

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE MEDICINA



**RELACIÓN ENTRE LOS NIVELES ALTOS DE CONTAMINANTES DEL AIRE Y
LA PREVALENCIA DE SÍNTOMAS DE ALERGIA RESPIRATORIA EN
ADOLESCENTES DE MONTERREY.**

Por

DR. OCTAVIO GABINO MANCILLA AVILA

**Como requisito para obtener el Grado de
SUBESPECIALISTA EN ALERGIA E
INMUNOLOGÍA CLÍNICA**

Febrero 2019

**“RELACIÓN ENTRE LOS NIVELES ALTOS DE CONTAMINANTES DEL AIRE
Y LA PREVALENCIA DE SÍNTOMAS DE ALERGIA RESPIRATORIA EN
ADOLESCENTES DE MONTERREY”**

Aprobación de la tesis:




Dra. med. Sandra Nora González Díaz
Jefa de Servicio



Dra. med. Gabriela Galindo Rodríguez
Director de tesis



Dra. med. Gabriela Galindo Rodríguez
Coordinador de Enseñanza de Posgrado



Dr. med Felipe Arturo Morales Martínez
Subdirector de Estudios de Posgrado

**“RELACIÓN ENTRE LOS NIVELES ALTOS DE CONTAMINANTES DEL AIRE
Y LA PREVALENCIA DE SÍNTOMAS DE ALERGIA RESPIRATORIA EN
ADOLESCENTES DE MONTERREY”**

Aprobación de la tesis:

**Dra. med. Sandra Nora González Díaz
Jefa de Servicio**

**Dra. med. Gabriela Galindo Rodríguez
Director de tesis**

**Dra. med. Gabriela Galindo Rodríguez
Coordinador de Enseñanza de Posgrado**

**Dr. med Felipe Arturo Morales Martínez
Subdirector de Estudios de Posgrado**

DEDICATORIA Y/O AGRADECIMIENTOS

A mi jefa de servicio Dra. med. Sandra Nora González Díaz y mi directora de tesis Dra. med. Gabriela Galindo Rodríguez. Así como a la Lic.Sonia Limón y al estudiante Braulio Velasco por su apoyo para el análisis estadístico del presente estudio.

A mis padres que siempre me orientaron, amaron y educaron de la mejor manera. Ellos me han hecho enfrentar la vida con una buena actitud y perseverancia, vivo eternamente agradecido con Dios por estos angelotes que puso en mi camino. A mi hermana Fernanda, Carlos, mis sobrinos Carlitos e Isabella, quienes me alegran la vida. Mi tía Rosy, quien siempre ha mantenido su apoyo incondicional, al igual que mis queridos suegros Vicky y Demon.

A mis amigos de Tijuana, quienes me han aguantado estos años de mi formación, mostrándome su apoyo incondicional y motivándome siempre.

A mi gran apoyo en los últimos años, una mujer indescriptible, hermosa, mi esposa Sarita. Quien inició junto conmigo esta etapa nueva en Monterrey, sin duda ella hizo que estos dos años fueran de las mejores experiencias de mi vida, mostrándome su amor día a día.

Y por último, al culpable de que me decidiera por el mundo de la alergia, mi mentor y amigo Dr. José Alberto Escalante Domínguez, esta tesis va dedicada a él como muestra de mi eterno agradecimiento y admiración, estoy listo para trabajar ahora como colegas en mi querida Tijuana.

Todos ellos forman mi familia, les vivo eternamente agradecidos.

TABLA DE CONTENIDO

Capítulo	Página
CAPÍTULO I	
1. RESUMEN.....	1
CAPÍTULO II	
2. INTRODUCCIÓN.....	3
CAPÍTULO III	
3. JUSTIFICACIÓN.....	17
CAPÍTULO IV	
4. OBJETIVOS.....	18
CAPÍTULO V	
5. MATERIALES Y METODOS.....	19
CAPÍTULO VI	
6. ASPECTOS ÉTICOS.....	26
CAPÍTULO VII	
7. RESULTADOS.....	27

Capítulo	Página
CAPÍTULO VIII	
8. DISCUSIÓN.....	38
CAPÍTULO IX	
9. CONCLUSIÓN.....	58
CAPÍTULO X	
10. ANEXOS.....	59
CAPÍTULO XI	
11. REFERENCIAS.....	67
CAPÍTULO XII	
12. RESUMEN AUTOBIOGRÁFICO.....	73

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA	Página
1. Modificaciones epigenéticas.....	9
2. Valores de referencia de los contaminantes según la NOM.....	22
3. División de las escuelas por sector.....	25
4. Episodios de sibilancias.....	28
5. Asma confirmada por un médico.....	28
6. Uso de medicamentos inhalados.....	29
7. Sibilancias durante el ejercicio.....	29
8. Síntomas de rinitis alérgica.....	30
9. Prurito nasal.....	30
10. Síntomas de alergia ocular.....	31
11. Diagnóstico de rinitis alérgica por un médico.....	31
12. Media, desviación estándar y significancia de los contaminantes.....	37.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Fuentes de contaminación ambiental.....	5
2. Efectos adversos de los contaminantes del aire.....	7
3. Cambios epigenéticos secundarios a factores ambientales.....	8
4. Grado de penetración de las partículas según su diámetro.....	10
5. Material particulado y enfermedades respiratorias y cardiovasculares.	12
6. Zona metropolitana de Monterrey (ZMM).....	13
7. Sistema Integral de Monitoreo Ambiental (SIMA).....	15

LISTA DE ABREVIATURAS

OMS: Organización Mundial de la Salud.

WAO: Organización Mundial de Alergia (*por sus siglas en inglés*).

CRAIC: Centro Regional de Alergia e Inmunología Clínica.

ADN: ácido desoxirribonucleico.

GSTP1: gen que codifica glutatión S-transferasa P.

GSTM1: gen que codifica glutatión S-transferasa Mu.

NQO1: gen que codifica NAD(P)H deshidrogenasa 1.

TNF: factor de necrosis tumoral.

TLR2: receptor tipo toll 2 (*por sus siglas en inglés*).

TLR4: receptor tipo toll 4 (*por sus siglas en inglés*).

IL-13: Interleucina 13.

ADRB2: gen que codifica receptor beta 2 adrenérgico.

OH-: hidroxilo.

(NO₃): nitratos.

SO_x: óxidos de azufre.

NO_x: óxidos de nitrógeno.

PST: partículas suspendidas totales.

μm: micrómetros.

ZMM: zona metropolitana de Monterrey.

INEGI: Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

GAN: red global de asma (*por sus siglas en inglés*).

ISAAC: estudio internacional de asma y alergias en la infancia (*por sus siglas en inglés*).

UANL: Universidad Autónoma de Nuevo León.

SIMA: Sistema Integral de Monitoreo Ambiental.

NOM: norma oficial mexicana.

CO: monóxido de carbono.

CO₂: bióxido de nitrógeno.

O₃: ozono.

NO₂: bióxido de nitrógeno.

SO₂: bióxido de azufre.

PM₁₀: material particulado igual o menor a 10 micrómetros.

PM_{2.5}: material particulado igual o menor a 2.5 micrómetros.

PRS: presión atmosférica.

LLUV: precipitación pluvial.

HR: humedad relativa.

RADSOL: radiación solar.

TOUT: temperatura ambiente.

WS: velocidad de viento.

WD: dirección de viento.

Ppm: partes por millón.

Ppb: partes por billón.

µgr/m3: micrómetros por metro cúbico.

SPSS: Paquete Estadístico para las Ciencias Sociales (*por sus siglas en inglés*)

°C: grados centígrados.

CAPÍTULO I

RESUMEN

Introducción

La contaminación ambiental es el deterioro de la pureza de las sustancias que componen la biósfera (litósfera, hidrósfera y atmósfera). De acuerdo a la OMS el 92% de la población está expuesta a niveles elevados de contaminantes. Las enfermedades alérgicas constituyen un problema de salud pública en nuestro país, así como a nivel mundial estimándose que entre el 30 y 40% de la población se encuentra afectada por una de ellas. Las enfermedades alérgicas son complejas, de rasgos poligénicos e implican una interacción entre la genética y el medio ambiente.

Objetivo

Identificar la relación entre la prevalencia de síntomas respiratorios de alergia y la contaminación del aire en estudiantes de secundaria de Monterrey, Nuevo León.

Material y método

Es un estudio transversal, observacional, descriptivo. Se analizó la base de datos GAN para calcular la prevalencia de síntomas respiratorios de alergia. Por medio del SIMA se obtuvo el registro de los valores de los contaminantes y factores meteorológicos. En la estadística descriptiva se reportaron frecuencias y porcentajes para variables cualitativas, para las variables cuantitativas se

reportaron medidas de tendencia central y dispersión. Se realizó el test de Kolmogorov Smirnov para la distribución de la muestra. Se utilizó el test de ANOVA para datos cuantitativos tabulados con corrección de post-hoc para diferentes grupos. Se realizó prueba de chi cuadrado para variables categóricas. Utilizamos el paquete estadístico Epidat 3.1 y SPSS versión 24 (SPSS, IBM, Inc. Amon, NY, EE.UU.).

Resultados

Se incluyeron 3016 adolescentes de 13 y 14 años, dentro de los cuales encontramos diversos resultados en base a las prevalencias de los síntomas respiratorios y las mediciones de los distintos contaminantes y factores meteorológicos. Entre los contaminantes que encontramos alguna relación con los síntomas respiratorios y alérgicos fueron el CO, O₃, PM2.5 y PM10. Entre los factores meteorológicos con los que pudimos encontrar alguna relación con los síntomas respiratorios y/o de alergia, fueron la HR, RADSOL y WS.

Conclusión

Con el presente estudio pudimos abrir un poco el panorama sobre el impacto de los contaminantes del aire en las enfermedades alérgicas en nuestra población. Encontramos algunas relaciones interesantes entre los distintos síntomas respiratorios de alergia y los contaminantes, así como con factores meteorológicos que podrían apoyar a la realización de futuros estudios y la creación de recomendaciones para nuestros pacientes.

CAPÍTULO II

INTRODUCCIÓN

El medio ambiente comprende aquellos factores físicos y naturales que rodean e influyen de alguna manera en los seres vivos. Para sobrevivir el ser humano necesita adaptarse o modificar el ambiente en el que se encuentra, y las enfermedades respiratorias parecen no ser la excepción.(1)

La contaminación ambiental es el deterioro de la pureza de las sustancias que componen la biósfera (litósfera, hidrósfera y atmósfera). La composición normal de la atmósfera es principalmente nitrógeno 78.03%, oxígeno 20.99%, Argón 0.94%, CO₂ 0.035%, Neón 0.0024%, gases inertes 0.00005%, óxido nitroso 0.000025%, metano 0.00015%, dióxido de nitrógeno 0.0000001%, amoníaco 0.0000001%, ozono 0.000002% y monóxido de carbono 0.00001%. Alteraciones en los componentes previamente mencionados ocasionan conllevan a contaminación del aire.(1)

De acuerdo a la Organización Mundial de la Salud (OMS) el 92% de la población está expuesta a niveles de contaminantes del aire por encima de lo recomendado. La contaminación del aire ocasiona mayor número de muertes en comparación con otros tipos (agua, laboral y suelo).(2)

En una revisión de la organización mundial de alergia (WAO *por sus siglas en inglés*) publicada en el 2015 sobre las condiciones meteorológicas las cuales

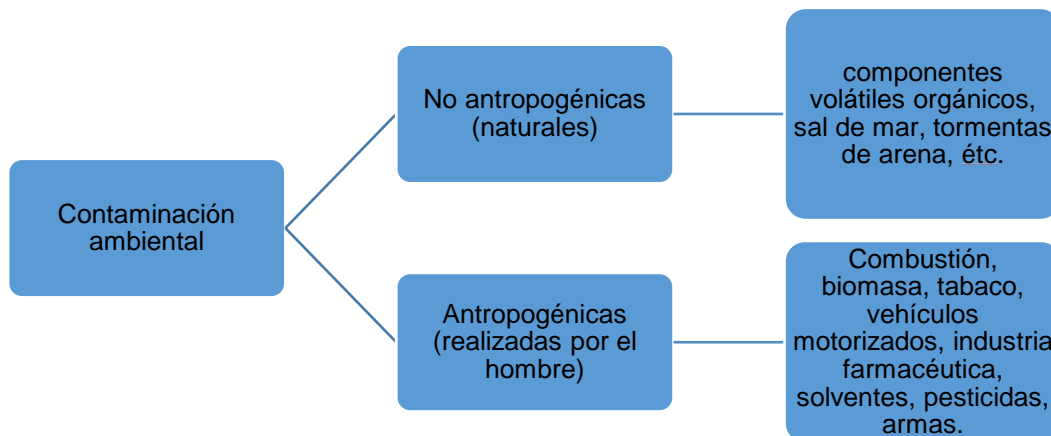
incluyen el calentamiento global inducido por la actividad humana, mencionan el impacto en la biósfera, biodiversidad y en el medio ambiente humano, recalcando la importancia de los grandes retos que son mitigar este problema de salud pública y revertir los efectos de estos cambios.(3) En los últimos 50 años el 50% de los bosques del planeta han sido destruidos y cada año 13 millones de hectáreas de bosque son deforestadas.(4)

Las sustancias que son arrastradas por el aire, como polvos orgánicos, material particulado, núcleos de sal de mar, el metano generado por los pantanos, polen y bacterias causan cierto grado de contaminación atmosférica. Sin embargo la atmósfera tiene la capacidad de limpiarse a sí misma por acción natural mediante la lluvia y el viento. Los problemas de contaminación del aire se presentan cuando estos procesos naturales de limpieza se ven superados por el mayor número de fuentes emisoras, particularmente las producidas por el hombre (antropogénicas). Las fuentes antropogénicas de contaminación atmosférica se dividen en fuentes móviles y fuentes fijas. Las móviles incluyen vehículos, aviones, barcos y trenes, las fijas incluyen plantas energéticas, refinerías e industrias de proceso (Figura 1).(1)

Los efectos de la contaminación no se limitan al sitio de origen sino que se extienden a sitios remotos y se les conoce también como efectos macroambientales. Los más importantes son: calentamiento global o efecto invernadero, destrucción de la capa de ozono, lluvia ácida y alteraciones en la salud de las personas.(1)

Las enfermedades alérgicas constituyen un problema de salud pública en nuestro país, así como a nivel mundial estimándose que entre el 30 y 40% de la población se encuentra afectada por una de ellas.(5)

Figura 1.



La prevalencia de estas enfermedades está aumentando tanto en países desarrollados como en desarrollo, con mayor tendencia en la población pediátrica. Dando lugar a definiciones nuevas como “epidemia alérgica” por el impacto que tienen estas enfermedades en la salud pública y en la economía, pero sobre todo en la calidad de vida de la población.(5)

Los aeroalérgenos están presentes de manera normal en el medio ambiente, teniendo relación estrecha con cambios climáticos, desarrollo de enfermedades alérgicas y contaminantes del aire.(6)

Los efectos del cambio climático en los aeroalérgenos son diversos, dentro de los principales se encuentran los siguientes: aumento de la velocidad de

crecimiento y cantidad de polen de las plantas, aumento en la cantidad de proteínas alergénicas, adelanto del tiempo de crecimiento y en consecuencia el inicio de la polinización, además ocasiona temporadas de polinización más prolongadas.(7)

El cambio climático también tiene repercusión en diversas enfermedades respiratorias, dentro de los principales efectos se encuentra el incremento de morbimortalidad aguda debido a olas de calor, incremento en la frecuencia de síntomas cardiorespiratorios debido a concentraciones elevadas de ozono, cambios en la frecuencia respiratoria y alteración en la distribución de alérgenos así como de algunos vectores de enfermedades infecciosas.(7)

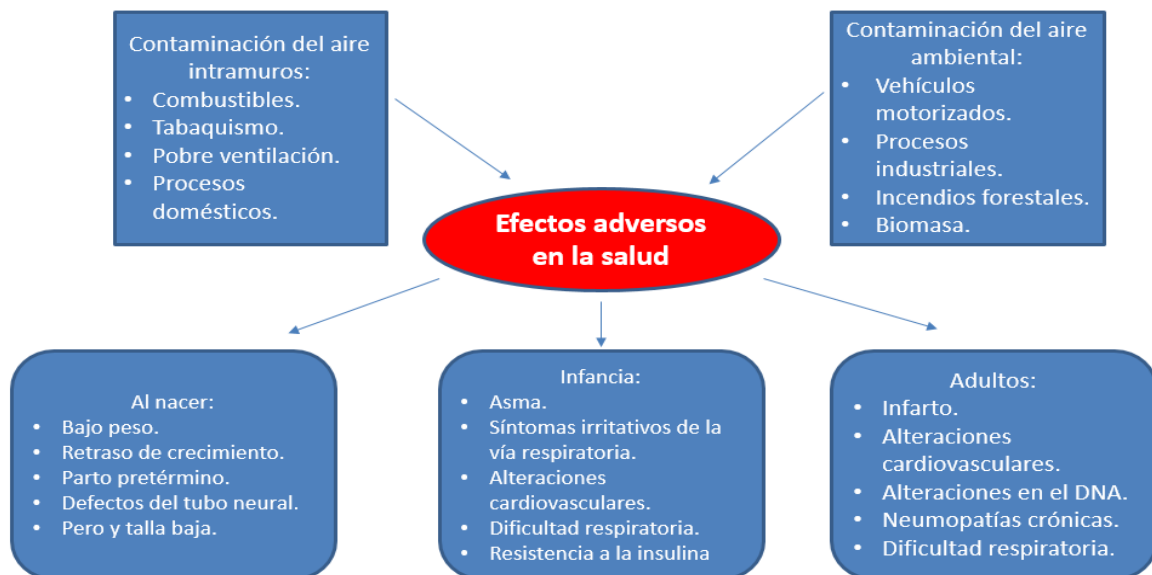
Un estudio multicéntrico realizado en Italia y publicado en el 2016, concluyó que los efectos del cambio climático incluyen un aumento en la prevalencia de enfermedades respiratorias alérgicas, exacerbaciones de enfermedades pulmonares obstructivas crónicas, mortalidad prematura y disminución de la función pulmonar.(4)

En diversos estudios se han asociado de manera clara los niveles elevados de contaminación y sus efectos en la salud de las personas (Figura 2).

Las reacciones de cada individuo hacia la contaminación dependen de diversos factores como el estado de salud de la persona, carga genética, grado de exposición y tipo de contaminante en el cual destacan de manera importante las partículas ambientales. (1)

Las enfermedades alérgicas son complejas, de rasgos poligénicos e implican una interacción entre la genética y el medio ambiente, existe la evidencia de que hasta el 80% de los casos de enfermedades atópicas pueden ser heredadas, los genes involucrados pueden ser epigenéticamente modificados por distintas variables tales como: exposiciones ambientales (dieta, bacterias, virus, contacto con animales, contaminación, humo de cigarro) y el microbioma.(5)

Figura 2.



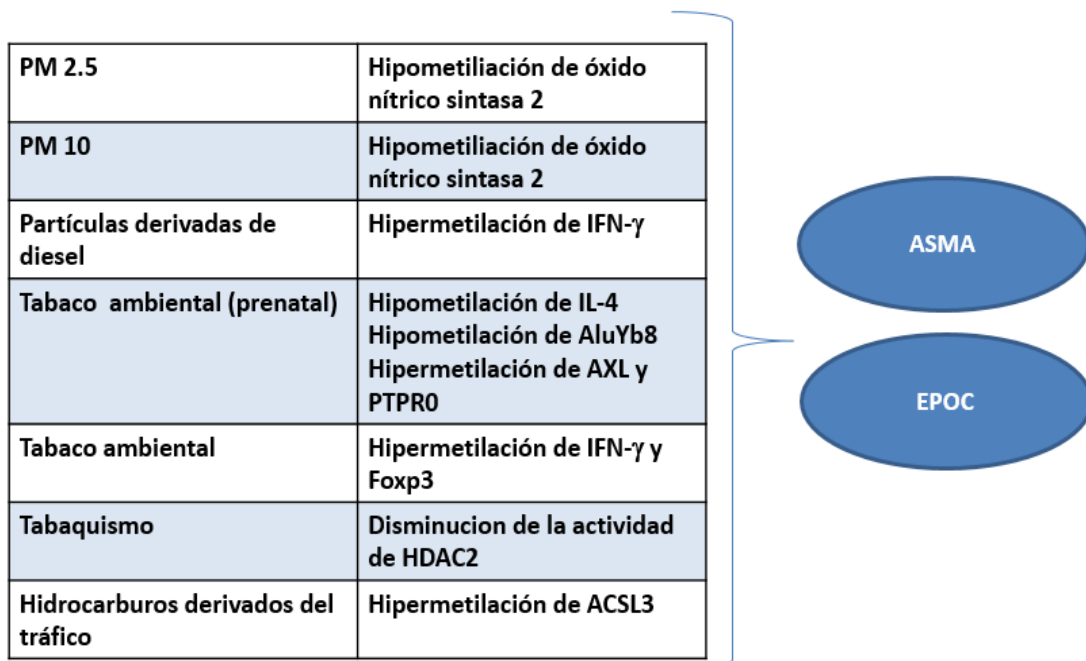
Ambient and household air pollution: complex triggers of disease. Am J Physiol Heart Circ Physiol 307: H467–H476, 2014 Stephen A. Farmer et al.

La epigenética se define como el estudio de los mecanismos que regulan la expresión de los genes sin una modificación en la secuencia del ADN. Establece la relación entre las influencias genéticas y ambientales que determinan un fenotipo. En distintas enfermedades alérgicas como asma y rinitis alérgica se han observado cambios epigenéticos secundarios a factores ambientales, ocasionando

la aparición de enfermedades respiratorias como asma y enfermedad pulmonar obstructiva crónica.(8)(Figura 3)

El tabaquismo también se ha visto involucrado en modificaciones epigenéticas, se ha comprobado que este hábito puede favorecer el desarrollo de asma al inducir metilación en distintos genes (tabla 1), así como con la modificación de las histonas. Variaciones en la glutatión-S-transferasa la cual juega un papel en la protección contra el estrés oxidativo, han sido asociadas con enfermedades alérgicas en la población expuesta a contaminación ambiental.(8)

Figura 3.



Environmental Changes, Microbiota, and Allergic Diseases . Byoung-Ju Kim et al. Allergy Asthma Immunol Res. 2014 September;6(5):389-400.

Tabla 1.

GSTP1	Humedad intramuros.
GSTM1, GSTP1, NQ01	Ozono
GSTP1, TNF, TLR2, TLR4	Contaminantes relacionados con tráfico
IL-13	Humedad intramuros.
Genes de la vía de unión entre endotoxinas-TLR	Endotoxinas
TNF, GSTP1, ADRB2	Tabaquismo materno

Environmental Changes, Microbiota, and Allergic Diseases . Byoung-Ju Kim et al. Allergy Asthma Immunol Res. 2014 September;6(5):389-400.

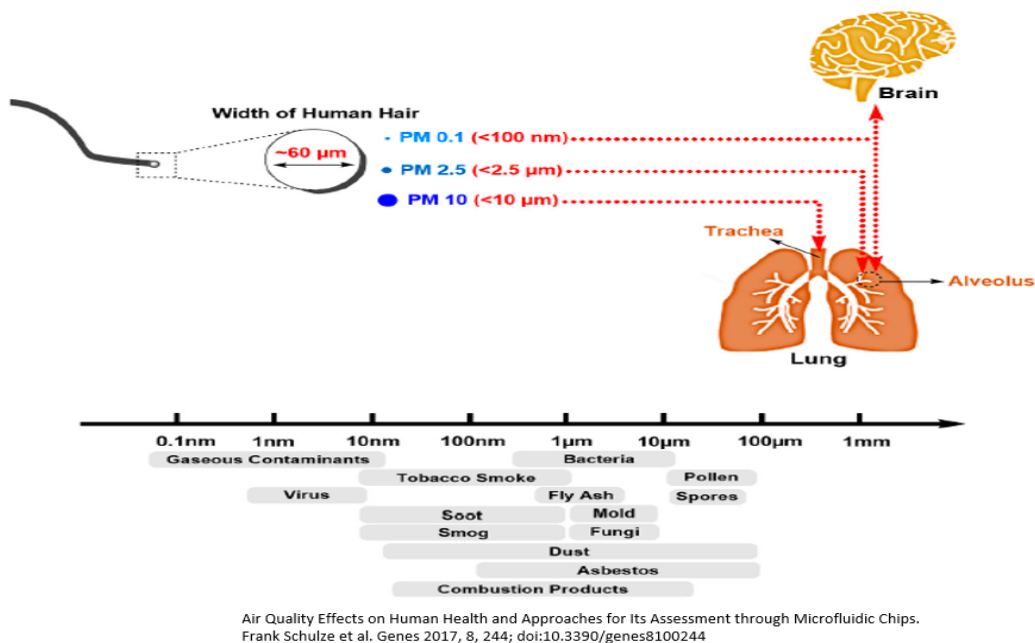
Una partícula se define como la parte pequeña de algo, una sustancia, un material, etcétera. Las partículas ambientales no son entidades químicas específicas, sino una mezcla de partículas de diferentes fuentes, tamaño, composición y propiedades. Dependiendo de la fuente de origen las partículas ambientales se clasifican como primarias y secundarias, las primarias son aquellas que se emiten directamente de las fuentes, por ejemplo: materiales geológicos y/o biológicos suspendidos en el aire así como también productos de la combustión. Las partículas secundarias son formadas por medio de reacciones químicas en la atmósfera, en estas reacciones están involucrados el oxígeno atmosférico, vapor de agua, especies reactivas como el ozono, radicales como el hidroxilo (OH⁻), nitratos (NO₃), contaminantes como óxidos de azufre (SO_x), óxidos de nitrógeno (NO_x) y diversos gases orgánicos.(1)

Otra clasificación de las partículas se basa en su diámetro aerodinámico, existen partículas suspendidas totales (PST) gruesas (mayores o iguales a 10 µm,

PM10), finas (menores o iguales a $2.5 \mu\text{m}$, PM2.5) y ultrafinas (menores o iguales a $0.1 \mu\text{m}$, PM1).(1) Las partículas finas han sido las más estudiadas en los últimos años por su repercusión en la salud.(1)

El grado de penetración de las partículas en las vías respiratorias varía considerablemente con su tamaño. Está bien documentado que las partículas PM10 quedan retenidas en los bronquios y bronquiolos, las PM2.5 quedan retenidas en los bronquiolos respiratorios y las PM0.1 pueden llegar hasta los alvéolos pulmonares absorbiéndose incluso a órganos distantes al penetrar la membrana alveolocapilar (Figura 4).(1)(9)

Figura 4.



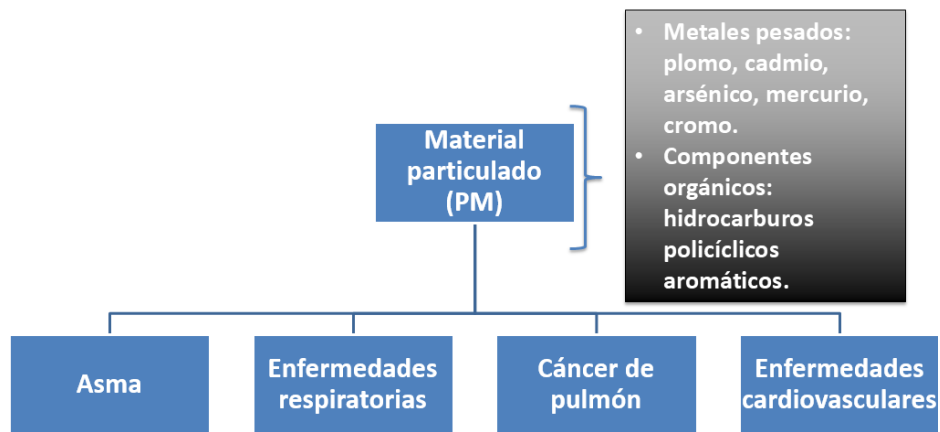
Un estudio publicado en Diciembre del año 2017 el cual se realizó en la Universidad John Hopkins, los investigadores se propusieron analizar partículas de $2.5 \mu\text{m}$ a $10 \mu\text{m}$ y su relación con el desarrollo y morbilidad de asma, ya que

hasta esa fecha la Agencia de Protección Ambiental (EPA *por sus siglas en inglés*) no tenía datos suficientes para decir si dichas partículas mayores a $2.5\mu\text{m}$ causan efectos nocivos en la salud. Los investigadores analizaron registros de 7,810,025 niños (de 5 a 20 años) que vivían en todo el país, los cuales estaban inscriptos a un programa federal y estatal de ayuda a los costos médicos durante un periodo de dos años, 2009-2010. El estudio encontró que por cada microgramo/ m^3 de aumento en $\text{PM}_{10-2.5\mu\text{m}}$, el diagnóstico de asma aumentó en un 0.6 por ciento, las visitas a los departamentos de emergencias de los hospitales por asma subieron 1.7 por ciento y las hospitalizaciones por asma se incrementaron en 2.3 por ciento. Los investigadores señalaron entre las limitaciones del estudio el hecho de que pocos lugares monitorizan material particulado con diámetro entre $2.5\mu\text{m}$ y $10\mu\text{m}$.(10)

La composición química de las partículas ambientales es muy variada. En términos generales se divide en una fracción inorgánica y otra orgánica. La fracción inorgánica se compone principalmente de sulfatos, amonio, nitratos, metales de transición y materiales térreos. La fracción orgánica contiene cientos de compuestos dentro de los que encontramos carbono elemental, compuestos orgánicos volátiles y componentes biológicos tales como alérgenos y endotoxinas. También en esta fracción se encuentran los Hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAHs), un grupo de compuestos para los que se ha demostrado ampliamente los efectos adversos a la salud. En la naturaleza se encuentran como mezclas complejas tanto en aire, tierra y agua. También están presentes en el humo del tabaco, alimentos a la parrilla, ahumados y fritos.(1)

Estudios epidemiológicos, hechos en México y otros países del mundo, han encontrado una asociación directa entre los niveles elevados de las partículas ambientales y el aumento en los efectos agudos de enfermedades respiratorias y cardiovasculares.(9)(Figura 5)

Figura 5.



Air Quality Effects on Human Health and Approaches for Its Assessment through Microfluidic Chips.
Frank Schulze et al. Genes 2017, 8, 244; doi:10.3390/genes8100244

Un estudio multicéntrico realizado en México en el año 2008, estudió una cohorte de 158 pacientes pediátricos en edad escolar con asma y 50 no asmáticos, con un seguimiento de 22 semanas, les realizaron las siguientes pruebas: espirometría, fracción exhalada de óxido nítrico (FeNo), niveles de interleucina 8 en lavado nasal y pH del aliento cada 15 días durante su seguimiento. Los autores de este estudio encontraron que la exposición a PM_{2.5} resulta en la inflamación aguda de la vía respiratoria y disminución de la función pulmonar tanto en pacientes asmáticos como en no asmáticos, con mayor repercusión en los valores de FeNo y volumen espiratorio forzado en el primer segundo en los pacientes asmáticos.(11)

Otro estudio realizado en la Universidad de Toronto se propuso como objetivo examinar el efecto de la exposición a las emisiones de los vehículos de motor en las hospitalizaciones por problemas respiratorios, sus resultados sugirieron que la exposición a PM2.5 emitidas por los vehículos de motor tiene un efecto específico en ciertas patologías respiratorias como asma, enfermedad pulmonar obstructiva crónica, neumonías, entre otras.(12)

La zona metropolitana de Monterrey (ZMM) se ubica en el estado de Nuevo León al noreste de México. Incluye la ciudad capital del estado de Nuevo León, Monterrey, y parte de los municipios de García, General Escobedo, San Nicolás de los Garza, Ciudad Guadalupe, Ciudad Benito Juárez, Cadereyta Jiménez, Santiago, Santa Catarina y San Pedro Garza García (Figura 6).(1)

Figura 6.



Tiene una población de 3'786,244 habitantes y el municipio de Monterrey por sí solo tiene una población de 1,109,171 habitantes según el último registro del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) en el año 2015. El número de

vehículos registrados hasta el año 2016 en la ZMM fue de 1,997,592 (1,488,363 automóviles, 8,320 camiones para pasajeros, 441,012 camiones y camionetas para carga y 59,897 motocicletas) y 14,200 unidades activas de industrias manufactureras también según el registro del INEGI.(13)

La ZMM se encuentra rodeada por la Sierra Madre Oriental, el cerro de la Silla, el cerro de las Mitras y el cerro del Topo Chico. Estas elevaciones montañosas constituyen una barrera física natural para la circulación del viento e impiden el desalojo de contaminantes atmosféricos.(1)

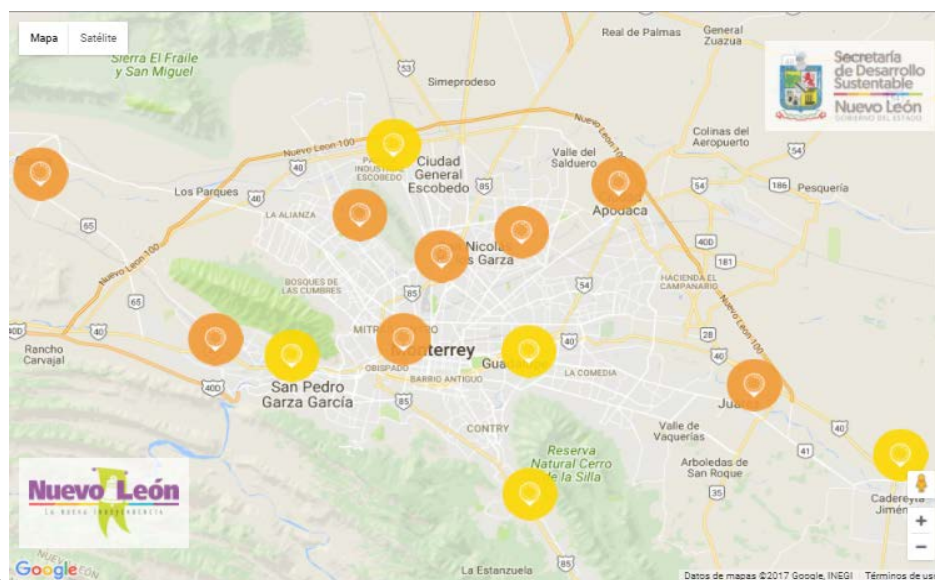
Las características anteriores y el hecho de ser un área industrial con un número de habitantes y de vehículos considerablemente elevado, pueden favorecer la aparición de episodios de contaminación atmosférica grave.

La red global de asma (*GAN por sus siglas en inglés*) se estableció en el 2012 con el fin de mejorar el tratamiento de asma de manera global, con un enfoque principal en países de ingreso medio y bajo, a través de la vigilancia, investigación, y aumento en el acceso a medicamentos y centros de calidad. La GAN es colaboración entre el estudio internacional de asma y alergias en la infancia (*ISAAC por sus siglas en inglés*) y la unión internacional en contra de la tuberculosis y enfermedades pulmonares (*The Union*). Dentro de los centros en México que participan en esta red se encuentra el Centro Regional de Alergia e Inmunología Clínica en el Hospital Universitario “Dr. José Eleuterio González” de la Universidad Autónoma de Nuevo León, en Monterrey, N.L.(14)

En 1992 se estableció el Sistema Integral de Monitoreo Ambiental (SIMA) con la finalidad de contar con información continua y fidedigna de los niveles de contaminación de la ZMM. Este sistema está compuesto actualmente por una red de 13 estaciones (García, Santa Catarina, San Pedro, Obispedo, San Bernabé, Escobedo, Universidad, Pueblo Serena, Pastora, San Nicolás, Apodaca, Juárez y Cadereyta) que miden continuamente los niveles de los siguientes contaminantes: monóxido de Carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NOx), ozono (O3), dióxido de nitrógeno (NO2), Bióxido de azufre (SO2), PM10 y PM2.5 (Figura 7).(15)

En los últimos años los niveles de contaminación de la ZMM han sido superiores a lo establecido por la norma oficial mexicana NOM-025-SSA1-2014 y la Organización Mundial de la Salud (OMS), los cuales son para PM2.5 una media anual de $12 \mu\text{m}^3$ y $45 \mu\text{m}^3$ de media en 24 horas, y para PM10 una media anual de $40 \mu\text{m}^3$ y $75 \mu\text{m}^3$ de media en 24 horas.(16)(17)

Figura 7.



Un estudio publicado en el 2014, midió los niveles atmosféricos de benceno, tolueno, etilbenceno y xileno en una zona urbana de Nuevo León, México, encontrando que los municipios de Apodaca y Guadalupe en Nuevo León donde se encuentran industrias importantes, volumen elevado de tráfico, diversas gasolineras y el aeropuerto, fueron las localidades con los niveles atmosféricos más altos de las sustancias previamente mencionadas.(18)

En un estudio realizado en la Ciudad de México publicado en la revista de Salud Pública en el 2009, aplicaron una encuesta en estudiantes adolescentes para analizar la percepción en cuanto a las relaciones que se establecen entre contaminación del aire, salud, enfermedad y muerte. Los autores concluyeron que los determinantes de la percepción para esta población de adolescentes son: género, zona de ubicación de la escuela y las diferencias en la calidad del aire percibidas en la ciudad, colonia y plantel educativo. Obteniendo una prevalencia de 66% en cuanto a la percepción entre contaminación y salud respiratoria.(19)

CAPÍTULO III

JUSTIFICACIÓN

Debido a lo mencionado anteriormente y a la falta de estudios en nuestra población, en específico del noreste del país sobre la exposición a los distintos contaminantes y su asociación con enfermedades alérgicas nos propusimos realizar el presente estudio en la población adolescente de Monterrey, Nuevo León. Con el fin de tener información sobre este tema en la población del noreste del país así como influir y apoyar al establecimiento de políticas ambientales encaminadas al control de la contaminación del aire, con el fin de mejorar o prevenir alteraciones en la salud de la población expuesta.

CAPÍTULO IV

OBJETIVOS

IV.I. Objetivo General

Identificar la relación entre la prevalencia de síntomas respiratorios de alergia y la contaminación del aire en estudiantes de secundaria de Monterrey, Nuevo León.

IV.II. Objetivos Específicos

1. Identificar los principales síntomas respiratorios que se presentan en la población pediátrica de Monterrey.
2. Identificar factores geográficos y demográficos asociados al aumento en la presencia de síntomas respiratorios.
3. Evaluar los principales contaminantes del aire involucrados en la presencia de síntomas respiratorios alérgicos.
4. Identificar zonas de mayor impacto en la presencia de síntomas respiratorios en Monterrey.
5. Crear recomendaciones para la mejoría de la calidad de vida en la población expuesta a estos contaminantes.

CAPÍTULO V

MATERIAL Y METODOS

VI.I. Materiales

Es un estudio transversal, observacional, descriptivo realizado en el Centro Regional de Alergia e Inmunología Clínica del Hospital Universitario “Dr. José Eleuterio González”, en Monterrey, Nuevo León, México.

El presente estudio fue aprobado por el comité de ética en investigación del Hospital Universitario “Dr. José Eleuterio González” el 22 de marzo del 2018, registrado con la clave AL18-00006.

Se analizó la base de datos de la red global de asma (*GAN por sus siglas en inglés*) para calcular la prevalencia de síntomas respiratorios de alergia, los cuales se obtuvieron por medio de un cuestionario aplicado en 11 secundarias distribuidas en el municipio de Monterrey, Nuevo León. La base de datos de la GAN fue aprobada por el comité de ética con el protocolo de investigación: Estudio epidemiológico de asma y enfermedades alérgicas en adolescentes de 13 y 14 años de edad de Monterrey, N.L.

Dichos cuestionarios fueron aplicados por personal del Centro Regional de Alergia e Inmunología Clínica del Hospital Universitario “Dr. José Eleuterio González” a partir del mes de Junio del año 2017 y se terminaron de aplicar en Abril 2018. En los cuestionarios se interrogaron síntomas de los últimos 12 meses, entre los cuales se incluyeron síntomas de rinitis alérgica (rinorrea, prurito nasal,

prurito ocular, epífora, estornudos y congestión nasal) y asma (sibilancias y sibilancias durante el ejercicio), se interrogó sobre medicamentos recibidos para los síntomas previamente mencionados entre los que se incluyeron esteroides inhalados y sistémicos, beta 2 agonistas de acción corta y prolongada, antagonistas de los receptores de leucotrienos y antihistamínicos. Se interrogó sobre el diagnóstico previo de asma y/o rinitis alérgica establecido por un médico, así como visitas a urgencias y ausentismo escolar secundario a los síntomas de rinitis alérgica y asma. Además se captaron los siguientes datos demográficos de los pacientes: edad, sexo, peso, talla, lugar de nacimiento, lugar de residencia y nombre de la escuela a la que asisten.

Por medio del Sistema Integral de Monitoreo Ambiental (SIMA) se obtuvo el registro de los valores diarios de los siguientes contaminantes de aire: monóxido de carbono (CO), ozono (O₃), bióxido de nitrógeno (NO₂), bióxido de azufre (SO₂), PM₁₀ y PM_{2.5}, de las estaciones de San Bernabé (Noroeste), Universidad (Norte2), Obispado (Centro), Escobedo (Norte), Monterrey (Sur), Guadalupe (Sureste) y San Nicolás (Noreste), las cuales abarcan el monitoreo del aire del territorio donde se encuentran las 11 secundarias encuestadas por la GAN en el municipio de Monterrey, Nuevo León. Además de los niveles de contaminantes del aire, el SIMA nos envió los niveles de presión atmosférica (PRS), precipitación pluvial (LLUV), humedad relativa (HR), radiación solar (RADSOL), temperatura ambiente (TOUT), velocidad de viento (WS), dirección de viento (WD). Se obtuvieron los valores diarios de los contaminantes y los demás datos

meteorológicos desde junio del 2016 hasta abril del 2018 cuando se terminaron de aplicar los cuestionarios en las distintas secundarias.

Los valores de referencia que utilizamos para los contaminantes fueron de acuerdo a los límites que estipula a la norma oficial mexicana (tabla 2).

En el caso de los parámetros meteorológicos no existen normas, por lo que se obtuvieron los cálculos estadísticos a criterio de los investigadores. Los reportes de los niveles de los distintos contaminantes de las 7 estaciones de monitoreo previamente mencionadas fueron enviados por la dependencia de calidad del aire y registro de emisiones y transferencia de contaminantes, de la secretaria de desarrollo sustentable, previo acuerdo firmado entre el jefe del servicio del Centro Regional de Alergia e Inmunología Clínica del Hospital Universitario “Dr. José Eleuterio González” y el director de la dependencia previamente mencionada.

Se calculó la media y desviación estándar de los niveles de los distintos contaminantes del aire del transcurso del tiempo en el que se obtuvieron los niveles diarios de los mismos. Se analizó la relación entre los síntomas respiratorios de alergia percibidos por los estudiantes de secundaria encuestados y los niveles de los distintos contaminantes del aire en Monterrey, Nuevo León. Se utilizó una fórmula de estimación de una proporción en una población infinita. Estimando una prevalencia de 66% de síntomas respiratorios alérgicos relacionados con una mala calidad del aire en el área Metropolitana de Monterrey, utilizando una precisión del 5% y una confianza del 95%, el resultado del cálculo fue de 345 sujetos

Tabla 2.

Contaminante	Valor normal
Monóxido de carbono (CO): ppm	Promedio en 8 hrs: 11.00 ppm o 12,595 $\mu\text{gr}/\text{m}^3$ (NOM-021-SSA1-1993)
Bióxido de nitrógeno (NO ₂): ppb	Promedio en 1 hr: 395 $\mu\text{gr}/\text{m}^3$ o 0.21 ppm (NOM-022-SSA1-2010)
Ozono (O ₃): ppm	Media en 1 hr: 0.095 ppm Media en 8 hrs: 0.070 ppm (NOM-020-SSA1-2014)
Material particulado menor o igual a 10 micrómetros (PM10): $\mu\text{gr}/\text{m}^3$	Promedio en 24 hrs: 75 $\mu\text{gr}/\text{m}^3$ Promedio anual: 40 $\mu\text{gr}/\text{m}^3$ (NOM-025-SSA1-2014)
Material particulado menor o igual a 2.5 micrómetros (PM2.5): $\mu\text{gr}/\text{m}^3$	Promedio en 24 hrs: 45 $\mu\text{gr}/\text{m}^3$ Promedio anual: 12 $\mu\text{gr}/\text{m}^3$ (NOM-025-SSA1-2014)
Dióxido de azufre (SO ₂): ppm	Promedio en 24 hrs: 288 $\mu\text{gr}/\text{m}^3$ o 0.110 ppm Promedio en 8 horas: 524 $\mu\text{gr}/\text{m}^3$ o 0.200 ppm Promedio anual: 66 $\mu\text{gr}/\text{m}^3$ o 0.025 ppm (NOM-022-SSA1-2010)

V.II. Diseño del estudio

Transversal, observacional, descriptivo.

V.III. Población

Estudiantes de secundaria de 13 y 14 años de edad, de Monterrey, N.L.

V.IV. Criterios de inclusión

Haber participado en el estudio epidemiológico de asma y enfermedades alérgicas en adolescentes de 13 y 14 años de edad de Monterrey, N.L.

V.V Criterios de exclusión

Haberse negado a participar en el estudio epidemiológico de asma y enfermedades alérgicas en adolescentes de 13 y 14 años de edad de Monterrey, N.L.

V.VI. Criterio de eliminación:

V.VII. Muestra

Se utilizó una fórmula de estimación de una proporción en una población infinita. Estimando una prevalencia de 66% de síntomas respiratorios alérgicos relacionados con una mala calidad del aire en el área Metropolitana de Monterrey,

utilizando una precisión del 5% y una confianza del 95%, el resultado del cálculo fue de 345 sujetos.

V.VIII. Lugar de referencia y método de reclutamiento

En el Centro Regional de Alergia e Inmunología Clínica del Hospital Universitario “Dr. José Eleuterio González” de la UANL se realizará el diseño y elaboración del protocolo de estudio, así como el análisis de los datos y posterior interpretación de resultados.

V.IX. Análisis estadístico:

Para la agrupación de datos se utilizará el software Excel de Microsoft Office para MAC versión 15.34. En la estadística descriptiva se reportaron frecuencias y porcentajes para variables cualitativas, para las variables cuantitativas se reportaron medidas de tendencia central y dispersión (media y desviación estándar, mediana y rangos intercuartiles).

Se realizó el test de Kolmogorov Smirnov para la distribución de la muestra. Posteriormente se utilizó el test de ANOVA para datos cuantitativos tabulados con corrección de post-hoc para diferentes grupos. Se realizó una prueba de chi cuadrado para variables categóricas. Un valor de $p < 0.05$ se tomó como estadísticamente significativo.

Se utilizó el paquete estadístico Epidat 3.1 y SPSS versión 24 (SPSS, IBM, Inc. Amon, NY, EE.UU.).

Para el análisis se agruparon a las distintas escuelas según su ubicación geográfica en 5 sectores, cada sector representa las estaciones de monitoreo de esa zona geográfica (tabla 3).

Tabla 3.

Sector	Estación de monitoreo	Escuela
Sector 1: 591 sujetos	Centro / Obispado	1. Miguel Hidalgo. 2. Gabino Barreda. 3. Servando Teresa de Mier.
Sector 2: 1370 sujetos	Noroeste / San Bernabé	4. Jesús González Ortega. 5. Jaime Torres Bodet. 6. Emma Godoy. 7. Niños Héroes.
Sector 3: 254 sujetos	Norte 2 / Universidad	8. Juan F. Escamilla.
Sector 4: 417 sujetos.	Sureste / Pastora	9. Solidaridad. 10. Remigia Pedraza.
Sector 5: 384 sujetos	Norte / Escobedo	11. Emilio Guzmán

CAPÍTULO VI

ASPECTOS ÉTICOS

El presente estudio se realizó en el Centro Regional de Alergia e Inmunología Clínica de la Facultad de Medicina y Hospital Universitario “Dr. José Eleuterio González” de la Universidad Autónoma de Nuevo León en colaboración con la secretaria de desarrollo sustentable de Nuevo León.

Cumple con las consideraciones formuladas en la declaración de Helsinki y su modificación de Tokio en 1975, Venecia en 1983 y Hong Kong en 1989; para los trabajos de investigación biomédica en sujetos humanos, además, las consideraciones éticas que se enuncian se derivan del reglamento de la ley general de salud en materia de investigación en seres humanos (SSA 1987).

El protocolo se registró y autorizó por el Comité de Ética en Investigación de la Subdirección de Investigación de la Facultad de Medicina y Hospital Universitario Dr. José E. González, de la Universidad Autónoma de Nuevo León, el 22 de marzo del 2018 con la clave AL18-00006.

CAPÍTULO VII

RESULTADOS.

En nuestro estudio obtuvimos diversos resultados en base a las preguntas incluidas en el cuestionario de la base de datos del GAN, a los valores de contaminantes y factores meteorológicos proporcionados por la secretaria de desarrollo sustentable de Nuevo León.

El total de adolescentes incluidos fue de 3016 alumnos distribuidos en 11 secundarias de Monterrey, Nuevo León.

En las distintas variables analizadas, una de las principales limitantes fue que no todos los sujetos las contestaron de manera adecuada (no legibles, no contestadas, respuestas no valorables), por lo que estas se excluyeron del análisis de esa variable en específico, también debido a la metodología de la encuesta GAN, ya que de no contestar de manera positiva algún reactivo no se contestaban los demás reactivos que estuvieran relacionados, sin embargo, de acuerdo con nuestro cálculo de muestra que fue de 345 sujetos, con un valor de confianza de 95%, en nuestro estudio todas las variables superaron este número de respuestas.

Iniciaremos describiendo los resultados de los distintos síntomas respiratorios y de alergia.

Sobre episodios de sibilancias, 1265 sujetos (41.9% del total de encuestados) contestaron, de estos, 395 (31.2%) sujetos contestaron que si habían presentado algún episodio de sibilancias, siendo el sector con mayor prevalencia de acuerdo

al número de adolescentes en cada sector el número 5 con 55 sujetos (14.3%), seguido de los sectores 2 con 184 sujetos (13.4%), sector 1 con 78 sujetos (13.1%), sector 4 con 53 sujetos (12.7%) y sector 3 con 25 sujetos (9.8%) (tabla 4).

Tabla 4.

Total de respuestas: 1265 (41.9%)	Sector 1: 591 sujetos	Sector 2: 1370 sujetos	Sector 3: 254 sujetos	Sector 4: 417 sujetos	Sector 5: 384 sujetos	Total	<i>p</i>
Sibilancias	78 (13.1%)	184 (13.4%)	25 (9.8%)	53 (12.7%)	55 (14.3%)	395	>0.05

Prueba de Chi cuadrado para presencia/ausencia de síntomas en sector1, sector2, sector3, sector4, sector5. Significancia <0.05

El diagnóstico de asma establecido por un médico fue realizado en 308 sujetos (10.2% del total de encuestados), siendo el sector 4 con mayor prevalencia de acuerdo al número de adolescentes de dicho sector con 53 sujetos (12.7%), seguido de los sectores 3 con 29 sujetos (11.4%), sector 2 con 145 sujetos (10.5%), sector 1 con 51 sujetos (8.6%) y sector 5 con 30 sujetos (7.8%) (tabla 5).

Tabla 5.

Total respuestas: 708 (23.4%)	Sector 1: 591 sujetos	Sector 2: 1370 sujetos	Sector 3: 254 sujetos	Sector 4: 417 sujetos	Sector 5: 384 sujetos	Total	<i>p</i>
Asma confirmada por un medico	51 (8.6%)	145 (10.5%)	29 (11.4%)	53 (12.7%)	30 (7.8%)	308	>0.05

Prueba de Chi cuadrado para presencia/ausencia de síntomas en sector1, sector2, sector3, sector4, sector5. Significancia <0.05

El uso de medicamentos inhalados para síntomas respiratorios en los sujetos encuestados fue de 282 sujetos (9.3% del total de encuestados), los medicamentos utilizados fueron: beta-agonista de acción corta, beta-agonista de

acción prolongada, corticoesteroides inhalados y combinación de corticoesteroides inhalados + beta 2 agonista de acción prolongada. El sector que presentó mayor prevalencia de acuerdo al número de adolescentes en cada sector fue el 4 con 49 sujetos (11.7%), seguido de los sectores 1 con 55 sujetos (9.3%), sector 5 con 35 sujetos (9.1%), sector 2 con 123 sujetos (8.9%) y sector 3 con 20 sujetos (7.8%) (tabla 6).

Tabla 6.

Total respuestas: 2821 (93.5%)	Sector 1: 591 sujetos	Sector 2: 1370 sujetos	Sector 3: 254 sujetos	Sector 4: 417 sujetos	Sector 5: 384 sujetos	Total	<i>p</i>
Medicamentos inhalados en el último año	55 (9.3%)	123 (8.9%)	20 (7.8%)	49 (11.7%)	35 (9.1%)	282	>0.05

Prueba de Chi cuadrado para presencia/ausencia de síntomas en sector1, sector2, sector3, sector4, sector5. Significancia <0.05

En cuanto a episodios de sibilancias durante el ejercicio, 2964 sujetos contestaron (98.2% del total de encuestados), de estos, 881 sujetos (29.7%) contestaron que si han presentado por lo menos un episodio de sibilancias durante el ejercicio, siendo el sector con mayor prevalencia de acuerdo al número de adolescentes en cada sector el 1 con 274 sujetos (46.3%), seguido de los sectores 5 con 108 sujetos (28.1%), sector 3 con 71 sujetos (27.9%), sector 2 con 333 sujetos (24.3%) y sector 4 con 95 sujetos (22.7%) (tabla 7).

Tabla 7.

Total respuestas: 2964 (98.2%)	Sector 1: 591 sujetos	Sector 2: 1370 sujetos	Sector 3: 254 sujetos	Sector 4: 417 sujetos	Sector 5: 384 sujetos	Total	<i>p</i>
Sibilancias durante ejercicio	274 (46.3%)	333 (24.3%)	71 (27.9%)	95 (22.7%)	108 (28.1%)	881	<0.001

Prueba de Chi cuadrado para presencia/ausencia de síntomas en sector1, sector2, sector3, sector4, sector5. Significancia <0.05

Sobre síntomas de rinitis alérgica (estornudos, rinorrea y congestión nasal), 2146 sujetos (71.1% del total de encuestados) contestaron, de estos, 1178 (55%) afirmó haber presentado alguno o todos estos síntomas, el sector que presentó mayor prevalencia de acuerdo al número de adolescentes en cada sector fue el 5 con 171 sujetos (44.5%), seguido de los sectores 2 con 537 sujetos (39.1%), sector 4 con 161 sujetos (38.6%), sector 1 con 221 sujetos (37.3%) y sector 3 con 88 sujetos (34.6%) (tabla 8).

Tabla 8.

Total respuestas: 2146 (71.1%)	Sector 1: 591 sujetos	Sector 2: 1370 sujetos	Sector 3: 254 sujetos	Sector 4: 417 sujetos	Sector 5: 384 sujetos	Total	<i>p</i>
Estornudos, rinorrea, congestión en el último año	221 (37.3%)	537 (39.1%)	88 (34.6%)	161 (38.6%)	171 (44.5%)	1178	<0.001

Prueba de Chi cuadrado para presencia/ausencia de síntomas en sector1, sector2, sector3, sector4, sector5. Significancia <0.05

Sobre prurito nasal únicamente, 1526 sujetos (50.6% del total de los encuestados) contestaron, de los cuales 811 (53.1%) contestaron que si han presentado prurito nasal, el sector con mayor prevalencia de acuerdo al número de adolescentes por sector fue el 5 con 123 sujetos (32%), seguido por los sectores 1 con 182 sujetos (31%), sector 2 con 365 sujetos (26.6%), sector 4 con 97 sujetos (23.2%) y sector 3 con 44 sujetos (17.3%) (tabla 9).

Tabla 9.

Total respuestas: 1526 (50.6%)	Sector 1: 591 sujetos	Sector 2: 1370 sujetos	Sector 3: 254 sujetos	Sector 4: 417 sujetos	Sector 5: 384 sujetos	Total	<i>p</i>
Prurito nasal en el último año	182 (31%)	365 (26.6%)	44 (17.3%)	97 (23.2%)	123 (32%)	811	<0.001

Prueba de Chi cuadrado para presencia/ausencia de síntomas en sector1, sector2, sector3, sector4, sector5. Significancia <0.05

En cuanto a síntomas de alergia ocular (prurito ocular y epífora), 1448 sujetos (48% del total de encuestados) contestaron, de los cuales 695 (48%) contestaron que si han presentado alguno de estos síntomas en el último año, el sector con mayor prevalencia de acuerdo al número de adolescentes de cada sector fue el sector 5 con 95 sujetos (25%), seguido por los sectores 1 con 142 sujetos (24%), sector 2 con 318 sujetos (23.2%), sector 4 con 95 sujetos (23%) y sector 3 con 45 sujetos (18%) (tabla 10).

Tabla 10.

Total respuestas: 1448 (48%)	Sector 1: 591 sujetos	Sector 2: 1370 sujetos	Sector 3: 254 sujetos	Sector 4: 417 sujetos	Sector 5: 384 sujetos	Total	<i>p</i>
Prurito ocular y epífora	142 (24%)	318 (23.2%)	45 (18%)	95 (23%)	95 (25%)	695	>0.05

Prueba de Chi cuadrado para presencia/ausencia de síntomas en sector1, sector2, sector3, sector4, sector5. Significancia <0.05

El diagnóstico de rinitis alérgica por un médico se realizó en 261 sujetos (8.6% del total de encuestados), siendo el sector con mayor prevalencia de acuerdo al número de adolescentes de cada sector el 2 con 129 sujetos (9.4%), seguido por los sectores 4 con 39 sujetos (9.3%), sector 3 con 21 sujetos (8.2%), sector 1 con 47 sujetos (7.9%) y sector 5 con 25 sujetos (6.5%) (tabla 11).

Tabla 11.

Total respuestas: 1098 (36.4)	Sector 1: 591 sujetos	Sector 2: 1370 sujetos	Sector 3: 254 sujetos	Sector 4: 417 sujetos	Sector 5: 384 sujetos	Total	<i>p</i>
Rinitis alérgica diagnosticada por médico	47 (7.9%)	129 (9.4%)	21 (8.2%)	39 (9.3%)	25 (6.5%)	261	<0.05

Prueba de Chi cuadrado para presencia/ausencia de síntomas en sector1, sector2, sector3, sector4, sector5. Significancia <0.05

En cuanto a las visitas a los servicios de urgencias por síntomas respiratorios en el último año, 2946 sujetos (97.7% del total de sujetos encuestados) contestaron, de estos, 391 (13.2%) contestaron que si han acudido a servicios de urgencias debido a síntomas respiratorios por lo menos en una ocasión en el último año, el sector con mayor prevalencia en base al número de adolescentes de cada sector fue el 1 con 213 sujetos (36%), seguido por los sectores 2 con 116 sujetos (8.4%), sector 4 con 27 sujetos (6.4%), sector 3 con 16 sujetos (6.2%) y sector 5 con 19 sujetos (5%).

Sobre ausentismo escolar, 2962 sujetos contestaron adecuadamente (98.2% del total de sujetos encuestados), de estos, 198 (6.7%) contestaron que si se han ausentado de la escuela debido a síntomas respiratorios en por lo menos una ocasión en el año previo a la encuesta, el sector con mayor prevalencia en base al número de adolescentes de cada sector fue el 5 con 29 sujetos (7.5%), seguido por los sectores 2 con 99 sujetos (7.2%), sector 4 con 26 sujetos (6.2%), sector 3 con 16 sujetos (6.2%), y sector 1 con 28 sujetos (4.7%).

Sobre el hábito de tabaquismo entre los adolescentes en estudio, 2861 sujetos (95% del total de encuestados) contestaron, 1439 fueron masculinos y 1422 femeninos, de estos, 263 sujetos (9.1%) contestaron que si han fumado en el último año. En cuanto a la distribución por sexo, De los fumadores activos, 115 (43.7%) fueron masculinos y 148 (56.3%) femeninos. La edad promedio de inicio fue de 12 años, El número de cigarrillos por día fue en promedio 1.76, el mínimo que se reportó por día fue un cigarrillo y el máximo 12 cigarrillos.

Sobre los contaminantes se describirán los resultados de cada contaminante por sector y su valor de referencia en base a la norma oficial mexicana.

El monóxido de carbono (CO) en el sector 1 obtuvo un promedio de 22 meses de 1.4 ppm, el promedio móvil de 8 horas más elevado para este sector fue de 5.910 ppm. El sector 2 obtuvo un promedio de 22 meses de 0.8 ppm, el promedio móvil de 8 horas más elevado para este sector fue de 3.720 ppm. El sector 3 obtuvo un promedio de 12 meses ya que el monitoreo de CO en este sector se inició en abril del 2017 debido a cuestiones técnicas en el sistema de monitoreo, el promedio de 12 meses fue de 0.93 ppm, el promedio móvil de 8 horas más elevado fue de 3.190 ppm. El sector 4 obtuvo un promedio de 22 meses de 1.28 ppm, el promedio móvil de 8 horas más elevado fue de 3.650 ppm. El sector 5 obtuvo un promedio de 22 meses de 1.22 ppm, el promedio móvil de 8 horas más elevado fue de 4.52 ppm. El valor límite según la norma oficial mexicana es de 11.00 ppm en promedio móvil de 8 horas, los cuales ningún sector los supero.

El bióxido de nitrógeno (NO₂) en el sector 1 obtuvo un promedio de 22 meses de 0.00904 ppm, el valor horario más elevado fue de 0.0588 ppm. El sector 2 obtuvo un promedio de 22 meses de 0.00688 ppm, el valor horario más elevado fue de 0.018 ppm. El sector 3 obtuvo un promedio de 22 meses de 0.2458 ppm, el valor horario más elevado fue de 0.1049 ppm. El sector 4 no obtuvo las mediciones de NO₂ por cuestiones técnicas del sistema de monitoreo. El sector 5 obtuvo un promedio de 22 meses de 0.00899 ppm, el valor horario más elevado fue de 0.0429 ppm. El valor límite según la norma oficial mexicana es de 0.21 ppm en promedio horario, el cual ningún sector lo supero.

El ozono (O_3) en el sector 1 obtuvo un promedio de 22 meses de 0.02547 ppm, el valor horario más elevado fue de 0.146 ppm y el promedio móvil de 8 horas más elevado fue de 0.935 ppm. El sector 2 obtuvo un promedio de 22 meses de 0.02607 ppm, el valor horario más elevado fue de 0.120 ppm y el promedio móvil de 8 horas más elevado fue de 0.074 ppm. El sector 3 obtuvo un promedio de 22 meses de 0.02032 ppm, el valor horario más elevado fue de 0.129 ppm y el promedio móvil de 8 horas más elevado fue de 0.745 ppm. El sector 4 obtuvo un promedio de 22 meses de 0.02622 ppm, el valor horario más elevado fue de 0.125 ppm y el promedio móvil de 8 horas más elevado fue de 0.092 ppm. El sector 5 obtuvo un promedio de 22 meses de 0.03145 ppm, el valor horario más elevado fue de 0.116 ppm y el promedio móvil de 8 horas más elevado fue de 0.753 ppm. Los valores límites según la norma oficial mexicana son de 0.095 ppm como valor horario, el fue superado por todos los sectores. Como promedio móvil de 8 horas el valor límite es de 0.070 ppm, el cual también fue superado por todos los sectores. Los valores horarios y promedios móviles de 8 horas más elevados se obtuvieron de las 12:00 a las 15:00 horas.

El dióxido de azufre (SO_2) en el sector 1 obtuvo un promedio de 22 meses de 0.00428 ppm, el promedio móvil de 8 horas más elevado fue de 0.0171 ppm y el promedio móvil de 24 horas fue de 0.002982 ppm. El sector 2 obtuvo un promedio de 22 meses de 0.0058 ppm, el promedio móvil de 8 horas más elevado fue de 0.0725 ppm y el promedio de 24 horas más elevado fue de 0.0362 ppm. El sector 3 obtuvo un promedio de 22 meses de 0.00306 ppm, el promedio móvil de 8 horas más elevado fue de 0.017588 ppm y el promedio móvil de 24 horas más elevado fue de 0.00985 ppm. El sector 4 obtuvo un promedio de 22 meses de 0.01 ppm, el

promedio móvil de 8 horas más elevado fue de 0.0235 ppm y el promedio móvil de 24 horas más elevado fue de 0.0158 ppm. El sector 5 obtuvo un promedio de 22 meses de 0.00548 ppm, el promedio móvil de 8 horas más elevado fue de 0.0028 ppm y el promedio móvil de 24 horas más elevado fue de 0.056 ppm. Los valores límites según la norma oficial mexicana son 0.110 ppm en promedio móvil de 24 horas, el cual no fue superado por ningún sector, y 0.200 ppm en promedio móvil de 8 horas, el cual tampoco ningún sector lo superó.

El material particulado menor o igual a 2.5 micrómetros (PM_{2.5}) en el sector 1 obtuvo un promedio de 12 meses de 21.35 ug/m³, el promedio móvil de 24 horas más elevado fue de 34.00 ug/m³. El sector 2 no obtuvo mediciones de las PM_{2.5} debido a problemas técnicos del sistema de monitoreo, por lo que se excluyó de este análisis. El sector 3 obtuvo un promedio de 12 meses de 31.61 ug/m³, el promedio móvil de 24 horas más elevado fue de 96 ug/m³. El sector 4 obtuvo un promedio de 12 meses de 19.50 ug/m³, el promedio móvil de 24 horas más elevado fue de 50 ug/m³. El sector 5 no obtuvo mediciones de las PM_{2.5} debido a problemas técnicos del sistema de monitoreo, por lo que se excluyó de este análisis. Los valores límites según la norma oficial mexicana para PM_{2.5} son de 45 ug/m³ en promedio de 24 horas el cual fue superado por los sectores 3 y 4, y como promedio anual el valor límite es de 12 ug/m³ el cual fue superado por todos los sectores que obtuvieron mediciones (1, 3 y 4).

El material particulado igual o menor a 10 micrómetros (PM₁₀) en el sector 1 obtuvo un promedio de 12 meses de 52.164 ug/m³, el promedio móvil de 24 horas más elevado fue de 235.00 ug/m³. El sector 2 obtuvo un promedio de 12 meses de 73.849 ug/m³, el promedio móvil de 24 horas más elevado fue de 198.00

ug/m³. El sector 3 obtuvo un promedio de 12 meses de 79.98 ug/m³, el promedio móvil de 24 horas más elevado fue de 222.00 ug/m³. El sector 4 obtuvo un promedio de 12 meses de 46.61 ug/m³, el promedio móvil de 24 horas más elevado fue de 161.00 ug/m³. El sector 5 obtuvo un promedio de 12 meses de 53.01 ug/m³, el promedio móvil de 24 horas más elevado fue de 129.417 ug/m³. Los valores límites según la norma oficial mexicana para PM₁₀ son de 75 ug/m³ en promedio de 24 horas el cual fue superado por todos los sectores, y como promedio anual el valor límite es de 40 ug/m³ el cual también fue superado por todos los sectores.

Los factores meteorológicos que analizamos fueron los siguientes: humedad relativa (HR), radiación solar (RADSOL), temperatura ambiente (TOUT) y velocidad de viento (WS). Los valores de estas variables no cuentan con límites de referencia, por lo que su análisis es en base al criterio del grupo que participa en el presente estudio.

La humedad relativa (HR) en el sector 1 obtuvimos un promedio de 22 meses de 61.29%, en el sector 2 fue de 62.815%, en el sector 3 fue de 64.81%, en el sector 4 fue de 63.40% y en el sector 5 fue de 57.958%.

La radiación solar (RADSOL) en el sector 1 obtuvimos un promedio de 22 meses de 0.19 RADSOL, en el sector 2 fue de 0.16 RADSOL, en el sector 3 fue de 0.12 RADSOL, en el sector 4 fue de 0.13 RADSOL y sector 5 fue de 0.16 RADSOL.

La temperatura ambiente (TOUT) en el sector 1 obtuvimos un promedio de 22 meses de 22.52^oC, en el sector 2 fue de 23.71^oC, en el sector 3 fue de 19.15^oC, en el sector 4 fue de 23.13^oC y en el sector 5 fue de 23.60^oC.

La velocidad del viento (WS) en el sector 1 obtuvimos un promedio de 22 meses de 6.12 Km/Hr, en el sector 2 fue de 7.90 Km/Hr, en el sector 3 fue de 7.11 Km/Hr, en el sector 4 fue de 12.44 Km/Hr y en el sector 5 fue de 7.21 Km/Hr.

En la tabla 12 resumimos la media, desviación estándar (DE) y significancia (*p*) de los distintos contaminantes y factores meteorológicos previamente descritos:

Tabla 12.

	Sector 1	Sector 2	Sector 3	Sector 4	Sector 5	<i>P</i>
Monóxido de carbono (CO): ppm	1.4±0.85	0.8±0.56	0.93±0.59	1.28±0.72	1.22±0.67	<0.05
Bióxido de nitrógeno (NO ₂): ppm	0.00904±0.00618	0.00688±0.00139	0.02458±0.01296	-	0.00899±0.00489	<0.05
Ozono (O ₃): ppm	0.02547±0.01936	0.02607±0.01909	0.02032±0.01817	0.02622±0.01813	0.03145±0.019285	<0.05
Material particulado mayor a 10 micras (PM>10): µgr/m ³	52.16±33.69	73.849±53.55	79.98±20.48	46.61±31.70	53.01±31.50	<0.05
Material particulado menor a 2.5 micras (PM<2.5): µgr/m ³	21.35±14.98	-	31.61±20.48	19.50±14.26	-	<0.05
Bióxido de azufre (SO ₂): ppm	0.00428±0.00202	0.0058±0.00136	0.00306±0.00339	0.01±0.00311	0.00548±0.00261	<0.05
Humedad relativa (HR): %	61.29±20.717	62.815±19.977	64.81±21.75	63.40±20.70	57.958±19.241	<0.05
Radiación solar (RAD SOL): RAD-SOL	0.19 ±0.28	0.16± 0.23*	0.12±0.18*	0.13±6.97*	0.16±0.25*	<0.05
Temperatura ambiente (TOUT): °C	22.52±6.74	23.71±7.08	19.15±6.57	23.13±6.97	23.60±6.98	<0.05
Velocidad de viento (WS): Km/Hr	6.12±3.39	7.90±5.751	7.11±3.29	12.44± 6.43	7.21±4.67	<0.05

CAPÍTULO VIII

DISCUSIÓN.

Con los datos obtenidos, buscamos relación entre los distintos síntomas de alergia respiratoria y ocular, el diagnóstico de asma y rinitis alérgica, el uso de medicamentos inhalados, las visitas a urgencias y ausentismo escolar con los distintos contaminantes y factores meteorológicos descritos con anterioridad.

El monóxido de carbono (CO) no fue superado por ningún sector de acuerdo al promedio móvil de 8 horas límite que especifica la norma oficial mexicana (11.00 ppm).

Monóxido de carbono (CO) y sibilancias: el sector 1 fue el que presentó el promedio móvil de 8 horas más elevado de CO, y el sector 5 fue el que presentó mayor prevalencia de episodios de sibilancias. El sector con el promedio móvil de 8 horas más bajo de CO fue el sector 3, y también fue el sector con menor prevalencia de episodios de sibilancias. Debido a lo anterior podríamos sugerir una relación entre los niveles bajos de CO y la menor prevalencia de episodios de sibilancias.

Monóxido de carbono (CO) y diagnóstico de asma por un médico: el sector 4 fue el que presentó mayor prevalencia de diagnóstico de asma, y en cuanto a niveles de CO fue de los que presentó menor promedio móvil de 8 horas de CO. El sector 5 fue el que presentó menor prevalencia de diagnóstico de asma y en cuanto a promedio móvil de 8 horas de CO fue de los más elevados.

Monóxido de carbono (CO) y uso de medicamentos inhalados: el sector 4 fue el que presentó mayor prevalencia de uso de medicamentos inhalados para

síntomas respiratorios, y en cuanto a niveles de CO fue de los que presentó menor promedio móvil de 8 horas de este contaminante. El sector 3 fue el que presentó menor prevalencia de uso de medicamentos inhalados, y en cuanto a niveles de CO fue el que presentó el promedio móvil de 8 horas más bajo. Podemos sugerir que existe una relación entre la menor prevalencia de uso de medicamentos inhalados para síntomas respiratorios y los niveles bajos de CO.

Monóxido de carbono (CO) y sibilancias durante el ejercicio: el sector 1 fue el que presentó mayor prevalencia de sibilancias durante el ejercicio, y en cuanto a niveles de CO fue el sector con el promedio móvil de 8 horas más elevado de este contaminante. El sector 4 fue el que presentó menor prevalencia de sibilancias durante el ejercicio, y en cuanto a niveles de CO también fue de los que presentó menor promedio móvil de 8 horas. Por lo que podemos sugerir que existe una relación directamente proporcional entre los niveles de CO y los episodios de sibilancias, es decir, a mayor nivel de CO mayor prevalencia de sibilancias durante el ejercicio, y, a menor nivel de CO menor prevalencia de sibilancias durante el ejercicio.

Monóxido de carbono (CO) y síntomas de rinitis alérgica: el sector 5 fue el que presentó mayor prevalencia de síntomas de rinitis alérgica, y en cuanto al promedio móvil de 8 horas de CO fue el segundo más elevado. El sector con menor prevalencia de síntomas de rinitis alérgica fue el 3, y en cuanto a niveles de CO este sector fue el que presentó el promedio móvil de 8 horas más bajo. Por lo anterior podemos sugerir una relación entre los niveles bajos de CO y la menor prevalencia de síntomas de rinitis alérgica.

Monóxido de carbono (CO) y prurito nasal: el sector 5 fue el que presentó mayor prevalencia de prurito nasal, y en cuanto a niveles de CO fue el segundo con el promedio móvil de 8 horas más elevado. El sector con menor prevalencia de prurito nasal fue el 3, y en cuanto a niveles de CO este sector fue el que mantuvo el promedio móvil de 8 horas más bajo. Debido a lo anterior podríamos sugerir una relación entre los niveles bajos de CO y la menor prevalencia de prurito nasal.

Monóxido de carbono (CO) y síntomas de alergia ocular: el sector 5 fue el que presentó mayor prevalencia de síntomas de alergia ocular, y en cuanto al promedio móvil de 8 horas de CO fue el segundo más elevado. El sector con menor prevalencia de síntomas de alergia ocular fue el 3 y en cuanto a niveles de CO fue el que mantuvo el promedio móvil de 8 horas más bajo. Por lo anterior podemos sugerir una relación entre la baja prevalencia de síntomas de rinitis alérgica, alergia ocular, episodios de sibilancias y uso de medicamentos inhalados, ya que el sector 3 fue el que mantuvo las prevalencias más bajas de las variables anteriormente mencionadas. Así como una relación entre los niveles bajos de CO y la menor prevalencia de síntomas de alergia ocular.

Monóxido de carbono (CO) y diagnóstico de rinitis alérgica por un médico: el sector con mayor prevalencia de diagnóstico de rinitis alérgica por un médico fue el 2, en cuanto a niveles de CO este sector fue el que mantuvo de los promedios más bajos. El sector con menor prevalencia de diagnóstico de rinitis alérgica fue el 5, y en cuanto a niveles de CO este sector fue el que mantuvo los niveles más elevados de este contaminante.

Monóxido de carbono (CO) y visitas a urgencias por síntomas respiratorios: el sector con mayor prevalencia de visitas a urgencias por síntomas respiratorios fue el 1, en cuanto a niveles de CO este sector presentó el mayor promedio móvil de 8 horas. El sector con menor prevalencia de visitas a urgencias por síntomas respiratorios fue el 5, y en cuanto a niveles de CO el sector 5 fue el segundo que presentó mayor promedio móvil de 8 horas de CO. Por lo anterior podemos sugerir una relación entre la mayor prevalencia de visitas a urgencias por síntomas respiratorios y los niveles elevados de CO.

Monóxido de carbono (CO) y ausentismo escolar: el sector con mayor prevalencia de ausentismo escolar fue el 5, en cuanto a niveles de CO este sector fue el segundo con promedio móvil de 8 horas de CO más elevado. El sector con menor prevalencia de ausentismo escolar por síntomas respiratorios fue el sector 1 y en cuanto a niveles de CO fue el que mantuvo el promedio móvil de 8 horas más elevado.

En cuanto al bióxido de nitrógeno (NO₂) ningún sector supero el promedio horario de NO₂ que especifica la norma oficial mexicana como límite (0.21 ppm).

Bióxido de nitrógeno (NO₂) y episodios de sibilancias: el sector 5 fue el que presentó mayor prevalencia de episodios de sibilancias, y en cuanto a niveles de NO₂ fue de los que presentó el promedio horario más bajo. El sector con menor prevalencia de episodios de sibilancias fue el 3, y en cuanto a niveles de NO₂ fue el que mantuvo el promedio horario más elevado, pero sin sobrepasar el límite horario según la norma oficial mexicana.

Bióxido de nitrógeno (NO₂) y diagnóstico de asma por un médico: el sector 4 fue el que presentó mayor prevalencia de diagnóstico de asma por un médico, en

cuanto a niveles de NO₂ del sector 4 no obtuvimos mediciones por problemas técnicos del sistema de monitoreo. El sector 5 fue el que presentó menor prevalencia de diagnóstico de asma, en cuanto a niveles de NO₂ este sector fue de los más bajos.

Bióxido de nitrógeno (NO₂) y uso de medicamentos inhalados: el sector con mayor prevalencia de uso de medicamentos inhalados para síntomas respiratorios fue el 4, en cuanto a niveles de NO₂ del sector 4 no obtuvimos mediciones de este contaminante debido a problemas técnicos del sistema de monitoreo. El sector 3 fue el que presentó menor prevalencia del uso de medicamentos inhalados, y en cuanto a niveles de NO₂ fue el que presentó el promedio horario más elevado pero sin sobrepasar lo estipulado por la norma oficial mexicana.

Bióxido de nitrógeno (NO₂) y sibilancias durante el ejercicio: el sector con mayor prevalencia de sibilancias durante el ejercicio fue el 1, y en cuanto a niveles de NO₂ este sector se mantuvo con promedio horario bajo. El sector con menor prevalencia de sibilancias durante el ejercicio fue el 4, y en cuanto a niveles de NO₂ sobre este sector no obtuvimos mediciones debido a problemas técnicos en el sistema de monitoreo.

Bióxido de nitrógeno (NO₂) y síntomas de rinitis alérgica (estornudos, rinorrea y congestión nasal): el sector con mayor prevalencia de síntomas de rinitis alérgica fue el 5, en cuanto a niveles de NO₂ este sector mantuvo niveles bajos. El sector 3 fue el que presentó menor prevalencia de síntomas de rinitis alérgica, y en cuanto a niveles de NO₂ fue el que presentó el promedio horario más elevado, pero sin sobrepasar lo estipulado por la norma oficial mexicana.

Bióxido de nitrógeno (NO₂) y prurito nasal: el sector 5 fue el que presentó mayor prevalencia de prurito nasal, en cuanto a niveles de NO₂ mantuvo niveles bajos. El sector con menor prevalencia de prurito nasal fue el 3, y en cuanto a niveles de NO₂ este sector fue el que presentó mayor promedio horario. Sin embargo no sobrepasó lo estipulado por la norma oficial mexicana.

Bióxido de nitrógeno (NO₂) y síntomas de alergia ocular (prurito ocular y epífora): el sector con mayor prevalencia de síntomas de alergia ocular fue el 5, en cuanto a niveles de NO₂ este sector mantuvo niveles horarios bajos. El sector con menor prevalencia de síntomas de alergia ocular fue el 3, en cuanto a niveles de NO₂ este sector fue el que presentó el promedio horario más elevado, sin embargo no se excedió del límite estipulado por la norma oficial mexicana.

Bióxido de nitrógeno (NO₂) y diagnóstico de rinitis alérgica por un médico: el sector 2 fue el que presentó mayor prevalencia de diagnóstico de rinitis alérgica, en cuanto a niveles de NO₂ este sector fue el que mantuvo el promedio horario más bajo. El sector con menor prevalencia de diagnóstico de rinitis alérgica fue el 5, en cuanto a niveles de NO₂ mantuvo el promedio horario bajo.

Bióxido de nitrógeno (NO₂) y visitas a urgencias por síntomas respiratorios: el sector con mayor prevalencia de visitas a urgencias por síntomas respiratorios fue el 1, en cuanto a niveles de NO₂ este sector mantuvo niveles bajos. El sector con menor prevalencia de visitas a urgencias fue el 5, en cuanto a niveles de NO₂ el sector 5 mantuvo niveles bajos.

Bióxido de nitrógeno (NO₂) y ausentismo escolar: el sector con mayor prevalencia de ausentismo escolar fue el 5, en cuanto a niveles de NO₂ este sector mantuvo promedio horario bajo. El sector con menor prevalencia de ausentismo

escolar fue el 1, en cuanto a niveles de NO_2 este sector mantuvo promedio horario bajo.

En cuanto al ozono (O_3) todos los sectores superaron los límites estipulados por la norma oficial mexicana, tanto promedio horario como promedio móvil de 8 horas.

Ozono (O_3) y episodios de sibilancias: el sector 5 fue el que presentó mayor prevalencia de episodios de sibilancias, el sector 5 se mantuvo con promedio horario y móvil de 8 horas por encima de lo estipulado por la norma oficial mexicana. El sector 3 fue el que presentó menor prevalencia de episodios de sibilancias, y en cuanto a niveles de O_3 el sector 3 también se mantuvo por encima del valor límite estipulado por la norma oficial mexicana tanto como promedio horario como móvil de 8 horas. Debido a lo anterior no podemos descartar una relación entre los niveles elevados de O_3 y los episodios de sibilancias.

Ozono (O_3) y el diagnóstico de asma por un médico: el sector 4 fue el que presentó mayor prevalencia de diagnóstico de asma por un médico, en cuanto a niveles de O_3 este sector se mantuvo por encima de los límites estipulados por la norma oficial mexicana tanto en promedio horario como móvil de 8 horas. El sector con menor prevalencia de diagnóstico de asma por un médico fue el 5, este sector de igual manera se mantuvo por encima del límite estipulado por la norma oficial mexicana tanto como promedio horario como móvil de 8 horas. Debido a lo anterior, no podemos descartar alguna relación entre la presencia de asma y los niveles elevados de O_3 .

Ozono (O_3) y el uso de medicamentos inhalados para síntomas respiratorios: el sector con mayor prevalencia de uso de medicamentos inhalados para síntomas

respiratorios fue el 4, este sector en cuanto a niveles de O_3 se mantuvo por encima de los límites estipulados por la norma oficial mexicana, tanto como promedio horario como móvil de 8 horas. El sector con menor prevalencia de uso de medicamentos inhalados fue el 3, este sector mantuvo niveles por encima de lo estipulado por la norma oficial mexicana, tanto como promedio horario como móvil de 8 horas.

Ozono (O_3) y sibilancias durante el ejercicio: el sector 1 fue el que presentó mayor prevalencia de sibilancias durante el ejercicio, este sector se mantuvo con los niveles más elevados de O_3 con respecto a los otros sectores, tanto como promedio horario como móvil de 8 horas. El sector con menor prevalencia de sibilancias durante el ejercicio fue el 4, en cuanto a niveles de O_3 este sector mantuvo niveles por encima del límite estipulado por la norma oficial mexicana, tanto como promedio horario como móvil de 8 horas. Debido a lo anterior, podemos sugerir una relación entre los niveles elevados de O_3 y los episodios de sibilancias desencadenados por el ejercicio.

Ozono (O_3) y síntomas de rinitis alérgica (estornudos, rinorrea y congestión nasal): el sector con mayor prevalencia de síntomas de rinitis alérgica fue el 5, en cuanto a niveles de O_3 el sector 5 mantuvo promedio horario y móvil de 8 horas por encima de los valores límites estipulados por la norma oficial mexicana. El sector 3 fue el que presentó menor prevalencia de síntomas de rinitis alérgica, este sector mantuvo niveles por encima de los valores límites estipulados por la norma oficial mexicana, tanto como promedio horario como móvil de 8 horas.

Ozono (O_3) y prurito nasal: el sector con mayor prevalencia de prurito nasal fue el 5, en cuanto a niveles de O_3 este sector mantuvo niveles por encima de los

valores límites estipulados por la norma oficial mexicana, tanto como promedio horario como móvil de 8 horas. El sector 3 fue el que presentó menor prevalencia de prurito nasal, con respecto a los niveles de O₃ este sector sobrepasó los valores límites estipulados por la norma oficial mexicana, tanto como promedio horario como móvil de 8 horas.

Ozono (O₃) y síntomas de alergia ocular (prurito ocular y epífora): el sector 5 fue el que presentó mayor prevalencia de síntomas de alergia ocular, en cuanto a niveles de O₃ este sector presentó niveles por encima de los valores límites estipulados por la norma oficial mexicana, tanto como promedio horario como promedio móvil de 8 horas. El sector con menor prevalencia de síntomas de alergia ocular fue el 3, este sector en cuanto a niveles de O₃ sobrepasó los límites estipulados por la norma oficial mexicana, tanto como promedio horario como promedio móvil de 8 horas. Ozono (O₃) y diagnóstico de rinitis alérgica realizado por un médico: el sector con mayor prevalencia de diagnóstico de rinitis alérgica por un médico fue el 2, en cuanto a niveles de O₃ este sector sobrepasó los límites estipulados por la norma oficial mexicana, tanto como promedio horario como promedio móvil de 8 horas. El sector con menor prevalencia de diagnóstico de rinitis alérgica fue el 5, este sector sobrepasó los valores límites de O₃ estipulados por la norma oficial mexicana, tanto como promedio horario como móvil de 8 horas.

Ozono (O₃) y visitas a urgencias por síntomas respiratorios: el sector con mayor prevalencia de visitas a urgencias por síntomas respiratorios fue el 1, en cuanto a niveles de O₃ este sector sobrepasó los valores límites estipulados por la norma oficial mexicana, tanto como promedio horario como promedio móvil de 8

horas, en relación a los otros sectores fue el que mantuvo los niveles más elevados de este contaminante. El sector con menor prevalencia de visitas a urgencias por síntomas respiratorios fue el 5, este sector en cuanto a niveles de O_3 sobrepasó los niveles límites estipulados por la norma oficial mexicana, tanto como promedio horario como móvil de 8 horas, este sector fue el que mantuvo el promedio horario más bajo en comparación con los otros sectores. Debido a lo anterior, podemos sugerir una relación entre los niveles elevados de O_3 y la necesidad de acudir a los servicios de urgencias por síntomas respiratorios.

Ozono (O_3) y ausentismo escolar: el sector con mayor prevalencia de ausentismo escolar fue el 5, en cuanto a niveles de O_3 este sector sobrepasó los límites estipulados por la norma oficial mexicana, tanto como promedio horario como promedio móvil de 8 horas. El sector con menor prevalencia de ausentismo escolar fue el 1, este sector fue el que presentó los promedios tanto horarios como móviles de 8 horas más elevados en comparación con los otros sectores.

En cuanto al dióxido de azufre (SO_2) ningún sector sobrepasó los límites estipulados por la norma oficial mexicana, tanto del promedio móvil de 24 horas, como del promedio móvil de 8 horas, debido a que se encontraron valores muy por debajo de los valores límites no encontramos ni podemos sugerir alguna relación entre los niveles elevados de SO_2 y la presencia de episodios de sibilancias, diagnóstico de asma por un médico, uso de medicamentos inhalados para síntomas respiratorios, episodios de sibilancias durante el ejercicio, síntomas de rinitis alérgica (estornudos y congestión nasal), prurito nasal, síntomas de alergia ocular (prurito ocular y epífora), diagnóstico de rinitis alérgica realizado por un médico, visitas a urgencias y ausentismo escolar.

En cuanto al material particulado menor o igual a 2.5 micrómetros (PM2.5) la norma oficial mexicana estipula como valor límite un promedio anual de 12 ug/m³, el cual fue superado por los sectores 1, 3 y 4. El promedio de 24 horas límite que estipula la norma oficial mexicana es de 45 ug/m³, el cual fue superado por los sectores 3 y 4. Los sectores 2 y 5 se excluyeron de este análisis debido a que no se obtuvieron mediciones del PM2.5 debido a problemas técnicos del sistema de monitoreo.

Material particulado menor o igual a 2.5 micrómetros (PM2.5) y episodios de sibilancias: el sector con mayor prevalencia de episodios de sibilancias fue el 5, en cuanto a niveles de PM2.5 este sector no obtuvo mediciones debido a problemas técnicos en el sistema de monitoreo. El sector con menor prevalencia de episodios de sibilancias fue el 3, en cuanto a niveles de PM2.5 este sector fue el que mantuvo los niveles más elevados de PM2.5.

Material particulado menor o igual a 2.5 micrómetros (PM2.5) y diagnóstico de asma: el sector con mayor prevalencia de diagnóstico de asma realizado por un médico fue el 4, en cuanto a niveles de PM2.5 este sector superó los niveles estipulados por la norma oficial mexicana, tanto como promedio en 24 horas como el promedio anual. El sector con menor prevalencia de diagnóstico de asma realizado por un médico fue el 5, en cuanto a niveles de PM2.5 sobre este sector no obtuvimos mediciones debido a problemas técnicos en el sistema de monitoreo.

Material particulado menor o igual a 2.5 micrómetros (PM2.5) y uso de medicamentos inhalados: el sector con mayor prevalencia de uso de medicamentos inhalados fue el 4, en cuanto a niveles de PM2.5 este sector

sobrepaso los valores estipulados por la norma oficial mexicana, tanto promedio en 24 horas como promedio anual. El sector con menor prevalencia de uso de medicamentos inhalados fue el 3, en cuanto a niveles de PM2.5 este sector fue el que mantuvo los niveles más elevados en comparación con los otros sectores.

Material particulado menor o igual a 2.5 micrómetros (PM2.5) y episodios de sibilancias al realizar ejercicio: el sector con mayor prevalencia de episodios de sibilancias durante el ejercicio fue el 1, en cuanto a niveles de PM2.5 este sector supero el promedio anual estipulado por la norma oficial mexicana, pero no así el promedio de 24 horas. El sector con menor prevalencia de episodios de sibilancias durante el ejercicio fue el 4, en cuanto a niveles de PM2.5 este sector supero los límites estipulados por la norma oficial mexicana, tanto promedio anual como de 24 horas. Por lo anterior, podemos sugerir una relación entre la elevación del promedio anual de PM2.5 y los episodios de sibilancias durante el ejercicio.

Material particulado menor o igual a 2.5 micrómetros (PM2.5) y síntomas de rinitis alérgica (estornudos, rinorrea, congestión): el sector con mayor prevalencia de síntomas de rinitis alérgica fue el 5, en cuanto a niveles de PM2.5 este sector no obtuvo mediciones debido a problemas técnicos en el sistema de monitoreo. El sector con menor prevalencia de síntomas de rinitis alérgica fue el 3, en cuanto a niveles de PM2.5 este sector fue el que presentó los valores más elevados en relación a los otros sectores, tanto como promedio de 24 horas como promedio anual.

Material particulado menor o igual a 2.5 micrómetros (PM2.5) y prurito nasal: el sector con mayor prevalencia de prurito nasal fue el 5, en cuanto a niveles de PM2.5 sobre este sector no obtuvimos mediciones debido a problemas técnicos

del sistema de monitoreo. El sector con menor prevalencia de prurito nasal fue el 3, en cuanto a niveles de PM2.5 este sector fue el que presentó mayor promedio anual y de 24 horas en relación con los demás sectores. Debido a que todos los sectores sobrepasaron los límites estipulados por la norma oficial mexicana, no podemos descartar una relación entre los niveles elevados de PM2.5 y la presencia de prurito nasal, sin embargo un hallazgo interesante es que en conjunto los síntomas de rinitis alérgica (congestión, rinorrea, estornudos) y prurito nasal fueron menos prevalentes en el sector con los niveles más elevados de PM2.5, por las alteraciones que ya conocemos que ocasionan estas partículas en la vía respiratoria no podemos sugerir que sea un factor protector, al contrario puede ser un factor que influya en el enmascaramiento de estos síntomas y por ende en la falla del diagnóstico de este tipo de enfermedades.

Material particulado menor o igual a 2.5 micrómetros (PM2.5) y síntomas de alergia ocular (prurito ocular y epífora): el sector con mayor prevalencia de síntomas de alergia ocular fue el 5, en cuanto a niveles de PM2.5 sobre este sector no obtuvimos mediciones debido a problemas técnicos en el sistema de monitoreo. El sector con menor prevalencia de síntomas de alergia ocular fue el 3, en cuanto a niveles de PM2.5 este sector fue el que presentó los niveles más elevados. Como hallazgo interesante en conjunto con los síntomas de rinitis alérgica y prurito nasal previamente mencionados, encontramos que el sector con menor prevalencia de síntomas de alergia ocular fue el 3, siendo este sector el que sobrepasó con mayor rango los límites estipulados por la norma oficial mexicana, pudiendo ser un factor que enmascare la aparición de estos síntomas.

Material particulado menor o igual a 2.5 micrómetros (PM2.5) y el diagnóstico de rinitis alérgica realizado por un médico: el sector con mayor prevalencia de diagnóstico de rinitis alérgica realizado por un médico fue el 2, en cuanto a niveles de PM2.5 sobre este sector no obtuvimos mediciones debido a problemas técnicos en el sistema de monitoreo. El sector con menor prevalencia de diagnóstico de rinitis alérgica realizado por un médico fue el 5, en cuanto a niveles de PM2.5 sobre este sector no obtuvimos mediciones debido a problemas técnicos en el sistema de monitoreo.

Material particulado menor o igual a 2.5 micrómetros (PM2.5) y visitas a urgencias por síntomas respiratorios: el sector con mayor prevalencia de visitas a los servicios de urgencias por síntomas respiratorios fue el 1, en cuanto a niveles de PM2.5 este sector sobrepasó el límite que establece la norma oficial mexicana como promedio anual, pero no sobrepasó el promedio de 24 horas establecido por la misma norma. El sector con menor prevalencia de visitas a urgencias por síntomas respiratorios fue el 5, en cuanto a niveles de PM2.5 sobre este sector no obtuvimos mediciones debido a problemas técnicos en el sistema de monitoreo.

Material particulado menor o igual a 2.5 micrómetros (PM2.5) y ausentismo escolar: el sector con mayor prevalencia de ausentismo escolar fue el 5, en cuanto a niveles de PM2.5 sobre este sector no obtuvimos mediciones debido a problemas técnicos en el sistema de monitoreo. El sector con menor prevalencia de ausentismo escolar fue el 1, en cuanto a niveles de PM2.5 este sector sobrepasó el límite que establece la norma oficial mexicana como promedio anual, pero no sobrepasó el promedio de 24 horas establecido por la misma norma.

En cuanto al material particulado igual o menor a 10 micrómetros (PM10) la norma oficial mexicana estipula como valores límites un promedio de 24 horas de 75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, y como promedio anual 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Estos valores fueron sobrepasados por todos los sectores que se monitorizaron en nuestro estudio, tanto en el límite del promedio de 24 horas como en el promedio anual.

Material particulado menor o igual a 10 micrómetros (PM10) y episodios de sibilancias: el sector con mayor prevalencia de episodios de sibilancias fue el 5, en cuanto a los niveles de PM10 este sector superó los valores límites estipulados por la norma oficial mexicana tanto como promedio en 24 horas como promedio anual. El sector con menor prevalencia de episodios de sibilancias fue el 3, en cuanto a niveles de PM10 el sector 3 fue el que presentó el valor más elevado de promedio anual.

Material particulado menor o igual a 10 micrómetros (PM10) y el diagnóstico de asma realizado por un médico: el sector con mayor prevalencia de diagnóstico de asma fue el 3, en cuanto a los niveles de PM10 este sector fue el que presentó el promedio anual más elevado. El sector con menor prevalencia de diagnóstico de asma por un médico fue el 5, en cuanto a niveles de PM10 este sector se mantuvo por encima de los valores estipulados por la norma oficial mexicana. Debido a lo anterior podemos sugerir una relación entre el diagnóstico de asma realizado por un médico y los niveles elevados de PM10.

Material particulado menor o igual a 10 micrómetros (PM10) y uso de medicamentos inhalados para síntomas respiratorios: el sector con mayor prevalencia de uso de medicamentos fue el 4, en cuanto a valores de PM10 este

sector sobrepasó los valores límites estipulados por la norma oficial mexicana. El sector con menor prevalencia de uso de medicamentos inhalados para síntomas respiratorios fue el 3, en cuanto a niveles de PM10 este sector fue el que presentó el promedio anual más elevado.

Material particulado menor o igual a 10 micrómetros (PM10) y sibilancias al realizar ejercicio: el sector con mayor prevalencia de sibilancias al realizar ejercicio fue el 1, en cuanto a niveles de PM10 este sector sobrepasó los valores límites estipulados por la norma oficial mexicana. El sector 4 fue el que presentó menor prevalencia de sibilancias durante el ejercicio, en cuanto a niveles de PM10 este sector sobrepasó los valores límites estipulados por la norma oficial mexicana.

Material particulado menor o igual a 10 micrómetros (PM10) y síntomas de rinitis alérgica (estornudos, rinorrea y congestión nasal): el sector con mayor prevalencia de síntomas de rinitis alérgica fue el 5, en cuanto a niveles de PM10 este sector sobrepasó los valores límites estipulados por la norma oficial mexicana. El sector 3 fue el que presentó menor prevalencia de síntomas de rinitis alérgica, en cuanto a niveles de PM10 este sector fue el que presentó el promedio anual más elevado.

Material particulado menor o igual a 10 micrómetros (PM10) y prurito nasal: el sector 5 fue el que presentó mayor prevalencia de prurito nasal, en cuanto a niveles de PM10 este sector sobrepasó los valores límites estipulados por la norma oficial mexicana. El sector con menor prevalencia de prurito nasal fue el 3, en cuanto a niveles de PM10 este sector fue el que presentó el promedio anual más elevado.

Material particulado menor o igual a 10 micrómetros (PM10) y síntomas de alergia ocular (prurito ocular y epífora): el sector con mayor prevalencia de síntomas de alergia ocular fue el 5, en cuanto a niveles de PM10 este sector sobrepasó los valores límites estipulados por la norma oficial mexicana. El sector con menor prevalencia de síntomas de alergia ocular fue el 3, en cuanto a niveles de PM10 este sector presentó el promedio anual más elevado.

Material particulado menor o igual a 10 micrómetros (PM10) y diagnóstico de rinitis alérgica realizado por un médico: el sector 2 fue el que presentó mayor prevalencia de diagnóstico de rinitis alérgica, en cuanto a niveles de PM10 este sector sobrepasó los valores límites estipulados por la norma oficial mexicana. El sector con menor prevalencia de diagnóstico de rinitis alérgica fue el 5, en cuanto a niveles de PM10 este sector sobrepasó los valores límites estipulados por la norma oficial mexicana.

Material particulado menor o igual a 10 micrómetros (PM10) y visitas a urgencias por síntomas respiratorios: el sector con mayor prevalencia de visitar a urgencias debido a síntomas respiratorios fue el 1, en cuanto a niveles de PM10 este sector fue el que presentó el promedio de 24 horas más elevado. El sector con menor prevalencia de visitas a urgencias por síntomas respiratorios fue el 5, en cuanto a niveles de PM10 este sector sobrepasó los valores límites estipulados por la norma oficial mexicana. Debido a lo anterior podemos sugerir una relación entre el promedio de 24 horas elevado de PM10 y la necesidad de acudir a urgencias por síntomas respiratorios.

Material particulado menor o igual a 10 micrómetros (PM10) y ausentismo escolar: el sector con mayor prevalencia de ausentismo escolar fue el 5, en cuanto

a niveles de PM10 este sector sobrepasó los límites estipulados por la norma oficial mexicana. El sector con menor prevalencia de ausentismo escolar fue el 1, en cuanto a niveles de PM10 este sector fue el que presentó el promedio de 24 horas más elevado.

En cuanto a los factores meteorológicos y su relación con los distintos síntomas respiratorios de alergia, debido a que no existen valores de referencia como en el caso de los contaminantes, las conclusiones se harán bajo criterio del grupo de investigación.

Humedad relativa (HR): el sector con mayor porcentaje promedio de HR fue el 3, este sector en cuanto a prevalencia de síntomas no superó a los otros sectores. Por otro lado fue el sector que presentó la menor prevalencia de episodios de sibilancias, uso de medicamentos inhalados, síntomas de rinitis alérgica (estornudos, congestión nasal y rinorrea), prurito nasal y síntomas de alergia ocular (prurito ocular y epífora). El sector con menor porcentaje promedio de HR fue el 5, este sector en cuanto a los distintos síntomas fue el sector que presentó mayor prevalencia de episodios sibilancias, síntomas de rinitis alérgica (estornudos, rinorrea, congestión nasal), prurito nasal, síntomas de alergia ocular (prurito ocular y epífora) y ausentismo escolar. Debido a lo anterior, podemos sugerir una relación inversamente proporcional entre la HR y la presencia de síntomas respiratorios de alergia, es decir a mayor porcentaje de HR menor sintomatología y a menor porcentaje de HR mayor sintomatología en nuestra población.

Radicación solar (RADSOL): el sector con mayor promedio de RADSOL fue el 1, este sector en cuanto a la prevalencia de los distintos síntomas fue el que

presentó mayor prevalencia de sibilancias durante el ejercicio y visitas a urgencias debido a síntomas respiratorios. Y fue el que presentó menor prevalencia de ausentismo escolar. El sector con menor promedio de RADSOL fue el 3, este sector en cuanto a prevalencia de síntomas no superó a los otros sectores. Fue el sector que presentó menor prevalencia de episodios de sibilancias, uso de medicamentos inhalados, síntomas de rinitis alérgica (estornudos, congestión nasal y rinorrea), prurito nasal y síntomas de alergia ocular (prurito ocular y epífora). Debido a lo anterior podemos sugerir una relación entre los niveles elevados de RADSOL y sibilancias durante el ejercicio. Así como una relación entre las zonas con niveles más bajos de RADSOL y la menor prevalencia de episodios de sibilancias, uso de medicamentos inhalados, síntomas de rinitis alérgica, prurito nasal y síntomas de alergia ocular.

Temperatura ambiente (TOUT): el sector con mayor promedio de TOUT fue el 2, en cuanto a la prevalencia de los distintos síntomas este sector fue el que presentó mayor prevalencia de diagnóstico de rinitis alérgica realizado por un médico. El sector con menor promedio de TOUT fue el 3, este sector en cuanto a prevalencia de síntomas no superó a los otros sectores. Fue el sector que presentó menor prevalencia de episodios de sibilancias, uso de medicamentos inhalados, síntomas de rinitis alérgica (estornudos, congestión nasal y rinorrea), prurito nasal y síntomas de alergia ocular (prurito ocular y epífora). Sin embargo debido a que la diferencia entre los grados centígrados entre un sector y otro no es significativa a nuestro criterio (la máxima entre el sector con mayor promedio y el sector con promedio más bajo fue de 4.56°C) no podemos sugerir alguna

relación entre la medición de la temperatura ambiental y la presencia de síntomas respiratorios de alergia.

Velocidad del viento (WS): el sector con mayor promedio de velocidad del viento fue el 4, este sector en cuanto a los distintos síntomas fue el sector que presentó mayor prevalencia de asma confirmada por un médico y uso de medicamentos inhalados. El sector con menor promedio de velocidad del viento fue el 1, este sector en cuanto a la prevalencia de los distintos síntomas fue el que presentó mayor prevalencia de sibilancias durante el ejercicio y visitas a urgencias debido a síntomas respiratorios. La diferencia entre el promedio más elevado y el más bajo entre un sector y otro fue de 6.32 Km/Hr, según el criterio de nuestro grupo de estudio, podemos sugerir una relación entre la velocidad del viento y la presencia de síntomas respiratorios. Tomando en cuenta que el viento es un sistema de purificación natural del aire, esto podría relacionarse con lo encontrado en el sector 1 el cual presentó una velocidad del viento menor y presentó mayor prevalencia de sibilancias al realizar ejercicio. Sin embargo también favorece la expansión de los aeroalérgenos por lo tanto la sensibilización a estos, lo cual puede estar relacionado con la mayor prevalencia de asma confirmada por un médico en el sector 4 y la velocidad del viento más elevada en comparación con los otros sectores.

CAPÍTULO IX

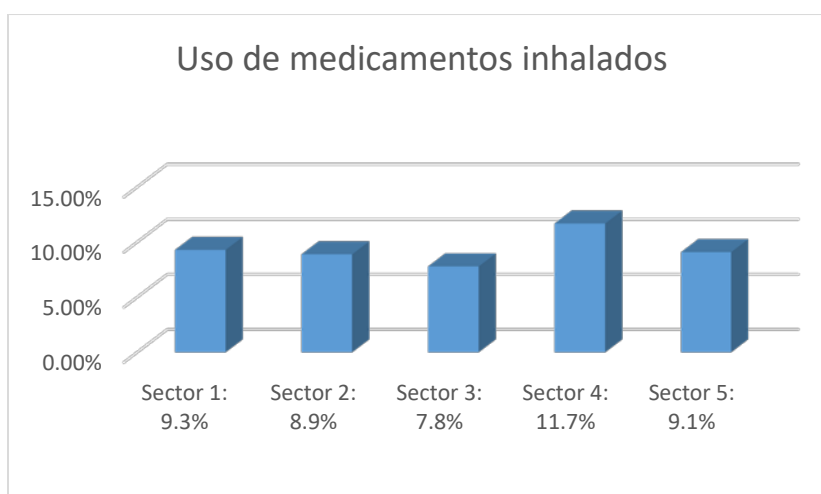
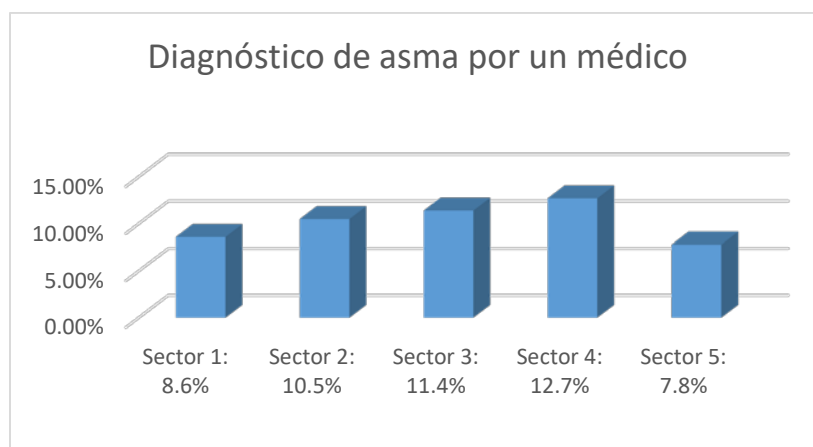
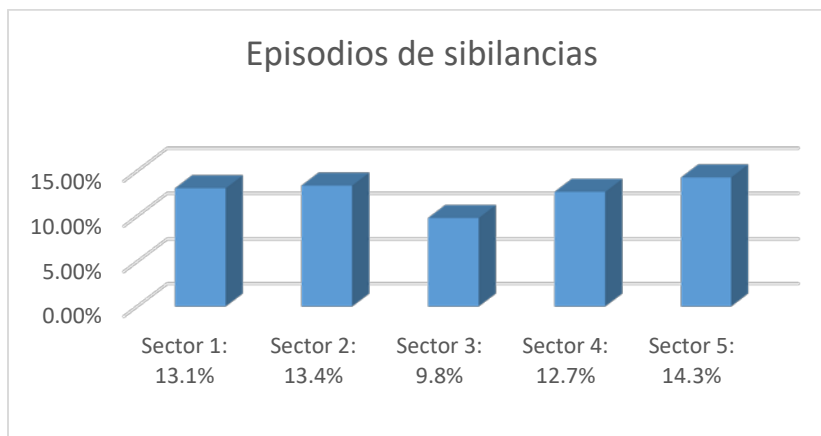
CONCLUSIÓN

Con el presente estudio pudimos abrir un poco el panorama sobre el impacto de los contaminantes del aire en las enfermedades alérgicas en nuestra población, encontramos prevalencias sobre los distintos síntomas de alergia respiratoria similares a lo reportado en la literatura. Además encontramos ciertas relaciones entre algunos contaminantes y factores meteorológicos que podrían apoyar a la realización de futuros estudios, así como a la creación de recomendaciones para nuestros pacientes con este tipo de enfermedades.

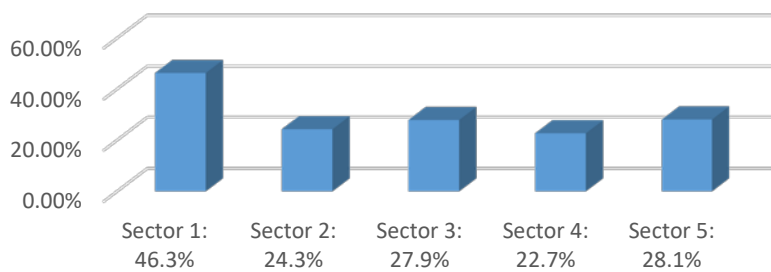
Hacen falta más estudios sobre la relación entre los distintos contaminantes y las enfermedades alérgicas, apoyados de tecnología para la detección de partículas tanto en cantidad, composición química y tamaño, así como pruebas de función pulmonar, con el fin de obtener más información acerca de los distintos contaminantes y su impacto en diversas enfermedades alérgicas. Se necesitan más estudios prospectivos a largo plazo para valorar las modificaciones epigenéticas.

CAPÍTULO X

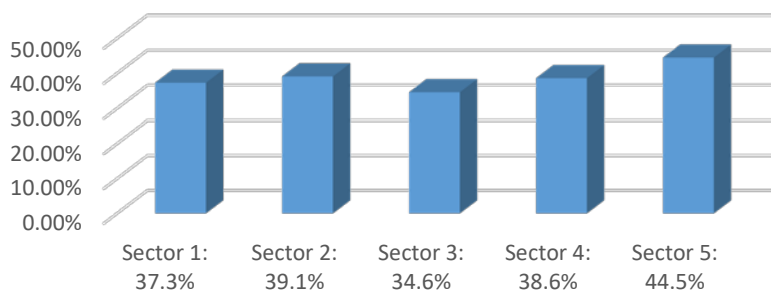
ANEXOS



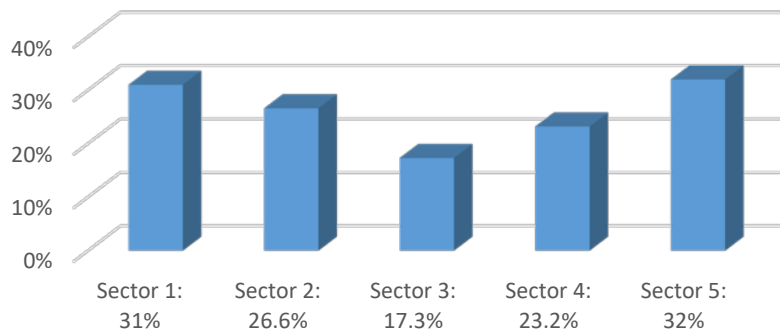
Sibilancias durante el ejercicio



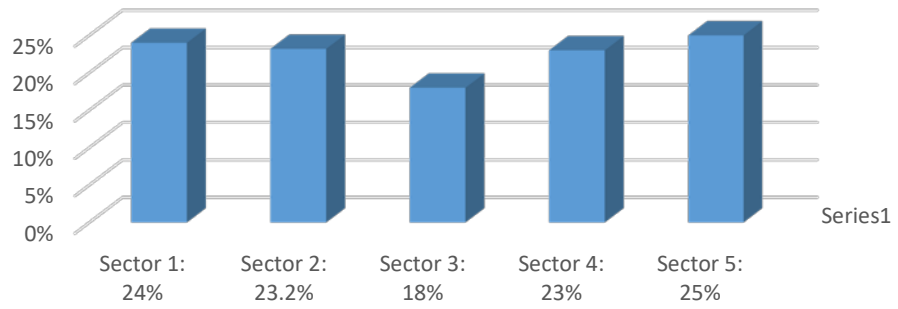
Estornudos, rinorrea y congestión nasal.



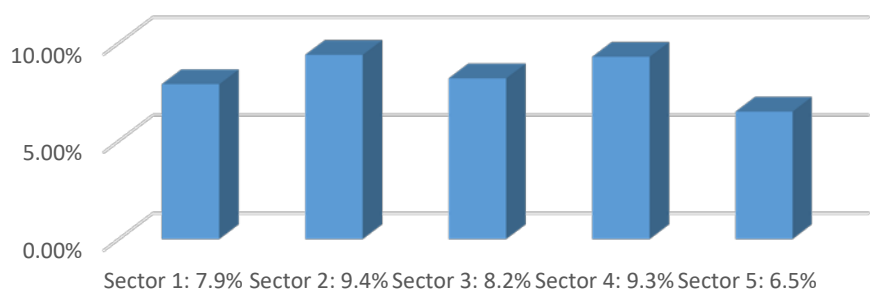
Prurito nasal



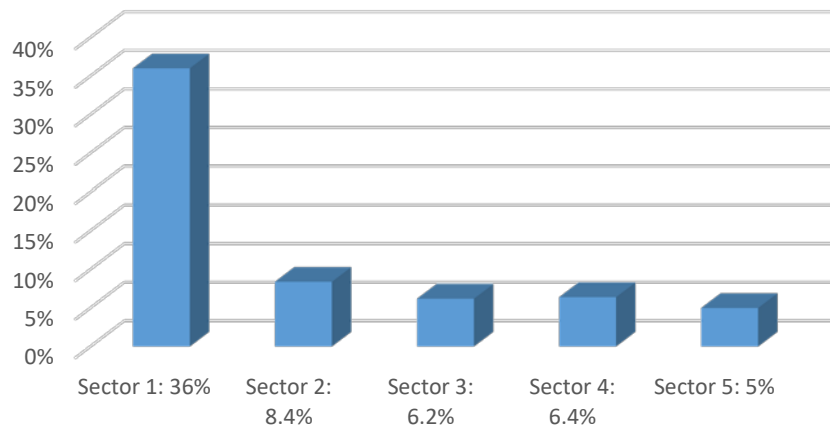
Síntomas oculares

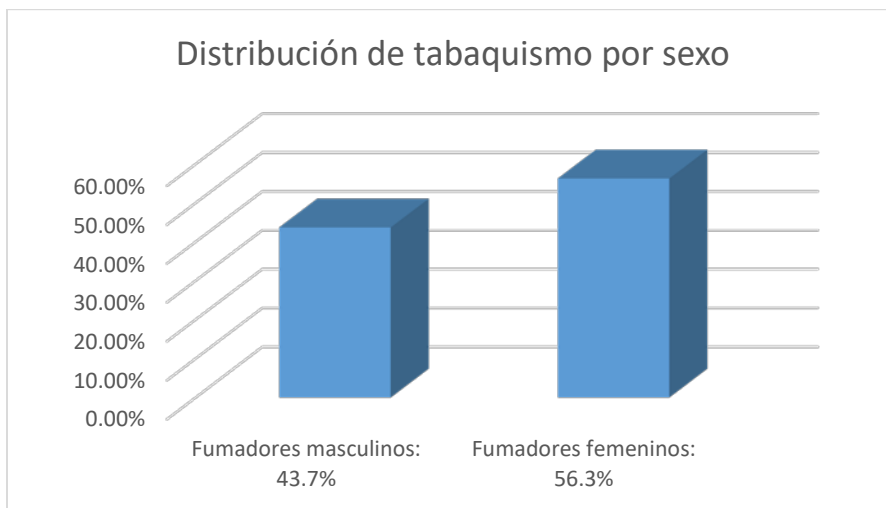
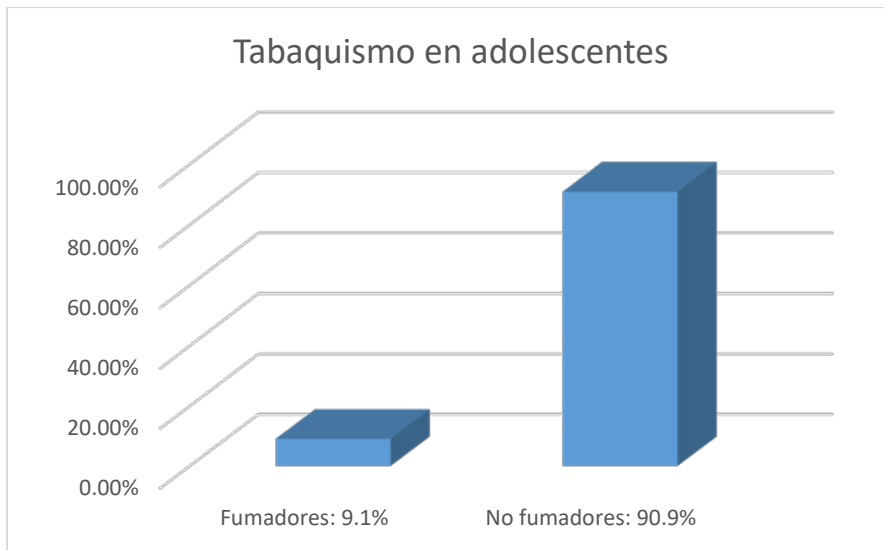
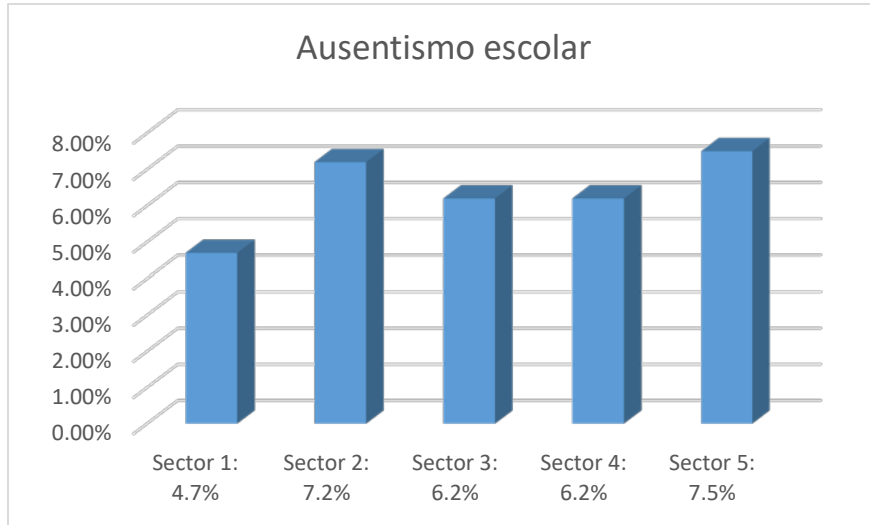


Diagnóstico de rinitis alérgica

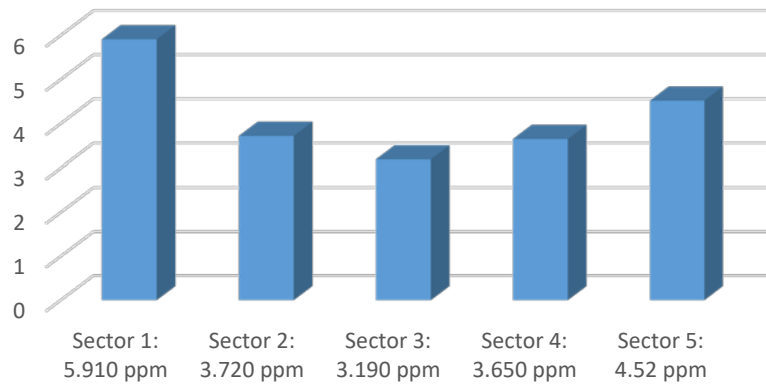


Visitas a urgencias

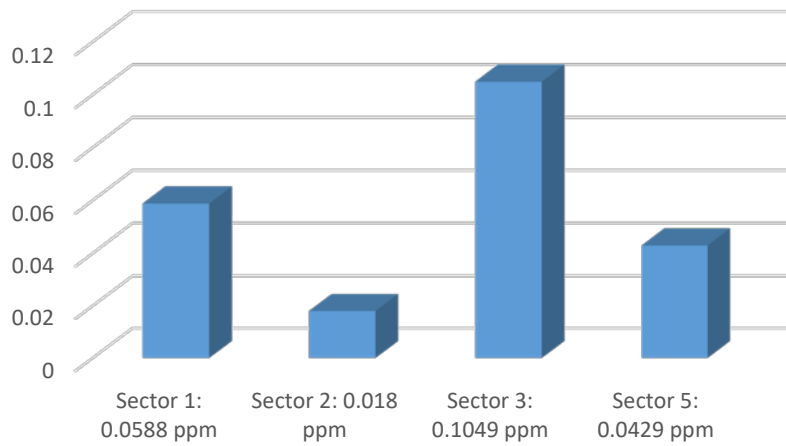




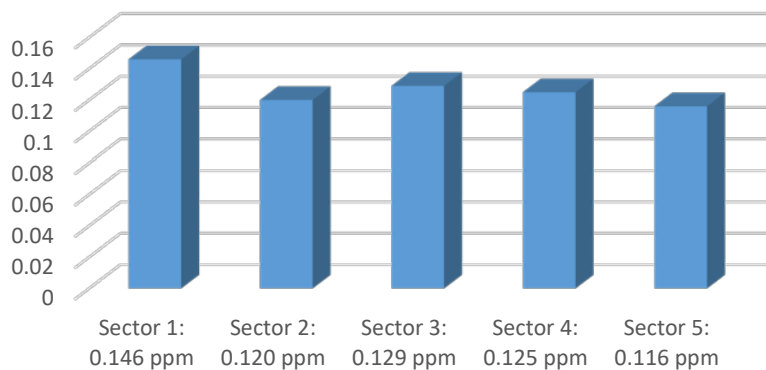
Promedio móvil de 8 horas de monóxido de carbono (CO)



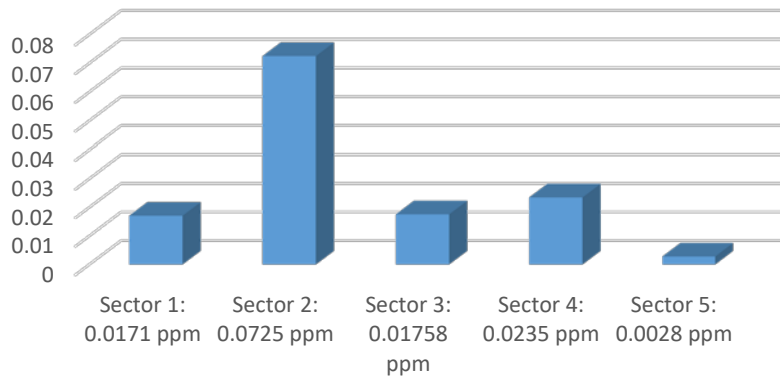
Valor horario de bióxido de nitrógeno (NO₂)



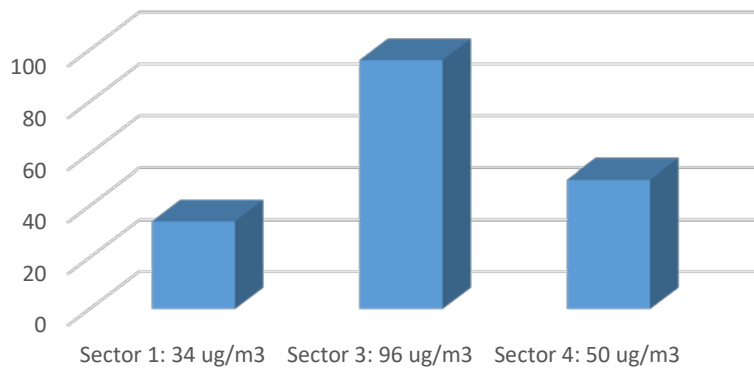
Valor horario de ozono (O₃)



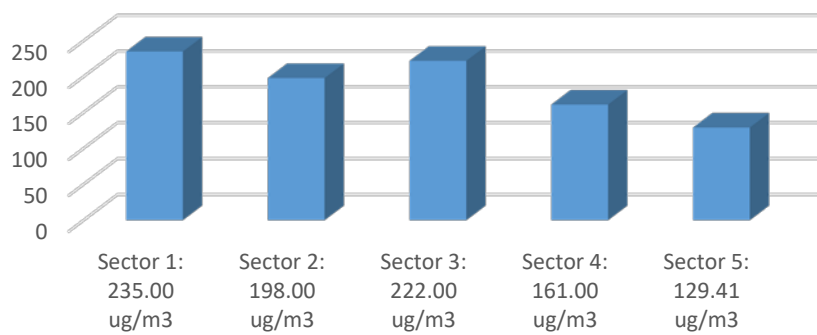
Promedio móvil de 8 horas de dióxido de azufre (SO₂)



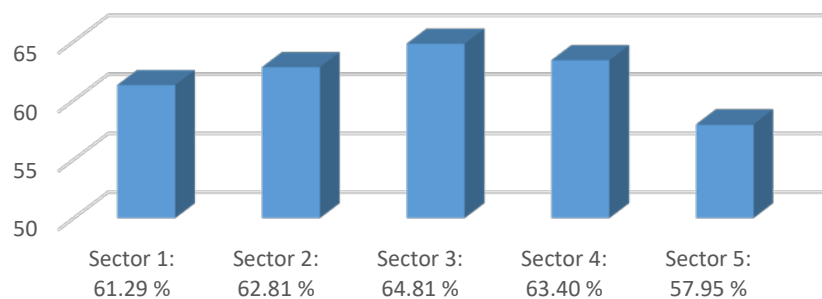
Promedio móvil de 24 horas de PM2.5



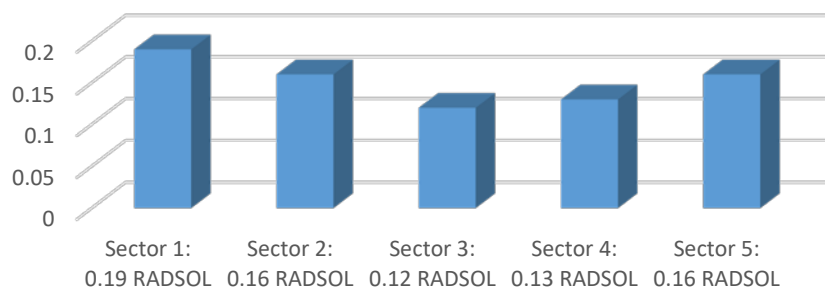
Promedio móvil de 24 horas de PM10



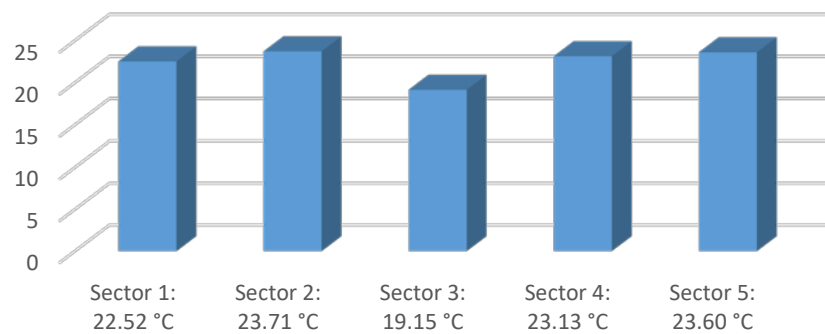
Promedio de humedad relativa (HR)



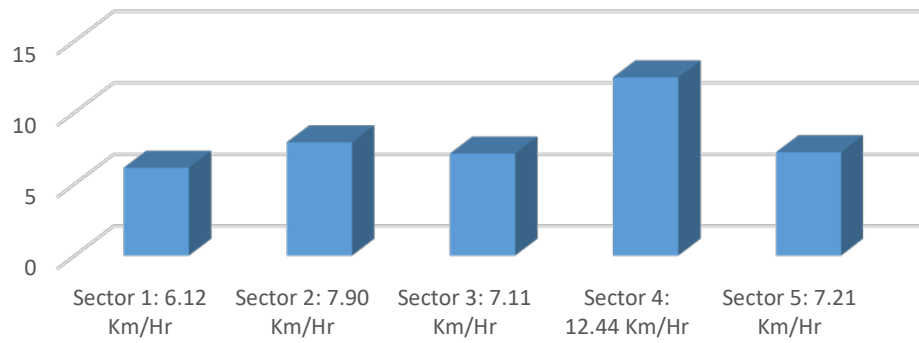
Promedio de radiación solar (RADSOL)



Promedio de temperatura ambiente (TOUT)



Promedio de velocidad del viento (WS)



CAPÍTULO XI

REFERENCIAS

1. González Santiago O. Determinación del contenido de PAH's en partículas PM2.5 en una zona de alto tráfico vehicular y otra con potencial exposición industrial del Área Metropolitana de Monterrey TESIS. 2009;94.
2. Coker E, Kizito S. A narrative review on the human health effects of ambient air pollution in sub-saharan africa: An urgent need for health effects studies. *Int J Environ Res Public Health*. 2018;15(3).
3. D'Amato G, Holgate ST, Pawankar R, Ledford DK, Cecchi L, Al-Ahmad M, et al. Meteorological conditions, climate change, new emerging factors, and asthma and related allergic disorders. A statement of the World Allergy Organization. *World Allergy Organization Journal*; 2015;8(1):1–52.
4. D'Amato G, Pawankar R, Vitale C, Lanza M, Molino A, Stanziola A, et al. Climate Change and Air Pollution: Effects on Respiratory Allergy. *Allergy Asthma Immunol Res*. 2016;8(5):391.
5. COMPEDIA. Alergia, Asma e Inmunología clínica en Pediatría.
6. Sierra-Heredia C, North M, Brook J, Daly C, Ellis AK, Henderson D, et al. Aeroallergens in Canada: Distribution, public health impacts, and opportunities for prevention. *Int J Environ Res Public Health*. 2018;15(8).
7. D'Amato G, Vitale C, De Martino A, Viegi G, Lanza M, Molino A, et al. Effects

- on asthma and respiratory allergy of Climate change and air pollution. *Multidiscip Respir Med. Multidisciplinary Respiratory Medicine*; 2015;10(1):1–8.
8. Kim BJ, Lee SY, Kim H Bin, Lee E, Hong SJ. Environmental changes, microbiota, and allergic diseases. *Allergy, Asthma Immunol Res.* 2014;6(5):389–400.
 9. Schulze F, Gao X, Virzonis D, Damiani S, Schneider MR, Kodzius R. Air quality effects on human health and approaches for its assessment through microfluidic chips. *Genes.* 2017;8(10).
 10. Keet, C. A., Keller, J. P., & Peng, R. D. (2017). Long-term coarse PM exposure is associated with asthma among children in medicaid. *Am. J. Respir. Crit. Care Med.*
 11. Barraza-Villarreal A, Sunyer J, Hernandez-Cadena L, Escamilla-Nuñez MC, Sienra-Monge JJ, Ramírez-Aguilar M, et al. Air Pollution, Airway, Inflammation, and Lung Function in a Cohort Study of Mexico City Schoolchildren. *Environ Health Perspect.* 2008;116(6):832–8.
 12. Buckeridge DL, Glazier R, Harvey BJ, Escobar M, Amrhein C, Frank J. Effect of Motor Vehicle Emissions on Respiratory Health in an Urban Area. *Environ Health Perspect.* 2002 Feb 14;110(3):293–300. Available from: <http://www.ehponline.org/ambra-doi-resolver/10.1289/ehp.02110293>
 13. <http://www.inegi.gob.mx/>
 14. <http://www.globalasthmanetwork.org>

15. <http://aire.ni.gob.mx/>
16. [http://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](http://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health).
17. de La Federación, D. O. (2014). NORMA Oficial Mexicana NOM-025-SSA1-2014, Salud ambiental. Valores límite permisible para la concentración de partículas suspendidas PM10 y PM2, 5.
18. Cerón-Bretón JG, Cerón-Bretón RM, Kahl JDW, Ramírez-Lara E, Guarnaccia C, Aguilar-Ucán CA, et al. Diurnal and seasonal variation of BTEX in the air of Monterrey, Mexico: preliminary study of sources and photochemical ozone pollution. *Air Qual Atmos Heal*. 2015;8(5):469–82.
19. Catalán-Vázquez M, Riojas-Rodríguez H, Jarillo-Soto EC, Delgadillo-Gutiérrez HJ. Perception of health risks due to air pollution among adolescents in Mexico City. *Salud Publica Mex*. 1965;51(2):148–54.
20. Reid, C. E., & Gamble, J. L. (2009). Aeroallergens, allergic disease, and climate change: impacts and adaptation. *Ecohealth*, 6, 458-470.
21. Farmer, S. A., Nelin, T. D., Falvo, M. J., & Wold, L. E. (2014). Ambient and household air pollution: complex triggers of disease. *American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology*, 307(4), H467-H476.
22. Romero-Calderón, A. T., Moreno-Macías, H., Manrique-Moreno, J. D. F., Riojas-Rodríguez, H., Torres-Ramos, Y. D., Montoya-Estrada, A., & Barraza-Villarreal, A. (2017). Estrés oxidativo, función pulmonar y exposición a

contaminantes atmosféricos en escolares mexicanos con y sin asma. salud pública de México, 59, 630-638.

23. Papazian, S., Khaling, E., Bonnet, C., Lassueur, S., Reymond, P., Moritz, T., ... & Albrechtsen, B. R. (2016). Central Metabolic Changes in O₃ and Herbivory Affect Photosynthesis and Stomatal Closure. *Plant physiology*, pp-01318.
24. Lake, I. R., Jones, N. R., Agnew, M., Goodess, C. M., Giorgi, F., Hamaoui-Laguel, L., ... & Epstein, M. M. (2016). Climate change and future pollen allergy in Europe. *Environmental health perspectives*, 125(3), 385-391.
25. D'Amato, G., Vitale, C., Rosario, N., Neto, H. J. C., Chong-Silva, D. C., Mendonça, F., ... & Ansotegui, I. (2017). Climate change, allergy and asthma, and the role of tropical forests. *World Allergy Organization Journal*, 10(1), 11.
26. Rajper, S. A., Ullah, S., & Li, Z. (2018). Exposure to air pollution and self-reported effects on Chinese students: A case study of 13 megacities. *PloS one*, 13(3), e0194364.
27. Salmond, J. A., Tadaki, M., Vardoulakis, S., Arbuthnott, K., Coutts, A., Demuzere, M., ... & McInnes, R. N. (2016). Health and climate related ecosystem services provided by street trees in the urban environment. *Environmental Health*, 15(1), S36.
28. Gao, J., Sun, Y., Lu, Y., & Li, L. (2014). Impact of ambient humidity on child health: a systematic review. *PloS one*, 9(12), e112508.

29. Trinh, P., Zaneveld, J. R., Safraneck, S., & Rabinowitz, P. (2018). One Health Relationships Between Human, Animal, and Environmental Microbiomes: A Mini-Review. *Frontiers in public health*, 6, 235.
30. Kim, H. H., Lee, C. S., Yu, S. D., Lee, J. S., Chang, J. Y., Jeon, J. M., ... & Lim, Y. W. (2016). Near-road exposure and impact of air pollution on allergic diseases in elementary school children: a cross-sectional study. *Yonsei medical journal*, 57(3), 698-713.
31. Pollock, J., Shi, L., & Gimbel, R. W. (2017). Outdoor environment and pediatric asthma: an update on the evidence from North America. *Canadian respiratory journal*, 2017.
32. Lovinsky-Desir, S., Jung, K. H., Rundle, A. G., Hoepner, L. A., Bautista, J. B., Perera, F. P., ... & Miller, R. L. (2016). Physical activity, black carbon exposure and airway inflammation in an urban adolescent cohort. *Environmental research*, 151, 756-762.
33. Albertine, J. M., Manning, W. J., DaCosta, M., Stinson, K. A., Muilenberg, M. L., & Rogers, C. A. (2014). Projected carbon dioxide to increase grass pollen and allergen exposure despite higher ozone levels. *PLoS One*, 9(11), e111712.
34. Platts-Mills, T. A. (2015). The allergy epidemics: 1870-2010. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 136(1), 3-13.
35. Collaco, J. M., Appel, L. J., McGready, J., & Cutting, G. R. (2018). The relationship of lung function with ambient temperature. *PloS one*, 13(1), e0191409.

36. Patella, V., Florio, G., Magliacane, D., Giuliano, A., Crivellaro, M. A., Di Bartolomeo, D., .& Scaletti, C. (2018). Urban air pollution and climate change:“The Decalogue: Allergy Safe Tree” for allergic and respiratory diseases care. *Clinical and Molecular Allergy*, 16(1), 20.
37. Gregorini, P., Beukes, P. C., Dalley, D., & Romera, A. J. (2016). Screening for diets that reduce urinary nitrogen excretion and methane emissions while maintaining or increasing production by dairy cows. *Science of The Total Environment*, 551, 32-41.
38. D'Amato, G., Annesi-Maesano, I., Vaghi, A., Cecchi, L., & D'Amato, M. (2018). How Do Storms Affect Asthma?. *Current allergy and asthma reports*, 18(4), 24.

CAPÍTULO XI

RESUMEN AUTOBIOGRÁFICO

La historia de mi familia nuclear inicia en Tijuana, Baja California. Donde se conocieron mis padres Octavio y Eleonora al estar cursando la universidad. Mi papá originario de Mexicali, Baja California, migró a Tijuana para estudiar la carrera universitaria, mi madre originaria de San Diego, California, por nacimiento, pero tijuanense por su historia desde la niñez. Formaron una familia integrada por 5 personas, mi hermana mayor Eleonora, mi hermana Fernanda y yo soy el menor de la familia. La dinámica familiar consistía en mi papá trabajador, dedicado a distintos cargos públicos. Posteriormente se separó del mundo político para continuar con el negocio familiar, la Agencia Aduanal Mancilla fundada hace más de 60 años en Mexicali B.C, y mi papá la extendió a Tijuana. Mi mamá encargada del hogar, de mis 2 hermanas y yo, siempre recuerdo sus muestras de amor y comidas deliciosas. Mis estudios de primaria, secundaria y preparatoria fueron en el Instituto Progreso, escuela católica. Posteriormente ingresé a la Universidad Autónoma de Baja California a cursar la carrera de Medicina, mi internado de pregrado lo realicé en Hermosillo, Sonora. El servicio social rural en el municipio de Compostela, Nayarit, sin duda uno de los años con grandes experiencias de vida, disfrutando esas hermosas playas que tiene México en la Riviera de Nayarit. Cuando cursaba el segundo semestre de la carrera de medicina, falleció mi madre a consecuencia de cáncer, un golpe duro para la familia, el cual gracias a la generosidad de mi papá fue más fácil sobrellevar. Ingresé a la especialidad de pediatría en el hospital general Tijuana, donde en mi rotación con el Dr. Alberto

Escalante me decidí por continuar mi preparación como alergólogo. En el segundo año de mi preparación como pediatra en Octubre realicé un viaje a Nueva York donde me comprometí con mi novia Sara, una escena que jamás olvidaré (otoño en el parque central de Nueva York). El 20 agosto del 2016 me casé por el civil en una hermosa ceremonia con amigos y familia, recuerdo a mi papá feliz de verme formar una familia. Ese mismo año justo unos días antes de mi entrevista para la subespecialidad de alergia le diagnostican cáncer a mi papá, y después de una corta lucha fallece el 29 de diciembre del 2016, dos días después recibo la llamada de que fui aceptado en la subespecialidad de alergia e inmunología. Gracias al apoyo emocional de mi hermana Fernanda, mi cuñado Carlos, mis sobrinos Carlitos e Isabella, me motivaron a continuar mi preparación en Monterrey. El 20 de Mayo del 2017 contraí matrimonio por la iglesia con mi esposa Sara, con quien inicié esta nueva aventura en Monterrey, desde aquel 16 de Octubre 2010 que nos hicimos novios ha sido el principal impulso y motivación en mi vida, sin duda mis padres están orgullosos y felices de esta hermosa familia y vida que empezamos a formar, dicen que detrás de un gran hombre hay una gran mujer, creo entonces que voy por buen camino, la gran mujer ya la tengo. Esta historia continuará de la mano de mi esposa, familia, amigos, futuros hijos y de quienes han sido y serán mis mejores profesores mis pacientes.

