inspiratoria Máxima (PIMax)

Instrumentos de recopilación de datos

- Pimometro

Metodología de aplicación de instrumentos

La medida de la presión inspiratoria máxima es una prueba sencilla que permite evaluar en forma global la fuerza de los músculos respiratorios. Esta prueba mide la presión (en cm. H₂O o mmHg) generada por los músculos respiratorios al realizar una maniobra inspiratoria forzada en contra de una vía aérea ocluida. Esta medida puede ser realizada en diferentes niveles (nariz, esófago y estomago) por medio de la introducción de sondas con balones conectadas a transductores de presión. Sin embargo la más comúnmente realizada por su carácter no invasivo es la medida de la presión en boca que se realiza con una boquilla especial y un adaptador al cual se conecta el transductor de presión. La presión inspiratoria máxima (PIMax) es un índice representativo de la fuerza global de los músculos inspiratorios (diafragma e intercostales externos como los más importantes).

Descripción de procedimientos de análisis.

Los resultados que se obtengan serán comparados entre ambos grupos de escolares y además con la tabla de presión inspiratoria y presión espiratoria máxima en niños y adolescentes chilenos sanos de I. Contreras y cols. Santiago, Chile.

Edad (años)	N por grupo etáreo Mujeres/Hombres	PI _{máx} (cmH ₂ O) Hombres	PE _{máx} (cmH ₂ O) Hombres	PI _{máx} (cmH ₂ O) Mujeres	PE _{máx} (cmH ₂ O) Mujeres
6 - 8	152/121	91,67 ±20,88	116,00 ±20,65	84,58 ±22,96	108,84 ±21,93
9 -11	232/130	105,78 ±25,53	139,18 ±32,765	93,74 ±23,81	117,70 ±24,43
12 - 14	191/188	115,16 ±28,06	155,89 ±32,52	95,58 ±27,92	123,02 ±25,00
15 - 18	195/189	125,40 ±35,64	165,60 ±33,19	94,89 ±30,72	121,15 ±24,24

Instrumento y procedimiento

Para la evaluación de la presión inspiratoria se ocupara un vacuometro anaeroide de rango 0 - 200 CmH₂O

Pauta de evaluación para la toma de presión inspiratoria máxima.

Esta se realizara por tres evaluadores en donde evaluador 1 se encargara de recibir asentimiento contestada por alumnos in situ e ira ordenando a los sujetos, evaluador 2 registrara datos y evaluador 3 tomara PIMax al grupo de forma individual y en posición sedente con tórax, cabeza y cuello erguidos en silla, de preferencia con apoya brazos, con pies apoyados en el suelo, con sujetos sanos en condiciones basales.

A los sujetos de estudio se les agrupara e informara turno evaluador uno una vez que pasen a la toma de pimometría evaluador tres indicara que tomen asiento de la forma antes descrita, se le mostrara pimometro, luego boquilla se pondrá en instrumento explicando que esta debe ser colocada entre sus labios impidiendo escape de aire y tocar con lengua para luego respirar normalmente hasta que evaluador tres indique que bote lento y suavemente el aire, al terminar de botar aire se incentiva a tomar aire y registro se le indicara a evaluador dos.

Procedimiento a seguir

- I.- Pacientes sentados durante la prueba.
- II.- Se colocara boquilla circular de cartón desechable entre los labios sin poner la lengua ni morder para sellar con los labios alrededor de la misma.
- III.- Hincapié en la necesidad de mantener labios cerrados para evitar fugas.

IV.- 2-3 ciclos respiratorios, con llave de tres pasos abierta para finalizar evaluando.

Este procedimiento se expondrá a la población de estudio para afinar técnica.

Medición de la presión inspiratoria máxima.

I.- Bloquear rama inspiratoria de la llave de tres pasos.

II.- Solicitar al sujeto que exhale suave y profundamente hasta volumen residual, para luego inhalar tan fuerte y rápido como sea posible y mantenida un segundo.

III.- Estimulación verbal al sujeto para que ejecute con máxima presión.

IV.- Permitir 1 minuto de descanso entre pruebas.

V.- Obtención de un mínimo de tres intentos aceptables por parte del evaluador 3 (5% de reproducibilidad).

Para luego contrastar los resultados con la tabla de referencia diseñada por Contreras y cols. Con valores de referencia de PIMax en niños chilenos sanos.

Es por este motivo que se utiliza esta tabla ya que en la investigación, la muestra corresponde a niños chilenos sanos. Además los autores sugieren el uso de esta tabla de referencia a nivel nacional.

Edad (años)	N por grupo etáreo Mujeres/Hombres	PImax (cmH2O) Hombres	PEmáx (cmH2O) Hombres	PImax (cmH2O) Mujeres	PEmáx (cmH2O) Mujeres
6 - 8	152/121	91,67 ±20,88	116,00 ±20,65	84,58 ±22,96	108,84 ±21,93
9 -11	232/130	105,78 ±25,53	139,18 ±32,765	93,74 ±23,81	117,70 ±24,43
12 - 14	191/188	115,16 ±28,06	155,89 ±32,52	95,58 ±27,92	123,02 ±25,00
15 - 18	195/189	125,40 ±35,64	165,60 ±33,19	94,89 ±30,72	121,15 ±24,24

CONTRERAS Y COLS. NEUMOLOGIA PEDIATRICA VOL 3 (1) 2008.

Capítulo IV

Análisis de Resultados

En el siguiente cuadro se registran los valores normales de PIMax según Contreras y cols. Para niños chilenos según rango etario de estudio:

Valores Normales de Pimax Según Contreras y cols. Niños 12 a 14 años.	
Hombres	Mujeres
115,16 ± 28,06	95,58 ± 27,92
87,1 - 143,22	67,66 - 123,5

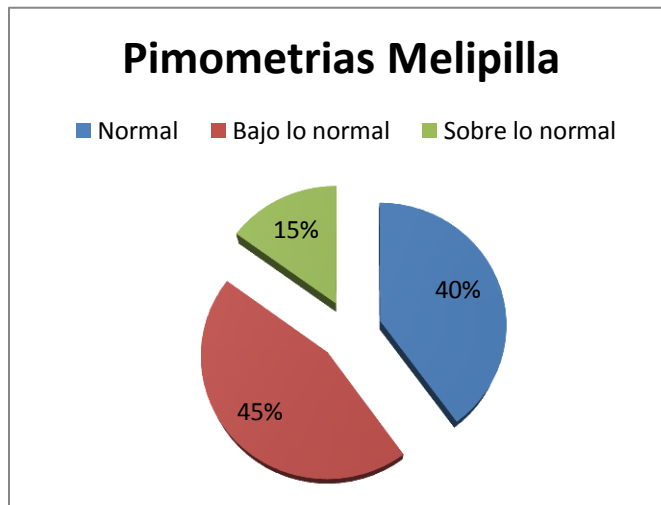
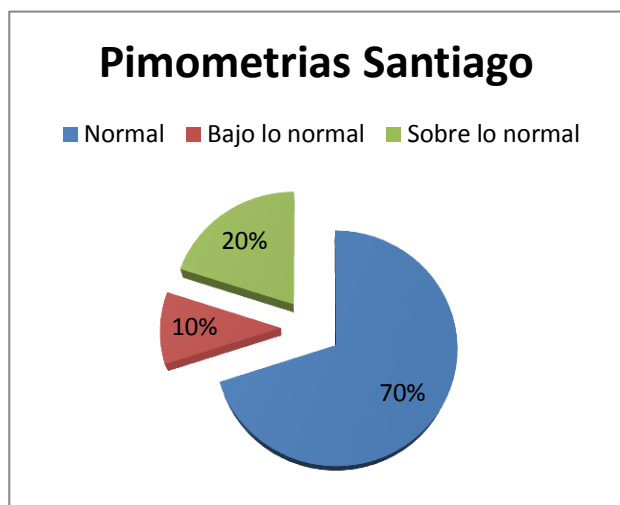
Para la variable dependiente de estudio que corresponde a Presión Inspiratoria Máxima (PIMax) se tienen los siguientes datos:

Presión Inspiratoria Máxima Melipilla	
Hombres	Mujeres
60	40
62	50
70	54
84	55
89	56
117	72
120	78
135	87
155	108
-	125
-	130
99	78

Presión Inspiratoria Máxima La Reina	
Hombres	Mujeres
79	61
100	70
102	81
107	86
120	91
122	93
135	105
140	165
143	-
145	-
150	-
160	-
125	94

Se evaluó la PIMax de 40 escolares, 20 pertenecientes a la comuna de La Reina en la provincia de Santiago y 20 escolares de la comuna de María Pinto de la provincia de Melipilla.

De las 20 pimometrías de los escolares de la comuna de La Reina en Santiago, 14 estaban dentro del rango de normalidad (70%), 2 estaban bajo (10%) y 4 estaban sobre los valores normales (20%). De la pimometría de los escolares de la comuna de María Pinto de Melipilla, 8 estaban dentro del rango de normalidad (40%), 9 estaban bajo (45%) y 3 estaban por sobre el valor normal (15%).



De lo anterior se desprende que de los escolares de Santiago un 90% está en la normalidad o lo supera, por lo que existe solo un 10% que está por debajo y del mismo modo en Melipilla un 55% está en rango normal o lo supera por lo que un 45% está por debajo de lo esperado.

Lo que se busca con las pimometría es objetivar la fuerza de la musculatura inspiratoria del aparato respiratorio. Por consecuencia con los resultados obtenidos se afirma que los escolares de Santiago tienen una mayor fuerza de sus músculos inspiratorios. El valor promedio de PIMax Hombres en Santiago fue de 125 cm de H₂O mientras que el de Melipilla fue de 99 cm de H₂O. Por su parte el valor promedio de PIMax Mujeres para Santiago fue de 94 cm de H₂O mientras que para Melipilla fue de 78 cm de H₂O.

Para la variable independiente de estudio que corresponde a contaminación ambiental se tienen las siguientes tablas:

	Material Particulado 2,5	
	La Florida	Talagante
Enero	18	12
Febrero	20	20
Marzo	19	17
Abril	33	24
Mayo	54	46
Junio	54	57
Julio	54	55
Agosto	37	24
Septiembre	27	24
Octubre	17	15
Noviembre	15	8
Diciembre	16	9
Promedio	30,3	25,9

	Material Particulado 10	
	La Florida	Talagante
Enero	56	36
Febrero	56	46
Marzo	70	44
Abril	88	58
Mayo	103	72
Junio	119	90
Julio	97	70
Agosto	65	39
Septiembre	52	38
Octubre	39	28
Noviembre	39	28
Diciembre	52	32
Promedio	69,7	48,4

De ellas se desprende que tanto el MP 2,5 y el MP 10 de la estación de monitoreo de La Florida está por sobre los valores de la estación de monitoreo de Talagante. Por lo que se afirma que los escolares de Santiago están expuestos a niveles de contaminación ambiental superiores a los que están expuestos los escolares de la Provincia de Melipilla.

Coeficiente de correlación

Al relacionar la variable independiente (MP 2,5 y MP 10) con la variable dependiente (PIMax) en ambas provincias, se obtuvo relación positiva perfecta para todas las pruebas (véase anexo 5) lo que es indicativo de relación directa entre las variables de estudio.

Discusión

El análisis de los resultados permitió responder la pregunta planteada, la contaminación ambiental si tiene un impacto en la fuerza de la musculatura inspiratoria, y esto queda en evidencia por el incremento de la presión inspiratoria máxima del grupo estudio expuesto a niveles de contaminación ambiental más elevados. Los escolares de Santiago poseen una mayor fuerza de la musculatura respiratoria en comparación con sus pares de Melipilla, esto se explica porque en Santiago al estar expuestos a niveles altos de contaminación ambiental, el aparato respiratorio de estos niños está expuesto a un grado de obstrucción de la vía aérea como lo mencionan un grupo de investigadores de la universidad de Antioquia, Colombia Medellín, hecho en adultos (34) y el de la Universidad de magdalena realizado con niños de 6 a 14 años donde se evidenciaron signos y síntomas del tracto respiratorio superior y alteración de la función pulmonar (vef1/cvp) (35). Este escenario es distinto para los escolares de la comuna de María Pinto, en donde los valores de material particulado son bajos, por lo que sus habitantes no desarrollan este grado de obstrucción de la vía aérea.

Esta obstrucción solicita más la mecánica ventilatoria como lo indicado por un subtítulo de la página web de la escuela de medicina de la pontificia universidad católica de chile (36). Lo que le agrega lógica a la media más alta para PIMax de los alumnos de la provincia de Santiago.

Bajo el mismo análisis se da respuesta a la pregunta investigativa, de la cual se deduce que la presión inspiratoria máxima es directamente proporcional al nivel de contaminación ambiental. Al existir valores altos de contaminación ambiental existen valores altos de presión inspiratoria máxima. Y quizás el término “alto” este mal utilizado ya que en Santiago un 70% de la muestra obtuvo valores normales de PIMax y solo un 10% estuvo por debajo, en cambio en Melipilla un 40% obtuvo valores normales y un 45% estuvo por debajo, esto según tabla de referencia de Contreras y cols. Sugerida para niños chilenos, esto podría suceder

producto de que en la provincia de Melipilla al haber índices aceptables y/o menores ($63 \mu / m^3$ de MP diario) según anteproyecto de ministerio de medio ambiente publicado en diario oficial de la republica de chile (37) no se desarrollan niveles significativos de obstrucción lo que lleva a un menor esfuerzo ventilatorio basado en citas anteriores.

Si bien esta investigación presenta debilidades, como por ejemplo, que la cantidad de participantes es baja o que se podría llegar a mejores conclusiones si se complementara con pruebas de función pulmonar (Espirometría, vef^1) o con exámenes de gases arteriales, también cuenta con fortalezas, son pocos los estudios nacionales que abordan esta temática de la contaminación ambiental y la fuerza de la musculatura respiratoria en sujetos sanos, así por lo tanto, no se da lugar a la necesidad de seguir dando énfasis a las políticas públicas que abordan el control de los niveles de contaminación ambiental en los meses críticos y poder llegar a disminuir los $50 \mu / m^3$ de MP diarios que se proponen para 2016 (37).

Conclusión

La contaminación ambiental tiene un impacto real en el desarrollo de la fuerza de la musculatura inspiratoria del aparato respiratorio. Siendo directamente proporcional a los niveles de contaminación, es decir, a mayor contaminación ambiental mayor será la fuerza de esta musculatura y a menor contaminación ambiental menor será la fuerza de los músculos inspiratorios.

Esto se debe a que al estar sometidos a mayor contaminación ambiental, el sistema respiratorio debe esforzarse más para captar la demanda de oxígeno necesaria para el metabolismo normal, mientras que cuando se está expuesto a aire más limpio lo hace de manera más eficiente.

Santiago si represento valores más altos de contaminación atmosférica, como se dijo anteriormente por sus características geográficas más el cumulo de sectores industriales y al aumento explosivo del parque automotriz, digno de una ciudad en vías de desarrollo, pero que contempla un gasto en salud que no deja de ser.

Por otro lado se ratifican las hipótesis, en donde la contaminación ambiental tiene un impacto real en la fuerza de los músculos inspiratorios por tanto, la exposición prolongada a niveles altos de contaminación ambiental permite el óptimo desarrollo de la fuerza de estos músculos, esto contrastado con los valores de referencia de contreras y los resultados de PIMax de Santiago.

Queda abierta la posibilidad de generar debate acerca del tema y que en estudios futuros si incluyan pruebas de función pulmonar como la Espirometría y análisis de gases en sangre con el fin de que los resultados sean aún más significativos al relacionar la PIMax o fuerza del sistema con la movilización de volúmenes y evaluación de capacidades (mecánica ventilatoria) más gases en sangre en torno a la contaminación atmosférica.

Bibliografía

1. Artículo, (S.F),Contaminación Atmosférica
2. Asesorías en ingeniería ambiental Pedro Alex Sanhueza Herrera E.I.R.L.,2006, estudio básico análisis efecto en salud por material particulado respirable (PM10) y ozono (O₃) en la VI región
3. Biblioteca del Congreso Nacional de Chile, 2011, decreto 20, Ministerio del Medio Ambiente, establece Norma Primaria de Calidad para Material Particulado Respirable Mp10, en especial de los Valores que Definen Situación de emergencia de rogia decreto N°59, de 1998 del Ministerio Secretaria General de la Presidencia
4. Características y Propiedades Ciencias de la Naturaleza, Teresa Ibáñez y Fernando Moya (S.F.) nivel I, la Atmosfera 2.1
5. Claudio Vargas R,2011,Minsal, efecto de la Fracción Gruesa (Pm10-2.5)dl Material Particulado Sobre la Salud Humana
6. Compendio estadístico, 2010, estadísticas del Medio Ambiente
7. Contaminación Ambiental en Santiago, Memoria Chilena (2015) (<http://www.memoriachilena.cl/602/w3-article-3507.html>)
8. Daniel Zenteno, Homero Puppo, Roberto Vera, Rodrigo Torres, Chung-Yang Kuo, Pamela Salinas, Francisco Prado, (S.F.). Guías de rehabilitación para niños con enfermedades respiratorias crónicas
9. E. Cruz Mena y R. Moreno Bolton, 2008 Bases Morfológicas de la función Respiratoria, Capítulo I pág. 1-8
- 10.E. Cruz Mena y R. Moreno Bolton, 2008 Mecánica Ventilatoria, Aparato Respiratorio, Fisiología Clínica, Capitulo II pág. 9-37
- 11.Gobierno de Chile, 2014, Ministerio del Medio Ambiente, Plan de Descontaminación Atmosféricas
- 12.Gerardo Alvarado, 2007, Centro Nacional del Medio Ambiente , estudio Diagnostico Fuentes de emisión Responsable dl Material Particulado Respirable, Mp10 en Rancagua
- 13.Glosario de términos Calidad del Aire

14. Instituto Nacional de Estadísticas Chile, 2014, Medio Ambiente
15. Inzunza O. Salgado G. Baeza J. (S.F). Aparato respiratorio. Escuela de Medicina Pontífice Universidad Católica de Chile: Departamento de Anatomía
(http://escuela.med.puc.cl/paginas/Departamentos/Anatomia/PortalKineNut/html/respiratorio/superior_respiratorio.html)
16. Inzunza O. Salgado G. Baeza J. (S.F). Aparato respiratorio. Escuela de Medicina pontífice Universidad Católica de Chile: Departamento de Anatomía
(http://escuela.med.puc.cl/paginas/Departamentos/Anatomia/PortalKineNut/html/respiratorio/pulmones_respiratorio.html)
17. Inzunza O. Salgado G. Baeza J. (S.F). Aparato respiratorio. Escuela de Medicina Pontífice Universidad Católica de Chile: Departamento de Anatomía
(http://escuela.med.puc.cl/paginas/Departamentos/Anatomia/PortalKineNut/html/respiratorio/inferior_respiratorio.html)
18. Juan Céspedes, Mónica Gutiérrez, Manuel Oyarzun, 2010, Revista Chilena Enfermedades Respiratorias, Flujiometria n la Practica d Atención Primaria
19. Kim Gehle, MD, MPH, 2007, División de toxicología y Medicina Ambiental de la ATSDR
20. La contaminación Atmosférica en la Historia de la Humanidad, Población (S.F.), (http://www7.uc.cl/sw_educ/contam/frpoblac.htm)
21. La contaminación Atmosférica en Santiago Memoria Chilena, 2015
(<http://www.memoriachilena.cl/602/w3-article-3507.html>)
22. Manuel Oyarzun G, (S.F), Contaminación Aérea y sus efectos en la Salud
23. Manuel Oyarzun G, Nelson Dussaubat D, M Eugenia Miller A. Silvia Labra J, Sergio González B, 2011, Pontífice Universidad Católica de Chile, Departamento de Anatomía Patología, efectos Pro inflamatorios de la Contaminación Atmosférica
24. Mario Muñoz V, (S.F), La Contaminación Atmosférica en Santiago Impacto sobre la salud de la población

25. Ministerio Secretaría General de la Presidencia de la República, 2001, D.S. N° 59, Norma de Calidad Primaria Para Material Particulado Respirable MP10
26. Organización Mundial de la Salud (S.F). 7 Millones de Muertes al año página principal (<http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2014/air-pollution/es/>)
27. Organización Mundial de la Salud (S.F). Calidad del aire Exterior y Salud página principal (<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs313/es/>)
28. Organización Mundial de la Salud (S.F). Cambio Climático y Salud página principal (<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs266/es/>)
29. Raúl O´Ryan, Luis Larraguibel, (S.F), Contaminación del Aire en Santiago ¿qué es, que se ha hecho, que falta?
30. República de Chile, 2013, Ministerio del Medio Ambiente Consejo de Ministros para la Sustentabilidad, acuerdo N°1
31. Síntesis de resultado, Instituto Nacional de Estadística de Chile, 2012 página Principal
32. Tania Gavidia, Jenny Pronczuk, Peter D, SLY, 2009, Impactos ambientales sobre la salud respiratoria de los niños. Carga global de las enfermedades respiratorias pediátricas ligada al ambiente
33. Uri de Jesús Mora-Romero, Laura Gochicoa-Rangel, Selene Guerrero-Zúñiga, Silvia Cid-Juárez, Mónica Silva-Cerón, Isabel Salas-Escamilla, Luis Torre-Bouscoulet, 2014 Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias Ismael Cosío Villegas, Ciudad de México, Presiones inspiratoria y espiratoria máximas: Recomendaciones y procedimiento.
34. Ana Marcela Muñoz, John Jairo Paz, Carlos Mario Quiroz. 2007. Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia. Efectos de la contaminación atmosférica sobre la salud de adultos que laboran en diferentes niveles de exposición.
35. Lidice Alvarez Miño, Alexander Salazar Ceballos. Revista Española Salud Pública 2013. Síntomas respiratorios y función pulmonar en niños de 6 a 14 años de edad y su relación con la contaminación ambiental por material

particulado PM10 en Santa Marta, Colombia.

36. Pontificia Universidad Católica de Chile, Escuela de Medicina.
(<http://escuela.med.puc.cl/publ/Aparatorespiratorio/14PatronesFuncionales.html>).

37. Diario Oficial de la República de Chile. Lunes 9 de Mayo 2011. (
<http://www.mma.gob.cl/transparencia/mma/doc/D12.pdf>)

Anexos

Anexo 1 Carta Autorización Colegio de La Reina.



UNIVERSIDAD UCINF
FACULTAD DE SALUD
PROGRAMA DE LICENCIATURA EN KINESIOLOGÍA

Santiago, 06 de Noviembre de 2015

Sra. Silvia Fernández.
Colegio José Arrieta
Su despacho.-

Ante todo reciba un afectuoso saludo.

La presente tiene como finalidad solicitar formalmente su autorización para realizar en la Institución que usted dirige, el desarrollo de un proyecto de investigación de tesis de grado sobre temáticas referidas al ámbito de salud, en aras de generar un impacto real en la comunidad.

Los objetivos propuestos en el proyecto de Investigación "Impacto de la contaminación ambiental en valores de presión inspiratoria máxima y presión espiratoria máxima en un grupo de escolares de octavo básico sanos, de dos provincias distintas de la región Metropolitana." son los siguientes:

- Caracterizar bio-socio-demográficamente a los sujetos que participen en el estudio.
- Evaluar la presión inspiratoria máxima y presión espiratoria máxima en el grupo de estudio.
- Comparar los valores de la presión inspiratoria máxima y presión espiratoria máxima en el grupo de estudio, según zona de residencia.

Para la ejecución del proyecto se necesitará la autorización de los apoderados y el asentimiento de los alumnos. Para el desarrollo de la Investigación, se contará con la asesoría de expertos disciplinares y de las siguientes estudiantes del programa de Licenciatura de Kinesiología; Tamara Yasmin Silva Huencho, Rut 16.291.263-1, Oscar Alexis Cisterna Harris, Rut 17.103.460-4 y Mauricio Andrés Martínez Anderson, Rut 17.008.664-3.

Esperando su máxima colaboración, me despido
Atenta a sus comentarios,

María Paulina Aldunate Riedemann
Directora
Kinesiología, Universidad UCINF

Anexo 2 Carta Autorización Colegio María Pinto.



UNIVERSIDAD UCINF
FACULTAD DE SALUD
PROGRAMA DE LICENCIATURA EN KINESIOLOGÍA

Santiago, 06 de Noviembre de 2015

Sra. Judith Serrano
Colegiode F-860 María Pinto
Su despacho.-

Ante todo reciba un afectuoso saludo.

La presente tiene como finalidad solicitar formalmente su autorización para realizar en la Institución que usted dirige, el desarrollo de un proyecto de investigación de tesis de grado sobre temáticas referidas al ámbito de salud, en aras de generar un impacto real en la comunidad.

Los objetivos propuestos en el proyecto de investigación "Impacto de la contaminación ambiental en valores de presión inspiratoria máxima y presión espiratoria máxima en un grupo de escolares de octavo básico sanos, de dos provincias distintas de la región Metropolitana." son los siguientes:

- Caracterizar bio-socio-demográficamente a los sujetos que participen en el estudio.
- Evaluar la presión inspiratoria máxima y presión espiratoria máxima en el grupo de estudio.
- Comparar los valores de la presión inspiratoria máxima y presión espiratoria máxima en el grupo de estudio, según zona de residencia.

Para la ejecución del proyecto se necesitará la autorización de los apoderados y el asentimiento de los alumnos. Para el desarrollo de la investigación, se contará con la asesoría de expertos disciplinares y de las siguientes estudiantes del programa de Licenciatura de Kinesiología; Tamara Yasmin Silva Huencho, Rut 16.291.263-1, Oscar Alexis Cisterna Harris, Rut 17.103.460-4 y Mauricio Andrés Martínez Anderson, Rut 17.008.664-3.

Esperando su máxima colaboración, me despido
Atenta a sus comentarios,


María Paulina Aldunate Riedemann
Directora
Kinesiología, Universidad UCINF



Anexo 3 Consentimiento apoderados.

CONSENTIMIENTO

Estimado(a) Apoderado(a)

Por medio de la presente, los Alumnos de quinto año de Kinesiología de la Universidad UCINF, Oscar Cisternas – Mauricio Martínez - Tamara Silva, le solicitan autorización para que su Pupilo participe en una investigación de Tesis. Esta consiste en evaluar si la contaminación ambiental influye en la fuerza de la musculatura que está involucrada en la respiración de sus hijos que se encuentran cursando 8vo básico, esto se realizara en un colegio de la provincia de Santiago (COLEGIO JOSÉ ARRIETA) y un colegio de la provincia de Melipilla (COLEGIO F-860 MARIA PINTO). Para esto se realizará una prueba simple, en la cual el niño solo tendrá que soplar a través de una boquilla que está conectada a un barómetro el cual mide la presión que se genera en la boca al movilizar el aire.

Para esto es importante conocer algunos datos:

- | | |
|---|-------------|
| ¿Su pupilo tiene alguna enfermedad respiratoria? | Si___ No___ |
| ¿Su pupilo vive hace 5 años en esta ciudad? | Si___ No___ |
| ¿Su pupilo realiza algún deporte de manera regular? | Si___ No___ |
| ¿Su pupilo tiene entre 13 y 14 años? | Si___ No___ |

Autorizo a que mi pupilo participe de esta investigación.

Nombre Alumno: _____

Nombre Apoderado: _____

Firma Apoderado

Anexo 4 Asentimiento Alumnos

A S E N T I M I E N T O

Yo alumno del octavo básico del colegio José Arrieta de La Reina, estoy de acuerdo en participar y colaborar con la investigación del proyecto de tesis del grupo 23 de la Universidad UCINF.

A S E N T I M I E N T O

Yo alumno del octavo básico del colegio F-860 de María Pinto, estoy de acuerdo en participar y colaborar con la investigación del proyecto de tesis del grupo 23 de la Universidad UCINF.]

Anexo 5 Estadística

Variable Dependiente PIMax La Reina (Hombres)

	Lim Inf	Lim Sup	x_i	n_i	F	f	f %	$x_i \cdot n_i$	$x_i - \bar{X}$	$(x_i - \bar{X}) \cdot n_i$	$(x_i - \bar{X})^2 \cdot n_i$
	79	95	87	1	1	0,08	8,3	87,1	-38	-38	1444
	95	111	103	3	4	0,25	25,0	309,9	-22	-66	1452
	111	128	120	2	6	0,17	16,7	239	-5	-10	50
	128	144	136	3	9	0,25	25,0	407,1	11	33	363
	144	160	152	3	12	0,25	25,0	455,7	27	81	1187
TOTAL				12		1	100	1498,8		0	4496

Mejor PIMAX
79
100
102
107
120
122
135
140
143
145
150
160

N	12
K	5
R	81
A	16
media	125
mediana	130,0
Q1	126,25
Q3	138,4
RI	12
Dm	0,00
S ²	408,73
S	20,22

Intervalo alrededor de la media		
X-2s		X+2s
84		165

Variable Dependiente PIMax La Reina (Mujeres)

	Lim Inf	Lim Sup	x_i	n_i	F	f	f%	$x_i \cdot n_i$	$x_i - \bar{X}$	$(x_i - \bar{X}) \cdot n_i$	$(x_i - \bar{X})^2 \cdot n_i$
	61	87	74	4	4	0,5	50	296	-19	-76	23104
	87	113	100	3	7	0,375	37,5	300	7	21	147
	113	139	126	0	7	0	0	0	33	0	0
	139	165	152	1	8	0,125	12,5	152	59	59	3481
TOTAL				8		1	100	748		4	26732

Mejor PIMAX
61
70
81
86
91
93
105
165

N	8
K	4
R	104
A	26
media	93
mediana	103,2
Q1	78
Q3	96
RI	18
Dm	0,50
S ²	3818,86
S	61,80

Intervalo alrededor de la media		
X-2s		X+2s
-30		217

Variable Dependiente Melipilla (Hombres)

	Lim Inf	Lim Sup	x_i	n_i	F	f	f%	$x_i \cdot n_i$	$x_i - \bar{X}$	$(x_i - \bar{X}) \cdot n_i$	$(x_i - \bar{X})^2 \cdot n_i$
	60	84	72	3	3	0,33	33,3	216	-32	-96	27648
	84	108	96	2	5	0,22	22,2	192	-8	-16	512
	108	132	120	2	7	0,22	22,2	240	16	32	2048
	132	156	144	2	9	0,22	22,2	288	40	80	12800
TOTAL				9		1	100	936		0	43008

MEJOR PIMAX
60
62
70
84
89
117
120
135
155

K	4
R	95
A	24
media	104
mediana	108
moda	78
Q1	70
Q3	120
RI	50
Dm	0,00
S^2	5376,00
S	73,32

Intervalo alrededor de la media		
X-2S		X+2S
-43		251

Variable Dependiente Melipilla (Mujeres)

	Lim Inf	Lim Sup	x_i	n_i	F	f	f%	$x_i \cdot n_i$	$x_i - \bar{X}$	$(x_i - \bar{X}) \cdot n_i$	$(x_i - \bar{X})^2 \cdot n_i$
	40	58	49	5	0,45	5	45,5	245	-26	-130	3380
	58	76	67	1	0,09	6	9,1	67	-8	-8	64
	76	94	85	2	0,18	8	18,2	170	10	20	200
	94	112	103	1	0,09	9	9,1	103	28	28	784
	112	130	121	2	0,18	11	18,2	242	46	92	4232
TOTAL				11	1		100	827		2	8660

MEJOR PIMAX
40
50
54
55
56
72
78
87
108
125
130

K	5
R	90
A	18
media	75
mediana	76
moda	50
Q1	51
Q3	112
RI	61
Dm	0,18
S^2	866
S	29,43

Intervalo alrededor de la media		
X-2s		X+2s
16		134

Variable Independiente PIMax La Florida (MP 2,5)

Lim Inf	Lim Sup	x_i	n_i	F	f	f %	$x_i \cdot n_i$	$x_i - \bar{X}$	$(x_i - \bar{X}) \cdot n_i$	$(x_i - \bar{X})^2 \cdot n_i$
15	23	19,0	6	6	0,50	50	114	-11,0	-66	726
23	31	27,0	1	7	0,08	8	27	-3,0	-3	9
31	39	35,0	2	9	0,17	17	70	5,0	10	50
39	47	43,0	0	9	0,00	0	0	13,0	0	0
47	55	51,0	3	12	0,25	25	153	21,0	63	1323
			12		1	100	364	25	4	2108

	2015	
Enero	18	15
Febrero	20	16
Marzo	19	17
Abril	33	18
Mayo	54	19
Junio	54	20
Julio	54	27
Agosto	36	33
Septiembre	27	36
Octubre	17	54
Noviembre	15	54
Diciembre	16	54

N	12,0
R	39
K	5
A	8
MEDIA	30
MEDIANA	27
ME I	23
ME II	31
MODA	19
Dm	0,33
S²	191,64
S	13,84

Intervalo alrededor de la media		
X-2s		X+2s
2,31344271		57,6865573

Variable Independiente PIMax La Florida (MP 10)

Lim Inf	Lim Sup	x_i	n_i	F	f	f %	$x_i \cdot n_i$	$x_i - \bar{X}$	$(x_i - \bar{X}) \cdot n_i$	$(x_i - \bar{X})^2 \cdot n_i$
39	55	47	4	4	0,33	33,3	188	-24	-96	2304
55	71	63	4	8	0,33	33,3	252	-8	-32	256
71	87	79	0	8	0,00	0,0	0	8	0	0
87	103	95	2	10	0,17	16,7	190	24	48	1152
103	119	111	2	12	0,17	16,7	222	40	80	3200
			12		1	100	852	40	0	6912

	2015	
Enero	56	39
Febrero	56	39
Marzo	70	52
Abril	88	52
Mayo	103	56
Junio	119	56
Julio	97	65
Agosto	65	70
Septiembre	52	88
Octubre	39	97
Noviembre	39	103
Diciembre	52	119

N	12
R	80
K	5
A	16
MEDIA	71
MEDIANA	65
ME I	63
ME II	67
Dm	
S²	628
S	25

Intervalo alrededor de la media		
X-2s		X+2s
21		126

Variable Independiente PIMax Talagante (MP 2,5)

Lim Inf	Lim Sup	x_i	n_i	F	f	$x_i \cdot n_i$	$x_i - \bar{X}$	$(x_i - \bar{X}) \cdot n_i$	$(x_i - \bar{X})^2 \cdot n_i$
7,0	16,8	11,9	4,0	0,3	33,3	47,6	-13,2	-52,0	676,0
16,8	26,6	21,7	5,0	0,4	41,7	108,5	-3,4	-15,0	45,0
26,6	37,0	31,8	0,0	0,0	0,0	0,0	6,7	0,0	0,0
37,0	46,8	41,9	1,0	0,1	8,3	41,9	16,8	17,0	289,0
46,8	56,6	51,7	2,0	0,2	16,7	103,4	26,6	54,0	1458,0
			12,0	1,0	100,0	301,4	33,4	4,0	2468,0

	2015	
Enero	12	8
Febrero	20	9
Marzo	17	12
Abril	24	15
Mayo	46	17
Junio	57	20
Julio	55	24
Agosto	24	24
Septiembre	24	24
Octubre	15	46
Noviembre	8	55
Diciembre	9	57

R	49
K	5
A	10
Media	25
Mediana	22
Moda	75
Q1	3
Q3	9
Rango Q3-Q1	6
Dm	0
S^2	224
S	15

Intervalo alrededor de la media		
X-2s		X+2s
-20,1575457		55,0742124

Variable Independiente PIMax Talagante (MP 10)

Lim Inf	Lim Sup	x_i	n_i	F	f	$x_i \cdot n_i$	$x_i - \bar{X}$	$(x_i - \bar{X}) \cdot n_i$	$(x_i - \bar{X})^2 \cdot n_i$
28	42	35	6	0,5	50	210	-15	-90	1350
42	54	48	2	0,2	16,7	96	-2	-4	32
54	66	60	1	0,1	8,3	60	10	10	100
66	78	72	2	0,2	16,7	144	22	44	968
78	90	84	1	0,1	8,3	84	34	34	1156
			12	1	100	594	50	-6	3606

	2015	
Enero	36	28
Febrero	46	28
Marzo	44	32
Abril	58	36
Mayo	72	38
Junio	90	39
Julio	70	44
Agosto	39	46
Septiembre	38	58
Octubre	28	70
Noviembre	28	72
Diciembre	32	90

R	62
K	5
A	14
Media	50
Mediana	42
Moda	30
Q1	3
Q3	9
Rango Q3-Q1	6
Dm	-1
S ²	328
S	18

Intervalo alrededor de la media		
X-2s		X+2s
14		86

Coeficiente Correlación La Reina

Xi = Promedio mensual año 2015 MP 2,5

Yi = Marca de clase variable PIMax Hombres

	xi	yi	$x_i - \bar{X}$	$y_i - \bar{Y}$		$(x_i - \bar{X})^2$	$(y_i - \bar{Y})^2$	$(x_i - \bar{X})(y_i - \bar{Y})$
	19	87	-16	-33		256	1089	528
	27	103	-8	-17		64	289	136
	35	120	0	0		0	0	0
	43	136	8	16		64	256	128
	51	152	16	32		256	1024	512
MEDIA	35	120			TOTAL	640	2658	1304

S_x^2	160		
S_x	13		
S_y^2	665	Sxy	326
S_y	26	r	1,00

Xi = Promedio mensual año 2015 MP 2,5

Yi = Marca de clase variable PIMax Mujeres

	xi	yi	$x_i - \bar{X}$	$y_i - \bar{Y}$		$(x_i - \bar{X})^2$	$(y_i - \bar{Y})^2$	$(x_i - \bar{X})(y_i - \bar{Y})$
	27	74	-12	-39		144	1521	468
	35	100	-4	-13		16	169	52
	43	126	4	13		16	169	52
	51	152	12	39		144	1521	468
MEDIA	39	113			TOTAL	320	3380	1040

S_x^2	107		
S_x	10		
S_y^2	1127	Sxy	347
S_y	34	r	1,00

Coeficiente Correlación La Reina

Xi = Promedio mensual año 2015 MP 10

Yi = Marca de clase variable PIMax Hombres

	xi	yi	$x_i - \bar{X}$	$y_i - \bar{Y}$		$(x_i - \bar{X})^2$	$(y_i - \bar{Y})^2$	$(x_i - \bar{X})(y_i - \bar{Y})$
	47	87	-32	-33		1024	1089	1056
	63	103	-16	-17		256	289	272
	79	120	0	0		0	0	0
	95	136	16	16		256	256	256
	111	152	32	32		1024	1024	1024
MEDIA	79	120			TOTAL	2560	2658	2608

S_x^2	640		
S_x	25		
S_y^2	665	Sxy	652,00
S_y	26	r	1,00

Xi = Promedio mensual año 2015 MP 10

Yi = Marca de clase variable PIMax Mujeres

	xi	yi	$x_i - \bar{X}$	$y_i - \bar{Y}$		$(x_i - \bar{X})^2$	$(y_i - \bar{Y})^2$	$(x_i - \bar{X})(y_i - \bar{Y})$
	63	74	-24	-39		576	1521	936
	79	100	-8	-13		64	169	104
	95	126	8	13		64	169	104
	111	152	24	39		576	1521	936
MEDIA	87	113			TOTAL	1280	3380	2080

S_x^2	427		
S_x	21		
S_y^2	1127	Sxy	693,33
S_y	34	r	1,00

Coeficiente Correlación Talagante

Xi = Promedio mensual año 2015 MP 2,5

Yi = Marca de clase variable PIMax Hombres

	xi	yi	$x_i - \bar{X}$	$y_i - \bar{Y}$		$(x_i - \bar{X})^2$	$(y_i - \bar{Y})^2$	$(x_i - \bar{X})(y_i - \bar{Y})$
	22	72	-15	-36		225	1296	540
	32	96	-5	-12		25	144	60
	42	120	5	12		25	144	60
	52	144	15	36		225	1296	540
Media	37	108			Total	500	2880	1200

S_x^2	167		
S_x	13		
S_y^2	960	Sxy	400
S_y	31	r	1

Xi = Promedio mensual año 2015 MP 2,5

Yi = Marca de clase variable PIMax Mujeres

	xi	yi	$x_i - \bar{X}$	$y_i - \bar{Y}$		$(x_i - \bar{X})^2$	$(y_i - \bar{Y})^2$	$(x_i - \bar{X})(y_i - \bar{Y})$
	12	49	-20	-36		400	1296	720
	22	67	-10	-18		100	324	180
	32	85	0	0		0	0	0
	42	103	10	18		100	324	180
	52	121	20	36		400	1296	720
Media	32	85			Total	1000	3240	1800

S_x^2	250		
S_x	16		
S_y^2	810	Sxy	450
S_y	28	r	1

Coeficiente Correlación Talagante

Xi = Promedio mensual año 2015 MP 10

Yi = Marca de clase variable PIMax Hombres

	xi	yi	$x_i - \bar{X}$	$y_i - \bar{Y}$		$(x_i - \bar{X})^2$	$(y_i - \bar{Y})^2$	$(x_i - \bar{X})(y_i - \bar{Y})$
	48	72	-18	-36		324	1296	648
	60	96	-6	-12		36	144	72
	72	120	6	12		36	144	72
	84	144	18	36		324	1296	648
Media	66	108			Total	720	2880	1440

S_x^2	240		
S_x	15		
S_y^2	960	Sxy	480
S_y	31	r	1

Xi = Promedio mensual año 2015 MP 10

Yi = Marca de clase variable PIMax Mujeres

	xi	yi	$x_i - \bar{X}$	$y_i - \bar{Y}$		$(x_i - \bar{X})^2$	$(y_i - \bar{Y})^2$	$(x_i - \bar{X})(y_i - \bar{Y})$
	35	49	-25	-36		625	1296	900
	48	67	-12	-18		144	324	216
	60	85	0	0		0	0	0
	72	103	12	18		144	324	216
	84	121	24	36		576	1296	864
Media	60	85			Total	1489	3240	2196

S_x^2	372		
S_x	19		
S_y^2	810	Sxy	549
S_y	28	r	1