

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**

**FACULTAD DE MEDICINA**

**POSGRADO DE ESPECIALIDADES MÉDICAS**



**CONTAMINACIÓN AMBIENTAL Y SU RELACIÓN CON SÍNTOMAS RESPIRATORIOS  
EN LOS PACIENTES QUE ASISTEN A LA CONSULTA DE PEDIATRÍA DE LA CLÍNICA  
EL CARMELO, SOYAPANGO, Y CONSULTA DE NEUMOLOGÍA DEL HOSPITAL  
NACIONAL BENJAMÍN BLOOM DEL 20 DE OCTUBRE AL 14 DE NOVIEMBRE DE 2014**

**INFORME FINAL DE INVESTIGACIÓN PRESENTADO POR:**

**DR. BORIS ERIC SALGUERO PÉREZ**

**PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE:**

**ESPECIALISTA EN MEDICINA PEDIÁTRICA**

**ASESOR DE TEMA:**

**DR. MAURICIO ALEXANDER ROMERO VÁSQUEZ**

**ASESOR METODOLÓGICO:**

**DR. WILLIAM ANDRÉS HOYOS ARANGO**

**SAN SALVADOR, DICIEMBRE DE 2014**

## **Colaboradores**

**Dr. Mauricio Alexander Romero**

Pediatra Neumólogo

Asesor de Temático.

Neumólogo de Hospital Nacional Benjamín Bloom

**Dr. William Andrés Hoyos**

Médico Especialista en Medicina Familiar

Asesor Metodológico

**Dra. Mary Benavides**

Médico Pediatra

Pediatra de Clínica Asistencial El Carmelo

Soyapango.

**Dra. Marilú González**

Médico Pediatra

Pediatra de Clínica Asistencial El Carmelo

Soyapango

# ÍNDICE

Colaboradores.....	2
Resumen.....	5
Introducción.....	6
Justificación.....	6
Planteamiento del problema.....	7
Pregunta de investigación.....	7
Marco teórico.....	7
Objetivos.....	21
Objetivo General.....	21
Objetivos Específicos.....	21
Pregunta de Investigación.....	21
Sistema de Hipótesis.....	22
Hipótesis de Investigación.....	22
Hipótesis Nula.....	22
Metodología.....	23
Tipo de Estudio.....	23
Población de Estudio.....	23
Población diana:.....	23
Población de estudio:.....	23
Muestra:.....	23
Método de muestreo.....	23
Criterios de inclusión.....	23
Criterios de exclusión.....	24
Tamaño de muestra.....	24

Tiempo de estudio .....	24
Procedencia de los sujetos .....	24
Método de recogida de datos .....	24
Definición de Variables.....	25
Formulario de recolección de datos .....	26
Gestión informática de datos y Estrategia de Análisis.....	26
Resultados .....	27
Discusión.....	31
Conclusiones.....	34
Recomendaciones .....	35
Bibliografía.....	36
Anexos.....	39
Anexo 1: Clasificación de Partículas según su tamaño.....	39
Anexo 2: Listado de colonias – Estación de Monitoreo UDB .....	40
Anexo 3: Listado de colonias – Estación de Monitoreo Centro Gobierno.....	41
Anexo 4: Ficha de Recolección de datos.....	42
Anexo 5: Consentimiento Informado .....	43
Anexo 6. Estaciones de Monitoreo de Calidad de Aire. ....	46

## Resumen

La evidencia de estudios alrededor del mundo relaciona altas concentraciones de contaminantes del aire con efectos agudos y crónicos en la salud. “Muertes por causas cardiovasculares, cáncer de pulmón e infecciones respiratorias en los niños se asoció a niveles de contaminantes que exceden las normas de calidad del aire exterior” (Cohen 2004)

**Marco Teórico** La contaminación del aire se puede definir como “cualquier condición atmosférica en la que las sustancias presentes producen un efecto adverso medible, en la salud del humano, los animales y vegetales, o bien un daño físico en los materiales. (11)

Debido al tamaño fino de estas partículas (30 veces más pequeñas que el grosor de un cabello)<sup>Ver Anexo 1</sup>, estas pueden ingresar en las partes más profundas de los pulmones, como son los alvéolos, lo cual relaciona éstas partículas finas y varios problemas de salud incluyendo asma, bronquitis y síntomas respiratorios agudos y crónicos

**Metodología** *Muestra:* Compuesta por 90 pacientes que provienen de dos centros asistenciales, residentes dentro de un radio de 4 km. alrededor de las torres de monitoreo. *Método:* Análisis descriptivo basado en medidas de frecuencias medias y tendencias para caracterizar la población y la exposición a material particulado. Análisis de los datos mediante GRAPH PAD PRISM 6.0 usando las tablas de contingencia para la estimación de diferencia entre proporciones y el riesgo relativo. Se utilizó test de normalidad de D’Agostino Pearson para definir trato estadístico. Se utilizó test de KolmogorovSmirnov y Test de Fisher para encontrar la relación entre calidad de aire y apareamiento de síntomas. Se aplicó regresión lineal de Deming para establecer relación en cuanto a los síntomas.

**Resultados** No hay relación estadísticamente significativa entre la calidad del aire y los síntomas respiratorios. La regresión lineal de Deming si encontró cambios estadísticos significativos para los síntomas: *sibilancias, taquipnea y estornudos.*

**Conclusiones.** No se consideraron otros factores importantes como contaminación intradomiciliar y exposición a tabaco que pudo haber modificado el resultado del estudio. Se demostró que existe una tendencia a relacionar síntomas como la taquipnea, rinorrea, estornudos y sibilancias con niveles no satisfactorios de calidad del aire.

## Introducción

Según la Organización Mundial de la Salud entre el 1% y el 4% de la mortalidad de la población mundial se atribuye al material particulado suspendido en el aire. (1)

Un problema significativo para la comprensión de la carga de salud ligada a la contaminación del aire es que las estimaciones de su impacto están mayoritariamente basadas en los resultados de investigaciones realizadas en Europa y Norteamérica, que se han extrapolado a los países en desarrollo. Estas proyecciones originan considerables incertidumbres porque los países en desarrollo difieren de Europa y Norteamérica en la naturaleza de sus contaminantes, las condiciones y magnitud de las exposiciones y el nivel de salud de sus poblaciones.

### Justificación

Actualmente en El Salvador y a nivel Centroamericano se llevan a cabo grandes esfuerzos por parte del gobierno por implementar políticas nacionales que legislen y regulen el nivel de contaminación del aire en el país, en este sentido han surgido leyes como: *La Ley del Medio Ambiente* en su capítulo III menciona la prevención y control de la contaminación. Existe además el *Reglamento Especial de Normas Técnicas de Calidad Ambientales* en su capítulo III dónde regula niveles máximos permisibles de contaminantes ambientales. Se ha planteado también la *Norma Salvadoreña Obligatoria*, todas éstas con el objetivo de velar por el debido respeto al medio ambiente, regulando así la calidad del aire y su efecto en la salud de la población salvadoreña.

Con éste objetivo la Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo, a través de la *Guía para Calidad de Aire Ambiental, Inmisiones Atmosféricas* publica la propuesta del *Índice Centroamericano de Calidad del Aire (ICCA)*, que expresa la relación de los niveles de material particulado y sus efectos en la salud del humano.

Los estudios e investigaciones que trabajen en este mismo sentido y que puedan contribuir al mejoramiento de éstas políticas y más aún acciones que las autoridades competentes puedan poner en marcha en base a ésta información es de suma importancia.

## Planteamiento del problema

Según Luis A. Cifuentes, profesor de la Universidad Católica de Chile, los efectos por Material Particulado Respirable en la población se manifiestan como: muertes prematuras, aumento en la frecuencia de cáncer pulmonar, síntomas respiratorios severos, irritación de ojos y nariz, irritación vías respiratorias y bronco constricción.

A la fecha no existen estudios que respalden esta asociación en El Salvador; sin embargo, con la información anteriormente descrita y la literatura mundial cabe esperar que aquellas medidas encaminadas a cambiar estos factores ambientales, permitiría disminuir la prevalencia de síntomas respiratorios en la población Salvadoreña.

## Pregunta de investigación

¿Es mayor la incidencia de síntomas respiratorios en aquellos pacientes expuestos a niveles altos de material particulado que consultan a la unidad de neumología del Hospital Nacional de Niños Benjamín Bloom y la consulta pediátrica de la Clínica Asistencial El Carmelo?

## Marco teórico

En las ciudades de América Latina, cerca de 200.000 personas mueren tempranamente cada año por la exposición a niveles altos de material particulado en el aire. <sup>(13)</sup> La contaminación atmosférica por partículas se constituye en uno de los problemas más serios en los países en desarrollo que en los desarrollados, dada su proceso de rápida industrialización y cambio del uso del suelo. <sup>(2)</sup>

La contaminación del aire es una forma de degradación del ambiente que se ha generalizado en todo el mundo y en especial en América Latina por el crecimiento económico y poblacional, especialmente en las áreas urbanas. Dicha contaminación genera consecuencias en la salud pública, causando una alta prevalencia e incidencia de enfermedades debilitantes y secuelas que deterioran el bienestar de la comunidad, además de su asociación como causa importante de morbi-mortalidad en las ciudades con dicho problema. <sup>(1,3,13)</sup>

Varias ciudades en América Latina tienen más de cinco millones de habitantes, reflejando que una parte importante de la población está expuesta a partículas y otros contaminantes del aire exterior <sup>(1)</sup>. Uno de éstos grandes centros urbanos es Bogotá; donde según las cifras

oficiales disponibles en la Secretaría Distrital de Movilidad y en complemento con otras fuentes de información, circulan más de 1,2 millones de vehículos que sumado a la distribución de diesel de bajos estándares internacionales, producen un gran volumen de contaminantes atmosféricos primarios y secundarios, convirtiéndose en la principal fuente de emisiones atmosféricas (70%) respecto a las demás <sup>(4)</sup>. Esto se refleja específicamente en la producción de dos contaminantes en altas proporciones: el ozono y el material particulado que causan deterioro en la calidad del aire a nivel de los centros urbanos. A finales de la década de los noventa, se inició, un abordaje a las consecuencias en salud pública por exposición a estos contaminantes en poblaciones susceptibles como la infantil, principalmente. <sup>(5)(6)(7)(8)(9)</sup>

### Contaminación Ambiental

#### Contaminación del aire

**Definición:** el aire puro es una mezcla gaseosa compuesta por nitrógeno (78%), oxígeno (21%) y pequeñas cantidades de dióxido de carbono, argón, ozono y trazas de otros gases (1%). Se entiende por contaminación de aire el cambio en el equilibrio de éstos componentes, lo que altera las propiedades físicas y químicas del mismo.

Las partículas contaminantes están formadas por una mezcla de partículas gruesas y material más pequeño llamado partículas finas. Las dos fracciones tienen diferente origen y composición. Las partículas gruesas tienen 2.5 micrómetros de diámetro hasta más de 40 micrómetros. Se forman por la trituración mecánica, la molienda o la abrasión de superficies; el viento y el tráfico las suspende o las dispersa. <sup>(10)</sup>

Las partículas finas tienen menos de 2.5 micrómetros de diámetro. Proviene generalmente de fuentes de combustión (como automóviles, plantas de energía y cocinas de leña), por la condensación de materiales volatilizados (material particulado primario) o de gases precursores que reaccionan en la atmósfera y forman partículas secundarias.

La contaminación del aire se puede definir como “cualquier condición atmosférica en la que las sustancias presentes producen un efecto adverso medible, en la salud del humano, los animales y vegetales, o bien un daño físico en los materiales. <sup>(11)</sup>



Debido al tamaño fino de estas partículas (30 veces más pequeñas que el grosor de un cabello)<sup>Ver Anexo 1</sup>, estas pueden ingresar en las partes más profundas de los pulmones, como son los alvéolos, lo cual relaciona éstas partículas finas y varios problemas de salud incluyendo asma, bronquitis y síntomas respiratorios agudos y crónicos, posteriormente se pueden presentar también problemas en el sistema cardiaco, siendo los niños y los adultos mayores los más susceptibles a riesgos de salud relaciones con las PM2.5 ya que su sistema respiratorio inmune es más débil (12). La siguiente tabla muestra los efectos para la salud que provoca diferentes niveles de material particulado según el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales:

**Ilustración 1**

<b>Efectos sobre los pulmones</b>	<b>Efectos sobre el corazón</b>
<b>Efectos de la exposición a corto plazo (aguda):</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Tos</li> <li>▪ Dificultad para respirar</li> <li>▪ Apretazón del pecho</li> <li>▪ Irritación de los ojos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Arritmia</li> <li>▪ Infartos menores</li> </ul>
<b>Efectos de la exposición a largo plazo (crónica):</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Pérdida de capacidad pulmonar</li> <li>▪ Desarrollo de enfermedades respiratorias infantiles</li> <li>▪ Agravación de las enfermedades respiratorias existentes</li> <li>▪ Muerte precoz de las personas que padecen de enfermedades pulmonares</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Agravación de las enfermedades cardiacas existentes</li> <li>▪ Muerte precoz de las personas que padecen de enfermedades cardiacas</li> </ul>

*Fuente: Huff, Presentación: "La Contaminación Atmosférica por Material Particulado (PM<sub>2.5</sub> y PM<sub>10</sub>)", 2009*

Los contaminantes atmosféricos se clasifican en primarios y secundarios, siendo los primeros aquellos que permanecen en la atmósfera tal y como fueron emitidos (como partículas, monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) óxido de azufre (SO<sub>x</sub>) y los hidrocarburos. Los secundarios son los que han estado sujetos a cambios químicos o son el producto de reacciones de dos o más contaminantes primarios en la atmósfera (como el ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), ácido nítrico (HNO<sub>3</sub>), el ozono (O<sub>3</sub>), el smog fotoquímico y los compuestos orgánicos volátiles (COVs). (10)

## Contaminación por material particulado

Inicialmente, con la denominación de partículas suspendidas totales (PST) se reconoció a una amplia categoría de material particulado como contaminante. Las PST son las partículas sólidas o líquidas del aire, se incluyen contaminantes primarios como el polvo y hollín y contaminantes secundarios como partículas líquidas producidas por la condensación de vapores. Desde la segunda mitad de la década de 1980, varios países incluyeron en sus normas sobre material particulado a las partículas con menos de 10 micrómetros de diámetro aerodinámico (PM<sub>10</sub>). En la segunda mitad de la década de 1990, las normas sobre material particulado consideraron no sólo al PM<sub>10</sub> sino también al material particulado con menos de 2.5 micrómetros de diámetro aerodinámico (PM<sub>2.5</sub>) <sup>(10)</sup>

Algunas clasificaciones de las partículas incluyen a las partículas totales; partículas primarias y secundarias; partículas suspendidas totales (PST), partículas suspendidas (PS), PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub> así como partículas filtrables y partículas condensables.

Las partículas suspendidas (PS) son aquellas partículas con diámetro inferior a 30 micrómetros. El término PM<sub>10</sub> se refiere a las partículas de diámetro inferior o igual a 10 micrómetros, y PM<sub>2.5</sub> se refiere a las partículas de diámetro inferior o igual a 2.5 micrómetros.

En el año 2001, la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA) afirmaba “ninguna técnica analítica disponible actualmente permite analizar la totalidad de los compuestos orgánicos presentes en la atmósfera como material particulado”. Independientemente de que la partícula sea un ácido, un metal, granito o gasolina, su tamaño determina su comportamiento en la atmósfera y en las vías respiratorias. Las partículas de mayor tamaño (el polvo que se levanta del suelo o el que es erosionado de las rocas) viajan distancias menores y generalmente son capturados en las vías respiratorias superiores. Las partículas extremadamente pequeñas, emitidas en cantidades de trillones por vehículos diesel, aviones, plantas generadoras y otras fuentes, pueden viajar miles de kilómetros y permanecer en suspensión por semanas o meses. <sup>(10)</sup>

La atención sobre las PST, se ha concentrado mayormente en las partículas PM<sub>10</sub> que pueden ser inhaladas y penetrar con facilidad al sistema respiratorio humano, causando efectos

adversos a la salud de las personas. Las de diámetro mayor de 10 micras, que no ingresan al aparato respiratorio, quedan atrapadas en las fosas nasales.

La disposición del material particulado inhalado depende de la respiración (frecuencia y profundidad) de cada persona y del tamaño de la partícula. Las partículas más grandes se depositan en el área extratorácica de los pulmones (fosas nasales, laringe). Las partículas entre 5 y 10 micras se depositan en los bronquios y las menores de 5 micras se depositan en los pulmones son eliminadas generalmente por la actividad mucociliar y por los macrófagos en períodos que pueden ser de semanas a años. (10)

### Fuentes de contaminación

Las fuentes de contaminación atmosférica están clasificadas en fuentes fijas y fuentes móviles, entre las primeras se encuentran las emisiones de procesos industriales, canteras, etc. y las segundas las produce principalmente el parque automotor.

Generalmente la contaminación del aire se vuelve más crítica principalmente en los grandes centros urbanos, donde factores como el crecimiento acelerado de las industrias, del parque automotor, construcciones, quemas, mal manejo de desechos sólidos entre otros, aumentan los perjuicios. (13)

Las mayores fuentes de contaminantes para el aire ambiental incluyen la utilización de combustibles fósiles (calefacción doméstica, generación de energía, industria, vehículos motorizados, fundiciones, refinерías, incineración, etc.); fenómenos naturales (tormentas eléctricas, incendios forestales, tormentas de polvo y erupción de volcanes), guerras y conflictos. (14)(15)

### *Fisiopatología de la enfermedad pulmonar*

#### Principios del daño respiratorio por contaminación ambiental

En la patogénesis de las enfermedades respiratorias inducidas por el medio ambiente participan diversos mecanismos, como el intercambio gaseoso, la deposición del polvo inhalado y su subsecuente eliminación o retención.

a) Captación de gases:

Gases altamente hidrosolubles, como el SO<sub>2</sub>, acroleína o formaldehído son fácilmente absorbidos por la nariz y faringe en breves y cortas exposiciones. El formaldehído es absorbido primariamente en las vías respiratorias altas (nariz) debido a su elevadasolubilidad. Se han descrito casos de cáncer de nariz en trabajadores expuestos a formaldehído por muchos años <sup>(16)</sup>.

Al contrario, gases menos hidrosolubles, como NO<sub>2</sub>, u O<sub>3</sub>, consiguen penetrar profundamente en el tracto respiratorio. En este sentido el monóxido de carbono (CO), al ser poco soluble, es absorbido a nivel alveolar, donde es rápidamente ligado a la hemoglobina produciendo efectos sistémicos de cefalea, dolor torácico y confusión además de daño pulmonar.<sup>(17)</sup> El ejercicio puede aumentar esta captación de gases, al pasar de una ventilación nasal a una oral.

b) Deposición y retención de partículas y fibras:

Las partículas mayores de 10 mm son efectivamente fibradas en la nariz y nasofaringe. Las partículas atrapadas son incorporadas en las secreciones nasales, pudiendo ser eliminadas por la tos o deglutidas. Las partículas menores de 10 mm (PM<sub>10</sub>) se depositan en el árbol bronquial, sobre todo aquellas con diámetros de 1 a 2 mm. Las partículas menores de 0.5 mm, como las partículas virales son llevadas por difusión y localizadas en las superficies alveolares.

Si el material es depositado en el epitelio bronquial, podrá ser removido por los macrófagos alveolares o permeabilizados al torrente sanguíneo o linfático. Este "clearance" demora de días a meses.

Las fibras, partículas con una longitud 3 veces mayor que su ancho, se depositan por mecanismos, similares, al de las partículas. Fibras como las de asbesto, generalmente lineares, se depositan en el sentido longitudinal del bronquio, en tanto que fibras de crisolitos, de forma serpenteada, se ubican en las bifurcaciones.

En relación a enfermedades, pulmonares y asbesto se asoció al mesotelioma con fibras de 5 mm de largo por 0,1 mm de diámetro. El cáncer pulmonar es más frecuente con fibras mayores que 10 mm y con diámetros mayores de 0,15 mm.<sup>(18)</sup>

### c) La polución y el sistema muco-ciliar

El sistema respiratorio está recubierto por un ingenioso medio de defensa, el sistema muco-ciliar que normalmente en pocas horas, transporta el muco y las partículas retenidas desde las porciones distales a la faringe, donde son deglutidas. Así, las características del moco son importantes. Si es muy líquido, los cilios no van a conseguir movilizarlo, al igual que si estuviesen batiendo en el agua. Si se torna muy espeso, igualmente no será transportado, los cilios no tendrán fuerza para eso.

La visco-elasticidad del moco puede ser influenciada por el medio ambiente. En días de mucha polución (concentraciones de material particulado SO<sub>2</sub> hidrocarbonatos de diversos tipos, metales pesados e infinidad de otras sustancias) la elasticidad del moco disminuye. Entonces se genera la tos, con la intención de provocar una corriente de aire que permita forzar el desplazamiento y desobstruir los bronquios, ya que los cilios no consiguen cumplir con su papel. Este es, por ejemplo, el caso del fumador crónico, que tiene su moco alterado.

### La contaminación y el epitelio respiratorio en la inducción de enfermedades de vías aéreas

Las modificaciones o alteraciones, del epitelio respiratorio tienen repercusiones directas sobre el mecanismo funcional respiratorio. Numerosos estudios han demostrado que la polución induce un daño epitelial y alteraciones en el mecanismo ciliar, permitiendo una mayor penetración y acceso de partículas y alérgenos a las células del sistema inmune.

#### ∞ Estudios en vivo

La inhalación de ozono produce daño epitelial y aumento de la respuesta inflamatoria de las vías aéreas, como lo indican los estudios de la composición del lavado nasal y broncoalveolar (LBA). Se observa un incremento de la concentración de deshidrogenasa láctica, albumina, proteína total, neutrófilos, eosinófilos, células mononucleares, fibronectina, -1 anti-tripsina, IL-6, IL-8, GM-CSF y prostaglandina E<sub>2</sub>, después de la inhalación de ozono<sup>(19)</sup>.

Peden y colaboradores han demostrado que la inhalación previa de 400 ppb de O<sub>3</sub> estimula la liberación de proteína catiónica eosinofílica (PCE) inducida por alérgeno sin afectar el

número de eosinófilos. Esto sugiere que el O<sub>3</sub> aumentaría la capacidad de respuesta del eosinófilo.

Estudios similares con inhalación de NO<sub>2</sub>, en individuos normales han demostrado que el número de linfocitos, macrófagos alveolares lisosima positivos y mastocitos se incrementaban en el LBA<sub>(20)</sub>

La exposición de pacientes alérgicos y riniticos por 6 horas; a 400 ppb de NO<sub>2</sub>, no mostró modificaciones en la resistencia de la vía aérea nasal (RVAN) ni tampoco en las concentraciones de PCE, triptasa o mieloperoxidasa en el lavado nasal (LN). Cuando estos mismos pacientes eran sometidos a provocación con alérgenos, específicos (previa inhalación de NO<sub>2</sub>), se incrementaba significativamente la PCE, pero no la triptasa ni la mieloperoxidasa. Lo que sugiere que NO<sub>2</sub>, también aumentaría el nivel de respuesta de los eosinófilos<sub>(21)</sub>.

#### ∞ Estudios en vitro

Las células epiteliales sintetizan una variedad de citoquinas proinflamatorias, que además de modular la síntesis de IgE pueden influenciar en el crecimiento, diferenciación, proliferación y activación de eosinófilos, mastocitos, macrófagos y linfocitos. <sub>(38)</sub> En relación a la polución, algunos estudios, han mostrado que:

La exposición de células epiteliales bronquiales a concentraciones de 400 hasta 800 ppb de NO<sub>2</sub> aumenta la permeabilidad epitelial disminuye la actividad ciliar y libera mediadores proinflamatorios (LTC<sub>4</sub>, GM-CSF, TNF-a e IL-8). <sub>(22)</sub>

Al someter las células del epitelio bronquial a las partículas liberadas por motores diesel (PLMD) se observó que estos contaminantes disminuían la frecuencia de los movimientos ciliares e incrementaba la liberación de IL-8. <sub>(23)</sub>

Al investigar los efectos de los medios de cultivo de células de epitelio bronquial previamente expuestas a concentraciones de 50 ppb de O<sub>3</sub>, por 6 horas, se observó que estos medios producían un aumento de la adhesión y la quimiotaxis de eosinófilos, cuando eran comparados con medios celulares no expuestos al ozono. <sub>(21)</sub>

En resumen, los mecanismos por los cuales los ejercen sus efectos son:

1. Indirectamente, modulando la alergenicidad de los aerolergenos.
2. Directamente, disminuyendo la actividad ciliar, produciendo daño epitelial y aumentando la permeabilidad de la mucosa bronquial, disminuyendo la producción de los antioxidantes generados naturalmente, induciendo a la generación de citoquinas proinflamatorias y de moléculas de adhesión, que orquestan a su vez las funciones de células inflamatorias como los eosinófilos, mastocitos, y linfocitos.

### ¿Porque los niños son más susceptibles a exposiciones ambientales?

El concepto que los niños no son adultos pequeños es ampliamente aceptado por los pediatras. Esta visión es especialmente relevante para comprender la vulnerabilidad de los niños a exposiciones ambientales adversas y ha sido recientemente revisada (23).

Además de la comúnmente reconocida vía de exposición inhalatoria, los niños tienen vías de exposición únicas que incluyen la transplacentaria, la dérmica y la ingestión no nutricional que aumentan su exposición por efecto de contaminantes del aire que sedimentan.

Los niños presentan además un estado anabólico activo lo que significa que respiran más aire, beben más agua e ingieren más comida por unidad corporal que los adultos, lo que significa una mayor dosis ante una exposición ambiental dada.

El comportamiento infantil de llevarse constantemente sus manos a la boca conduce a exposición de contaminantes sedimentados a través del contacto con superficies contaminadas y transferencias de los contaminantes a la boca por las manos, juguetes y objetos domésticos.

El sistema respiratorio es particularmente vulnerable a las exposiciones ambientales adversas debido al prolongado período postnatal de crecimiento y desarrollo que presenta (24). Muchos órganos están completamente desarrollados al nacer o completan el proceso en el período postnatal temprano. (24)

El pulmón está en desarrollo tanto durante la vida pre como postnatal. El patrón de ramificación de las vías aéreas está completo alrededor de las 16 a 18 semanas de gestación, pero la alveolarización sólo empieza en el tercer trimestre.

Al nacimiento el pulmón tiene alrededor del 30 a 50% de la dotación final de alvéolos del adulto, desarrollándose el resto postnatalmente. La velocidad del crecimiento alveolar es más rápida en los primeros 18 a 24 meses y la microvasculatura pulmonar se desarrolla durante éste período de alveolarización.

No se sabe cuándo termina el desarrollo alveolar postnatal y las estimaciones, basadas en datos muy limitados, van de 2 a 8 años. (24)

### Calidad del Aire

#### Índice Centroamericano de la Calidad del Aire (ICCA)

Para poder interpretar más fácilmente la información, los resultados se presentan utilizando el Índice de Calidad del Aire para material particulado, para períodos de exposición a corto plazo, para obtener información adicional referida al riesgo de afectación a la salud por la contaminación atmosférica.

Se coloca un color de referencia asociado a cada nivel para poder interpretar mejor los resultados diarios, tal como se expresa en el siguiente gráfico:

Ilustración 2

## ICCA

Valores adoptados de la Propuesta de Índice Centroamericano de Calidad del Aire (ICCA) de la Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo en la Guía para Calidad del Aire Ambiental, Inmisiones Atmosféricas.

ICCA	Calidad del aire Material particulado (PM)	Contaminante ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )		Indicaciones para su salud
		PM2.5	PM10	
0 - 50	Buena	0-15.3	0-54	No se anticipan impactos a la salud cuando la calidad del aire se encuentra en este rango.
51 - 100	Moderada	15.5-40.2	56-154	No se anticipan impactos a la salud cuando la calidad del aire se encuentra en este rango.
101 - 150	Dañina a la Salud de los Grupos Sensibles	40.5-65.4	155-254	Los niños y adultos activos, y personas con enfermedades respiratorias tales como el asma, deben evitar los esfuerzos físicos excesivos y prolongados al aire libre.
151 - 200	Dañina a la Salud	66-159	255-354	La gente con la enfermedades respiratorias tal como asma, debe evitar el esfuerzo al aire libre; todos los demás, especialmente los mayores y los niños, deben limitar el esfuerzo prolongado al aire libre.
201 - 300	Muy dañina a la Salud	160-250	355-424	La gente con enfermedades respiratorias tal como asma, debe evitar todo el esfuerzo al aire libre; especialmente los mayores y los niños, deben limitar el esfuerzo prolongado al aire libre.
301 - 500	Peligroso	251-500	424-604	Todos deben evitar el esfuerzo al aire libre; gente con la enfermedad respiratoria tal como asma, debe permanecer dentro



Los valores son adoptados de la Propuesta de Índice Centroamericano de Calidad del Aire (ICCA) de la Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo en la Guía para Calidad del Aire Ambiental, Inmisiones Atmosféricas.

El ICCA se divide en 6 categorías de interpretación de la calidad del aire (Buena, Moderada, Dañina a la salud de los grupos sensibles, Dañina a la salud, Muy dañina a la salud y Peligroso), estableciendo para cada categoría, un rango de concentración de contaminantes para cada parámetro y las indicaciones a la salud, asociada a las acciones de prevención para limitar la exposición al contaminante.

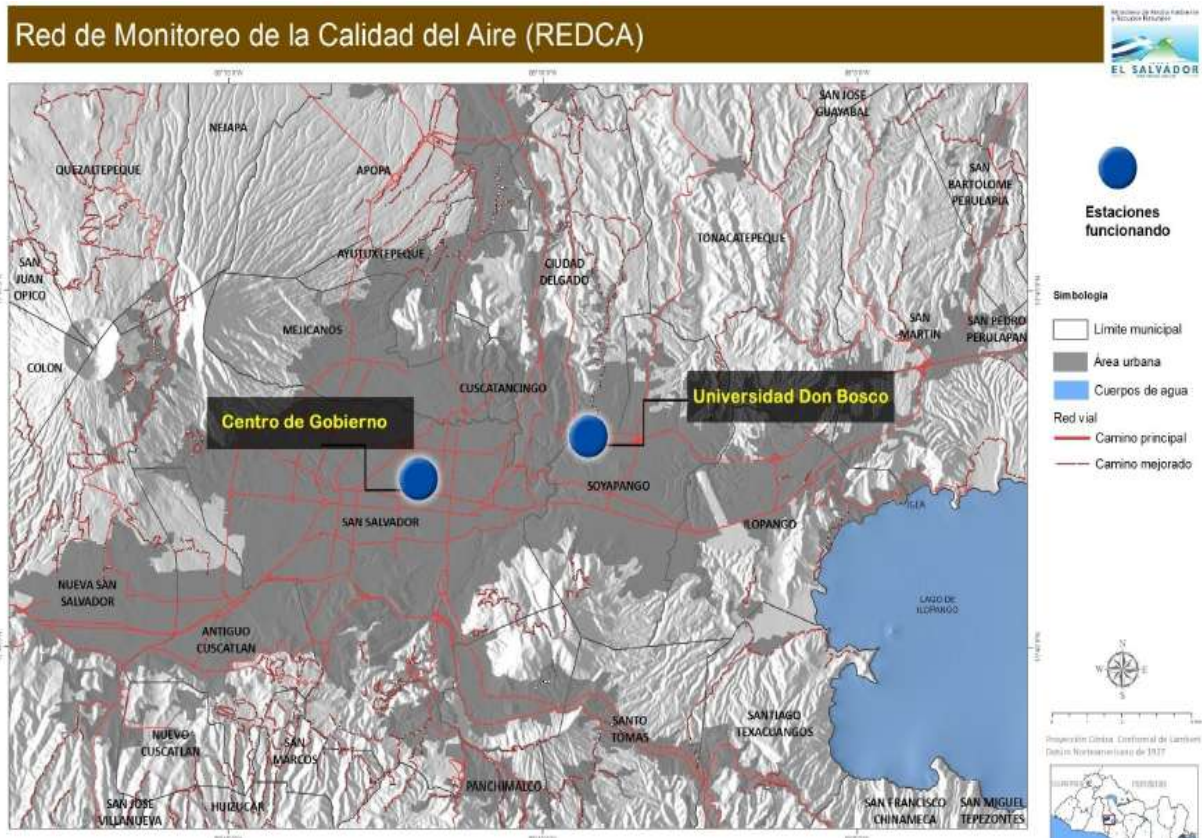
En algunos casos, se puede tener el caso de registrar una categoría, por ejemplo moderada, para un parámetro, pero registrar para otro parámetro, diferente categoría, por ejemplo buena, en ese caso, para evitar confusión, se debe notificar a la población la categoría más desfavorable.

### Monitoreo de la Calidad del Aire (REDCA)

La REDCA está conformada por estaciones automáticas <sup>(Ver Anexo 6)</sup> que vía internet envían los datos de mediciones de concentración de material particulado, los cuales de manera automática son transformados al ICCA obteniéndose así, un número adimensional con un color específico que permite identificar de manera más sencilla el grado de afectación a la salud que puede causar.

En el siguiente mapa se pueden identificar las ubicaciones de las estaciones automáticas con las que el MARN cuenta a la fecha:

### Ilustración 3



Cada estación envía la información al servidor del MARN cada hora, pudiéndose obtener de esta forma los valores promedios para corto plazo (24 horas) y largo plazo (100 horas), según lo establece la norma nacional vigente.

La Norma Salvadoreña Obligatoria Calidad del Aire Ambiental, Inmisiones Atmosféricas (NSO 13.11.01:01) establece los límites de concentración de partículas en el ambiente, tanto para corto plazo (24 horas), como para largo plazo (Anual), los cuales se muestran en la siguiente tabla:

#### Ilustración 4

Contaminante	Símbolo	Unidad de concentración	Límite de inmisión	Período de medición
Partículas inhalables	PM <sub>10</sub>	$\mu\text{g}/\text{Nm}^3$	50	Anual
			150	24 horas
	PM <sub>2,5</sub>	$\mu\text{g}/\text{Nm}^3$	15	Anual
			65	24 horas

#### Norma Salvadoreña de Calidad del Aire

Las normas de calidad del aire, no dependen únicamente de la concentración, sino también del tiempo de exposición al contaminante, de tal forma la Norma Salvadoreña (NSO 13.11.01:01) Calidad del Aire Ambiental, Inmisiones Atmosféricas, presenta límites para cada contaminante, para exposición de 24 horas y promedios anuales.

De las estaciones de calidad del aire se obtienen los resultados de concentración para 24 horas, los cuales se comparan directamente con la norma de 24 horas, sin embargo, del total de mediciones obtenidas al año, el promedio no debe ser superior a la norma anual, la cual en todos los casos es menor al valor de norma de 24 horas, lo que quiere decir que aunque la norma de 24 horas establece un límite, para cumplir la norma anual, se debe procurar que todos los valores estén bajo este último límite.

Por ejemplo: El límite de PM<sub>10</sub> para 24 horas es de  $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y la norma anual es de  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , lo que quiere decir que si se tiene un resultado de 24 horas de  $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , este cumple con la norma referida al mismo período y no es comparable independientemente con la norma anual. La diferencia radica en la repetición del valor de concentración, si el valor de  $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$  es único o se supera el valor de  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ocasionalmente, no existiría problema, pero si la concentración constantemente supera el valor de  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , aunque estén bajo el límite de 24 horas, representan un problema, porque la exposición a la población se eleva y seguramente se superará el límite de concentración promedio anual.

#### Estudios nacionales

Las emisiones de vehículos automotores son la fuente principal de contaminantes del aire en ciudades de países en desarrollo. Estas emisiones han sido señaladas como agravantes en el desarrollo de enfermedades respiratorias(33).

Según López Dreyfus, los valores de 03 se mantuvieron por debajo del nivel permisible sin embargo, pesar de que el NO<sub>2</sub> se encontraba muy elevado en comparación con el nivel de referencia de la OMS y el PM<sub>10</sub> se encontrase también elevados durante los 3 meses de estudio, la presencia de esos contaminantes fue muy variable en los diferentes sitios de medición, no fue posible demostrar estaciones que podrían tomarse como control(33).

No obstante se ha demostrado que la mayor proporción de casos de afección respiratoria en niños afectados en aquella ocasión correspondían a áreas que presentaban ciertas características en particular como lo son: menos altura sobre el nivel del mar, área industrial y sobre todo un área con una vía importante de entrada y salida vehicular(33).

# Objetivos

## Objetivo General

Determinar la asociación entre la exposición a la contaminación ambiental (material particulado) y el apareamiento de síntomas respiratorios en los niños que asisten a la consulta de pediatría de la Clínica El Carmelo, Soyapango, y consulta de neumología del Hospital Nacional Benjamín Bloom del 20 de Octubre al 14 de Noviembre de 2014

## Objetivos Específicos

1. Determinar la relación entre nivel de material particulado y el apareamiento de síntomas respiratorios en los siete días previos a la consulta de pacientes que consulten por síntomas respiratorios en la Clínica El Carmelo, Soyapango.
2. Determinar la relación entre nivel de material particulado y el apareamiento de síntomas respiratorios en los siete días previos a la consulta de pacientes que consulten por síntomas respiratorios en la consulta de neumología del Hospital Nacional Benjamín Bloom.
3. Comparar de síntomas respiratorios entre ambos grupos estudiados en relación al nivel de material particulado medido en cada región.

## Pregunta de Investigación

¿Es mayor la incidencia de síntomas respiratorios en aquellos pacientes expuestos a niveles altos de material particulado que consultan a la unidad de neumología del Hospital Benjamín Bloom y consulta pediátrica de la Clínica Asistencial El Carmelo?

## **Sistema de Hipótesis**

### **Hipótesis de Investigación**

El aparecimiento de síntomas respiratorios será mayor en los pacientes que han sido expuestos a niveles altos de material particulado.

### **Hipótesis Nula**

El aparecimiento de síntomas respiratorios no tendrá relación con la exposición de pacientes a altos niveles de material particulado.

# Metodología

## Tipo de Estudio

### Estudio de Cohorte

- ∞ Observacional, Analítico y Retrospectivo

## Población de Estudio

### Población diana:

Es toda la población Salvadoreña menores de 12 años de edad

### Población de estudio:

Pacientes menores de 12 años que consulten por síntomas respiratorios en la consulta pediátrica de la Clínica Asistencial El Carmelo y consulta externa de neumología del Hospital Nacional de Niños Benjamín Bloom que residan en área de 4 kilómetros alrededor de las estaciones de monitoreo ubicadas en la Universidad Don Bosco del municipio de Soyapango y Centro de Gobierno respectivamente.

### Muestra:

Pacientes menores de 12 años que consulten por síntomas respiratorios en la consulta pediátrica de la Clínica Asistencial El Carmelo y consulta externa de neumología del Hospital Nacional de Niños Benjamín Bloom que residan en área de 4 kilómetros alrededor de las estaciones de monitoreo ubicadas en la Universidad Don Bosco (UDB) y Centro de Gobierno (CG) respectivamente que cumplan con todos los criterios de inclusión excluyendo a aquellos con uno o más criterios de exclusión.

## Método de muestreo

Muestro de tipo no probabilístico por conveniencia.

## Criterios de inclusión

- ∞ Pacientes masculinos y femeninos
- ∞ Motivo de consulta es por síntomas respiratorios
- ∞ Pacientes menores de 12 años

## **Criterios de exclusión.**

- ∞ Pacientes mayores de 12 años
- ∞ Pacientes con diagnóstico o sospecha de Fibrosis Quística
- ∞ Pacientes con diagnóstico o sospecha de Tuberculosis Pulmonar
- ∞ Pacientes con diagnóstico o sospecha de Broncodisplasia Pulmonar
- ∞ Pacientes inmunosuprimidos
- ∞ Que residan fuera del rango de medición de los dos puntos de monitoreo del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales ubicados en UDB y CG.
- ∞ Pacientes con habitantes fumadores dentro de su domicilio.

## **Tamaño de muestra**

Se reclutarán la totalidad de pacientes que consulten por síntomas respiratorios que cumplan con los criterios de inclusión excluyendo aquellos que presenten uno o más de exclusión

## **Tiempo de estudio**

El tiempo en el que se realizó el estudio no guarda relación con la estación ni con las condiciones climatológicas en las que se encuentra el país.

## **Procedencia de los sujetos**

La muestra será seleccionada tomando en cuenta su domicilio, seleccionando aquellos pacientes que vivan en las colonias comprendidas en un radio de 4 kilómetros alrededor de las estaciones de monitoreo de Universidad Don Bosco y Centro de Gobierno <sup>(Ver Anexo 2 y 3)</sup>.

## **Método de recogida de datos**

Se determinará la relación que existe entre los valores obtenidos de material particulado medido durante la realización del estudio y la incidencia de síntomas respiratorios y/o exacerbaciones asmáticas en los pacientes expuestos. Se utilizará la forma de recolección de datos del paciente <sup>(ver anexo 4)</sup> para la recopilar los síntomas padecidos durante los 7 días previo su consulta. Posteriormente mediante la tabulación de dichos resultados, se podrán analizar la relación que guarde dichos síntomas con los niveles de material particulado obtenidos tanto a nivel intragrupal como también la comparación entre ambos grupos expuestos a diferentes niveles de material particulado.



## Definición de Variables

Tabla 1

VARIABLE	DEFINICIÓN	INDICADOR	UNIDAD MEDIDA
Sibilancias	Son un sonido silbante y chillón durante la respiración, que ocurre cuando el aire se desplaza a través de los conductos respiratorios estrechos en los pulmones. <sup>(29)</sup> La madre puede reportar “chillido de pecho”	Llenado de hoja de evaluación del paciente. (Ver anexo 4)	Será catalogada como: ➤ Presente ó ➤ Ausente
Taquipnea	Taquipnea es un término que el médico utiliza para describir la respiración si ésta es demasiado acelerada, particularmente si usted presenta una respiración rápida y superficial por una neumopatía u otra causa de salud. <sup>(30)</sup>	Llenado de hoja de evaluación del paciente. (Ver anexo 4)	Será catalogada como: ➤ Presente ó ➤ Ausente
Dificultad Respiratoria	Se explica por una respiración difícil e incómoda que se puede referir como sensación de falta de aire. <sup>(30)</sup>	Llenado de hoja de evaluación del paciente. (Ver anexo 4)	Será catalogada como: ➤ Presente ó ➤ Ausente
Tos	Expulsión brusca, violenta y ruidosa del aire contenido en los pulmones producida por la irritación de las vías respiratorias o para mantener el aire de los pulmones limpio de sustancias extrañas. <sup>(30)</sup>	Llenado de hoja de evaluación del paciente. (Ver anexo 4)	Será catalogada como: ➤ Presente ó ➤ Ausente
Rinorrea	Secreción nasal. Si hay exceso de moco que baja por la parte posterior de la garganta (goteo posnasal), puede causar tos o dolor de garganta. <sup>(31)</sup>	Llenado de hoja de evaluación del paciente. (Ver anexo 4)	Será catalogada como: ➤ Presente ó ➤ Ausente
Estornudos	Acto reflejo consistente en una inspiración brusca, involuntaria y repentina seguida de una emisión estrepitosa y violenta del aire de los pulmones. <sup>(32)</sup>	Llenado de hoja de evaluación del paciente. (Ver anexo 4)	Será catalogada como: ➤ Presente ó ➤ Ausente

Definición de Variables

## **Formulario de recolección de datos**

Se desarrolló un formulario para la recolección de los datos <sup>(Ver Anexo 4)</sup>. De tal forma al entrevistar el paciente se marcará como ausente o presente la sintomatología según el día que corresponda.

## **Gestión informática de datos y Estrategia de Análisis**

Un análisis descriptivo basado en medidas de frecuencias medias y tendencias para caracterizar la población y la exposición a material particulado.

El análisis de los datos se hará mediante la utilización del programa GRAPH PAD PRISM 6.0 usando las tablas de contingencia para la estimación de diferencia entre proporciones y el riesgo relativo.

Todos los datos fueron explorados mediante el test de normalidad de D`Agostino Pearson (utilizada para corroborar si es razonable asumir que un conjunto de datos tiene distribución normal) para definir su trato estadístico mediante la utilización de pruebas paramétricas y no paramétricas.

La diferenciación de poblaciones en cuanto a niveles de contaminación por material particulado se analizó mediante el Test de Kolmogorov-Smirnov (prueba que se utiliza para determinar la bondad de ajuste de dos distribuciones de probabilidad entre sí, siendo ésta una prueba no paramétrica).

El Test exacto de Fisher (prueba de significación estadística utilizada en el análisis de tablas de contingencia empleada cuando los tamaños de las muestras son pequeños) fue utilizado para buscar la relación entre la calidad del aire y el apareamiento de síntomas.

Por medio de una Correlación de Pearson y un ensayo mediante la aplicación de Regresión de Deming (pruebas diseñadas para la estimación de relaciones entre variables para establecer relación en cuanto a los síntomas) se determinó la posible relación en cuanto a los síntomas

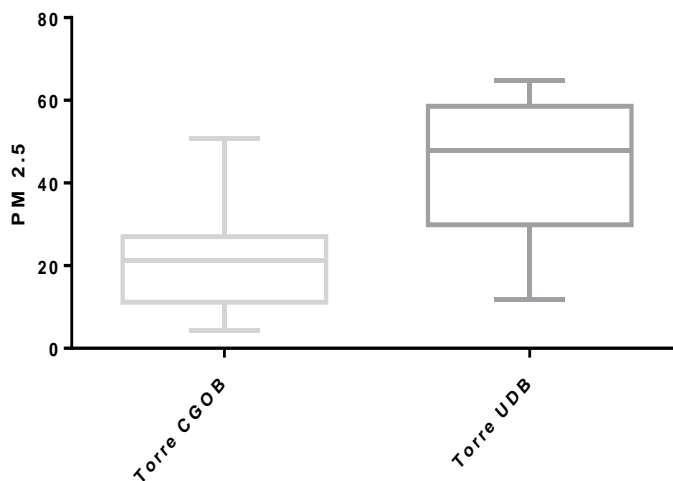
## Resultados

Un total de 90 pacientes pediátricos fueron estudiados durante un período aproximado de 45 días, la mediana de la edad se situó en 4.5 años con rangos inter cuartílicos de 2,2 y 6,9 años.

Los datos facilitados por ambas unidades médicas resultan heterogéneos, la Clínica Asistencial El Carmelo situada cerca de la torre de monitoreo Universidad Don Bosco facilitó 72 cuestionarios diligenciados, mientras que la unidad correspondiente a la consulta externa de neumología del Hospital Nacional de Niños Benjamín Bloom, situada en dicho hospital y cerca de la torre de monitoreo Centro de Gobierno recopiló 18 pacientes. No fue necesario excluir del estudio ningún paciente ya que todos los instrumentos de recopilación de datos fueron llenados adecuadamente.

Los índices de calidad de aire cuantificados por las torres de monitoreo fueron sometidos al test de normalidad D'Agostino& Pearson, resultando comparables solo por pruebas no paramétricas (test de KolmogorovSmirnov) mostrando mayores niveles de material particulado en la torre de monitoreo Universidad Don Bosco con una significancia estadística de  $p < 0,0001$  cuando es comparada con los datos obtenidos en la torre de monitoreo Centro de Gobierno, resultados que podemos ver ejemplificados en el siguiente gráfico:

Gráfico 1



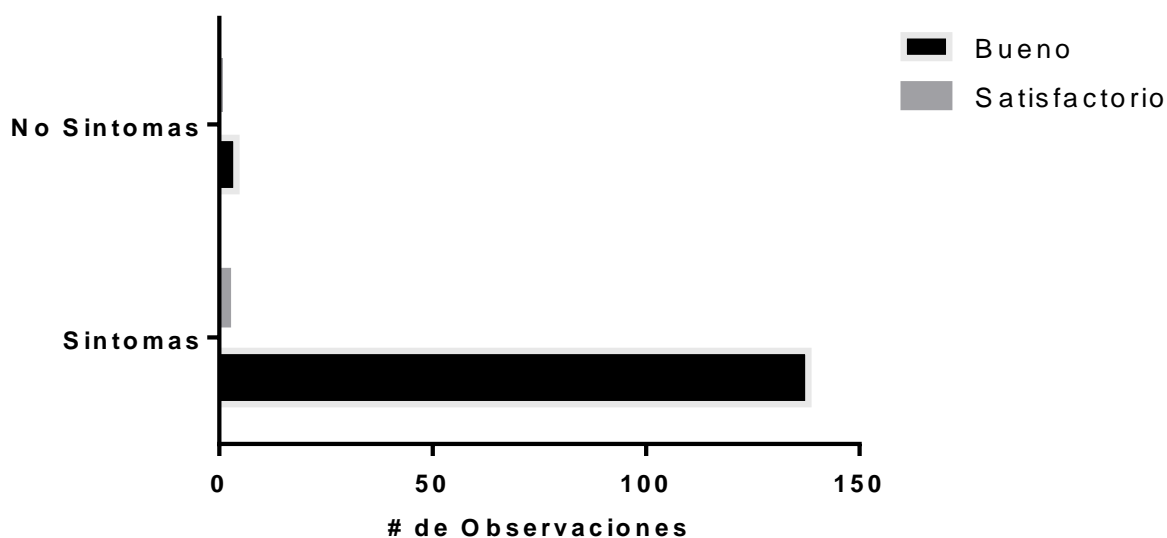
Material Particulado PM 2.5 µm. Torre CGOB y Torre UDB

La torre de monitoreo Centro de Gobierno obtiene una mediana de PM 2.5 de 21,20 en contraste con la encontrada para la torre de monitoreo Universidad Don Bosco calculada en 48,55. Para la torre CGOB el percentil 25 de PM 2.5 fue 11,20 y el percentil 75 es 27,6 sin embargo para la torre de monitoreo UDB fueron calculados en 3.43 y 59.83 respectivamente. Los valores máximos alcanzados en este mismo orden fueron 50,7 y 64,9.

Al relacionar el aparecimiento de síntomas respiratorios con el nivel de material particulado de 2.5µm obtenemos los siguientes resultados:

Para el grupo correspondiente a la consulta de neumología del Hospital Nacional de Niños Benjamín Bloom se obtuvieron un total de 144 observaciones. Cuando el Índice de Calidad del Aire (ICCA) fue catalogado como Bueno, 138 observaciones reportaron haber síntomas y 4 reportaron no haber tenido síntomas. Cuando el ICCA fue catalogado como Satisfactorio 2 observaciones reportaron síntomas ninguna mostró estar completamente sano. Vale mencionar que ningún paciente del grupo Hospital Nacional de Niños Benjamín Bloom estuvo expuesto a ICCA catalogado en No Satisfactorio según el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN), tal cual se expone en el siguiente gráfico:

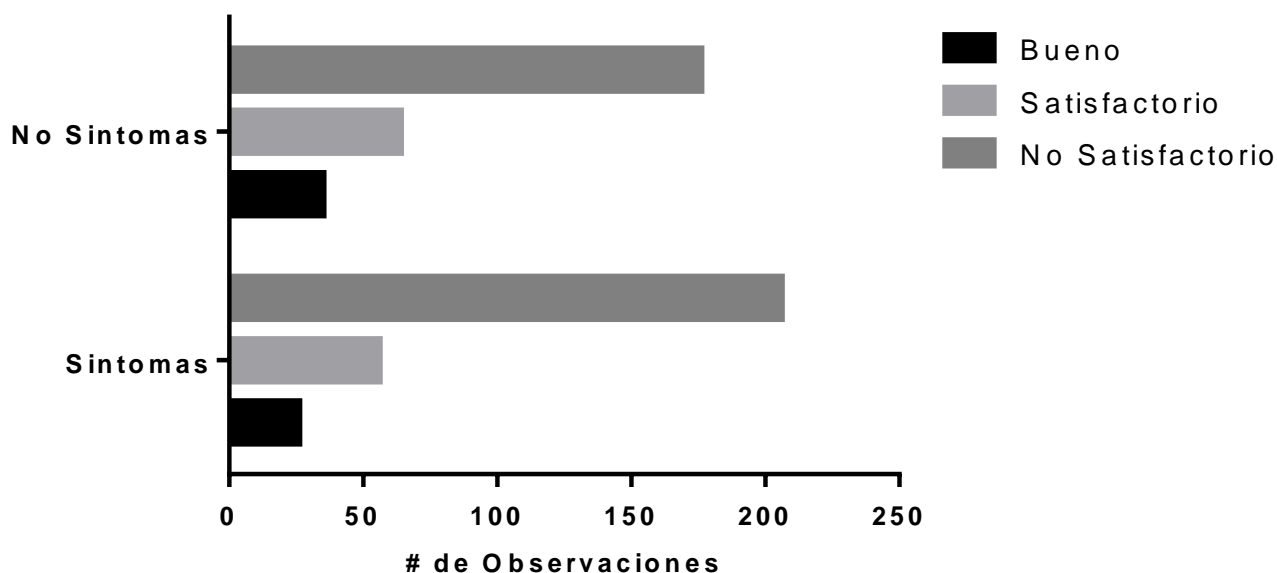
**Gráfico 2**



**Relación Síntomas – ICCA. Grupo Hospital Nacional Benjamín Bloom**

Para el grupo correspondiente a la consulta de pediatría de la Clínica Asistencial El Carmelo se obtuvieron un total de 563 observaciones. Cuando el Índice de Calidad del Aire (ICCA) fue catalogado como Bueno, 26 observaciones reportaron haber síntomas y 35 reportaron no haber tenido síntomas, cuando el ICCA fue catalogado como Satisfactorio 56 observaciones reportaron síntomas y 64 reportaron no tenerlos, cuando el ICCA fue catalogado como No Satisfactorio 206 pacientes reportaron síntomas y 176 no lo hicieron. A diferencia del grupo Hospital Nacional de Niños Benjamín Bloom, éste grupo cuenta con una cantidad considerable de días los cuales fueron catalogados por el MARN con un ICCA No Satisfactorio, resultados que podemos ver a continuación en el siguiente gráfico:

**Gráfico 3**



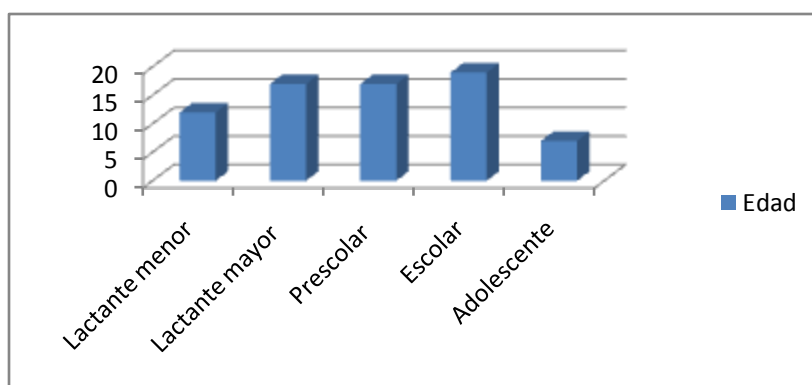
**Relación Síntomas – ICCA. Grupo Clínica Asistencial El Carmelo, Soyapango**

Mediante el uso de una regresión lineal tipo II, mejor conocida como Regresión Linear de Deming fue posible minimizar la distancia vertical de los resultados encontrados y establecer tendencias. Al llevar a cabo la prueba en el grupo Hospital Bloom se encuentran asociaciones que si son estadísticamente significativas, específicamente para los síntomas sibilancias ( $p=0.0106$ ), taquipnea ( $p= 0.0334$ ) y Rinorrea ( $p= 0.0173$ )

Al realizar la misma prueba en el grupo de Clínica Asistencial El Carmelo nuevamente encontramos asociación estadísticamente significativa, en esta ocasión específicamente para los síntomas: Taquipnea ( $p= 0.0169$ ), y estornudos ( $p= 0.0235$ ).

El grupo etario que reportó mayor consulta pediátrica fueron los escolares seguido de los preescolares y lactantes para el grupo de pacientes evaluados en la Clínica Asistencial El Carmelo, tal como lo podemos ver en el siguiente gráfico:

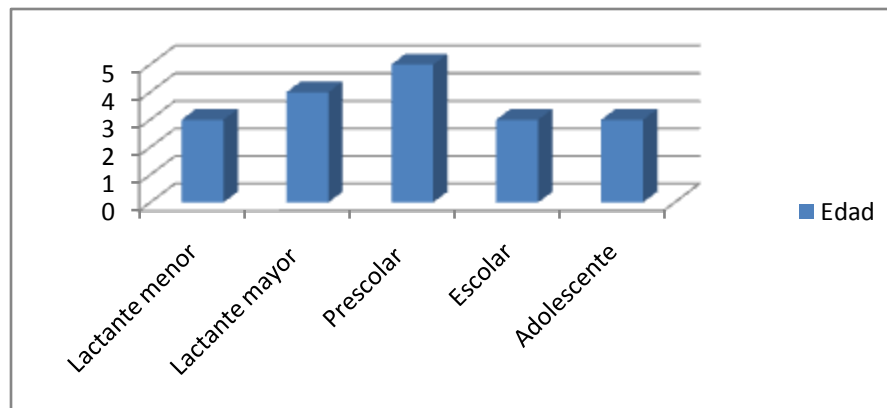
**Gráfico 4**



**Distribución por edad - Grupo Clínica Asistencial El Carmelo, Soyapango**

Para el grupo evaluado por el Hospital Nacional Benjamín Bloom se encontró que el grupo que reportó mayor consulta médica por síntomas respiratorios fueron los preescolares, seguido de los lactantes mayores, tal cual lo podemos apreciar a continuación

**Gráfico 5**



**Distribución por edad - Grupo Hospital Benjamín Bloom**

## Discusión

Se encontró una diferencia marcada en relación al número de pacientes evaluados en cada grupo de tal manera que el grupo de la consulta externa de neumología del Hospital Nacional Benjamín Bloom estudió un total de 18 pacientes en comparación con los 72 pacientes estudiados en la consulta pediátrica de la Clínica Asistencial El Carmelo, Soyapango. Esto es ciertamente desfavorable pues restringe el análisis estadístico.

Es evidente que se encontró mayor contaminación ambiental en el área estudiada por la torre de monitoreo de Universidad Don Bosco que en la del Centro de Gobierno, esto ha sido explicado anteriormente ya que la densidad poblacional guarda una relación directamente proporcional con la contaminación ambiental de manera que a mayor densidad poblacional mayor será el material particulado suspendido en el aire. <sup>(10)</sup>La diferencia en la calidad de aire encontrada en ambas zonas es tan notoria el MARN no registró ningún valor de PM 2.5 que según el ICCA correspondiera al nivel No Satisfactorio en el grupo que fue estudiado en el Hospital Nacional Benjamín Bloom. Por otro lado en el grupo estudiado por la Clínica Asistencial El Carmelo, la torre de monitoreo Universidad Don Bosco, registró una importante cantidad de días en los cuales según el ICCA correspondían a niveles No Satisfactorios. Basándonos en el test de test de KolmogorovSmirnov la diferencia estadística que existe entre ambos grupos corresponde a un valor de  $p=0,0001$ .

El Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales a través de norma *Calidad del Aire* en Junio 2014 expone que el nivel No Satisfactorio es Dañino para los grupos sensibles y a la vez define los grupos sensibles aquellos adultos mayores, niños y personas con enfermedades respiratorias tales como el asma, y que éstos deben evitar los esfuerzos físicos excesivos y prolongados al aire libre. Esto merece recordar que el 100% de la población estudiada corresponde a un grupo de riesgo identificado así por las autoridades competentes en el tema.

Los resultados encontrados para la asociación de síntomas respiratorios y contaminación ambiental expresada en material particulado (PM2.5) en el grupo de la consulta externa de neumología del Hospital Nacional de Niños Benjamín Bloom es que estadísticamente no

hay cambios significativos, por lo tanto no es posible afirmar que a mayor nivel de material particulado encontraron más síntomas. Hay numerosos estudios previos que han encontrado esta asociación como por ejemplo Schouten y colaboradores en 1996, como parte del proyecto Air pollution on emergency hospital admissions (APEHA), realizaron un estudio en las dos ciudades holandesas más importantes: Amsterdam y Rotterdam, donde en individuos de entre 15 y 64 años hubo un incremento de 3.83% en las hospitalizaciones por causas respiratorias.

Sin embargo es importante recordar que en el desarrollo de éstos síntomas se encuentran también involucrados muchos otros factores desencadenantes que no están considerados en el presente estudio y que son causa importante de patología respiratoria especialmente en los niños. Villamizar y col. concluyen que bajo condiciones ambientales y de contaminación atmosférica similar, el efecto de la condición ambiental intradomiciliar parece ser mayor que la extradomiciliaria, especialmente en niños que padecen de asma.

Reconocer que la exposición a tabaco no fue considerada en el estudio así como tampoco el lugar donde el paciente permanece la mayoría del tiempo durante el día. Gavidia y col. refieren que el mayor contribuyente a las infecciones respiratorias agudas bajas, incluidas las neumonías, son en países de bajos ingresos, los productos emanados de la combustión de biomasa, en las grandes ciudades los efectos respiratorios pediátricos están relacionados principalmente a contaminantes ligados al tráfico vehicular. En los países industrializados la exposición al humo del tabaco ambiental compuestos orgánicos volátiles dentro de los hogares, como también exposiciones a los alérgenos, están también entre las primeras causas de enfermedad respiratoria.

Otro de los factores que también intervienen en la relación de los síntomas respiratorios y el medio ambiente son las lluvias y el viento, factores previamente estudiados por Muñoz y col. quienes encontraron relación estadísticamente significativa entre las lluvias, el viento con los síntomas, siendo los niveles más altos de material particulado cuando la lluvia era más fuerte y el viento de menor velocidad.

En el grupo de estudio por la Clínica El Carmelo tampoco se han encontrado hallazgos estadísticamente significativos por las razones que se han expuesto anteriormente. Sin



embargo mediante el uso de la regresión lineal para ésta clínica hubieron tres síntomas que guardaron cambios estadísticamente significativos en los que sí hay relación entre el material particulado y el apareamiento de síntomas especialmente para la taquipnea, las sibilancias y la rinorrea. Para el grupo del Hospital Nacional de Niños Benjamín Bloom también se encontraron dos cambios estadísticos significativos para los síntomas de taquipnea y estornudos. Estos resultados traducen una tendencia a la relación, parecida a la encontrada hasta este momento en la literatura internacional.

## Conclusiones

- ∞ No se encontró relación con suficiente fuerza estadística que sostenga una asociación entre el nivel del material particulado y el apareamiento de síntomas respiratorios en la edad pediátrica.
- ∞ Existen factores que influyen como desencadenantes de la sintomatología respiratoria estudiada a nivel internacional que no ha sido considerada en el presente estudio que expliquen la falta de asociación.
- ∞ Se demostró que existe una tendencia a relacionar síntomas como la taquipnea, rinorrea, sibilancias y estornudos con los niveles no satisfactorios de calidad de aire.

## Recomendaciones

- ∞ Se recomienda ampliar el tiempo de estudio y seguimiento de éstos pacientes por lo menos 12 meses con el objetivo de imprimir fuerza estadística en las pruebas.
- ∞ Se sugiere tomar en cuenta factores como la exposición al tabaco y a la contaminación intradomiciliaria ya que son pilares fundamentales en el desarrollo de síntomas respiratorios.
- ∞ Tener la capacidad instalada para poder incluir pruebas de función pulmonar en el estudio de éstos pacientes.
- ∞ Mantener abastecido de medicamentos el centro de salud de consulta y los centros de tercer nivel así como incentivar con ayuda económica por parte de las autoridades competentes a viajar a las personas con escasos recursos que por motivos económicos no pueden asistir a sus citas, de ésta forma se podrá disminuir el ausentismo en la consulta.

## Bibliografía

1. OMS., Organización Mundial de la Salud. Informe sobre la salud en el mundo. 2002.
2. Han, X. and L.P. Naeher. A review of traffic-related air pollution exposure assessment studies in the developing world. *Environment International*, 2006. 32(1): p. 106-120.
3. Onursal, B. S. Gautam. Vehicular air pollution: experiences from seven Latin American urban centers. 1997: World Bank Publications.
4. Behrentz E, S,N. Rodríguez PA. Definición de elementos técnicos para la formulación de políticas distritales encaminadas al mejoramiento de la calidad del aire en Bogotá. Reporte Final. Parte B. Inventario de Emisiones Provenientes de Fuentes Vehiculares. Informe Técnico, 2008
5. Riechelmann, H. et al. Effects of low-toxicity particulate matter on human nasal function. *Journal of Occupational and Environmental Medicine*, 2003. 45(1): p: 54
6. Aristizábal, G. Contaminación del aire y enfermedad respiratoria en la población infantil de Puente Aranda. Universidad del Bosque, secretaría de Salud del Distrito, Bogotá. 1997.
7. Kunzli, N. et al. Ambient Air Pollution and Atherosclerosis in Los Angeles. *Environmental Health Perspectives*. 2005. 113(2): P.201
8. Arciniegas, A. et al. Relación entre enfermedad respiratoria aguda en niños menores a cinco años y contaminación atmosférica en Bogotá. Secretaría Distrital de Salud. 2006.
9. Solarte, I. Contaminación Atmosférica y Enfermedad Respiratoria en Niños en Bogotá. Universidad Javeriana, Bogotá. 1999.
10. Ana Marcela Muñoz. Carlos Mario Quiroz. John Jairo Paz. Efectos de la Contaminación Atmosférica sobre la Salud en adultos que laboran a diferentes niveles de exposición [tesis]. Medellín: Facultad Nacional de Salud Pública. Universidad de Antioquía. 2006.
11. Nevers N de. Ingeniería de control de la contaminación del aire. México. Mc Graw-Hill Interamericana; 1998, 546 p.

12. Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. [“Calidad de Aire” [ppt.]. San Salvador, El Salvador. Junio 2014
13. Organización Panamericana de la Salud. Evaluación de los efectos de la contaminación del aire en la Salud de América Latina y el Caribe. Washington DC: O.P.S.; 2005.
14. WHO, Fact sheet No. 292: Indoor air pollution and health: Scope of the problema. 2005
15. Pronczuk J, Bhave S Y. Children’s health and the environment – building capacities of action. *Indianpediatrics* 2007; 44: 253-5.
16. Halperin WE, Goodman M, Stayner L. Nasal cancer in a worker exposed to formaldehyde, *JAMA* 1983; 249: 510-4.
17. Uten MJ, Samet JM. Environmentally Mediated Disorders of the Respiratory Tract. *Med Clin NA* 1990; 74: 291-306
18. Lippmann M. Asbestos exposure indices. *Environ Res* 1988; 46: 86-94
19. Aris RM, Christian D, Hearne PQ, Finkbeiner WE, Balmes JR. Ozone-induced airway inflammation in human subjects as determined by airway lavage and biopsy. *Am Rev Respir Dis* 1993; 148: 1363-72
20. Sandström T, Steruberg N, Eklund A, Ledin M-C, Bjerner L, Kolmodin-Hedman B, Lindström K, Rosenhall L, Angström T. Inflammatory cell response in bronchoalveolar lavage fluid after nitrogen dioxide exposure of healthy subjects: A dose response study. *Eur Respir J* 1991; 3: 332-9
21. Davies RJ, Rusznak C, Bayram H, Abdelaziz MM, Calderón MA, Khair OA, Wang J, Sapsford RJ, Devalia JL. Air pollution and asthma: The role of epithelial cells. In *From Genetics to Quality of Life. The and Management of Asthma. Proceedings of the XV th World Congress on Asthmology*. Montpellier. April 24-27. 1996. Chanez P, Bousquet J, Michel FB, Godard. P. (Ed). Hogrefe and Huber Publishers. Seattle. 1996; 90-97
22. Devalia JL, Sapsford RJ, Cunden DR, Rusznack C, Campbell AM, Davies RJ. Human bronchial epithelial cell dysfunction exposure to nitrogen dioxide, in vitro. *Eur Respir J* 1993; 6: 1308-16.

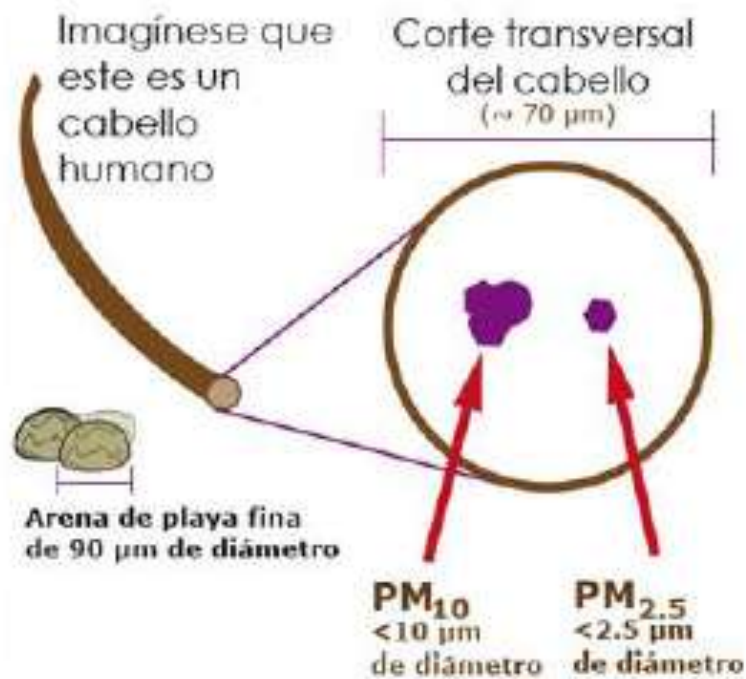
23. Bayram H, Devalia JL, Spisford RJ, Ohtoshi RA, Davies RJ. Effects of diesel exhaust particulates on the ciliary beat frequency of human bronchial epithelial cells, in vitro. *Eur Respir J* 1995.
24. Sly P. D, Flack F. Susceptibility of children to environmental pollutants. *Ann N Y Acad Sci* 2008.
25. WHO. Environmental Health Criteria 237: Principles for Evaluating Health Risks in Children Associated with Exposure to Chemicals EHC 2006.
26. WHO, Effects. Of Air Pollution on Children's Health and Development: A review of the evidence. World Health Organization Special Programme on health and Environment. European Centre for Environment and Health 2005.
27. Rehfuess E. Fuel for life: Household energy and Health. World Health Organization: Geneva. 2006
28. Etzel R. A, Balankrishnan K. Chapter 10: Air in Children's health and the environment – A Global Perspective: A Resource Manual for the Health Sector, J. P. d. Garbino, Editor 2004, WHO: Geneva. p. 107-132.
29. Lugogo N, Que LG, Fertel D, Kraft M. Asthma. In: Mason RJ, Murray JF, Broaddus VC, et al., eds. *Murray and Nadel's Textbook of Respiratory Medicine*. 5th ed. Philadelphia, PA: Elsevier Saunders; 2010:chap 38
30. Kraft M. Approach to the patient with respiratory diseases. In: Goldman L, Schafer Al, eds. *Goldman's Cecil Medicine*. 24th ed. Philadelphia, Pa: Elsevier Saunders; 2011:chap 83
31. Long SS. Respiratory tract symptom complexes. In: Long SS, ed. *Principles and Practice of Pediatric Infectious Diseases*. 4th ed. Philadelphia, Pa: Saunders Elsevier; 2012:chap 21
32. Saleh HA, Durham SR. Perennial rhinitis. *BMJ*. 2007;335(7618):502-507
33. Inés Lopéz Dreyfus, Gloria Moreno, Alexey Clará, Carolina Umaña, Gustavo Zayas. "Contaminación Ambiental y Afección respiratoria en niños salvadoreños". Unidad de Investigación del Hospital Nacional de Niños Benjamín Bloom, San Salvador, El Salvador.

## Anexos

### Anexo 1: Clasificación de Partículas según su tamaño

## Clasificación según su tamaño

PARTÍCULAS	TAMAÑO
PM <sub>10</sub> (torácicas)	$\leq 10 \mu\text{m}$
PM <sub>2.5</sub> (respirables)	$\leq 2.5 \mu\text{m}$



## Anexo 2: Listado de colonias – Estación de Monitoreo UDB

### Listado de Colonias.

#### Estación de Monitoreo - Universidad Don Bosco

- |     |                                |     |                             |
|-----|--------------------------------|-----|-----------------------------|
| 1.  | Santa Lucía                    | 16. | Reparto Las Arboledas       |
| 2.  | Santa Marta                    | 17. | Comunidad 10 de Abril       |
| 3.  | Colonia Lomas del Río 1        | 18. | Comunidad Santa Cecilia     |
| 4.  | Colonia Lomas del Río 2        | 19. | Lotificación Santa Eduviges |
| 5.  | Colonia Cuscatlán              | 20. | Colonia Petaluma            |
| 6.  | Colonia Los Alpes              | 21. | Colonia Naves               |
| 7.  | Colonia Los Pirineos           | 22. | Colonia Los Ménez           |
| 8.  | Barrio El Progreso             | 23. | Lotificación El Bosque      |
| 9.  | Colonia Santa Bárbara          | 24. | Colonia Amiquinio 1         |
| 10. | Colonia San Antonio            | 25. | Colonia Amiquinio 2         |
| 11. | Comunidad Vía de Jesús         | 26. | Colonia Las Palmeras        |
| 12. | Urbanización La Paz            | 27. | Caserío el Cortés           |
| 13. | Colonia San Isidro 1           | 28. | Colonia Santa Isabel        |
| 14. | Condominio Venencia            | 29. | Lotificación Manigua        |
| 15. | Urbanización Prados de Venecia |     |                             |



## **Anexo 3: Listado de colonias – Estación de Monitoreo Centro Gobierno**

### **Listado de Colonias.**

#### **Estación de Monitoreo - Centro de Gobierno**

1. Barrio la Esperanza
2. Barrio Cisneros
3. Colonia El Bosque
4. Colonia La Joya
5. Colonia El Prado
6. Barrio Belén
7. Lotificación Las Mercedes
8. Comunidad La Fosa
9. Urbanización San Ernesto
10. Colonia Dreyfuss
11. Barrio Candelaria
12. Comunidad Colfer
13. Condominio San Juan
14. Colonia IVU
15. Colonia Dina Pinares de Monserrat
16. Colonia El Carmen
17. Colonia Gallegos
18. Barrio San Esteban

## Anexo 4: Ficha de Recolección de datos

CENTRO DE RECOLECCIÓN: **HospitalBloom o Clínica El Carmelo según corresponda**

NOMBRE DEL PACIENTE: \_\_\_\_\_

FECHA DE CONSULTA: \_\_\_\_\_ EDAD \_\_\_\_\_

INDICACIONES: MARQUE PRESENTE O AUSENTE SEGÚN CORRESPONDA

SINTOMATOLOGIA	Hace 1 día	Hace 2 días	Hace 3 días	Hace 4 días	Hace 5 días	Hace 6 días	Hace 7 días	Hace 8 días
<b>Sibilancias</b>	P ___ A ___	P ___ A ___	P ___ A ___	P ___ A ___	P ___ A ___	P ___ A ___	P ___ A ___	P ___ A ___
<b>Taquipnea</b>	P ___ A ___	P ___ A ___	P ___ A ___	P ___ A ___	P ___ A ___	P ___ A ___	P ___ A ___	P ___ A ___
<b>Dificultad respiratoria</b>	P ___ A ___	P ___ A ___	P ___ A ___	P ___ A ___	P ___ A ___	P ___ A ___	P ___ A ___	P ___ A ___
<b>Tos</b>	P ___ A ___	P ___ A ___	P ___ A ___	P ___ A ___	P ___ A ___	P ___ A ___	P ___ A ___	P ___ A ___
<b>Rinorrea</b>	P ___ A ___	P ___ A ___	P ___ A ___	P ___ A ___	P ___ A ___	P ___ A ___	P ___ A ___	P ___ A ___
<b>Estornudos</b>	P ___ A ___	P ___ A ___	P ___ A ___	P ___ A ___	P ___ A ___	P ___ A ___	P ___ A ___	P ___ A ___

## Anexo 5: Consentimiento Informado

### UNIVERSIDAD NACIONAL DE EL SALVADOR

### HOSPITAL DE NIÑOS BENJAMÍN BLOOM

## CONSENTIMIENTO INFORMADO

Este documento contiene información que explica en que consiste el estudio, así como de los beneficios y riesgos que implica para su salud, si tiene alguna duda favor consulte a su médico.

#### Título del estudio:

*“CONTAMINACIÓN AMBIENTAL Y SU RELACIÓN CON SÍNTOMAS RESPIRATORIOS EN LOS PACIENTES QUE ASISTEN A LA CONSULTA DE PEDIATRÍA DE LA CLINICA ASISTENCIAL EL CARMELO Y CONSULTA EXTERNA DE NEUMOLOGÍA DEL HNNBB”*

#### 1. Equipo de Investigadores

Nombre	Título	Cargo	Institución
<b>Dr. Boris Eric Salguero</b>	Médico	Residente de 3 Año	HNNBB*
<b>Dr. Mauricio Romero</b>	Pediatra Neumólogo	Neumólogo	HNNBB*
<b>Dr. William Andrés Hoyos</b>	Médico	Medicina privada	Medicina Privada.

\*Hospital Nacional de Niños Benjamín Bloom”

#### 2. Introducción.

Usted ha sido invitado a participar en un estudio de investigación. Por favor lea cuidadosamente este documento y asegúrese de entender todo el contenido.

Este estudio busca relacionar la contaminación ambiental con el apareamiento de síntomas respiratorios, como la tos, los estornudos y la dificultad respiratoria

### **3. Propósito del estudio**

Establecer una relación entre los niveles de contaminación ambiental medidos en el país con los síntomas respiratorios que adolece la población pediátrica de algunos sectores de la ciudad de San Salvador.

### **4. Procedimientos**

Se recolectará la información por medio de la ficha de recolección de datos ( Ver Anexo 1) a pacientes que consulten por síntomas respiratorios tanto en la consulta de neumología del Hospital Benjamín Bloom como en la clínica asistencial El Carmelo, Soyapango. Esto durante el período comprendido entre el 1 de Octubre al 31 de Octubre de 2014.

Luego esta información será analizada mediante pruebas estadísticas con la finalidad de establecer la relación que guarda la contaminación con los síntomas respiratorios.

### **5. Participación**

Será su responsabilidad el contestar con la mayor veracidad posible, de manera que los datos que se obtengan durante la entrevista sean los más cercanos a la realidad. De esta información depende el éxito del estudio.

### **6. Beneficios**

El beneficio que usted obtendrá, será el conocer de manera precisa cual es calidad del aire medido en su lugar de domicilio y la relación que ésta pueda tener con los síntomas respiratorios del paciente.

### **7. Riesgos**

No existen riesgos identificados al pertenecer al estudio.

### **8. Compensación**

No existirá remuneración monetaria por su participación en este estudio.

### **9. Incentivo para el paciente**

Conocer de manera más concreta los efectos de la calidad del aire en la salud de las personas que habitan en el domicilio del paciente.

#### **10. Confidencialidad de la información**

Tanto los autores como el Comité de Ética de la Universidad de El Salvador y las autoridades reguladoras tendrán libre acceso a su expediente clínico original como participante, para la verificación de los procedimientos y/o datos del estudio clínico sin violar su confidencialidad

#### **12. Retiro Voluntario**

Su participación en este estudio es voluntaria. Usted puede decidir no participar o retirarse en cualquier momento. La decisión no resultará en ninguna penalidad o pérdida de los beneficios para los cuales tenga derecho.

Al firmar a continuación, usted acepta que es conocedor de todo el contenido presentado anteriormente y que está de acuerdo con todas las condiciones, riesgos y beneficios que han sido descritas en este documento.

## Anexo 6. Estaciones de Monitoreo de Calidad de Aire.

**Centro de Gobierno**



**Universidad Don Bosco**

