

2007 B

080239602

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AGROPECUARIAS

CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS DE LA SALUD

MAESTRÍA EN CIENCIAS DE LA SALUD AMBIENTAL



**Morbilidad respiratoria y su relación con la contaminación
atmosférica por PM10 en la población de la zona de
"Miravalle", Jalisco, México en el 2006 y 2007**

**TESIS PROFESIONAL
QUE PARA OBTENER EL GRADO
DE MAESTRO EN CIENCIAS**

**PRESENTA
EMILIO VALDIVIA AGUILAR**

ZAPOPAN, JALISCO, ENERO DE 2009



UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA
Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias
Centro Universitario de Ciencias de la Salud
MAESTRÍA EN CIENCIAS DE LA SALUD AMBIENTAL

**COMITÉ DE TESIS
PRESENTE:**

Por medio de la presente nos permitimos informar a Usted(es), que habiendo revisado el trabajo de Tesis que realizó el (la) pasante:

EMILIO VALDIVIA AGUILAR

Con el título:

MORBILIDAD RESPIRATORIA Y SU RELACIÓN CON LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA POR PM₁₀ EN LA POBLACIÓN DE LA ZONA DE MIRAVALLE, JALISCO, MÉXICO EN EL 2006-2007

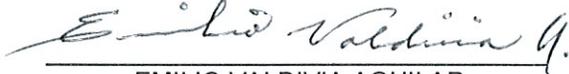
Manifestamos que ha quedado debidamente concluido, por lo que ponemos a su consideración el escrito final para autorización de impresión y en su caso programación de fecha de presentación y defensa del mismo.

Sin otro particular, agradecemos de antemano la atención que se sirva brindar a la presente y aprovechamos la ocasión para enviarle un cordial saludo.

ATENTAMENTE
Las Agujas, Zapopan, Jal. a 27 de Enero del 2009

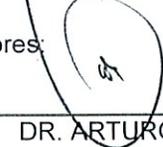


MCSP GENIOVEVA RIZO CURIEL
Directora del Trabajo de Tesis



EMILIO VALDIVIA AGUILAR
Alumno

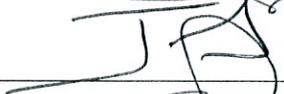
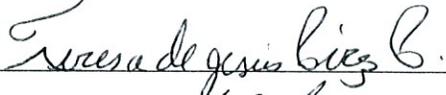
Asesores:



DR. ARTURO CURIEL BALLESTEROS
Nombre y Firma



DR. ARTURO PÉREZ ROMERO
Nombre y Firma

SINODALES	FIRMA
DR. ARTURO CURIEL BALLESTEROS	
DR. ARTURO PÉREZ ROMERO	
MCSP. GENOVEVA RIZO CURIEL	
DR. EDUARDO FLORES SALINAS	
MCSA. TERESA DE JESUS PEREZ PATIÑO	
MSP. ROSA LETÍCIA SCHERMAN LEAÑO (Suplente)	

AGRADECIMIENTOS

Por su enseñanza y dedicación a lo largo de la realización del presente trabajo a la Maestra Genoveva Rizo Curiel, directora de tesis.

Al Dr. Arturo Curiel ballesteros por su sabiduría y conducción en el trayecto y culminación de este trabajo de investigación, asesor de tesis.

A la Dra. Guadalupe Garibay Chávez por sus consejos oportunos.

A la Dra. Silvia G. León Cortes por su comprensión y apoyo en cada momento en los que había que esforzarse, mantenerse y triunfar, mi tutora.

A mis maestros.

Especialmente, a La Dra. Rosa Leticia Scherman Leño, por su confianza y su ejemplo en pro de la educación para la salud ambiental, mi madrina.

A mis compañeros, amigos con los que durante tres años hemos vivido la experiencia de la maestría en ciencias de la salud ambiental, en la que hemos construido un bloque de solidaridad, respeto y fortaleza para hacer lo que queramos por nuestra Alma Mater, por el postgrado y por la comunidad.

A la Secretaría de Medio Ambiente para el Desarrollo Sustentable del Gobierno del Estado de Jalisco por la información valiosa para la realización de este trabajo, que a través de la dirección de Información Ambiental a cargo del Ing. Mario Alberto Martínez Cárdenas ha proporcionado en forma rápida y expedita.

A la Secretaría de Salud Jalisco, por la información indispensable para que esta investigación fuera posible, que proporciono a través del Departamento de estadística de la Dirección de Planeación, en especial al Dr. Arturo Pérez Romero; asesor externo de tesis, quien la proceso y la hizo accesible para su mejor utilización.

DEDICATORIA

A Ma. De la Luz Gallegos, mi compañera en esta y otras aventuras de la vida en este Planeta, por su paciencia, desvelos, comprensión y apoyo.

ÍNDICE

1. RESUMEN	1
2. INTRODUCCIÓN	5
3. JUSTIFICACIÓN	6
4. OBJETIVOS	9
5. HIPÓTESIS	10
6. ANTECEDENTES	11
7. MARCO TEÓRICO	20
7.1. MONITOREO ATMOSFÉRICO	20
7.1.1. Muestreo de Partículas	23
7.2. CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA	25
7.2.1. El Contaminante PM10	27
7.3. INFECCIONES RESPIRATORIAS AGUDAS	29
7.3.1. Clasificación Internacional de Enfermedades (CIE 10)	32
7.4. Efectos ala Salud por la Contaminación Atmosférica	34
7.4.1. Efectos a la Salud Por PM10	35
7.5. VALORES NORMADOS PARA PM10 EN MÉXICO	37
7.6. MORBILIDAD	39
8. METODOLOGÍA	41
8.1. Tipo de Estudio	41

8.2. Muestra	41
8.3. Criterios	41
8.4. Variables	42
8.5. Instrumentos	42
8.6. Procedimientos	43
8.7. Análisis de la Información	43
8.8. Análisis Estadístico	45
9. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	46
9.1. Ubicación de la Zona Metropolitana de Guadalajara	46
9.2. Características Fisiográficas de la Zona Metropolitana de Guadalajara	46
9.3. Descripción Geográfica de "Miravalle"	47
9.4. Características Demográficas e Infraestructura Urbana	47
9.5. Características Climatológicas de la Zona Metropolitana de Guadalajara	47
9.6. Viento en "Miravalle"	49
9.7. Tendencias del Comportamiento de los Contaminantes de la Zona Metropolitana de Guadalajara	50
9.8. Tendencia del Comportamiento de los Contaminantes en "Miravalle"	51
9.9. Estudios de Riesgo de la Contaminación del Aire en el Área de Miravalle	52

10. RESULTADOS	54
10.1. Descripción de la concentración de PM_{10} y el número de consultas	54
10.2. Descripción de PM_{10} por estación del año	55
10.3. Asociación de PM_{10} con el Número de Consultas durante la misma semana y una a semana después de monitoreada la concentración de PM_{10}	56
10.4. Diferencia de las medias de consultas por estaciones del año con diferencia mínima significativa	57
10.5. Asociación de PM_{10} con el Número de Consultas en la misma semana y una de desplazamiento, con incremento de un día a otro en la concentración de PM_{10}	59
11 DISCUSIÓN DE RESULTADOS	60
12. CONCLUSIONES	62
13. BIBLIOGRAFÍA	64

1. RESUMEN

Objetivo.- Evaluar el impacto del contaminante atmosférico PM₁₀ sobre la morbilidad respiratoria de la población de la colonia "Miravalle" de la Zona Metropolitana de Guadalajara, Jalisco, México en 2006 y 2007.

Materiales y Métodos.- A través de un censo se obtuvieron:

344 mediciones de concentraciones de PM₁₀ en promedio diario de 24 horas correspondientes al periodo anual 2006 y 386 para el periodo de 2007 de la estación de monitoreo "Miravalle" de la Red Automática de Monitoreo Atmosférico de la Zona metropolitana de Guadalajara operada por la Secretaría de Medio Ambiente para el Desarrollo Sustentables (SEMADES) del Gobierno del estado de Jalisco, proporcionadas por su Centro de Información Ambiental.

49 mediciones del número total de consultas médicas por infecciones respiratorias agudas en las semanas epidemiológicas correspondientes al periodo 2006 del Centro de Salud "Las Juntas" de la Secretaría de Salud Jalisco (SSJ) y 52 para 2007.

Se analizó la información para 2006 y 2007, aplicando un estudio epidemiológico: descriptivo, ecológico, transversal. Se utilizó: Análisis de varianza ANOVA, diferencia mínima significativa (prueba post hoc), correlación de Pearson y regresión; con y sin desplazamiento de una semana del número de consultas; después de sucedida la exposición, para:

La descripción de la concentración de PM₁₀ y el número de consultas.

Descripción de PM₁₀ por estación del año.

Asociación de PM₁₀ con el Número de Consultas durante la misma semana y una semana después de monitoreada la concentración de PM₁₀

La diferencia de las medias de consultas por estaciones del año con diferencia mínima significativa.

Descripción de la asociación de PM₁₀ con el Número de Consultas en la misma semana y una de desplazamiento, con incremento de un día a otro en la concentración de PM₁₀.

Resultados.- En 2006, el promedio de concentración de PM₁₀ es de 72.55 ug/m³, ±27.34. Tiene una variabilidad de 45.21 ug/m³ a 99.89 ug/m³. El promedio de consultas en el año es de 62.86, ± 23.51. Tiene una variabilidad de 39 a 86 consultas.

En el promedio de concentración de PM₁₀ en cada estación del año, el valor más alto se presentó en el invierno con 102.40 ug/m³ y el más bajo el del verano con 42.38 ug/m³.

En el año 2007 el promedio de concentración de PM₁₀ es de 23.13 ug/m³, ± 62.03, con una variabilidad de 38.9 ug/m³ a 85.16 ug/m³. El promedio de consultas en el año 2006 es de 43.44 consultas, ± 22.67, teniendo una variabilidad de 21 a 66.

En este periodo, el promedio de concentración de PM₁₀ en cada estación se presentó: el más bajo en verano con 35.23 ug/m³ y el más alto en invierno con 77.50 ug/m³.

Existe Correlación de PM₁₀ y número de consultas, "Miravalle", 2006, tanto con un atraso de 7 días en las consultas como al considerar las consultas en la misma semana en que se verifican las concentraciones de PM₁₀. Destacando que la estación anual con una asociación mayor es el invierno y que esta es aun más alta cuando se analizan el número de consultas durante la misma semana donde se presentan las variaciones de PM₁₀ llegándose a definir que las variaciones de consultas de Infecciones Respiratorias Agudas son determinadas en un 82% (factor de determinación) por las variaciones de las PM₁₀. La segunda estación con mayor asociación es otoño donde las variaciones de las consultas están determinadas en un 47% por las variaciones del PM₁₀, tanto, considerando 7 días de rezago como, en la misma semana de consultas y concentraciones. Sin embargo, los valores negativos durante primavera sugieren la intervención de otros factores no definidos, ni considerados en el análisis.

Existe diferencia significativa entre las medias de consultas y cada una de las estaciones del año. En donde F calculado es igual a: 9.151. En la estación de invierno hubo diferencia significativa con el otoño. En primavera solo hubo diferencia entre las medias del otoño. En verano con otoño. Y en otoño con todas las demás estaciones.

Existe asociación, con atraso de 7 días en las consultas y en la misma semana de consultas, al analizar el incremento de PM₁₀ de un día a otro. Destacando el invierno sin desplazamiento con el 82%. Se obtienen resultados positivos en otoño con y sin desplazamiento con el 27 y 47%, respectivamente. Sin

embargo, se tienen resultados negativos en primavera con la misma semana el -2% y con desplazamiento el -14%. En verano, con desplazamiento se tiene el -43% y con la misma semana el 3%.

Discusión.- Congruencia con resultados evidentes de la asociación de la contaminación por partículas PM_{10} y el aumento de consultas, por causas de enfermedades respiratorias. como lo refieren: Oyarzun, M. en 1998 y Pino, P. en 1997 en un seguimiento de 507 lactantes en Santiago de Chile, usuarios de consultas medicas, encontraron que un aumento de PM_{10} , con un rezago de 4 días, aumentó el riesgo de síndrome bronquial obstructivo en 22%.

En la correlación con y sin desplazamiento de la semana de consultas con incremento de PM_{10} de un día a otro existe asociación.

Los resultados negativos sugieren la intervención de más variables que afectan la correlación entre PM_{10} y el número de consultas por infecciones respiratorias agudas.

También sugiere buscar otras alternativas de investigación, como estudios de casos y controles, de seguimiento o cohorte.

Para la morbilidad, considerar las hospitalizaciones y no el número de consultas. O en forma individual cada una de las enfermedades respiratorias y no en grupo.

Conclusiones.- Los resultados del estudio, muestran una gran coherencia con otras investigaciones en las que se han encontrado asociaciones significativas entre los efectos a la salud respiratoria por infecciones agudas respiratorias con el contaminante del aire PM_{10} .

Lo cual se ve respaldado con los resultados en donde se determina entre otras cosas que un aumento en las concentraciones en el aire de partículas PM_{10} se refleja en una aumento en la demanda de servicios de atención medica, como son: visitas a salas de urgencias, hospitalizaciones, incapacidades laborales o ausencias escolares.

Lo anterior sugiere la existencia del riesgo a la salud poblacional de la zona de "Miravalle" por exposición a la contaminación del aire por PM_{10} , en especial en invierno y otoño.

Los resultados negativos sugieren la intervención de factores o variables que no han sido incluidas en el presente estudio, pero que intervienen en la asociación.

Los números de consultas de un solo Centro de Salud como el de "Las Juntas", no representan necesariamente la realidad de atención médica de la población total de un área tan extensa, por lo que se hace necesario un sistema que unifique los criterios para la generación de información de salud y de información ambiental, así como la inclusión de otros factores tanto sociales y culturales de la población expuesta.

En el caso del aire, las intervenciones no pueden ser tan específicas precisamente porque los síndromes clínicos que generan en la población pueden ser consecuencia de uno o más agentes. En virtud de esta falta de especificidad, es importante considerar que dichas intervenciones no pueden ser relacionadas a uno u otro tipo de contaminante. Este hecho sin embargo, llama con urgencia a la necesidad de realizar monitoreos más específicos e inversiones de la prevención y atención de dichos síndromes a fin de contar con información mucho más precisa para la definición de política ambiental y su efecto en la salud.

Los estudios epidemiológicos y la estadística descriptiva son herramientas indispensables para dar inicio a estudios como el trabajo realizado, ya que representan el inicio de investigaciones más precisas para evaluar y determinar la influencia de los contaminantes del aire en el desarrollo de infecciones de las vías respiratorias.

2. INTRODUCCIÓN

El impacto adverso al ambiente por las diferentes manifestaciones de la contaminación natural y antropogénica es cada vez más evidente en el estado del suelo, agua, aire, alimentos y la salud de las personas.

Cada día, son más y precisos los registros de los resultados de estudios de riesgo y epidemiológicos reportados por organizaciones internacionales que muestran la asociación entre el daño a los ecosistemas y las consecuencias a la salud de los conglomerados poblacionales que los habitan a lo largo y ancho del planeta. Sobre todo en aquellos que forman parte de la población vulnerable; niños, mujeres embarazadas y ancianos.

Existen componentes naturales que se convierten en factores de riesgo, al incrementar el efecto contaminante en la salud de la población de sitios considerados frágiles ambientalmente. Estos son: condiciones meteorológicas como: la temperatura, la humedad relativa y la dirección y velocidad del viento, y características geográficas como el relieve.

La colonia "Las Juntas" del área de "Miravalle" no está exenta de tales padecimientos ya que por sus características y factores, así lo registran las concentraciones del contaminante atmosféricos PM_{10} , monitoreadas por la Red Automática de Monitoreo Atmosférico de la Zona Metropolitana de Guadalajara operada por la Secretaría del Medio Ambiente para el Desarrollo Sustentable del Estado de Jalisco (SEMADES) y el número de consultas médicas por efectos respiratorios reportadas por el Centro de Salud "Las Juntas" de la Secretaría de Salud Jalisco (S. S. J.) en el sitio de estudio.

Ante tal situación se hacen necesarios diagnósticos con parámetros específicos y fehacientes que describan las características reales de la problemática para la aplicación efectiva y eficaz de programas y la intervención de todos los sectores sociales en la restauración ambiental y la promoción de la salud de la población.

El presente estudio se analizó la asociación entre la concentración de PM_{10} con la demanda de consultas medicas primarias por infecciones respiratorias agudas de la clínica "Las Juntas" de la Secretaría de Salud Jalisco, en 2006 y 2007 con el interés de coadyuvar en la toma de decisiones de quienes tienen la función y la responsabilidad de dar resultados positivos, en los tres niveles de gobierno.

3. JUSTIFICACIÓN

La contaminación atmosférica por PM_{10} ha causado efectos adversos a la salud respiratoria en áreas urbanas densamente pobladas, manifestándose en el aumento en la demanda de atención médica primaria por infecciones respiratorias agudas en clínicas y hospitales.

De acuerdo con datos de 1999, después de la Ciudad de México, la que presenta los mayores problemas de contaminación es Guadalajara, en donde se viola por lo menos una de las normas de calidad del aire en el 40 por ciento de los días del año. La mayoría de las violaciones se deben a las partículas PM_{10} , con el 31 por ciento (1).

Las tendencias mensuales horarias de partículas PM_{10} , en el periodo 1996 a 2002 presenta las concentraciones más altas entre diciembre y febrero, con un segundo pico en mayo. La estación Miravalle registra los promedios más elevados en todos los meses del año con respecto al resto de las estaciones (2).

Miravalle por sus características geográficas y condiciones meteorológicas presenta una alta vulnerabilidad a la contaminación atmosférica. Se ubica al sur de la Zona Metropolitana de Guadalajara, donde se encuentran el Cerro del Cuatro, el Cerro de Santa María y el Cerro del Gachupín, constituyendo una barrera física natural para la circulación del viento, lo que impide el desalojo del aire contaminado (3).

Se registran dos intervalos de concentraciones altas de contaminantes atmosféricos PM_{10} durante el día que reflejan las actividades de las fuentes emisoras. El primer intervalo comprende entre las 09:00-12:00 horas, y el segundo de las 19:00-22:00 horas, (4).

En el 72 % de las contingencia en Miravalle en el periodo de 1994 a 2004, la dirección del viento registrada por la estación de monitoreo "Miravalle", fue Sur Suroeste, Sur y Sur Sureste, situación que ubica a dicha área como predominante en la afectación por la aportación de partículas que son arrastradas hacia esta zona (5).

Cada año, Miravalle es el lugar donde se registran las mayores cantidades de de partículas fracción respirable PM_{10} (6).

En el monitoreo de PM_{10} (4), la mediana de los promedios anuales desde 1996, ha venido presentando el valor más alto para la estación Miravalle con 101 $\mu g/m^3$ (6).

En la Zona Metropolitana de Guadalajara y específicamente en Miravalle se han presentado acontecimientos declarados como contingencias ambientales por el incremento de concentraciones de PM_{10} , implementándose diferentes fases del protocolo de contingencia ambiental para tratar de proteger la salud de la población y recientemente declarándose a "Miravalle" como Área de Fragilidad Ambiental (6).

En el acuerdo de fragilidad, se consideró que la Estación de Monitoreo Miravalle ha dado como resultado que el área monitoreada merece una atención prioritaria en materia de combate y disminución de la contaminación atmosférica debido a la deficiente calidad del aire que ha presentado, obligando por ello al establecimiento de políticas públicas que respondan a las características de la misma y que ayuden a mejorar la calidad de vida de quienes ahí habitan. (5).

En la actualidad, a nivel mundial la problemática de los efectos a la salud por la contaminación atmosférica ha tomado preocupación tanto por la Organización Mundial de la Salud, como por los gobiernos, los investigadores y la población civil. No sólo por los altos costos que representa la atención médica, sino por el aumento de la morbilidad y mortalidad. Se ha relacionado el detrimento de la salud humana con los ecosistemas enfermos. Esta organización en 2000, ha divulgado que la exposición humana a contaminantes en el aire, agua, suelo y alimentos es el factor que más incide actualmente en el incremento de enfermedades y muertes en el mundo. (7).

En el caso del aire no se tiene opción de adquirirlo con calidad para satisfacer el metabolismo y las necesidades vitales.

Hasta el momento, se han reportado por la Agencia Ambiental Estadounidense (U. S. Environmental Protection Agency) 188 contaminantes en el aire como tóxicos: es sabido o se sospecha que algunos causan cáncer u otros efectos serios en la salud humana y ambiental (7). De este listado la Organización Mundial de la Salud (World Health Organization 2000) informa que se han evaluado riesgos a la salud de 35 de ellos, que son monitoreados en las ciudades de mayor desarrollo y calidad de vida.

En nuestro país el problema de contaminación del aire y sus propuestas de solución, se han remitido básicamente a un abordaje tecnológico o normativo, careciendo de una visión más integral que considere las diferentes dimensiones relacionadas con la problemática; como las causas de origen y la participación activa de todos los sectores involucrados, así como, un modelo de gestión que responda desde una perspectiva de salud ambiental a largo plazo (7).

A pesar de múltiples avances, como han sido la implementación de los planes de mejoramiento de la calidad del aire en las ciudades mexicanas con mayores índices de contaminación atmosférica y la aplicación de medidas, equipos y acciones de estos para prevenir y controlar la contaminación atmosférica, aún persiste un problema muy serio de contaminación por PM_{10} (1).

Tomando en cuenta las concentraciones que se presentan en la zona metropolitana de Guadalajara, se puede sugerir que una significativa porción de la población de la ciudad esta expuesta a concentraciones superiores a los 150 microgramos por metro cúbico de PM_{10} de forma recurrente, principalmente en localidades ubicadas al sur y al oriente de la ciudad, como Mravalle, donde se excede la norma de calidad todos los años (6).

Es por ello que la presente investigación ha analizado la correlación entre PM_{10} con las Infecciones Respiratorias Agudas que se presentaron en el área de estudio durante 2006 y 2007, proporcionando datos recopilados y operados bajo sistemas metodológicos científicos garantizando su objetividad. Para coadyuvar en la solución del problema de salud ambiental con los diferentes sectores involucrados, buscando estrategias acordes con la realidad del sitio.

4. Objetivos

General

Analizar la asociación del contaminante atmosférico PM₁₀ sobre la morbilidad respiratoria de la población de la zona de "Miravalle", Jalisco, México.

Específicos

Identificar la relación entre las concentraciones de PM₁₀ con las consultas médicas primarias por infecciones respiratorias agudas del Centro de Salud "Las Juntas" de la Secretaría de Salud Jalisco, en el sitio de estudio.

5. Hipótesis

La hipótesis es que, si las concentraciones de PM_{10} afectan la salud respiratoria de la población por infecciones agudas respiratorias en la Colonia "Miravalle", El aumento de consultas médicas de este tipo de enfermedades aumentará conforme aumenta la contaminación por PM_{10} .

6. ANTECEDENTES

El sistema respiratorio constituye la puerta de entrada de los contaminantes aéreos, y por lo tanto es en este sistema donde estos contaminantes tiene su primera oportunidad de ejercer directamente sus efectos nocivos, aunque también se pueden producir otros efectos sistémicos o generales (8) (9) (10).

Actualmente se conocen numerosos estudios que están relacionados con los efectos que producen algunos compuestos tóxicos en humanos y otros organismos, comenzando con la recolección de datos al respecto en diferentes partes del mundo desde 1950. Estos estudios, han demostrado que la exposición a niveles elevados de contaminantes atmosféricos, como los hidrocarburos aromáticos, ozono, dióxido de carbono, de azufre o de nitrógeno; metales pesados y ambientales como polvos; con una densidad muy alta de material particulado de diversa naturaleza, pueden alterar funciones metabólicas, incluso la muerte en humanos (11).

Entre los primeros de estos episodios se cuenta el del Valle del Mouse, Bélgica en 1930 alcanzando su máxima expresión en Londres, en diciembre de 1952, con la ocurrencia de alrededor de 400 muertes sobre lo esperado. Estas situaciones extremas obligaron a tomar drásticas medidas de control en países desarrollados. Estos episodios llevaron a estudiar otras situaciones en las que se registran niveles más bajos de contaminantes, pero sostenidos en el tiempo, como ocurre en muchas grandes ciudades en rápido desarrollo (12). Entonces surgió el interés por identificar un nivel seguro de contaminantes del aire, bajo el cual no hubiese efectos nocivos en la salud de la población expuesta. Hasta hoy ese nivel no ha sido encontrado y, por otra parte, los niveles "aceptables" para un contaminante específico han sido disminuidos progresivamente, en la medida en que mejoran los métodos de detección de la exposición y sus efectos, sugiriendo que no existiría un nivel umbral de eventual inocuidad para la salud de la población, sino más bien, habría una relación lineal entre la concentración de un contaminante específico y sus efectos. De seguirse dando esta tendencia, en el futuro, cualquier nivel de contaminación podría ser calificado como de riesgo para la salud humana.

Estudios epidemiológicos han demostrado la asociación entre la contaminación atmosférica y el incremento en la morbilidad por causas respiratorias.

Algunos de estos estudios demuestran el aumento de morbilidad por efectos agudos respiratorios en la población asociada a exposiciones al contaminante atmosférico aun cuando las concentraciones estén por debajo de los límites marcados por los estándares de calidad del aire.

En 1972, Bates establecía, que cualquier contaminante atmosférico podía actuar en el pulmón en tres niveles: bronquios principales, bronquiólos terminales y alvéolos, produciendo bronquitis e hiperreactividad bronquial, alteraciones de las vías aéreas y pérdida de la retracción elástica del pulmón (13).

En este mismo año, en Santiago de Chile un estudio, considerado como pionero, trata de asociar la contaminación atmosférica con bronquitis crónica (14).

Existen riesgos para la salud que se asocian con la contaminación del aire, con tipos de trastornos médicos que las sustancias en el aire pueden generar. La contaminación del aire se asocia con las industrias y con el aire externo (15) y el daño, principalmente a los pulmones y las vías respiratorias, aunque también puede lesionar otros órganos.

En niños de 6 a 12 años residentes en Pachuncavít Concón, cercano al complejo industrial Ventanas, Chile en 1997, se encontró aumento de síntomas respiratorios, uso de broncodilatadores y disminución del flujo espiratorio máximo (PEF) asociado a la contaminación de PM₁₀, relación que es mayor aún en los niños con problemas respiratorios (16).

Los resultados de varias investigaciones realizadas en distintas ciudades del mundo han reportado asociaciones significativas entre consultas médicas por infecciones respiratorias agudas en la población en general y la contaminación atmosférica por PM₁₀

A través de muchos estudios se ha encontrado de un 2 a un 8 % de incremento en la mortalidad normal diaria por cada 50 ug/m³ de incremento de PM₁₀ a partir del valor de la norma, siendo la asociación más significativa con cánceres cardiovasculares y de pulmón (17).

Desde la década de 1980, en Chile han proliferado los estudios, que demuestran efectos de la contaminación atmosférica por partículas, sobre mortalidad diaria, síntomas y consultas respiratorias (18). Estos estudios han confirmado los resultados comunicados en previas publicaciones internacionales que han establecido que por cada 50 ug/m³ de elevación de los niveles de PM₁₀ en 24

horas se produce en promedio un aumento de alrededor del 3% de la Mortalidad.

Un aumento de PM_{10} , y especialmente de $PM_{2.5}$, aumentó el riesgo de síndrome bronquial obstructivo en 22%, con un rezago de 4 días, en un seguimiento de 504 lactantes menores de 1 año, usuarios de consultorios del área sur-oriente de Santiago de Chile en 1998 y 1999. (10) (12).

Se ha señalado en 1994, (19) (20), en 1999. (12)) y en 2001, (21) que el aumento de PM_{10} y $PM_{2.5}$ produce aumento de las consultas por problemas respiratorios infantiles y de adultos.

En los últimos años, un número importante de estudios realizados en ciudades de Europa y los Estados Unidos han encontrado que la epidemiología ha sido primordialmente importante en la evaluación del impacto en salud por la contaminación atmosférica al proporcionar pruebas fehacientes de esta relación en poblaciones humanas.

En 2003, Ballester, F. refiere que en Europa desde el año 2000, el proyecto APHEIS (Air Pollution and Health: and European Assessment) en el que participan 35 ciudades europeas, el estudio NMMAPS (National Mortality and Morbidity Air Pollution Study) que incluye a las 100 ciudades estadounidenses de mayor población y en España, el proyecto EMECAM, han evaluado la asociación de la contaminación atmosférica con la salud, estableciéndose un sistema de vigilancia en salud ambiental que incluye una base de datos de contaminación atmosférica y salud. Con ello se ha pretendido cuantificar los efectos de la contaminación atmosférica en la salud pública a nivel local, nacional y europeo, así como distribuir informes estandarizados sobre el impacto de la contaminación atmosférica en salud pública (22).

En el Estudio II ASC de la Sociedad Americana del Cáncer con datos de los factores de riesgo y contaminación atmosférica para 150 mil adultos de 151 áreas metropolitanas de los Estados Unidos, se encontró que el riesgo de morir por todas las causas en las áreas más contaminadas fue de 15% más alto que en las menos contaminadas. Las partículas finas $PM_{2.5}$ y los óxidos de azufre mostraron una asociación con la mortalidad por todas las causas, por causas del aparato circulatorio y por cáncer de pulmón (22).

En 19 ciudades europeas con 39 millones de habitantes, proporcionaron concentraciones de PM_{10} entre 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Encontrándose la tasa de mortalidad estandarizada entre 456 por 100 mil habitantes, 1.27 por 100 mil

habitantes. En conjunto una reducción de 5 μ g/m³ de los niveles de PM₁₀ conllevaría a una disminución en la mortalidad a largo plazo de 5 mil muertes anuales, de las cuales 800 serían fallecimientos a corto plazo (22).

Existen estudios realizados en distintas ciudades, reportados por la Organización Panamericana de la Salud en 2005, estos reportan que en cada país se han identificado efectos sobre la salud de la población: un mayor riesgo de morbilidad y mortalidad generadas por enfermedades respiratorias y cardiovasculares, cáncer de pulmón en niños y adultos, así como un incremento en gastos por atención médica y días laborales perdidos, incremento de las enfermedades hospitalarias por enfermedades respiratorias, efectos adversos en el crecimiento del feto por exposición a la contaminación durante el embarazo, una reducción del flujo máximo de espiración y ausencias escolares en niños asociados al nivel de partículas en el ambiente (7).

Rosales, J. en 2000, realiza un meta-análisis, para resumir y sintetizar los efectos reportados a través del empleo de modelos de efectos aleatorios de evidencias de los efectos en la salud de la población por la exposición a la contaminación por partículas suspendidas a partir de las principales publicaciones internacionales y mexicanas, publicadas hasta junio de ese año (23). Los trabajos analizados fueron de áreas geográficas definidas y con resultados de mediciones de partículas, suspendidas totales (PST), humo negro (BS) y coeficiente de Haze (CoH). Incluyendo los artículos donde se estudió la asociación entre la exposición de ozono o PS y algunos efectos agudos en la salud de poblaciones tales como mortalidad, hospitalizaciones, visitas a salas de urgencias, efectos en individuos asmáticos, efectos en la población, parámetros de función pulmonar y días de actividad restringida. En su mayoría fueron estudios epidemiológicos que evaluaron los efectos de la exposición en periodos cortos, de uno a 5 días (23).

Para obtener estimaciones semejantes se transformaron las diversas formas de cuantificar PS en su equivalente en PM₁₀ (mezcla de diferente componentes donde 50% del material sólido tiene un tamaño de 10 μ m).

De la misma manera para dar uniformidad al reporte de resultados, los valores riesgo relativo (RR), razón de nomios (RM), porcentajes de cambio, coeficientes de regresión (Poison o logarítmica) se transformaron en porcentajes de cambio por 10 unidades de concentración de contaminante para PM₁₀.

Para estimar un promedio ponderado de los efectos a la salud reportados a partir de los estudios seleccionados, con sus respectivos intervalos de confianza

al 95%, se emplearon modelos de efectos aleatorios, asumiendo que cada estudio tiene su propio efecto asociado a la exposición y que hay una distribución aleatoria alrededor de un valor central del efecto.

En los estudios de asociación de efectos agudos de Partículas Suspendidas en su equivalente de PM_{10} , los resultados más relevantes fueron:

Mortalidad y exposición aguda a partículas suspendidas:

De los efectos tóxicos asociados a PM_{10} , la mortalidad, fue sin lugar a dudas, desde los años 50s la más estudiada en todo el mundo, con los siguientes casos por continente: América 34, Europa 15, Asia 2, y Oceanía 1.

Todos utilizaron análisis de series de tiempo de la variación diaria concomitante entre la calidad del aire y el número de muertes diarias, obteniéndose: Mortalidad por causas respiratorias: 1.82%.

Mortalidad infantil y exposición aguda a partículas suspendidas:

La mayoría de estos estudios son de corte transversal, hasta 1999 sólo se reporta un caso de series de tiempos en México en el cual se encontró un incremento de 3.52% en la mortalidad de menores de 1 año.

Hospitalización y visitas a salas de urgencias por exposición aguda a partículas suspendidas:

El estudio de la mortalidad asociada con los contaminantes del aire puede ser sólo la culminación de los efectos en la salud causados por los contaminantes. Por cada persona que fallece, hay muchas más que enferman. Por lo que es importante considerar los resultados de estudios de hospitalizaciones y visitas a salas de urgencias. Estos efectos a la salud son por diversas causas como: respiratorias, asma, neumonía, cardiovasculares y cerebrovasculares.

La estimación combinada para hospitalizaciones por asma fue de 3.02%, siendo la más alta, quizá por el mecanismo de la enfermedad. Un conteo de visitas a salas de urgencias (VSU) por ataques de asma, durante el invierno mostró un incremento significativo de 4.5% ajustando el modelo a 30° F.

En individuos de entre 15 y 64 años hubo un incremento de 3.83% en las hospitalizaciones por causas respiratorias.

Síntomas respiratorios y exposición aguda a partículas suspendidas:

El uso de registros diarios de síntomas respiratorios es una forma menos costosa de evaluar el efecto en la salud, principalmente en vías respiratorias, por exposición aguda a partículas suspendidas en su equivalente a PM₁₀. Los síntomas más comunes son: los de vías respiratorias altas (tos con flemas, fiebre y sinusitis entre otros) y bajas (tos seca, respiración con dolor y resfriado entre otros). La tos es el síntoma más común y la población escolar la más estudiada en este tipo de trabajos.

Los síntomas en vías respiratorias se clasificaron en dos sectores poblacionales: asmática y general.

Las estimaciones combinadas con mayores incrementos fueron los ataques de asma y uso de broncodilatador con 10.2% para la población asmática y bronquitis con 11% para la población en general.

Para vías respiratorias altas se reportó un incremento del 5% en población escolar, ajustándose el trabajo por temperatura. En otro caso en una población de niños entre 5 y 13 años, con diagnóstico de asma se encontró un incremento en la presencia de síntomas en vías respiratorias bajas de 12.6%.

Ausentismo escolar y exposición a partículas suspendidas:

Otro parámetro asociado con una disminución en la actividad de las personas, concretamente con la de los niños, y que se ha evidenciado que está asociado con los altos niveles de contaminación por PM₁₀, es el ausentismo escolar, el cual indirectamente marca el efecto en la salud causado por esta asociación. En 1992, se reportó un resultado de un incremento de 0.21% en los días que faltan los niños por enfermedades relacionadas con altos niveles de partículas (23).

Andrade M. y colaboradores (2005), realizan un estudio ecológico de 2000 a 2002, en la Ciudad de Guadalajara, México, con el objetivo de describir la relación entre los niveles de concentración de los contaminantes atmosféricos y el número de consultas por infecciones agudas de las vías respiratorias en niños menores de cinco años, del Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS), del Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado (ISSSTE) y de la Secretaría de Salud Jalisco (SSJ) del área urbana de la ciudad (24). Las infecciones agudas de las vías respiratorias involucradas correspondieron a las codificadas en la Décima Clasificación Internacional de las enfermedades.

El análisis de los máximos registrados muestra que: 334 días para 2000, 310 para 2001 y 311 para 2002 rebasaron la norma para las PM₁₀ (150 mg/m³), al sureste de la Zona Metropolitana de Guadalajara.

Durante el periodo del 2000 al 2005 se presentaron 1 millón, 664 mil, 811 consultas por enfermedades respiratorias agudas en menores de 5 años en instituciones de salud pública. Los principales padecimientos son las Infecciones respiratorias agudas (98.0%), seguida de las Neumonías y bronconeumonías (1.1%), Asma y estado asmático (0.5%) y Faringitis y Amigdalitis estreptococicas (0.4 %). La época que presenta la mayor cantidad de consultas es otoño-invierno (de octubre a marzo) con porcentajes entre 8-12% con respecto al total anual. La zona más afectada es el Sureste de la ZMG (Miravalle, Tonalá, Tlaquepaque y las Águilas), seguida del Centro.

En la asociación entre las PM₁₀ y el efecto a la salud se encontró asociación significativa en 4 años sobre los menores de 5 años de edad (24).

Hernández, L. y colaboradores (2007). Realizan un estudio en Ciudad Juárez, Chihuahua en el periodo de 1997 a 2001 con la finalidad de evaluar el impacto de los contaminantes atmosféricos sobre la salud respiratoria de la población infantil, considerando diferentes grupos etéreos (25).

La población base se conformo con tres grupos: niños recién nacidos y menores de un año; niños de uno a 5 años de edad y niños mayores de 5 años. Residentes de Ciudad Juárez derechohabientes del Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS).

Se considero el número total de consultas de primera vez por alguna enfermedad respiratoria aguda y asma entre niños de la edad seleccionada que acudieron al servicio de urgencias de los dos hospitales de referencia. Obteniéndose a partir de los reportes de dos unidades de segundo nivel de atención de la región de estudio, durante el periodo comprendido del 1 de julio de 1997 al 31 de diciembre de 2001.

Los casos fueron identificados de acuerdo con el diagnostico médico consignado en los registros de ingreso de urgencias.

Estos se seleccionaron de acuerdo con la Clasificación Internacional de enfermedades, utilizando la novena revisión (CIE 9) para datos registrados en las fechas de julio a octubre de 1997 y la décima versión (CIE 10) para datos registrados de noviembre de 1997 a diciembre de 2001. Las consultas por

padecimientos respiratorios se clasificaron en tres grupos: a). Afecciones por vías respiratorias altas: sinusitis aguda, faringitis aguda, laringitis, traqueitis y tos. b). Afecciones de vías respiratorias bajas como neumonía bronquitis aguda, y c). Asma.

Se estratifico cada tipo de padecimiento por grupo etéreo.

Los datos de contaminantes aéreos y condiciones meteorológicas se obtuvieron de las cinco estaciones de monitoreo fijas distribuidas en toda la ciudad. Todas las estaciones miden concentraciones de PM_{10} cada seis días y tres estaciones miden ozono diariamente. Se obtuvieron también variables climatológicas y meteorológicas (temperatura, humedad relativa, y dirección del viento). Estos fueron proporcionados por la Red de Monitoreo Atmosférico de Ciudad Juárez

Se consiguió información sobre contaminación atmosférica en tres estaciones de monitoreo ubicadas en el Paso Texas colindantes en la frontera entre México y Estados Unidos. Dos de ellas miden las concentraciones de PM_{10} diariamente y una el ozono O_3 , óxido de Nitrógeno NO_2 , el óxido de Azufre SO_2 y la temperatura.

Se calcularon los índices de exposición para cada contaminante, considerando el promedio de 24 horas para PM_{10} y se generaron además los promedios anuales.

Se construyeron variables con 1 a 4 días de retraso de las concentraciones de PM_{10} , además de variables con promedios acumulados entre 3, 5 y 7 días anteriores, con el objetivo de estudiar diferentes patrones de asociación entre el número de consultas y la exposición ambiental.

Para las variables climatológicas se construyeron también variables con un día de retraso.

Se llevo a cabo un análisis descriptivo para los datos sobre contaminación atmosférica, variables climatológicas y salud, mediante gráficas de series cronológicas y distribución de frecuencia de los datos primarios para fines de control de calidad.

Se genero una variable indicadora para diferenciar los días de fin de semana, y otra referida al año de estudio para controlar los efectos a largo plazo.

Se genero una variable categórica para meses fríos (noviembre-marzo) y para meses cálidos (abril-octubre).

Para modelar la correlación entre el número diario de consultas de urgencias por causas respiratorias con los niveles de contaminación se utilizó un modelo aditivo generalizado, utilizando liga lambda y familia Poisson.

Se evaluó la asociación entre las consultas a urgencias con cada contaminante, entre ellos PM_{10} , con cada uno de los periodos de atraso.

Para los análisis se usaron como variables respuesta: total de consultas de urgencias relacionadas con causas respiratorias y separadamente para consultas de urgencia por enfermedades de las vías respiratorias superiores, enfermedades de las vías respiratorias inferiores y asma.

Los resultados obtenidos (riesgo relativo en las consultas) se calcularon para un incremento de 20 unidades de la variable de exposición y se interpretaron en términos porcentuales.

El análisis de la información se desarrolló utilizando los paquetes Stata versión 8.0 y S. PLUS.

En la asociación de PM_{10} y las consultas de urgencia por causas respiratorias en todos los niños: los riesgos relativos se presentan para un aumento de 20 $\mu g/m^3$ en el promedio de 24 horas, que corresponde al intervalo entre cuarteles durante el periodo de estudio.

No se observó una relación significativa entre los niveles ambientales de PM_{10} y las consultas de urgencias por causas respiratorias, globalmente o después de estratificar por tipo de afección respiratoria. Se encontraron resultados similares entre niños de 5 años y menores, y niños 6 a 16 años de edad (25).

7. MARCO TEÓRICO

Para realizar estudios de asociación entre los efectos a la salud por contaminación atmosférica, como es el aumento de la morbilidad por infecciones respiratorias agudas evaluada por el número de consultas médicas de primera vez, solicitadas por una población determinada; asociada a la concentración del contaminante PM10 en el aire de una zona específica; la bibliografía recomienda realizar una planeación considerando:

- La determinación de los objetivos de acuerdo a un planteamiento de la problemática que se pretende demostrar o solucionar,
- Paramentos a evaluar determinando las variables a considerar utilizando la metodología para el tipo de estudio,
- La obtención de las bases de datos y,
- Los métodos estadísticos para presentar los resultados que demuestren lo que se pretende y en su caso poder realizar propuestas de solución.

7.1. Monitoreo Atmosférico

El requisito básico para evaluar la calidad del aire en una región o cuenca atmosférica, es contar con un sistema moderno y confiable de monitoreo atmosférico (1).

Se define como monitoreo atmosférico, a todas las metodologías diseñadas para muestrear, analizar y procesar en forma continua el comportamiento de los contaminantes y diferentes sustancias en el aire, para determinar los tipos y concentraciones en un lugar establecido y durante un tiempo determinado. Lo cual implica llevar a cabo una estrategia de monitoreo con un plan de aseguramiento y control de calidad, que contemple desde la definición de los objetivos del monitoreo hasta la selección del equipo a utilizar (26).

Lo primero en el diseño y la implementación de cualquier sistema de monitoreo (26), es definir todos los objetivos que se pretenden y derivar de estos los requerimientos de datos que se necesitan para llevarlos a cabo.

Entre los objetivos más usuales se encuentran los siguientes:

Establecer bases científicas para políticas de desarrollo.

Determinar la congruencia con las normas y los criterios legales.

Estimar los efectos en la población y el ambiente.

Informar al público acerca de la calidad del aire.

Proporcionar información de fuentes y riesgos de contaminación.

Llevar a cabo evaluaciones de tendencias a largo plazo.

Medir los efectos de las medidas de control en la calidad del aire.

Estudiar las reacciones químicas de los contaminantes en la atmósfera.

Calibrar y evaluar modelos de dispersión de contaminantes en la atmósfera.

Ya establecidos los objetivos del estudio que se pretende realizar, se definirán los parámetros ambientales que se necesitan medir para llevar a cabo este estudio. Entre los parámetros a medir están los contaminantes atmosféricos, los cuales pueden ser clasificados en primarios y secundarios. Los primeros son aquellos que se emiten directamente a la atmósfera por alguna fuente. Los secundarios, son generados a partir de reacciones de los primarios en la atmósfera (26).

Su importancia radica en que, para formular los estándares de calidad del aire; llevar a cabo estudios epidemiológicos que asocien los efectos de las concentraciones con los daños a la salud; especificar tipos y fuentes emisoras; llevar a cabo estrategias de control y políticas de desarrollo acordes con los ecosistemas locales; y desarrollar programas racionales para el manejo de la calidad del aire, se requiere de una base de datos que aporte información para la realización de todos los estudios la cual se genera a partir del monitoreo atmosférico (26).

Se define a la red de monitoreo, como un conjunto de estaciones de muestreo, generalmente fijas y continuas, las cuales son establecidas para medir los parámetros ambientales necesarios para cumplir con los objetivos fijados y que cubren toda la extensión de un área determinada. Compara regularmente, concentraciones locales de parámetros ambientales con estándares de calidad

del aire y las redes establecidas para vigilancia de alertas ambientales permitiendo implementar acciones en situaciones de emergencia (26).

El número y distribución de estaciones de monitoreo de calidad de aire, requeridas en cualquier red dependen de:

El área a cubrir,

De la variabilidad espacial de los contaminantes que van a ser medidos y

Del requerimiento de datos que se necesitará utilizar.

Los valores característicos, que deben ser determinados para estimar la calidad del aire en relación a su parámetro.

El diseño de la red deberá enfocarse a este objetivo y considerar la necesidad y el uso de estudios epidemiológicos. Por lo que se requerirán, según sea el objetivo, enfoques específicos en cuanto a los sitios de muestreo y a los contaminantes que se van a muestrear

La estimación de la calidad del aire en un sitio específico, es de gran utilidad en los estudios con objetivos como los que se indican a continuación:

Vigilar el cumplimiento de los valores límite de calidad del aire.

Implementación de planes de contingencia.

Alertas ambientales: vigilancia de valores máximos.

Investigación del transporte de contaminantes atmosféricos.

Barrido de contaminantes en una trayectoria.

Rastreo de tendencias temporales de calidad de aire

Medición del impacto de las medidas de control en la calidad del aire.

Calibración y evaluación de modelos de dispersión.

Monitoreo Kerbside (en banqueta).

Efectos de la contaminación atmosférica global.

Inventario de efectos.

Estudios de salud pública.

Medición de concentraciones de fondo.

Monitoreo en fuentes fijas.

Monitoreo perimetral a industrias riesgosas.

Red de Monitoreo de la Calidad del Aire de la Zona Metropolitana de Guadalajara inició operaciones en 1993 y consta de ocho estaciones de monitoreo continuo, que mide los contaminantes criterio: monóxido de carbono (CO), dióxido de azufre (SO₂), dióxido de nitrógeno (NO₂), ozono (O₃), y partículas con diámetro aerodinámico equivalente igual o menor a 10 micrómetros (PM₁₀) (2).

La Secretaría de Medio Ambiente para el Desarrollo Sustentable del Gobierno del Estado de Jalisco (SEMADES), a través del Centro de Información Ambiental, es la encargada de la administración y mantenimiento de este sistema de monitoreo (2).

7.1.1. Muestreo de Partículas

El muestreo de partículas en el aire (27), se hace tomando el promedio durante 24 horas de todas las partículas sólidas y líquidas. En consideraciones de impacto ambiental, la concentración de partículas es el promedio aritmético anual de todos los muestreos de 24 horas tomadas en una localidad específica. La concentración de las partículas en suspensión es luego computada midiendo la masa (peso) de partículas obtenidas por el muestreador y expresados en unidades de ug/m³.

Las unidades de medida para describir la concentración de los contaminantes en el aire dependen de la forma del contaminante. Para aerosoles y particulados, la forma acostumbrada para referirse a la concentración es mediante el peso por volumen de aire. Las unidades de peso por volumen que se utilizan con mayor frecuencia son los microgramos del contaminante por metro cúbico de aire (ug/m³). Un metro cúbico de aire a nivel del mar pesa cerca de un kilogramo, y hay un billón (mil millones) de microgramos en un kilogramo. Por tanto, un microgramo por metro cúbico de aire es lo mismo, en una base de peso por peso, que una parte por billón, pero lo último rara vez se utiliza para describir contaminantes en aerosol o particulados aéreos (15).

Es factible tener una idea de los que es realmente un microgramo por metro cúbico al estimar el número de partículas que se inhalarían con cada inspiración o por cada hora de aire respirando de dicha concentración de partículas. Las partículas relativamente grandes, como aquellas que están en el aire en forma de polvo, pesan de manera típica hasta un microgramo, de tal manera que un microgramo por metro cúbico es lo mismo que una partícula por metro cúbico. Con cada respiración, un individuo típico inhala cerca de dos litros de aire, o 1/500 de un metro cúbico. En consecuencia, una concentración de un microgramo por metro cúbico de estas grandes partículas significa que con cada 500 respiraciones una persona promedio inhala una de dichas partículas de polvo. En vista de que la frecuencia respiratoria típica es cerca de 500 respiraciones por hora, esto significa que una de dichas partículas se inhala cada hora. Esto representa un índice relativamente bajo de captación corporal de polvo-aire visiblemente turbio que quizás contenga numerosas decenas o centenas de microgramos de polvo por metro cúbico (15).

En contraste, partículas muy finas como las que se emiten a través de los tubos de escape de los automóviles llegan a cantidades tales como un millón por microgramo. Para estas partículas, una concentración de un microgramo por metro cúbico significa que cerca de 2 mil partículas se inhalan en cada respiración (1 millón/metro cúbico, multiplicado por 1/500 metro cúbico), (15).

Para los gaseosos del aire, las contaminaciones suelen expresarse en una base molécula por molécula. En un volumen fijo de aire, el número de moléculas de gas contaminante se divide entre el número de moléculas de aire para dar una concentración que pueda expresarse en unidades de partes por millón (ppm) o partes por billón (ppb). Si una en un millón de moléculas de aire es una molécula de algún contaminante como el ozono, la concentración del contaminante es de una ppm. Sin embargo, de manera ocasional, los contaminantes gaseosos del aire se expresan en una base de peso por peso. Una vez más, la unidad puede ser ppm o ppb. Un miligramo de contaminante gaseoso por kilogramo de aire es de una ppm. Para distinguir que tipo de ppm se intenta, las unidades de peso por peso se escriben ppm(w) o ppb(w), en donde w significa peso. De manera similar, las unidades molécula por molécula suelen escribirse como ppm(v) o ppb(v) donde la v significa volumen. La razón de que las unidades molécula por molécula y volumen por volumen sean intercambiables es que un gas ocupa un volumen proporcional al número presente de moléculas. (15). Por lo que, los niveles o concentraciones de los contaminantes en el aire (1), se expresan en unidades como:

Partes por millón (ppm),

Partes por billón (ppb) o

Microgramos por metro cúbico ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

En México y en otros países (1), se han desarrollado índices de contaminación que se comprenden más fácilmente. Por lo que a nivel nacional se usa el Índice Metropolitano de la Calidad del Aire o IMECA, según el cual la concentración máxima permisible que señala la Norma de Calidad del Aire para cada contaminante le corresponde a 100 puntos IMECA.

Por tanto (1), cuando las partículas o algún otro contaminante sobrepasa los 100 puntos de ese índice, es que se ha rebasado la norma correspondiente, y la calidad del aire se considera como no satisfactoria. Entre 150 y 200 puntos IMECA la calidad del aire es mala y por arriba de los 200 puntos (el doble de la norma), es muy mala.

7.2. Contaminación Atmosférica

La contaminación ambiental (11), es un fenómeno que afecta directa e indirectamente la salud de las poblaciones, la afectación altera a los ecosistemas incluyendo la vida silvestre y a los seres humanos. El contacto con los tóxicos de la contaminación puede darse durante el proceso de producción, distribución y utilización de productos clasificados como peligrosos o cuando estos son desechados al ambiente.

En el Capítulo 6 de la Agenda 21 (28), denominado: "Protección y fomento de la salud humana", se señala: "Las malas condiciones de existencia de centros de millones de habitantes de las zonas urbanas y peri urbanas está destruyendo su salud, sus valores sociales y sus vidas. El crecimiento urbano expone a sus habitantes de las grandes urbes a serios riesgos derivados de las condiciones ambientales. La contaminación ambiental que se registra en las zonas urbanas va asociada con tasas de morbilidad y mortalidad excesivamente altas."

De las múltiples fuentes de contaminación del aire que existen y que contribuyen al deterioro de la salud humana (7), las principales son las generadoras de las partículas PM_{10} . El grado de contribución dependerá de la cantidad de emisiones generadas y el nivel de peligrosidad de estas. De igual

manera ejercerán su efecto en la pérdida de biodiversidad y altos costos económicos y sociales.

Entre los cinco contaminantes del aire (monóxido de carbono, dióxido de azufre, dióxido de nitrógeno, ozono y partículas suspendidas PM_{10}), que se monitorean en México (7), el más críticos que con mayor frecuencia esta fuera de norma y que se vinculan con contingencias atmosféricas es el PM_{10} .

En el caso de las principales zonas metropolitanas y ciudades de México que cuenta con un inventario de emisiones (1), las estimaciones indican consistentemente una contribución mayoritaria de gases contaminantes del sector transporte (en todos los casos, superior al 70 por ciento). En el caso de las PM_{10} , dependiendo del número de calles sin pavimentar y de las extensiones de tierra sin cubierta vegetal, el suelo puede contribuir con el 40 al 60 por ciento de las partículas y el sector transporte (especialmente los vehículos a diesel) puede aportar entre el 30 y el 40 por ciento. Por ejemplo, en la zona metropolitana de la Ciudad de México (ZMCM) se emiten unos 3.1 millones de toneladas de gases contaminantes al año; le sigue Monterrey con casi 2 millones, Guadalajara con 1.4 millones, Ciudad Juárez con un poco más de 600 mil, Toluca con casi medio millón de toneladas anuales y Mexicali con más de 400 mil toneladas.

En términos relativos la participación de la industria y los servicios en la ZMCM es de 10 por ciento de las emisiones, en Monterrey y Toluca es de siete por ciento, en Guadalajara y Juárez de cinco. En contraste, la contribución del sector transporte es en Juárez de casi el 90 por ciento, en la ciudad de México del 85 por ciento, en Guadalajara de casi el 75, en Toluca y Mexicali de cerca del 70 y en Monterrey de un poco más del 50 por ciento (1).

Actualmente, es conocido por investigaciones realizadas por organizaciones como la Organización Mundial de la Salud (O. M. S.), la Agencia de Protección al Ambiente de los Estados Unidos (E. P. A. por sus siglas en inglés) y otras como la Agencia para la Investigación del Cáncer, que la mayoría de los seres vivientes, incluyendo a la humanidad (11), viven en áreas donde la contaminación ambiental es superior a los límites establecidos como saludables. Estimándose que millones de personas están expuestas a niveles elevados de componentes tóxicos que pueden estar presentes en el aire a cielo abierto. Estas poblaciones se exponen a los tipos y concentraciones de contaminantes, las cuales dependen estrechamente del desarrollo industrial de cada país, de la

actividad industrial predominantemente y de las medidas que de la protección al ambiente se tengan.

No obstante que existen diferentes tipos de contaminantes en la atmósfera, los que con mayor frecuencia e intensidad repercuten en la salud de la población son los derivados de la combustión y la quema de materiales orgánicos e inorgánicos; el humo de las ladrilleras, quema de llantas y plásticos, vehículos automotores y tolvaneras entre otros (29).

Un adulto, toma 7 mil veces más aire que agua cada día de su existencia, por ello, el deterioro de la calidad del aire es uno de los principales problemas que causa con mayor frecuencia la pérdida de la salud (7).

La Organización Mundial de la Salud señala en 2000, que la exposición a contaminantes del aire es uno de los problemas prioritarios que incrementan la morbilidad y mortalidad de la población (7).

7.2.1. El Contaminante PM₁₀

Las partículas pueden tener un origen natural o formarse por reacciones fotoquímicas en la atmósfera (15) (1), estas últimas pueden estar constituidas por sulfatos y nitratos (y sus ácidos correspondientes), por metales pesados o por carbón orgánico, entre otros elementos. El origen de los aerosoles y partículas puede deberse a la emisión de polvos, gases y vapores provenientes de vehículos automotores y fábricas; así mismo, se pueden formar en la atmósfera a partir de gases y vapores producidos por alguno de los siguientes procesos: reacciones químicas entre contaminantes gaseosos en la superficie de partículas ya existentes, aglomeración de aerosoles, o reacciones fotoquímicas en las que intervienen compuestos orgánicos.

Con base en su tamaño (6), el PM₁₀ normalmente se dividen en tres fracciones:

Gruesa: Que incluye a partículas con diámetro entre 2.5 y 10 micrómetros.

Fina: Partículas menores a 2.5 micrómetros, y

Ultra fina: Partículas menores a un micrómetro.

Uno de los contaminantes clásicos y básicos en las estaciones de monitoreo, es el material en forma de partículas suspendidas que pueden ser inhaladas y pasar a los pulmones, conocidas como partículas menores a 10 micrómetros o PM₁₀, que pueden originarse por la erosión eólica de las arcillas del suelo, como desechos en los procesos de molienda, en la combustión o en la condensación de gases por reacciones fotoquímicas en la atmósfera (6).

En lo que se refiere a las partículas suspendidas en la atmósfera, se ha dado mayor importancia a aquella cuyo tamaño es menor a 10 micrómetros (milésima parte de un milímetro). Estas pueden pasar el material mucoso del aparato respiratorio y localizarse en lugares más profundos y ahí producir alteraciones de mayor consideración, no solamente el reflejo de tos o irritación, haciéndose más difíciles de controlar desde el punto de vista de la salud, y los efectos que tienen sobre los individuos expuestos son de mayor severidad (29).

Las partículas mayores, pueden permanecer en sitios profundos del aparato traqueobronquial y sus efectos quedar circunscritos en la esfera respiratoria: bronquitis, alveolitis, neumonitis y reacciones del tejido interalveolar. En ocasiones, las alteraciones pueden ser de una severidad tal que interfieren con las funciones pulmonares y llegar a producir hasta una insuficiencia respiratoria (29).

Su peligrosidad depende, de su origen y composición: las originadas por fenómenos naturales son regularmente menos peligrosas que las derivadas de actividades humanas, existiendo evidencias en todo el mundo que asocian a las partículas menores a 10 micrómetros con mortalidad prematura y enfermedades respiratorias y cardiovasculares, ya que la exposición a este tamaño de partículas en concentraciones elevadas puede causar reducción en las funciones pulmonares, contribuyendo al aumento de frecuencia de infecciones respiratorias, cáncer de pulmón y muerte (6).

A pesar de las regulaciones federales y estatales, muchas ciudades y regiones de Estados Unidos no cumplen habitualmente estos estándares primarios. La investigación epidemiológica, los estudios clínicos en humanos y los estudios toxicológicos en animales continúan aportando una evidencia de los efectos adversos sobre la salud en la que inciden los contaminantes del aire, incluso con niveles de exposición por debajo de los estándares actuales. Siendo entre otras fuentes de importancia, de contaminación del aire: la combustión de combustibles fósiles, las emisiones de los tubos de escape vehicular a motor,

generando una gama de partículas con diferentes mezclas complejas de contaminantes ambientales (30).

Se considera que el tipo de partículas PM_{10} , es el mejor indicador de calidad del aire. Actualmente la norma de calidad para PM_{10} en el país es de 150 microgramos por metro cúbico de aire en un promedio de 24 horas de muestreo, que equivalen a 100 puntos IMECA (Índice Metropolitano de la Calidad del Aire) (6).

7.3. Infecciones Respiratorias Agudas

La salud ambiental comprende el diagnóstico, tratamiento y prevención de las lesiones y enfermedades que resultan de la exposición a agentes exógenos químicos o físicos. Esta exposición puede ocurrir en el exterior donde las personas pueden exponerse, incluso involuntariamente a estos riesgos. Es frecuente que las personas desconozcan la magnitud de los efectos adversos para la salud de los agentes exógenos físicos y químicos. Los efectos pueden ser inmediatos o a corto plazo, existiendo preocupación por los efectos tardíos o potencialmente crónicos de la exposición a niveles bajos de contaminantes en el aire y de aquí que los pacientes con frecuencia busquen consejo o información en profesionales de la salud sobre el riesgo de enfermedades asociadas con las exposiciones ambientales específicas (30).

Al igual que en México, la contaminación del aire es un serio problema en los Estados Unidos y en muchos otros países industrializados, por lo que la (US EPA) Environmental Protection Agency (Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos) se encarga de la identificación y la regulación de los contaminantes atmosféricos que puedan producir efectos adversos en la salud como las partículas PM_{10} (30).

Las infecciones respiratorias agudas (IRA) son un complejo grupo de afecciones clínicas de diferente etiología y gravedad, incluyen todas las infecciones agudas de las vías respiratorias pudiendo ser estas a nivel de la nariz, oídos, faringe, epiglotis, laringe, tráquea, bronquio, bronquiolos o pulmones (31).

Estas se dividen, por lo común, en dos grandes grupos: Las infecciones de las vías aéreas superiores y de las vías aéreas inferiores, cuyo límite anatómico es la epiglotis (31).

Son las principales causas de consulta en diversos países como en Colombia de los servicios de salud y de hospitalización en los menores de cinco años (31).

Las infecciones respiratorias se clasifican en: Infecciones del tracto respiratorio inferior (neumonía, bronquiolitis aguda, y bronquitis) y en infecciones de las vías aéreas superiores (resfriado, sinusitis aguda, epiglotitis, laringitis aguda, otitis media aguda, laringotraqueobronquitis, y faringitis). Esta enfermedad es también la primera causa de muerte en niños menores de cinco años, concentrándose la mayoría de esta incidencia en los primeros 12 meses de vida del paciente, principales afectados por las infecciones respiratorias agudas, siendo una de las causas de la enfermedad la contaminación ambiental (32).

La infección respiratoria aguda viene a ser una de las principales causas de morbilidad y mortalidad en la mayoría de los países. Alrededor de 13 millones de niños menores de 5 años de edad mueren cada año en el mundo, 95% de ellos en países en vías de desarrollo, constituyeron el 31% de causas de muerte en menores de cinco años (33).

Las infecciones respiratorias agudas son la principal causa de enfermedad, se considera que representa el 6% de la mortalidad mundial, principalmente en países menos desarrollados (34).

La mayoría de los niños menores de 5 años presentan alrededor de 4 a 6 episodios de infecciones respiratorias agudas al año (35). Estos niños constituyen una gran parte de la población atendida en las instituciones de salud. En Colombia para 1997, las infecciones respiratorias agudas ocuparon el primer lugar como causa de consulta externa, tanto para menores de un año como para los niños de 1 a 4 años de edad, además fue la primera causa de ingreso hospitalario.

Infecciones como la Bronquiolitis, la otitis media, el Croup, y la Bronconeumonía presentan gran incidencia en niños menores de 5 años, en Colombia. Según estadísticas del Ministerio de Protección Social las Infecciones Respiratorias Agudas (IRA) ocupan la primera línea en la tasa de mortalidad en niños de 1 a 4 años (13.4% mujeres y 12.4 % hombres), y el cuarto lugar en menores de un año (7.3% hombres y 7.7% mujeres). La proporción total de defunciones por IRA en menores de 5 años es del 8.4% (35).

Las Infecciones Respiratorias Agudas (IRAs) están constituidas por un variado grupo de enfermedades causadas por diversos agentes que desencadenan serias condiciones respiratorias que pueden llevar a la muerte. En México, como

problema de salud, las IRAs continúan representando una preocupación debido a su incidencia, gravedad y mortalidad. Esta última es uno de los mejores indicadores (indirectos) del estado de salud de una población ya que brinda elementos que apoyan la toma de decisiones en los programas de salud, además de que permite analizar la situación estadística y epidemiológica de la población, no sólo a nivel nacional o estatal sino también a nivel municipal. Estas se agrupan generalmente, en cuatro categorías de acuerdo con la CIE-10^a: (36).

Infecciones Agudas de las Vías Respiratorias Superiores (IAVRS).

Influenza

Neumonías y

Otras Infecciones Agudas de las Vías Respiratorias Inferiores (OIAVRI).

El identificar y detectar los factores de riesgo presentes en la comunidad, es determinante para disminuir la incidencia de las infecciones respiratorias, punto álgido en salud pública en los países en vía de desarrollo. Estudios realizados demuestran que las infecciones respiratorias a repetición constituyen un factor de riesgo importante para padecer enfermedades pulmonares crónicas a largo plazo (37).

Documentaciones recientes refieren que los factores ambientales afectan la susceptibilidad de los niños a adquirir infecciones respiratorias, aumentando el tiempo de evolución de las mismas. Algunos investigadores han evaluado el rol que juega de la contaminación del aire en la asociación entre los niveles de la contaminación y la presencia de irritación e inflamación de la vía aérea superior, causando una leve broncoconstricción, aunque no existen datos concretos que sustenten una relación directa entre los niveles de contaminación y la extensión de la infección respiratoria presente (37).

El depósito y la eliminación de las partículas inhaladas en los pulmones dependen de su tamaño. Las partículas ambientales tienen un tamaño y composición química muy heterogéneos. Estudios epidemiológicos, toxicológicos y análisis del riesgo ambiental recientes sugieren que las partículas entre más finas de diámetro aerodinámico entrañan un riesgo mayor (30).

7.3.1. Clasificación Internacional de Enfermedades (CIE 10)

La Organización Mundial de la Salud (OMS), viene coordinando la revisión periódica de la Clasificación Internacional de Enfermedades (CIE) desde 1948, como se conoce en la actualidad es un resultado de un proceso iniciado en 1983 (38).

La Organización Panamericana de la Salud (OPS) ya publicó la Edición 2003 de la CIE-10 en español, dándole continuidad para recibir los informes de los países de los centros colaboradores para cualquier problema en el uso de la CIE, permitiendo un proceso continuo. En la Región de las Américas, el centro de lengua española es el Centro Venezolano para la Clasificación de Enfermedades en Venezuela (CEVECE) (38).

Los cambios en la CIE varían en naturaleza desde correcciones menores, que se actualizan en la lista tabular de la clasificación cada año, hasta alteraciones mayores que se incorporan cada tres años (38).

Los cambios menores incluyen:

Corrección o aclaración de un término del índice alfabético existente, que sólo cambia la asignación del código a un código dentro de la misma categoría de tres caracteres.

Mejorías de la lista tabular o del índice (como la agregación de un término de inclusión a un código existente; de una nota de exclusión; la repetición de un elemento del índice alfabético existente bajo otro término principal).

Cambio en una descripción del código que mejora la descripción en lugar de cambiar el concepto.

Cambio en una regla o norma que no afecta a la integridad de la recolección de los datos de morbilidad o mortalidad.

Corrección de un error tipográfico.

Los cambios mayores incluyen:

Agregación de un código.

Supresión de un código.

Movimiento de un código a otra categoría o capítulo.

Cambio en un término del índice alfabético existente que cambia la asignación del código de una categoría de tres caracteres a otra categoría de tres caracteres (movimiento de términos).

Cambio en una regla o norma que afecta a la integridad de la recolección de datos de morbilidad o mortalidad.

Introducción de un nuevo término en el índice (38).

Las infecciones agudas de las vías respiratorias consideradas correspondieron a las codificadas por la Décima Clasificación Internacional de las Enfermedades (CIE) y al código de clasificación internacional de enfermedades empleados por la Secretaría de Salud Jalisco en su Sistema de Semana Epidemiológica como algunos casos nuevos, infecciones respiratorias agudas de notificación obligatoria para las Unidades de Atención Médica en la jurisdicción médica, agrupadas en su totalidad y de acuerdo al Sistema Nacional de Salud (SNS), al Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica (SINAVE), al Comité Nacional para la Vigilancia Epidemiológica (CONAVE) y apego a la NORMA correspondiente (39).

Dentro del diagnóstico de las Infecciones Respiratorias Agudas, se incluyen:

Infecciones agudas de las vías respiratorias superiores (J00-J06).

- Rinofaringitis aguda (J00),
- Sinusitis aguda (J01),
- Faringitis aguda (J02),
- Amigdalitis aguda (J03),
- Laringitis y traqueitis aguda (J04),
- Laringitis obstructiva aguda y epiglotitis (J05),
- Infecciones agudas de las vías respiratorias superiores de sitios múltiples o no especificados (J06).

Faringitis estreptocócica J02.0.

Otras infecciones agudas de las vías respiratorias inferiores (J20 y J21).

- Bronquitis aguda (J20).
- Bronquiolitis aguda (J21) (42).

En el formato de Semana Epidemiológica como lo estipula el Capítulo 12 de la NOM-024-SSA2-1994, Para la prevención y control de las infecciones respiratorias agudas en la atención primaria a la salud (40). De acuerdo al procedimiento de información de salud estipulado en la NOM-040-SSA2-2004 (41).

En cada nivel, la notificación semanal debe realizarse a través de la forma informe Semanal de Casos Nuevos de Enfermedades” contemplada en los numerales 7.1 y 12 de esta Norma Oficial Mexicana, en original y copia.” (41).

Inciso 7.14.3 La notificación semanal debe ser realizada por todas las instituciones del SNS, y seguir los lineamientos del numeral anterior. El nivel local debe enviar una copia del informe a la unidad más cercana del órgano normativo (41).

Inciso 7.14.4 Para la codificación de padecimientos y eventos sujetos a vigilancia epidemiológica, se debe utilizar la última revisión de la Clasificación Internacional de Enfermedades (41).

7.4. Efectos a la Salud por la Contaminación Atmosférica

El sistema respiratorio constituye la puerta de entrada de los contaminantes aéreos, y por lo tanto es en este sistema donde estos contaminantes tiene su primera oportunidad de ejercer directamente sus efectos nocivos, aunque también se pueden producir otros efectos sistémicos o generales (8) (9) (10).

Los efectos respiratorios agudos por contaminación del aire están bien establecidos (15) y son:

- Ataques asmáticos;
- Reacciones hiperreactivas de las vías respiratorias y
- Cambios reversibles en las funciones pulmonares.

Respecto a la relación temporal entre la exposición y los efectos sobre la salud (8), se pueden diferenciar tres tipos de efectos:

Agudos: Ocurren inmediatamente después de la exposición, generalmente en las primeras 24 horas (v. gr.: irritación ocular, dolor de cabeza).

Crónicos: Ocurren tardíamente y en relación a exposiciones repetidas por periodos largos (v. gr.: bronquitis crónica).

Diferidos: Ocurren por exposición en un momento particular en el que se "programa" un efecto que podrá aparecer más tarde cuando eventualmente la exposición puede haber ya terminado (v. gr.: cáncer)

7.4.1. Efectos a la Salud Por PM₁₀

Los efectos adversos respiratorios que se presentan en diferentes periodos, debido a PM₁₀, son:

Acorto Plazo: Aumento de morbilidad y mortalidad respiratorias. Disminución de la función pulmonar, inflamación mononuclear, interferencia en mecanismos de defensa pulmonar, fagocitosos y depuración monociliar (16).

A largo Plazo: Bronquitis crónica, cenotoxicidad, factor de riesgo de cáncer pulmonar y enfermedad pulmonar obstructiva (EPOC). (16).

Cuando los efectos a la salud, son inmediatos como los problemas respiratorios y las alteraciones que producen algunas sustancias sobre la salud son relativamente fáciles de reconocer y evaluar. Siendo incluso más fácil establecer una asociación causa-efecto en las manifestaciones metabólicas, fisiológicas o patógenas que aparecen (11).

Tomando en cuenta las concentraciones de PM₁₀ que se presentan cotidianamente en varias ciudades del país, (1) se puede concluir que un porcentaje mayoritario de las poblaciones que viven en México, en centros urbanos, se ve expuesto con frecuencia a concentraciones superiores a 150 µg/m³. A pesar de que no existen estudios completos realizados en el país, los datos sugieren que la contaminación por partículas suspendidas puede contribuir a la incidencia de enfermedades respiratorias, así como a un incremento en la mortalidad por encima de los niveles atribuibles.

Las partículas provenientes de suelos erosionados y caminos sin pavimentar (1), son en general menos tóxicas que las generadas por procesos de combustión y se encuentran en su mayoría en la fracción gruesa; estas partículas difícilmente penetran hasta los alvéolos pulmonares pues en su mayoría son retenidas por las mucosas y cilios de la parte superior del aparato respiratorio. En contraste, partículas provenientes de las quemas agrícolas y forestales, así como las generadas por la combustión de vehículos a gasolina y diesel, son en su mayoría finas y ultra finas, las cuales sí penetran hasta los alvéolos pulmonares.

Entre los contaminantes del aire, , los que con mayor frecuencia y más intensidad repercuten sobre la salud de la población son los clasificados como de naturaleza química, y las partículas suspendidas pequeñas, como las del carbón u otro tipo de compuestos derivados de la combustión y la quema de materiales orgánicos e inorgánicos. Además de las partículas de carbón resultantes de todos estos procesos de combustión o procesos de incineración, existe la presencia de derivados y compuestos de polímeros y sustancias del tipo de los hidrocarburos y partículas muy pequeñas de otros tóxicos muy dañinos para los diferentes aparatos y sistemas del organismo humano (29).

Dependiendo de la magnitud de la lesión, el tiempo y el grado de exposición, así como la capacidad de respuesta, de defensa y resistencia de los tejidos afectados, las alteraciones celulares, tisulares y orgánicas variarán y se manifestarán en forma de procesos inflamatorios, degenerativos, alteraciones del crecimiento y desarrollo y en algunas ocasiones se llegará a la producción de tumores, tanto benignos como malignos. Tal es el caso de cáncer pulmonar, de piel, de mama y de otros tejidos y órganos en que se incluyen algunos tipos de lesiones proliferativas malignas como las del tejido linfoide, en el caso de leucemias y linfomas (29).

En relación con las características de los contaminantes, su acción sobre los diferentes sistemas biológicos depende de su naturaleza fisicoquímica, de su concentración en un tiempo determinado y del tiempo que los individuos están expuestos a estos contaminantes (29).

La exposición a las partículas suspendidas, puede causar reducción en las funciones pulmonares, lo cual contribuye a aumentar la frecuencia de las enfermedades respiratorias. La exposición a PM_{10} ha generado una creciente preocupación en los últimos años, pues día a día aparecen estudios que demuestran una asociación significativa entre la concentración ambiental de

partículas de la fracción respirable y la mortalidad y morbilidad de las poblaciones (1).

En forma consistente, a través de muchos estudios se ha encontrado, un tres por ciento de incremento en la mortalidad normal diaria por cada $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de incremento en PM_{10} a partir del valor de la norma, siendo la asociación más significativa con cánceres cardiopulmonares y de pulmón. Es de especial preocupación el que no parece existir una concentración mínima en la cual ya no se detecten impactos en la salud (1).

Las partículas menores o iguales a PM_{10} , son llamadas "respirables" porque pueden alcanzar el árbol traqueobronquial: si no son demasiado pequeñas, allí quedan adheridas a la capa gel del sistema mucociliar transportador, y de ahí son llevadas corriente arriba (en sentido caudocefálico) por la actividad ciliar del epitelio bronquial, hasta alcanzar la faringe, donde son deglutidas y eliminadas por el tubo digestivo (42).

La exposición constante a sustancias tóxicas y, en general a compuestos contaminantes causa problemas de salud a las personas sanas, y mucho más a individuos con algún padecimiento. Algunas patologías, adquieren mayor relevancia cuando se encuentran relacionadas o asociadas a las patogenias que producen los agentes contaminantes. Un individuo que padece asma bronquial, en condiciones de contaminación atmosférica considerable, verá agravado su padecimiento y quizá incluso requerirá hospitalización (29).

No obstante que el impacto a la salud respiratoria por contaminantes atmosféricos como PM_{10} , se presentan en todas las edades, los grupos expuestos más vulnerables son los niños, las mujeres embarazadas y los ancianos (29).

7.5. Valores Normados para PM_{10} en México

En el país, la Secretaría de Salud ha establecido normas o estándares para la calidad del aire, siendo para las partículas menores a 10 micrómetros de diámetro (PM_{10}) la Norma Oficial Mexicana la NOM-025-SSA1-1993, la cual establece como límite máximo permisible la concentración de $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ micrómetros por metro cúbico de aire, en un tiempo promedio de 24 horas con una frecuencia máxima aceptable de una vez al año para exposición aguda (43).

Las normas de calidad del aire establecen las concentraciones máximas permisibles de contaminantes en el ambiente las cuales no debieran sobrepasarse más de una vez por año para así garantizar que se proteja adecuadamente la salud de la población, y a los grupos más susceptibles: niños, ancianos y personas con enfermedades respiratorias crónicas, entre otros (15).

Los niveles o concentraciones de los contaminantes en el aire (1), se expresan en unidades como: partes por millón (ppm), partes por billón (ppb) o microgramos por metro cúbico ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Para hacer entendible la calidad del aire en relación a las medidas de concentración de los contaminantes en México y en otros países (1), se han desarrollado índices de contaminación. Usándose el Índice Metropolitano de la Calidad del Aire o IMECA, según el cual la concentración máxima permisible que señala la Norma de Calidad del Aire para cada contaminante le corresponde a 100 puntos IMECA. Por tanto, cuando las partículas o algún otro contaminante sobrepasa los 100 puntos de ese índice, es que se ha rebasado la norma correspondiente, y la calidad del aire se considera como no satisfactoria. Entre 150 y 200 puntos IMECA, la calidad del aire es mala y por arriba de los 200 puntos (el doble de la norma) es muy mala, por lo que al informar a la población de las concentraciones diarias de PM_{10} se hace en índice IMECA (Índice Metropolitano de la Calidad del Aire).

El valor IMECA se obtiene por medio de dos procedimientos:

El primero marca el establecimiento del IMECA horario, que permite conocer la calidad del aire cada hora del día, durante 24 horas.

El segundo procedimiento indica la forma de combinar los valores IMECA horario para la obtención de un índice del día, que se conoce como valor diario IMECA.

La Secretaría de Medio ambiente para el Desarrollo Sustentable del Estado de Jalisco (SEMADES), ha establecido de acuerdo a la normatividad, el nivel de clasificación IMECA desde Bueno hasta Muy malo para el nivel de calidad del aire.

Los estudios realizados han permitido que se formulen normas de calidad del aire para contaminantes específicos cuyo fin es proteger la salud de la población humana expuesta (17).

En México, no existían los recursos ni la infraestructura suficiente para realizar estudios epidemiológicos, toxicológicos y de exposición, en animales, plantas y seres humanos que permitieran obtener la información necesaria para establecer precisamente esos valores máximos permisibles, por lo que las normas fueron establecidas considerando fundamentalmente los criterios y estándares adoptados hasta entonces en otros países (17).

En el año de 1982 se emitieron los criterios de calidad del aire los cuales estuvieron vigentes hasta el 23 de diciembre de 1994, fecha en que se publicaron en el Diario Oficial de la Federación las Normas Oficiales Mexicanas para Evaluar la Calidad del Aire Ambiente con respecto a ozono, bióxido de azufre, bióxido de nitrógeno, monóxido de carbono, partículas suspendidas totales, partículas menores a 10 micras (PM₁₀) y plomo (17).

Estos instrumentos establecen lineamientos para satisfacer las normas de calidad del aire, entre otros, que son de observancia para las autoridades competentes federales y locales, que tenían a su cargo el desarrollo y la aplicación de los planes y programas de política ambiental con fines de protección a la salud de la población, lo que otorgaba sustento y validez al Programa para el Mejoramiento de la Calidad del Aire en la Zona Metropolitana de Guadalajara 1997- 2001, respondiendo a la problemática planteada hasta entonces, y a una responsabilidad que competía a las autoridades de los tres niveles de gobierno (1).

7.6. Morbilidad

La palabra proviene del latín: Morbus: que significa enfermedad. Es la proporción de personas que enferman en un lugar durante un periodo de tiempo determinado (44).

En países como México, se recopilan algunos datos de morbilidad para cumplir con disposiciones legales, por ejemplo, con respecto a enfermedades de notificación obligatoria (44).

Que la notificación se lleve a cabo depende de que el paciente busque atención médica, de que se haga el diagnóstico correcto y de que la notificación se registre y se envíe a las autoridades sanitarias (44).

Otras fuentes de información de morbilidad son los datos sobre ingresos y altas hospitalarias, consultas en centros de atención ambulatoria o atención primaria y servicios especializados. Estos datos deberán ser relevantes y fácilmente accesibles para que sean de utilidad en la investigación epidemiológica (44).

8. METODOLOGÍA

8.1. Tipo de estudio

Se realizó un estudio Descriptivo, ecológico y transversal, tomando en cuenta La estación "Miravalle" de la Red Automática de Monitoreo Atmosférico de la Zona Metropolitana de Guadalajara de la Secretaría de Medio Ambiente para el Desarrollo Sustentable del Gobierno del Estado de Jalisco.

8.2. Muestra

A través de un censo se obtuvieron 344 mediciones de concentraciones de PM₁₀ en promedio diario de 24 horas correspondientes al periodo anual 2006 y 386 para 2007.

49 mediciones del número total de consultas médicas por infecciones respiratorias agudas en semanas epidemiológicas correspondientes al año 2006 y 52 para 2007.

8.3. Criterios

De inclusión

La estación "Miravalle" de la Red Automática de Monitoreo Atmosférico de la Zona Metropolitana de Guadalajara de la Secretaría de Medio Ambiente para el Desarrollo Sustentable del Gobierno del Estado de Jalisco.

Concentraciones del contaminante atmosférico PM10 de la estación Miravalle.

Centro de Salud "Las Juntas" de la Secretaría de Salud Jalisco.

Número total de consultas por infecciones respiratorias agudas, agrupadas en el Sistema Único de Información de Vigilancia Epidemiológica y clasificadas según

la CIE 10ª edición, registradas por el Centro de Salud y reportadas cada semana epidemiológica a la Secretaría de Salud Jalisco.

De exclusión

Cualquiera de las 7 estaciones de monitoreo restantes de la Red Automática de Monitoreo Atmosférico de la ZMG de la Secretaría de Medio Ambiente para el Desarrollo Sustentable del Gobierno del Estado de Jalisco o algún otro organismo de monitoreo atmosférico.

Cualquier otro de los 4 contaminantes monitoreados en la Estación Miravalle y los demás de las otras 7 estaciones u otro organismo de monitoreo atmosférico.

Los demás Centros de Salud de la Secretaría de salud Jalisco ubicados tanto dentro como fuera del área de estudio u otros hospitales y clínicas de diversas instituciones ubicados en (Miravalle).

Consultas por infecciones respiratorias agudas por grupos etéreos, agrupados o individuales, cualquier otro tipo de enfermedades del Centro de Salud "Las Juntas" e infecciones respiratorias agudas de los demás hospitales y clínicas de otras instituciones ubicadas en Miravalle.

8.4. Variables

Concentraciones de PM₁₀ semanales

Número total de consultas semanales por infecciones respiratorias agudas

8.5. Instrumentos

Bases de datos de las que se obtienen las concentraciones de PM₁₀ y número de consultas por infecciones respiratorias agudas.

Las concentraciones de PM₁₀ diarias se registran, se concentran y se archivan o están disponibles en el instrumento denominado: Reporte Anual de Monitoreo Atmosférico.

El Número de consultas concentradas, notificadas y archivadas para procesamientos estadísticos y disponibles para otras instituciones en el instrumento denominado: FORMATO DE ALGUNAS CAUSAS DE CASOS NUEVOS POR SEMANA DE ENFERMEDADES DE NOTIFICACIÓN OBLIGATORIA bajo el esquema del SUIVE (Sistema Único de Información para la Vigilancia Epidemiológica).

8.6. Procedimientos:

El Reporte Anual de Monitoreo Atmosférico es proporcionado por la Dirección del Centro de Información Ambiental de la Secretaría de Medio Ambiente para el Desarrollo Sustentable del Gobierno de Jalisco.

El formato ALGUNAS CAUSAS DE CASOS NUEVOS POR SEMANA DE ENFERMEDADES DE NOTIFICACIÓN OBLIGATORIA es proporcionado por la Dirección de Planeación a través del Departamento de Estadística de la Secretaría de Salud Jalisco.

8.7. Análisis de la Información

Concentraciones PM₁₀

Se obtuvo el promedio diario de 24 horas de las concentraciones de PM₁₀, con este promedio diario se formó la base de concentraciones por día de domingo a sábado cada semana epidemiológica en la base de datos para el análisis estadístico. En seguida se calcula el promedio de concentraciones por cada una de las semanas epidemiológicas en cada periodo anual, en dicha base.

Número de consultas

Se registro el número de consultas de cada semana epidemiológica: 49 para 2006 y 52 para 2007 en la base de datos para el análisis estadístico.

Número de días en los que se incrementa la concentración de PM₁₀

Se obtienen el número total de días en los que se incrementa la concentración de PM₁₀, de un día para otro, por ejemplo:

Numero de Días en los que se incrementa la concentración de PM₁₀ de un día a otro

Días de la Semana Epidemiológica	Dom	Lun	Mar	Miér	Jue	Vie	Sáb	Número total de días en que se incrementa la concentración
Concentraciones de PM ₁₀	32.0	72.5	39.9	52.9	55.8	53.5	56.5	4
No. De Días Incrementos de concentración	1		1		1		1	

Estaciones del Año

En la base de datos para el análisis estadístico se seleccionaron las semanas correspondientes a cada una de las estaciones anuales en los dos periodos:

Para 2006, 49 semanas:

Primavera.- 13 semanas de la 11 a la 24, de marzo a junio.

Verano.- 13 semanas, de la 25 a la 37, de junio a septiembre.

Otoño.- 13 semanas de la 38 a la 50, de septiembre a diciembre.

Invierno.- 10 semanas, de la 2 a la 11, de enero a marzo.

Para 2007, 52 semanas:

Primavera.- 13 semanas, de la 11 a la 24, de marzo a junio.

Verano.- 13 semanas, de la 23 a la 37, de junio a septiembre.

Otoño.-13 semanas, de la 38 a la 50. De septiembre a diciembre.

Invierno.- 13 semanas, 51 y 52 de 2006, de la 11 a la 11 de 2007, de diciembre de 2006 a marzo de 2007.

Se habilitan las bases de datos de los dos períodos anuales para la aplicación del análisis estadístico:

Por semanas epidemiológicas de domingo a sábado del número total de consultas por infecciones respiratorias agudas, considerando bases de datos para la asociación con PM_{10} en la misma semana y con un desplazamiento de 7 días después de verificarse las concentraciones de PM_{10} .

Por estaciones del año en el periodo anual estudiado, con y sin desplazamiento de una semana el número de consultas después de presentarse las concentraciones de PM_{10}

Con incremento de un día para otro de la concentración de PM_{10} considerando un desplazamiento de 7 días el número de consultas y la misma semana en que se presentan las consultas y las concentraciones de PM_{10} .

8.8. Análisis Estadístico

Se analizó la información correspondiente al año de 2006, aplicando un estudio epidemiológico: descriptivo, ecológico, transversal. Se utilizó: Análisis de varianza ANOVA, diferencia mínima significativa (prueba post hoc), correlación de Pearson y regresión; con y sin desplazamiento de una semana del número de consultas; después de verificarse las concentraciones, para determinar:

La descripción de la concentración de PM_{10} y el número de consultas.

Descripción de PM_{10} por estación del año.

9. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

Zona de "Miravalle", colonia "Las Juntas"

9.1. Ubicación de la Zona Metropolitana de Guadalajara

La Zona Metropolitana de Guadalajara (4), se ubica en la porción Suroeste de la altiplanicie central de México a una latitud de 20°39'54" N, 103°18'42" de longitud W y una altitud de 1,551 M. S. N. M. M., en la cuenca del valle del río Santiago, los valles de Atemajac, y la planicie de Tonalá. Esta se encuentra circundada por conjuntos montañosos de entre 50 m a 500 m de altura, y en particular en la región Sur ocurren las montañas de mayor altura que son importantes para la circulación local y la difusión y transporte de contaminantes.

9.2. Características Fisiográficas de la Zona Metropolitana de Guadalajara

La ciudad de Guadalajara, Capital del estado de Jalisco, es la segunda ciudad más grande de México. El área metropolitana de Guadalajara comprende 562 kilómetros cuadrados, se sitúa principalmente sobre el Valle de Atemajac, (45), al cual rodean los siguientes objetos geográficos:

Hacia el norte y noreste de la ciudad se localiza la barranca de Huentitán-Oblatos, en el fondo de la cual corren los ríos Verde y Santiago.

Al sur y sureste se extiende el Valle de Toluquilla, también considerado parte de la Zona Metropolitana de Guadalajara, de la cual es separado por una pequeña cordillera y algunos volcanes basálticos, como los cerros La Cúpula, de La Reina o de Tonalá y De Cholo.

Al oeste la Zona Metropolitana de Guadalajara se limita por la sierra de La Primavera. Esta cadena de cerros rodea al valle en forma de letra U, determinando su cuenca atmosférica y régimen de los vientos locales.

Al suroeste se encuentran varios cerros de mayor altura como el cerro El Cuatro, de las Juntas, Santa María de Tequepexpan y el cerro del Tesoro.

9.3. Descripción Geográfica de "Miravalle"

Al sur de Miravalle se encuentran: el Cerro del Cuatro, el Cerro de Santa María y al sur oeste el cerro del Gachupin (6). Comprendía hasta el año 2000, según el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e informática (INEGI), un territorio de 3.581.96 km² seccionado en cuatro colonias de las cuales dos pertenecen al municipio de Tlaquepaque, una de ellas es la colonia: "Las Juntas" y otras dos al municipio de Guadalajara (3).

9.4. Características Demográficas e Infraestructura Urbana

En el año 2000 por medio del XII censo de población y vivienda se cuantifico una población total de 52,729 habitantes en 11,063 viviendas, distribuidas en una superficie de 3.5 k². (3).

9.5. Características Climatológicas de la Zona Metropolitana de Guadalajara

En gran medida, las condiciones meteorológicas de la Zona Metropolitana de Guadalajara son producto de la influencia de una gran variedad de fenómenos meteorológicos de escala regional, en la superficie y en la atmósfera superior. El clima prevaleciente es semicálido, subhúmedo con lluvias en verano y temperaturas con un valor medio anual de 19 °C y 900 mm/año de precipitación. Durante la estación fría el clima es anticiclónico con cielos claros y abundante insolación. Las corrientes de aire húmedo tropical traen lluvias abundantes de mayo a octubre (4).

Utilizando las series largas de temperatura mínima, máxima y precipitación total anual por los periodos 1890 a 1999 y 1881 a 1999 respectivamente, y humedad relativa, dirección y velocidad del viento de 1960 a 1999 obtenidas de la estación climatológica del Instituto de Astronomía y Meteorología de la Universidad de Guadalajara (46), se han definido los parámetros climatológicos de la ciudad de Guadalajara, México:

Temperatura de la Zona Metropolitana de Guadalajara

La distribución de la temperatura promedio mensual describe, para cada una de las estaciones de la Red Automática de Monitoreo Atmosférico un comportamiento característico de la marcha diaria y anual. Los años 1998, 2002 y 2003 son anómalos. Las temperaturas $<15\text{ }^{\circ}\text{C}$ ocurren entre los meses de noviembre a febrero, con valores extremos $\approx 7\text{ }^{\circ}\text{C}$. El año 1998 también es anómalo respecto a las temperaturas frías. Se registran un mes antes y se extienden hasta el mes de marzo. De acuerdo a las anomalías observadas de la temperatura superficial del Océano Pacífico Tropical ($\Delta t_w = +3\text{ }^{\circ}\text{C}$), el año de 1998 es un "Año Niño". Los años 2002 y 2003 también fueron anómalos ($\Delta t_w = +1\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $+0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ respectivamente), aunque en menor escala. El régimen de temperaturas en la Zona Metropolitana de Guadalajara esta estrechamente relacionado con las anomalías positivas y negativas de la temperatura superficial del Océano Pacífico Tropical (4).

Humedad relativa de la Zona Metropolitana de Guadalajara

Las características de la variación diurna y anual de la humedad relativa (4), muestran una alternancia de valores altos ($>70\%$) y bajos ($<20\%$) bien marcada. Los valores más altos empiezan a registrarse a partir de las 21:00 hrs. hasta las 11:00 hrs. del día siguiente. Los valores bajos se registran en el intervalo de las 12:00 a las 22:00 hrs. En 1998 estos valores tienen una mayor permanencia a lo largo del día y los días del año como respuesta a las anomalías de la temperatura. Respecto a la variación anual los valores altos y bajos coinciden con el periodo de pocas lluvias y el periodo húmedo.

Vientos de la Zona Metropolitana de Guadalajara

Comparando las estadísticas del viento dominante de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (Plan Lerma, 1994) con las observaciones hechas en la estación meteorológica del Instituto de Astronomía y Meteorología, (IAM), se aprecia una significativa degradación de la velocidad del viento

dominantes en la Zona Metropolitana de Guadalajara de 8.0 m/s (de 1881 a 1964) a 4.8 m/s (de 1960 a 1996). Este decrecimiento está relacionado con el desarrollo de la ciudad: construcciones de edificios altos próximos a la estación climatológica y expansión de la zona urbana en general, originando el incremento del parámetro de rugosidad y fuerzas de fricción, característico para urbes grandes. Sin embargo, el patrón de la distribución anual de velocidad del viento dominante es similar para ambos periodos presentando vientos más intensos tanto durante los meses de marzo y abril, conocidos como vientos alisios, como durante el mes de mayo, que se explica con fuertes turbulencias a causa de altas temperaturas características del mes y como consecuencia, intensos procesos convectivos (45).

Los vientos superficiales, del Oeste seguidos de los vientos del Este; con velocidades de entre 1.4 a 5.6 m/s, aunque en forma temporal alcanzan de 5.8 a 9.7 m/s. En promedio las calmas presentan periodos de hasta 11 horas. La magnitud y dirección promedio del viento que se registra en la Zona Metropolitana de Guadalajara a lo largo del día describe un patrón de calma durante la primera parte del día y de brisa durante la tarde y noche (4).

9.6. Viento en "Miravalle"

Los días en que se registran las mayores magnitudes del viento (2.0 a 3.79 m/s) corresponden a los meses de marzo-mayo. Muestra también que las estaciones de Oblatos, Miravalle y Vallarta registraron las magnitudes más bajas. Así para estas estaciones en el mes de abril la magnitud del viento apenas supera los 2.17 m/s. Poniéndose de manifiesto el potencial para la acumulación de contaminantes que tiene la Zona Metropolitana de Guadalajara debido a la predominancia de vientos débiles pues el valor promedio máximo apenas supera los 3.7 m/s (4).

Las direcciones que con mayor frecuencia registra el patrón de vientos en la Zona Metropolitana de Guadalajara son en primer lugar vientos de componente Oeste (37%), seguidos de los vientos de componente Este (29%). Las magnitudes más frecuentes corresponden a vientos débiles que de acuerdo a la escala de la intensidad del viento de Beaufort se clasifican como de brisa ligera, lo que indica el gran potencial de acumulación de contaminantes por falta de ventilación (4).

9.7. Tendencias del Comportamiento de los Contaminantes en la Zona Metropolitana de Guadalajara

El análisis del comportamiento de las partículas en suspensión (45), muestra las altas concentraciones observadas durante los meses de noviembre a marzo para los periodos de 1994 a 1999 y de 1975 a 1992. Este comportamiento esta condicionado por la presencia de circulación anticiclónica dominante durante el periodo de invierno, la cual se caracteriza con una gran estabilidad de la atmósfera acompañada con efectos de inversiones térmicas.

El fenómeno de acumulación de las partículas fracción respirable, actualmente presenta, problemas tanto de exposición aguda como de exposición crónica violando su promedio de 50.0 ug/m³ en forma significativa. De tal manera que en 1994 el promedio anual fue de 83.4 ug/m³, en 1996 se observó de 76.3 ug/m³, en 1997 el promedio anual de PM₁₀ fue de 57.4 ug/m³, en 1998 alcanzó 73.4 ug/m³ y en 1999 se registraron 65.0 ug/m³ (45).

Utilizando las técnicas estadísticas descriptivas se estableció que cada uno de los contaminantes: CO, NO₂, O₃, SO₂ y PM₁₀ (45), posee distribuciones: diurna, semanal y anual, y calculadas para el periodo de 1994 a 1999, se puede sugerir lo siguiente:

Las partículas suspendidas poseen un doble máximo, el principal a las 9:00 horas y el secundario a las 21:00 horas. Los dos máximos del comportamiento diurno coinciden con las horas de máximo tráfico en la zona urbana (horas pico). La mayor magnitud del máximo en las horas matutinas se explica por una alta estabilidad de la atmósfera matutina, que impide la dispersión de los contaminantes (45).

Los principales máximos en el comportamiento anual de los promedios mensuales de PM₁₀, se observan: uno en el mes de enero y el segundo en el mes de mayo, en donde el principal máximo puede ser explicado por el efecto de la acumulación de los contaminantes en el transcurso de los meses de invierno en presencia de la circulación anticiclónica dominante y por lo tanto una atmósfera muy estable (45).

9.8. Tendencias del comportamiento de los Contaminantes en "Miravalle"

Miravalle es considerada como, una zona crítica en cuanto a contaminación es referida debido a su ubicación en los deslaves del volcán "Cerro del Cuatro", dificultándose la dispersión de partículas, ya que la elevación del cerro hace que los vientos choquen y disminuya su velocidad, provocando que la concentración de PM_{10} aumente (6). Contribuyendo también a dicho aumento la escasez de áreas verdes (menos de un metro cuadrado por habitante), haciendo que la falta de humedad mantenga por más tiempo al material particulado suspendido. Siendo cada año, el epicentro donde se registran las mayores cantidades de PM_{10} presentes en la Zona Metropolitana de Guadalajara (4).

En un análisis de variación espacial realizado en la Zona Metropolitana de Guadalajara de 1996 a 1999, se seleccionaron los contaminantes de partículas fracción respirable PM_{10} , monóxido de carbono (CO) y bióxido de azufre (SO_2), construyéndose campos de su distribución mensual, por temporada y anual utilizando la información de las 8 estaciones de la Red Automática de Monitoreo Atmosférico y el método de interpolación de Shepard, Kincaid y Cheney, (1994) entre los resultados obtenidos sobresalen (45):

La distribución espacial de la concentración promedio anual de partículas suspendidas fracción respirable muestra que su epicentro se registró en la misma estación "Miravalle". Se observaron los siguientes niveles de la concentración máxima promedio anual: en 1996 el máximo promedio fue de 181 $\mu g/m^3$, en 1997 153.5 $\mu g/m^3$, en 1998 181.2 $\mu g/m^3$ y en 1999 159.2 $\mu g/m^3$. Sin embargo, en la estación "Miravalle" se observa una tendencia creciente en la concentración media anual y máxima promedio anual. La contaminación por PM_{10} en "Miravalle", registra dos intervalos de concentraciones altas durante el día que reflejan las actividades de las fuentes emisoras. El primer intervalo comprende entre las 09:00 y las 12:00 hrs, y el segundo de las 19:00 a las 22:00 hrs. La estación de "Miravalle" registra con mayor frecuencia valores extremos. Respecto a la variación anual, las concentraciones más altas ocurren con regularidad entre los meses de marzo y abril (4).

En el análisis de la frecuencia de violación a los valores normados para cada una de las estaciones de la Red Automática de Monitoreo Atmosférico (4), se observa que la calidad del aire en la Zona Metropolitana de Guadalajara es

mayormente impactada por las partículas. De forma muy localizada en la estación de "Miravalle", en donde con mayor frecuencia se rebasa el valor normado de partículas.

9.9. Estudios de Riesgo de la Contaminación del Aire en el Área de "Miravalle"

En el año 2005, en la colonia Miravalle se inició una investigación a mayor detalle, enfocándose a estudiar los grupos sociales vulnerables: niños menores de 6 años y adultos mayores de 64 años (6).

Para niños, se utilizaron los registros de asistencia del nivel preescolar (con poblaciones entre 3 y 5 años de edad), contando con registros sistematizados de centros escolares del sistema educativo. Se consideraron las ausencias por enfermedad y por molestias como tos, irritación en nariz y garganta, dolor de cabeza, ojos irritados y náuseas (47).

Como resultado, se encontró que el máximo de inasistencias se registró en la cuarta semana de mayo, con una ausencia media del 33 por ciento y máxima del 46 por ciento por día.

En la correlación de PM_{10} con la ausencia escolar de niños, se encontró que la mayor asociación no se presenta el mismo día, sino una semana después; la ausencia en la cuarta semana de mayo se asocia con los niveles de PM_{10} de la tercera semana de mayo; cuando se presentaron valores diarios de entre 83 y 134 puntos IMECA. Las ausencias escolares con un mayor promedio en el periodo del primer semestre de 2005 se presentaron una semana después de que la contaminación del aire por PM_{10} superara los 50 puntos IMECA.

Los niños se enferman más que las niñas, y que la causa de ausencia de los preescolares de "Miravalle", en más de un 80 por ciento fue por molestias como tos, irritación en nariz y garganta, dolor de cabeza, ojos irritados y náuseas.

Para adultos mayores, se evaluó la mortalidad a través de las actas de defunción del registro civil municipal, asociando los niveles de contaminación por PM_{10} y la mortalidad (7).

Los resultados obtenidos muestran que en promedio mueren por enfermedades respiratorias cuatro personas al mes. Para mayo de 2005 se duplicó esta cifra, con lo cual se alcanzó el máximo nivel en todo el primer semestre.

En términos de la asociación de estas muertes y las concentraciones de PM_{10} , se encontró que cuando se tiene en promedio por semana más de 100 puntos IMECA de PM_{10} existe una probabilidad del 83 por ciento de que muera a la siguiente semana algún habitante por enfermedades respiratorias, y un 67 por ciento de probabilidades de que muera más de una persona, mientras que por debajo de los 100 puntos IMECA la probabilidad de que muera más de una persona es de al menos del 40 por ciento.

Durante la el desarrollo del presente estudio, a partir del 23 de enero de 2007 fue declarada como área de influencia directa en el aporte de contaminantes, mediante el acuerdo publicado en el Periódico Oficial El Estado de Jalisco. Acuerdo que emite los criterios ambientales para la protección de la atmósfera de "Miravalle" por su Alta Fragilidad Ambiental, delimitándose dentro de un polígono que cubre apropiadamente una superficie de 26 mil, 456 hectáreas. Comprendiendo 1, 429.20 hectáreas al municipio de Guadalajara, 6,142.77 para Tlaquepaque, 1,026.22 para El Salto y 17,758.03 para Tlajomulco de Zúñiga. (6).

En el acuerdo de fragilidad, se consideró que la Estación de Monitoreo "Miravalle" ha dado como resultado que el área monitoreada merece una atención prioritaria en materia de combate y disminución de la contaminación atmosférica debido a la deficiente calidad del aire que ha presentado, obligando por ello al establecimiento de política públicas que respondieran a las características de la misma y que ayudarían a mejorar la calidad de vida de quienes ahí habitan. (6).

El Centro de Salud "Las Juntas" de la Secretaría de Salud Jalisco se encuentra ubicado en la Calle de Orozco No. 85 entre las calles San Antonio y San Miguel, en la colonia: Las Juntas A una distancia de aproximadamente 1,200 metros orientación sur este de la Estación de Monitoreo "Miravalle" de la Zona Metropolitana de Guadalajara de la SEMADES. Dicha estación se ubica en la Av. Gobernador Curiel y Av. La Pintura, de la colonia "Miravale".

10. RESULTADOS

Los resultados se presentan de la siguiente forma:

La descripción de la concentración de PM₁₀ y el número de consultas.

Descripción de PM₁₀ por estación del año.

Asociación de PM₁₀ con el Número de Consultas durante la misma semana y una a semana después de monitoreada la concentración de PM₁₀

La diferencia de las medias de consultas por estaciones del año con diferencia mínima significativa.

Descripción de la asociación de PM₁₀ con el Número de Consultas en la misma semana y una de desplazamiento, con incremento de un día a otro en la concentración de PM₁₀.

10.1. Descripción de la concentración de PM₁₀ y el número de consultas.

Cuadro I

Concentración de PM₁₀ y Número de Consultas, "Miravalle", 2006, 2007

Variables	Número de semanas del año	Mínimo ANUAL	Máximo ANUAL	Media ANUAL	Desviación Estándar
PM ₁₀	49	28	151	72.55	27.34
Consultas	49	28	144	62.86	23.51
PM ₁₀	52	26	101	62.0347	23.13
Consultas	52	10	119	43.44	22.67

En el cuadro I, se muestra de manera descriptiva, que el promedio de concentración de PM₁₀ en el año 2006 es de 72.55 ug/m³, ±27.34. Tiene una variabilidad de 45.21 ug/m³ a 99.89 ug/m³. El promedio de consultas en el año es de 62.86, ±23.51. Tiene una variabilidad de 39 a 86 consultas.

El promedio de concentración de PM₁₀ en el año 2007 es de 23.13 ug/m³, ± 62.03. Tiene una variabilidad de 38.9 ug/m³ a 85.16 ug/m³.

El promedio de consultas en el año 2007 es de 43.44 consultas, ±22.67, con una variabilidad de 21 a 66.

10.2. Descripción de PM₁₀ por estación del año.

Cuadro II

Concentraciones de PM₁₀ por estaciones del año, Miravalle, 2006

Estación	Número de semanas epidemiológicas por estación del año	Media de concentración de PM₁₀ (ug/m³) por estación del año
Invierno	10	102.40
Primavera	13	81.77
Verano	13	42.38
Otoño	13	70.54
Total	49	72.55

En el cuadro II, se muestra el promedio de concentración de PM₁₀ en cada estación del año, siendo el valor más alto el del invierno con 102.40 ug/m³ y el más bajo el del verano con 42.38 ug/m³

10.3. Asociación de PM₁₀ con el Número de Consultas durante la misma semana y una a semana después de monitoreada la concentración de PM₁₀

Cuadro III

Correlación de PM₁₀ y número de consultas, "Miravalle", 2006

Época	Con desplazamiento* de una semana entre las variables	Considerando el valor de las variables durante la misma semana
Anual	0.27	0.41
Invierno	0.66	0.82
Primavera	-0.33	-0.02
Verano	0.07	0.03
Otoño	0.47	0.47

* El desplazamiento corresponde a desplazar una semana el valor del número de consultas que corresponde una semana después de monitoreada la concentración de PM₁₀, considerando que los efectos en la salud no necesariamente se manifiestan durante la misma semana de la exposición sino hasta siete días después, es decir, una semana de diferencia.

Los valores del cuadro III, corresponden a los resultados de la correlación de Pearson, como se muestra, la información es con y sin desplazamiento de la semana de consultas, por estación del año 2006. Destacando que la estación con una asociación mayor es el invierno y que esta es aun más alta cuando se analizan el número de consultas durante la misma semana donde se presentan las variaciones de PM₁₀ llegándose a definir que las variaciones de consultas de Infecciones Respiratorias Agudas son determinadas en un 82% (factor de determinación) por las variaciones de las PM₁₀. La segunda estación con mayor asociación es otoño donde las variaciones de las consultas están determinadas en un 47% por las variaciones del PM₁₀, tanto, considerando 7 días de rezago como, en la misma semana de consultas y concentraciones. Sin embargo, los valores negativos durante primavera sugieren la intervención de otros factores no definidos, ni considerados en el análisis.

10.4. Diferencia de las medias de consultas por estaciones del año con diferencia mínima significativa.

Cuadro IV

Diferencia significativa entre las medias de consultas y las estaciones del año de 2006, en Miravalle

Estación	Número de Semanas epidemiológicas por estación del año	Media de Número de Consultas por estación del año	F	p
Otoño	13	85.31	9.151	0.000
Invierno	10	63.80		
Primavera	13	51.46		
Verano	13	51.08		
Total	49	62.86		

Los datos del cuadro IV, corresponden a los resultados del análisis de varianza de una vía (ANOVA). Se observa que existe diferencia significativa entre las medias de consultas y las estaciones del año de 2006.

Cuadro V

Pruebas post hoc Diferencia mínima significativa (DMS), "Miravalle", 2006

(I) estación	(J) estación	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
		Límite inferior	Límite superior		Límite inferior	Límite superior
Invierno	Primavera	12.338	8.049	.132	-3.87	28.55
	Verano	12.723	8.049	.121	-3.49	28.93
	Otoño	-21.508(*)	8.049	.010	-37.72	-5.30
Primavera	Invierno	-12.338	8.049	.132	-28.55	3.87
	Verano	.385	7.506	.959	-14.73	15.50
	Otoño	-33.846(*)	7.506	.000	-48.96	-18.73
Verano	Invierno	-12.723	8.049	.121	-28.93	3.49
	Primavera	-.385	7.506	.959	-15.50	14.73
	Otoño	-34.231(*)	7.506	.000	-49.35	-19.11
Otoño	Invierno	21.508(*)	8.049	.010	5.30	37.72
	Primavera	33.846(*)	7.506	.000	18.73	48.96
	Verano	34.231(*)	7.506	.000	19.11	49.35

* La diferencia de medias es significativa al nivel 0.05.

Los datos del cuadro V, corresponden a los resultados del análisis de varianza de una vía (ANOVA). Como se observó existe diferencia significativa entre las medias de consultas y cada una de las estaciones del año 2006. Aplicando la prueba (post hoc) de diferencia mínima significativa, el resultado muestra que en la estación de invierno hubo diferencia significativa con el otoño. En primavera solo hubo diferencia entre las medias del otoño. En verano con otoño. Y en otoño con todas las demás estaciones.

10.5. Descripción de la asociación de PM₁₀ con el Número de Consultas en la misma semana y una de desplazamiento, con incremento de un día a otro en la concentración de PM₁₀.

Cuadro VI

Correlación entre la concentración de PM₁₀ y el número de consultas en la misma semana y considerando una semana de desplazamiento en las consultas, cuando se presenta incremento de PM₁₀ de un día a otro, en 2006 en Miravalle

Época	Con desplazamiento	Sin Desplazamiento
Invierno	0.13	0.82
Primavera	-0.14	-0.02
Verano	-0.43	0.03
Otoño	0.27	0.47

En el cuadro VI, se muestra el resultado de la correlación de Pearson con y sin desplazamiento de la semana de consultas con incremento de PM₁₀ de un día a otro en 2006. Existe asociación, destacando el invierno sin desplazamiento con el 82%. Se obtienen resultados positivos en otoño con y sin desplazamiento con el 27 y 47%, respectivamente. Sin embargo, se tienen resultados negativos en primavera con la misma semana el -2% y con desplazamiento el -14%. En verano, con desplazamiento se tiene el -43% y con la misma semana el 3%; lo que sugiere la intervención de otros factores no definidos, ni analizados.

11. DISCUSIÓN

Al obtener los resultados de la correlación Pearson, de PM_{10} y el número de consultas, se observa que el promedio anual en 2006 con un desplazamiento o rezago de 7 días después de verificada la concentración de PM_{10} es del 27% y en la misma semana es de 41%.

Destacando que la estación anual con una asociación mayor es el invierno y que cuando se analizan el número de consultas durante la misma semana donde se presentan las variaciones de PM_{10} llegándose a definir que las variaciones de consultas de Infecciones Respiratorias Agudas son determinadas en un 82% por las variaciones de las PM_{10} . La segunda estación con mayor asociación es otoño donde las variaciones de las consultas están determinadas en un 47% por las variaciones del PM_{10} , tanto, considerando 7 días de rezago como, en la misma semana de consultas y las concentraciones. Sin embargo, los valores negativos en la primavera y en el verano sugieren la intervención de otros factores no definidos, ni considerados en el análisis.

La inferencia causal de este tipo de análisis puede ser limitada debido a cambios en los criterios de los diagnósticos de enfermedad y por dificultades provenientes de los periodos de latencia entre la exposición y los efectos o de la medición de la exposición.

Se comprueba que existe diferencia significativa entre las estaciones del periodo estacional, 2006.

Lo anterior es congruente con resultados evidentes de la asociación de la contaminación por partículas PM_{10} y el aumento de consultas, por causas de enfermedades respiratorias. como lo refieren: Oyarzun, M. en 1998 y Pino, P. en 1997 en un seguimiento de 507 lactantes en Santiago de Chile, usuarios de consultas medicas, encontraron que un aumento de PM_{10} , con un rezago de 4 días, aumentó el riesgo de síndrome bronquial obstructivo en 22%.

En cuanto a la correlación con y sin desplazamiento de la semana de consultas con incremento de PM_{10} de un día a otro en 2006, se observa que existe asociación, destacando el invierno sin desplazamiento con el 82%. Se obtienen resultados positivos en otoño con y sin desplazamiento con el 27 y 47%, respectivamente. Sin embargo, se tienen resultados negativos en primavera con la misma semana el -2% y con desplazamiento el -14%. En verano, con desplazamiento se tiene el -43% y con la misma semana el 3%.

Los resultados negativos sugieren la intervención de más variables que afectan la correlación entre PM_{10} y el número de consultas por infecciones respiratorias agudas, como pueden ser los factores meteorológicos, el agrupamiento de enfermedades, el diagnóstico de consultas, la residencia de la población en el lugar o el tiempo de estancia bajo la exposición. Así como la construcción de variables con diferente número de días de desplazamiento del efecto a la salud y días acumulados.

También nos sugiere buscar otras alternativas de investigación, como estudios de casos y controles, de seguimiento o cohorte.

Para la morbilidad, considerar las hospitalizaciones y no el número de consultas. O en forma individual cada una de las enfermedades respiratorias y no en grupo.

12. CONCLUSIONES

Los resultados del estudio, muestran una gran coherencia con otras investigaciones en las que se han encontrado asociaciones significativas entre los efectos a la salud respiratoria por infecciones agudas respiratorias con el contaminante del aire PM_{10} . Lo cual se ve respaldado con los resultados en donde se determina entre otras cosas que un aumento en las concentraciones en el aire de partículas PM_{10} se refleja en un aumento en la demanda de servicios de atención médica, como son: visitas a salas de urgencias, hospitalizaciones, incapacidades laborales o ausencias escolares.

Lo anterior sugiere la existencia del riesgo a la salud poblacional de la zona de "Miravalle" por exposición a la contaminación del aire por PM_{10} , en especial en invierno y otoño.

Los resultados negativos en la asociación entre el incremento del PM_{10} y el número de consultas por infecciones respiratorias agudas, sugieren la intervención de factores o variables que no han sido incluidas en el presente estudio, pero que intervienen en la asociación.

Los números de consultas de un solo Centro de Salud como el de "Las Juntas", no representan necesariamente la realidad de atención médica de la población total de un área tan extensa, por lo que se hace necesario un sistema que unifique los criterios para la generación de información de salud y de información ambiental, así como la inclusión de otros factores tanto sociales y culturales de la población expuesta y de cobertura en el monitoreo de los demás contaminantes intervinientes en la atmósfera del sitio.

En el caso del aire, las intervenciones no pueden ser tan específicas precisamente porque los síndromes clínicos que generan en la población pueden ser consecuencia de uno o más agentes. En virtud de esta falta de especificidad, es importante considerar que dichas intervenciones no pueden ser relacionadas a uno u otro tipo de contaminante. Este hecho sin embargo, llama con urgencia a la necesidad de realizar monitoreos más específicos e inversiones de la prevención y atención de dichos síndromes a fin de contar con información mucho más precisa para la definición de política ambiental y su efecto en la salud.

Los estudios epidemiológicos y la estadística descriptiva son herramientas indispensables para dar inicio a estudios como el trabajo realizado, ya que representan el inicio de investigaciones más precisas para evaluar y determinar la influencia de los contaminantes del aire en el desarrollo de infecciones de las vías respiratorias.

Se requiere urgentemente, continuar con este tipo de investigación para evaluar de manera más precisa la influencia de contaminantes en el desarrollo de cada una de las infecciones agudas de las vías respiratorias, así como dar un seguimiento controlado de los pacientes no sólo a través de la demanda de consultas, sino a través de hospitalizaciones y tratamiento medico continuo; con la conformación de un grupo multidisciplinario de especialistas de la salud ambiental; para implementar programas y acciones de prevención y control de la contaminación atmosférica con un enfoque de riesgo a la salud de la población y la participación de todos los actores de la sociedad.

Con una promoción constante de la salud ambiental de las poblaciones de áreas de fragilidad ambiental para disminuir el incremento en los efectos adversos a la salud y los costos de atención que esto conlleva.

13. BIBLIOGRAFÍA

1. Fernández, A. (2001). *La contaminación del aire, cómo abatir este problema. Aspectos de salud ambiental y situación general*. (Tesis: Gestión de la Calidad del Aire en México). México: Instituto Nacional de Ecología.
2. Instituto Nacional de Ecología. (2003). *Segundo almanaque de datos y tendencias de la calidad del aire en seis ciudades mexicanas*. México: Instituto Nacional de Ecología.
3. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. (2001). *XII Censo de Población y Vivienda 2000*. México: INEGI.
4. Figueroa, A. (2005). *Investigación de los Patrones Meteorológicos-Climáticos y los Patrones de la Contaminación Atmosférica de la Zona Metropolitana de Guadalajara*. (Tesis Doctoral) Universidad de Guadalajara.
5. Secretaría de Medio Ambiente para el Desarrollo Sustentable. (2007). Acuerdo que emite los criterios ambientales para la protección de la atmósfera en Miravalle, que por su alta fragilidad Ambiental, son aplicables en la zona como área de influencia directa en el aporte de contaminantes. En SEMADES. (Gobierno del Estado de Jalisco) *El Estado de Jalisco, Periódico Oficial del martes 23 de enero de 2007*. Número 14(11), 3-16.
(Curiel & Garibay, 2007)
6. Curiel, A., Garibay, G. y Hernández V. (2007). Partículas Suspendidas en el Aire de Guadalajara. *Ciencia. Revista de la Academia Mexicana de Ciencias. Ambiente y Salud*, 58(1), 40-50.
7. Garibay, G. y Curiel A. (2007). Cómo mejorar la calidad del aire. *Ciencia. Revista de la Academia Mexicana de Ciencias. Ambiente y Salud*. 58(1), 31-39.

8. American Thoracic Society Comité of the environmental and occupational health assembly (2005). Health effects of outdoor air pollution, *Am. J. Respir. Crit. Care. Med.*, Morales., R. *Contaminación atmosférica urbana. Episodios críticos de contaminación ambiental en la ciudad de Santiago.* (Editorial Universitaria). Santiago (Chile):300-302.
9. Gutiérrez, J., Romieu, I., Corey, G. Y Fortoul, T. (2005). Contaminación del aire; riesgo para la salud. Editorial El Manual Moderno. Morales., R. *Contaminación atmosférica urbana. Episodios críticos de contaminación ambiental en la ciudad de Santiago.* (Editorial Universitaria). Santiago (Chile): 304.
10. Oyarzum, M., Pino, P., Ortiz, J. y Olaeta, I. (2005). Effect of atmospheric pollution on the respiratory system. *Biol. Res.* Morales., R. *Contaminación atmosférica urbana. Episodios críticos de contaminación ambiental en la ciudad de Santiago.* (Editorial Universitaria). Santiago (Chile): 300-306.
11. De Celis, R. Bravo, A., Preciado V y Díaz, G. (2007). La contaminación ambiental y nuestra salud. *Ciencia. Revista de la Academia Mexicana de Ciencias. Ambiente y Salud.* 58(1), 15-21.
12. Pino, P. Romiue, I., Villegas, R., Walter, T. y Oyarzún M. (2005). Wheezing bronchitis in infants: influence of airborne fine particulate matter and environmental tobacco exposure. *Am. J. Respir. Crit. Care. Med* 157 (suppl): A 977. Morales., R. *Contaminación atmosférica urbana. Episodios críticos de contaminación ambiental en la ciudad de Santiago.* (Editorial Universitaria). Santiago (Chile): 300.
13. Bates, D. (2005). Air pollutants and the human lung. *Am. Rev. Respir. Dis.* Morales., R. En *Contaminación atmosférica urbana. Episodios críticos de contaminación ambiental en la ciudad de Santiago.* (Universitaria). Santiago (Chile): 312.

- 14.** Oyanguren, H., Donoso H., Prieto L., Vargas S. y Paz S. (2005). Prevalencia de la bronquitis crónica en un área urbana y una rural de Santiago y su relación con el grado de contaminación atmosférica. Rev. Méd. Morales., R. *En Contaminación atmosférica urbana. Episodios críticos de contaminación ambiental en la ciudad de Santiago*. Editorial (Universitaria). Santiago (Chile): 300.
- 15.** Harte, J., Holdren CH., Schneider, R. Y Shirley C. (1997). *Guía de las sustancias contaminantes. El Libro de los tóxicos de la A a la Z. Traducción del inglés de 1991*. México: Grijalbo.
- 16.** Sánchez, J. Romieu I., White M. Y Gutiérrez M. (2005). Contaminación atmosférica y efectos en la salud de escolares del área de influencia del complejo industrial Ventanas. REv. Chil. Enf. Respir. Resumen CL1. Morales., R. *Contaminación atmosférica urbana. Episodios críticos de contaminación ambiental en la ciudad de Santiago*. (Editorial Universitaria). Santiago (Chile): 306.
- 17.** Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. Instituto Nacional de Ecología. (1997) *Programa de Mejoramiento de la Calidad del aire de la Zona Metropolitana de Guadalajara 1997-2001*. México: Acergraph, S. A. de C. V.
- 18.** Matus, P. y Lucero, R. (2005) Norma primaria de calidad del aire. Rev. Chil. Enf. Respir. Morales., R. *Contaminación atmosférica urbana. Episodios críticos de contaminación ambiental en la ciudad de Santiago*. (Editorial Universitaria). Santiago (Chile): 306.
- 19.** Dockery, D. Y Pope., C. (2005). Acute respiratory effects of particulate air pollution. Annu. Rev. Public. Health. Morales., R. *Contaminación atmosférica urbana. Episodios críticos de contaminación ambiental en la ciudad de Santiago*. (Editorial Universitaria). Santiago (Chile): 312.

- 20.** Ilabaca, M., Olaeta, I. y Campos, E. (2005). Association between levels of time particulate and emergency visits for pneumonia and other respiratory illness among children in Santiago de Chile. J. Air Waste Manag. Assoc. Morales., R. *Contaminación atmosférica urbana. Episodios críticos de contaminación ambiental en la ciudad de Santiago*. (Editorial Universitaria). Santiago (Chile): 312.
- 21.** Atkinson, R., Anderson, H., Sunyer, J., Ayres., J., Baccini, M., Vonk, J., Boumghar, A., Forastiere, F., Forsberg, E., Touloumi, G. et al. (2005). Acute effects of particulate air pollution on respiratory admissions: results from APHEA 2 project. Air pollution and Health an European Approach. Am. J. Respir. Crit. Care. Med. Morales., R. *Contaminación atmosférica urbana. Episodios críticos de contaminación ambiental en la ciudad de Santiago*. (Editorial Universitaria). Santiago (Chile): 312.
- 22.** Ballester, F. y Grupo APHEIS. (2003). La Evaluación del Impacto en Salud de la Contaminación Atmosférica. *Rev. Salud Ambiental*. 3(2). 102-107.
- 23.** Rosales, J., Torres, V., Olaiz, G. y Borja, V. (2001) Los efectos agudos de la contaminación del aire en la salud de la población: evidencias de estudios epidemiológicos. *Salud Pública de México*, 43(6), 544-555.
- 24.** Andrade, M., Ramírez, H. y González M. (2005). La Contaminación Atmosférica y su Correlación con los Casos por Infecciones Agudas de las Vas Respiratorias Superiores en Niños Menores de Cinco Años del Área Urbana de Guadalajara, Jalisco, del 2000 al 2002. *Salud Pública de México*, 48(5), 385-394.
- 25.** Hernandez, L., Barraza, A., Ramírez, M., Moreno, H., Millar, P., Carvajal, L y Romieu I. (2007). Morbilidad infantil por causas respiratorias y su relación con la contaminación atmosférica en Ciudad Juárez, Chihuahua, México. *Salud Pública de México*, 49(1), 27-36.

26. Martínez P. y Romieu I. (1994). *Introducción al monitoreo atmosférico*. México, D. F.: Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud. Organización Panamericana de la Salud (OPS), Agencia de Cooperación Técnica de Alemania (GTZ). Departamento del Distrito Federal.
27. SEDESOL. (2003). *Guía metodológica de muestreo, monitoreo y análisis de contaminación del aire por fuentes normales y por ruido en estudios de transporte urbano. Programa de asistencia técnica en transporte urbano para las ciudades medias mexicanas. Manual Normativo. Tomo (IX)*. México: Subsecretaría de Desarrollo Urbano y Ordenación del Territorio.
28. Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (1992). "Cumbre de la Tierra" para un mejor hábitat. en el siglo XXI. Capitulo: 6 Protección y fomento a la salud humana. Agenda 21. Brasil.
29. Fera, A. y De Celis, R. (2007). Daños Biológicos Producidos por los Contaminantes Atmosféricos. *Ciencia. Revista de la Academia Mexicana de Ciencias. Ambiente y Salud*. 58(1). 22-30.
30. Robbins y Cotran. (2005). *Patología estructural y funcional*. España: Elsevier.
31. Garcés, et al. (1997). *Enfermedades del Tórax. Infecciones Respiratorias Agudas en Población Pediátrica (Diciembre 1994 – Noviembre 1995) del Distrito de Chorrillos*. Lima: Gerencia Zonal de Servicios Especiales de Salud de Lima Metropolitana IPSS.
32. Sociedad Chilena Enfermedades Respiratorias. (2007). *Infecciones Respiratorias Agudas. Patologías estacionales (invierno-primavera) de gran incidencia en la sociedad, debido sus altos índices de mortalidad, así como a sus múltiples necesidades de atención médica y gastos en fármacos de quienes la sufren*. Chile: D:I.R.A.S./SER Sociedad Chilena de Enfermedades respiratorias.

33. Peláez, et al. (2004). Factores de Riesgo de Infección Respiratoria Aguda. *Revista de la Facultad de Terapia Respiratoria. Fundación Universitaria del Área Andina. 1(3)*, 128-134.
34. Ezzati, M. y KAMMEN, D. (2001). Indoor air pollution from biomass combustion an acute respiratory infection in Kenya. *The Lancet. London. Vol 35 (8)*, 69.
35. Ministerio de Protección Social de Colombia. (2004). Atención integral a las Enfermedades prevalentes de la Infancia. Curso Clínico manual del participante. *Revista de la Facultad de Terapia Respiratoria Fundación Universitaria del Área Andina. 1(3)*: 2-4.
36. Sistema Nacional de Vigilancia epidemiológica. (2003). Panorama de la Mortalidad por Infecciones Respiratorias Agudas en México durante el año 2000. Una Identificación de Municipios de Riesgo. Sistema Único de Información ISSN casos, *Epidemiología. Semana 11 Del 9 al 15 de marzo. 11(20)*: 22-29.
37. Rylander, R. y Megevand, Y. (2000). Environmental risk factors for respiratory infections. *Archives of Environmental Health. ISS. (55)5*: 300.
38. Organización Mundial de la Salud. (2006). *Clasificación estadística internacional de enfermedades y problemas relacionados con la salud. 10a. revisión. v. 3. Lista tabular*. Washington, D.C.: OPS; (Publicación científica 554).
39. Secretaría de Salubridad y Asistencia. (1999). *Norma Oficial Mexicana NOM-017-SSA2-1994, para la vigilancia epidemiológica*. México: Publicada en el Diario Oficial de la Federación.
40. Secretaría de Salubridad y Asistencia. (1994). *Norma Oficial Mexicana NOM-024-SSA2-1994. Para la prevención y control de las infecciones respiratorias agudas en la atención primaria a la salud*. México: Diario Oficial de la Federación.

- 41.** Secretaría de Salubridad y Asistencia. (1996). *Norma Oficial Mexicana NOM-040-SSA2-2004, En materia de información en salud*. México: Diario Oficial de la Federación.
- 42.** Mukae, H., Vincent, R., Quinlan, K., English, D., Hards, J., Hogg J. Y Van S. (2005). The effect of repeated exposure to particulate air pollution (PM10) on the bone marrow. *Am. J. Respir, Crit. Care Med.* Morales., R. *Contaminación atmosférica urbana. Episodios críticos de contaminación ambiental en la ciudad de Santiago*. (Editorial Universitaria). Santiago (Chile): 306.
- 43.** Secretaría de Salud y Asistencia. (2005). *Norma Oficial Mexicana NOM-025-SSA1-1993, la cual establece como limite máximo permisible la concentración de 150 (ug/m3) micrómetros por metro cúbico de aire, en un tiempo promedio de 24 horas con una frecuencia máxima aceptable de una vez al año para exposición aguda*. México: Publicada en el Diario Oficial de la Federación.
- 44.** Beaglehole, R., Bonita R. y Kjellström, T. (2003). *Epidemiología básica*. Washington: Organización Panamericana de la Salud. Oficina Sanitaria Panamericana, Oficina Regional de la ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD.
- 45.** López, G. y Guerrero, J. (2004). *Ecología Urbana en la Zona Metropolitana de Guadalajara*. Guadalajara: Editorial Ágata. Universidad de Guadalajara.
- 46.** Belitskaya, V. y Skiba, Y. (1999). Cuencas Atmosféricas del estado de Jalisco. Proyecto de Ordenamiento Ecológico Territorial del estado de Jalisco. México: Instituto de Astronomía y Meteorología, Departamento de Física, C.U.C.E.I. Universidad de Guadalajara.
- 47.** Hernández, V. (2006). *Contaminación por PM10 y su Efecto a Grupos Vulnerables en Relación a la Ausencia Preescolar*. Tesis para obtener el título de Maestro en Ciencias de la Salud Ambiental. México: Universidad de Guadalajara.