

**UNIVERSIDAD ATÓNOMA DE CIUDAD JUÁREZ**  
**MAESTRÍA EN INGENIERÍA AMBIENTAL Y ECOSISTEMAS**



**“EVALUACIÓN DE PARTÍCULAS SUSPENDIDAS Y SU IMPACTO EN SALUD  
DE LAS VÍAS RESPIRATORIAS DE LA POBLACIÓN ESCOLAR  
LOCALIZADA EN LA ZONA SUROESTE DE CIUDAD JUÁREZ, CHIHUAHUA”**

**Imelda Olivas Armendáriz**

**Tesis presentada en requerimiento parcial para obtener el grado de maestría.**

**Cd. Juárez, Chihuahua**

**Diciembre del 2002**

## RESUMEN

Se investigó el impacto de las partículas suspendidas en la atmósfera ( $PM_{10}$ ) en la salud de las vías respiratorias de 68 niñas y 53 niños, cuyas edades variaban de 6 años dos meses a 13 años y medio, todos ellos residentes en el sector suroeste de Ciudad Juárez, Chihuahua. Del 11 de noviembre de 1997 al 18 de octubre de 1998, se llevaron a cabo mediciones del flujo espiratorio máximo (FEM), y partículas suspendidas, así como el registro de la incidencia de signos y síntomas respiratorios. La selección del segmento de la población, objeto de estudio, se llevó a cabo según su vulnerabilidad, antecedentes de enfermedades respiratorias, tiempo de riesgo y niveles de accesibilidad. Los instrumentos que sirvieron para la selección clínica de los casos y para evaluar la relación entre los índices de contaminación y los efectos en la salud de la población fueron tres cédulas de campo. La primera permite la selección clínica de los casos más propensos a reportar padecimientos respiratorios; en la segunda se registran los antecedentes heredo-familiares y personales, así como sus características socioeconómicas y en el tercero se registran los signos y síntomas respiratorios y las mediciones del (FEM).

Se realizaron análisis descriptivos de signos y síntomas, del periodo de referencia, factores socio-económicos, antecedentes personales y heredo familiares, así como la determinación de las tasas de incidencia de signos y síntomas respiratorios, y correlaciones de Pearson y Spearman's rho entre los niveles de  $PM_{10}$  con la variabilidad del FEM y signos y síntomas respiratorios.

Se obtuvo una media de 24 horas durante el periodo de referencia de  $113.35 \mu g/m^3$ , se observó que el 21.9% de los días sobrepasaron los niveles promedios de 24 horas de partículas de acuerdo a la norma oficial mexicana 025. Se encontró que un 35.3% de los niños presentaban problemas respiratorios moderados y 38.9% problemas respiratorios graves. Se determinó un periodo de latencia o efecto retardado entre las 24 y 72 horas entre el día que ocurre la exposición y su impacto en la función respiratoria(FEM). Observándose

## RECONOCIMIENTOS

Esta investigación se llevó a cabo gracias al apoyo de la Southwest Center for Environmental Research and Policy y a la inclusión de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez y la Universidad de Nuevo México, a través del Doctor Charles Bruce y Doctor Héctor Quevedo Urías.

Al Dr. Charles Bruce por su apoyo incondicional y desinteresado durante el desarrollo de esta investigación.

A la Dra. San Juana Mendoza, por su ayuda durante el trabajo de campo, adaptación, aplicación y recolección de cuestionarios.

Al Dr. James Vanderslice, por su apoyo durante la captura y homogeneización de los datos.

Al Dr. Jesús Armando Jiménez Gutiérrez, por su aporte incondicional durante el procesamiento, análisis de los datos, y revisión de esta tesis.

Al maestro Manuel Loera De La Rosa, por su ayuda desinteresada durante el procesamiento y análisis estadístico de los datos.

Al Dr. Victoriano Garza Almanza, por su ayuda en la revisión de este trabajo.

A mi compañera y amiga Connie Chavarría, por su apoyo en la corrección final de esta tesis.

A todas y cada una de las personas que de alguna manera ayudaron a la terminación de este trabajo.

## DEDICATORIA

A Dios que siempre estuvo presente en los momentos difíciles.

A mis padres y mis hermanas que siempre me apoyan y alientan.

En especial a mi esposo por su amor, comprensión, apoyo y paciencia.

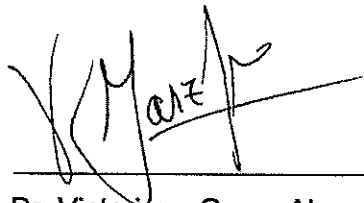
A mi pequeño Julio Cesar, quien ha sido una fuente de inspiración en mi vida.

Dedico a todos ellos este trabajo con todo mi amor.

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CIUDAD JUÁREZ  
MAESTRÍA EN INGENIERÍA AMBIENTAL Y ECOSISTEMAS**

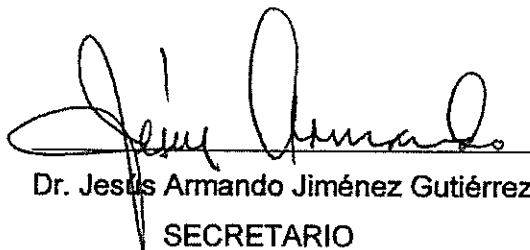
Los miembros del Sínoo nombrado por el Comité, habiendo realizado el análisis de las tesis titulada "Evaluación de partículas suspendidas y su impacto en salud de las vías respiratorias de la población escolar localizada en la zona suroeste de Ciudad Juárez, Chihuahua" que presenta la Ing. Imelda Olivas Armendáriz como requisito parcial para obtener el grado de Maestro en Ciencias de la Maestría en Ingeniería Ambiental y Ecosistemas de la Universidad de Ciudad Juárez, manifiestan que ha sido aprobada por:

Miembros del Sínoo:

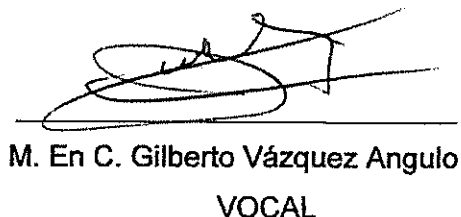


Dr. Victoriano Garza Almanza

PRESIDENTE



Dr. Jesús Armando Jiménez Gutiérrez  
SECRETARIO



M. En C. Gilberto Vázquez Angulo  
VOCAL

también un efecto retardado para el quinto día previo al evento entre la exposición y los signos y síntomas respiratorios. Se obtuvieron correlaciones estadísticamente significativas entre antecedentes personales y signos y síntomas respiratorios. Concluyendo que existe una fuerte asociación entre la exposición a  $PM_{10}$  y los signos y síntomas respiratorios, así como la disminución de la función pulmonar de los niños.

# 1. INTRODUCCIÓN

“La alteración del medio ambiente, resultante de las actividades humanas, es una de las principales preocupaciones de la sociedad actual, particularmente en el contexto de los efectos que la contaminación tiene sobre uno de los derechos indiscutibles del ser humano: la salud” Guadalupe Ponciano Rodríguez.

## 1.1 Contaminación atmosférica

La contaminación atmosférica determina la presencia en el aire de materias, sustancias sus combinaciones o compuestos, derivados químicos (orgánicos e inorgánicos) o biológicos, así como toda forma de energía que impliquen riesgo, daño o molestia grave a la salud del ser humano y bienes de cualquier naturaleza (Aránguez, 1999). Siempre ha existido contaminación atmosférica de origen natural (no antropogénica), por erupciones volcánicas, incendios, tormentas de arena, descomposición de la materia orgánica o polen, pero es a partir del descubrimiento del fuego por el hombre cuando aparece la contaminación atmosférica antropogénica, la cual llega a ser muy grave, causada por actividades del ser humano en las grandes ciudades industriales (Aránguez, op.cit.; Karma, op.cit.). Fue a partir de la revolución industrial y el uso masivo de combustibles fósiles como fuente de energía que la contaminación atmosférica ha cobrado gran importancia (Graedel, 1989).

Las fuentes de emisión de contaminantes atmosféricos de origen antropogénico pueden ser divididas en fuentes móviles causadas por el tránsito vehicular de los motores de combustión interna; y las fuentes fijas, como es el caso de las grandes fábricas que aisladas o en complejos industriales son las causantes principales de la contaminación atmosférica. Por lo anterior las fuentes de emisión pueden ser puntuales o zonales, puntuales como fábricas aisladas de gran caudal de emisión y zonales por ser una mezcla de fuentes fijas y móviles

de diferente entidad y agrupadas en el espacio, donde interactúan con la población que sufre los efectos de la contaminación (Ballester, 1995).

Sin embargo, las características estructurales y dinámicas de la atmósfera y las características morfológicas del terreno determinan la dispersión de los contaminantes en el espacio y su evolución temporal. La dispersión configura la diferente concentración de contaminantes en la atmósfera (inmisión) en la zona de influencia de la fuente emisora. La transformación química de los contaminantes conlleva la de otros nuevos no emitidos por la fuente directamente.

Aunque la vulnerabilidad individual depende de múltiples factores (ritmos de actividad, relación entre exposición en ambientes exteriores y ambientes interiores, etc.), se puede afirmar que los conocimientos de los valores de la concentración de contaminantes en el aire ambiente nos acerca al de la dosis a la que está expuesta la población posibilitando el estudio de sus efectos en la salud.

## **1.2 Principales contaminantes.**

Las principales sustancias consideradas como contaminantes atmosféricos se pueden clasificar en:

- a) Compuestos de azufre :  $\text{SO}_2$ ,  $\text{SO}_3$ ,  $\text{SO}_4^-$ .
- b) Compuestos de nitrógeno :  $\text{NO}$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{NO}_3^-$ .
- c) Compuestos orgánicos de carbono: hidrocarburos, cetonas, aldehídos,  $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$ .
- d) Compuestos halogenados:  $\text{HCl}$ ,  $\text{HF}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{F}^-$ .
- e) Metales pesados:  $\text{Cd}$ ,  $\text{Pb}$ ,  $\text{Zn}$ .

- f) Partículas en suspensión: Partículas Totales en Suspensión (PTS), Partículas de tamaño aerodinámico menor a 10mm ( $PM_{10}$ ), Partículas de tamaño aerodinámico menor a 2.5mm ( $PM_{2.5}$ ).
- g) Ozono

### **1.3 Contaminación en ambientes interiores**

Además de la contaminación atmosférica, se debe considerar también la contaminación en ambientes interiores, ya que hasta el momento, dada la actividad laboral y familiar el ser humano pasa alrededor de un 90% de su tiempo en dichos espacios. En los niveles socioeconómicos más bajos de la población es de conocimiento público que existen contaminantes en el interior de sus viviendas debido al uso de diversos materiales para la generación de energía calorífica. Entre los contaminantes de ambientes interiores se destacan: humo de tabaco; dióxido de nitrógeno producido por combustión de gas, keroseno; monóxido de carbono producido por la combustión incompleta de gas, keroseno, leña, carbón y cigarrillos; el gas natural; el suelo; agentes biológicos, como virus, bacterias, esporas de hongos y ácaros. La contaminación en ambientes interiores tiene efectos adversos en la salud del ser humano como: aumentar la susceptibilidad a infecciones respiratorias (asma bronquitis), disminución de la función pulmonar, alteración en la oxigenación del cuerpo humano, cáncer pulmonar, y enfermedades infecciosas.

### **1.4 Partículas en Suspensión**

El término “partículas en suspensión” nos remite a una gran cantidad de sustancias de distinta naturaleza química (orgánicas e inorgánicas) y física, las cuales pueden ser sólidas o líquidas de diversos diámetros y se encuentran dispersas en el aire. Se originan de una serie de fuentes móviles y fijas (naturales y artificiales). La definición de partículas se suele establecer en términos de la función de penetración y depósito de las mismas en las diferentes

divisiones del aparato respiratorio. En este sentido, la clasificación de partículas en suspensión puede darse de acuerdo a la penetración de estas en el aparato respiratorio. Las partículas de mayor diámetro se depositan en la región extratorácica, las de diámetro intermedio se depositan en la región traqueobronquial, y las partículas de menor diámetro en las divisiones más profundas del pulmón, afectando las regiones bronquial y alveolar . Otra clasificación de partículas en suspensión es la referente a las formas de medirlas como PTS, PM<sub>10</sub> y como PM<sub>2.5</sub>. Donde las partículas totales en suspensión se obtiene midiendo las partículas con diámetros mayores, las cuales pueden llegar a tener hasta un diámetro de 45µm, tienden a caer rápidamente cerca de la fuente que las produce; PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub> se refiere a la medición de partículas que pasan a través de un orificio de entrada calibrado con un rendimiento de separación de 50% para un diámetro aerodinámico de 10 µm o 2.5 µm respectivamente. En este caso tenemos partículas que por su peso permanecen suspendidas durante horas o días (Aránguez, 1999).

La composición de las partículas suspendidas es diversa de acuerdo a las fuentes locales, pero, en general, se trata de material soluble en agua como el sulfato de amonio, una compleja mezcla de hollín, cenizas, polvo, polen, moho y material insoluble conteniendo pequeñas cantidades de hierro, plomo, y manganeso (Frontera XXI, 1997).

### **1.5 La contaminación atmosférica favorece la aparición de enfermedades respiratorias**

La contaminación atmosférica en zonas urbanas ha sido relacionada con los efectos en la salud de la población expuesta en muchos estudios en la segunda mitad del pasado siglo, sobre todo a partir de los casos muy estudiados en la epidemiología ambiental ocurridos en los países industrializados. Entre los más sobresalientes están lo ocurrido en el Valle de Mosa (Bélgica) en 1930, en

Donora (Pennsylvania, EEUU) en 1948, y el de Londres en el año 1952. Estos sucesos condujeron a la búsqueda de una regulación de los límites permisibles de la concentraciones de contaminantes atmosféricos. Con la intención de abatir tanto los índices de contaminación como los procesos de caracteres distintivos que permiten definir las enfermedades, en especial respiratorios, que afectan a la población en general (Eschenbacher, 1995; Karma, op. cit.).

En dichos estudios se registra que en la población infantil se aumentaron los padecimientos respiratorios (infecciones que van desde la nariz hasta los bronquios) como el asma. Este suceso, se atribuye tanto a características fisiológicas como a la contaminación atmosférica. El primer factor fisiológico, es el período del ciclo vital posnatal durante el cual los pulmones del niño completan su desarrollo. Éste puede alcanzar de 6 a 8 años. Ello los hace más vulnerables a los contaminantes atmosféricos. Otro factor importante son los antecedentes heredo familiares: algunos individuos son más susceptibles a los alergenos y los contaminantes atmosféricos que otros (salud pública, 2000). Cuando estos dos factores se combinan, la exposición a los contaminantes tiene un impacto en la salud importante. Así un sistema respiratorio en desarrollo expuesto a estos factores se vera afectado, entre otros, por la disminución de su función pulmonar. Lo anterior es comprensible ya que las personas que son más propensas a sufrir problemas graves de salud debido a la contaminación atmosférica por partículas respirables son las personas que padecen enfermedades cardiacas o respiratorias; personas con problemas respiratorios como asma o enfisema; mujeres embarazadas; personas que trabajan al aire libre; niños menores de 15 años, cuyos pulmones todavía se están desarrollando; ancianos cuyos sistema inmunes son más débiles; y atletas que ejercitan enérgicamente al aire libre.

Sumado a lo anterior los niveles altos de contaminación por partículas menores o iguales a  $10\mu\text{m}$  pueden causar problemas de salud inmediatos como es: agravar enfermedades cardiovasculares y respiratorias, producir más estrés al corazón y los pulmones que deben trabajar más para suministrar oxígeno al cuerpo, dañar las células del sistema respiratorio, así como, la exposición prolongada al aire contaminado puede tener efectos permanentes a la salud como: envejecimiento acelerado de los pulmones y pérdida de la capacidad pulmonar; menor función pulmonar; desarrollo de enfermedades como asma, bronquitis, enfisema, y posiblemente cáncer; acortamiento de la vida. Lo anterior debido a la inhalación de partículas, ya que al ser inhaladas estas durante exposiciones breves, la nariz y la faringe en sujetos sanos en reposo las extraen casi por completo, no así aquellos con problemas respiratorios y cuyos pulmones aun están en desarrollo en cuyo caso pueden depositarse las partículas en las vías respiratorias superiores e incluso llegar hasta las vías respiratorias inferiores causando así los problemas respiratorios anteriormente mencionados (Karma, op. cit.; Gentile, 2000).

### **1.6 Pruebas de función pulmonar**

Las pruebas de función pulmonar son una serie de parámetros cuyo objetivo es conocer con exactitud el comportamiento broncopulmonar, constituyéndose en un estudio básico para diagnóstico, seguimiento y evaluación del tratamiento en pacientes con enfermedad respiratoria (Agustí, 1995).

Existen diferentes pruebas de función pulmonar como son la espirometría, la cual nos ofrece: intensidad de la ventilación, estado de la mecánica ventilatoria, flujos máximos en una unidad de tiempo, estimado del consumo de oxígeno por minuto, y variaciones funcionales bajo la influencia de fármacos, y esfuerzos físicos; la flujometría donde se obtienen el mayor flujo de una espiración forzada luego de realizar una inspiración máxima, y la variabilidad de la función pulmonar

a lo largo del día y en días sucesivos; y por último las pruebas de provocación bronquial inespecíficas, pueden utilizar el ejercicio, agentes químicos como la metacolina, agentes físicos como el aire frío y seco (Arístides, 2000; Karma. Op.cit.).

La segunda prueba de función pulmonar, en algunas ocasiones puede encontrarse como FEF (Flujo Espiratorio Forzado), FEM (flujo espiratorio máximo) o PEFr (Pico espiratorio forzado). También se le denomina en algunos trabajos como pico flujo, peak flow o ápice de flujo (Agustí, op.cit.).

Visto que el FEM es un solo valor de los muchos que se pueden obtener en una espirometría, resulta obvio decir que la medición del FEM nunca debe sustituir a la realización de la espirometría.

El FEM se expresa en litros por minuto (o como porcentaje del valor de referencia) cuando se utiliza un medidor de FEM (Flujómetro).

El flujómetro es un instrumento especial que sirve para medir el FEM. Sólo mide este parámetro. El primer medidor (el clásico mini-Wright) fue comercializado en 1978, y ha gozado de una gran aceptación, debido a su manejabilidad, facilidad de uso (desde los 4 años), su tamaño que permite sea transportable a cualquier lugar, y por su aceptable fiabilidad (Karma, op.cit; Agustí, op.cit.).

Existen varios medidores FEM homologados, es decir, que entre ellos y los valores obtenidos de las espirometrías guardan una correlación aceptable. Es importante no utilizar cualquier flujómetro, ya que debe de cumplir con los criterios aceptados por la American Thoracic Society (ATS) (Garza, 1999).

## 1.7 Vías áreas

Las vías áreas se dividen en dos porciones separadas por el borde inferior del cartílago cricoides: superiores e inferiores (Agustí, 1995).

Las vías áreas superiores están formadas por nariz, la faringe, la laringe. Las principales funciones del tracto respiratorio superior son la conducción, la purificación, la humidificación y el calentamiento del aire inspirado.

**Conducción.** Transporte del aire inspirado hacia el tracto respiratorio inferior.

**Purificación.** Mecanismo de defensa que tiene lugar en la nariz mediante células secretoras (sustancias con propiedad bactericida) y órganos pilosos (que ayudan a retener el polvo y otras partículas).

**Humidificación.** El aire inspirado se humidifica hasta el 95%.

**Calefacción.** En ocasiones el aire inspirado (frío) puede ser un agresor físico externo. La gran vascularización de la nariz permite calentar el aire a temperatura corporal (37°C), evitando esta circunstancia.

Las vías áreas inferiores se originan en la tráquea. La traquea se bifurca y forma los bronquios principales derecho e izquierdo; cada uno se introduce en el pulmón y se divide sucesivamente hasta un número no inferior a 23 generaciones que terminan en los sacos alveolares. Se consideran bronquiolos las generaciones.

El tracto respiratorio inferior tiene como principales funciones la conducción del aire y, en pequeña medida, el intercambio gaseoso.

## **1.8 Epidemiología de las enfermedades respiratorias**

Las enfermedades respiratorias son una de las causas más importantes de mortalidad en el mundo. Aunque se reconoce que las infecciones respiratorias y gastrointestinales se presentan con mayor frecuencia en los países emergentes, todos los grupos de población pueden verse involucrados independientemente de su nivel socioeconómico, aunque con mayor frecuencia son afectados la población pediátrica, y ancianos (Sada, op. Cit., Segura, op.cit.). En 1995 las enfermedades del aparato respiratorio en México constituyeron el 17.1% de las hospitalizaciones y la mortalidad atribuibles a enfermedades respiratorias registraron una tasa de 23.7 por cada 100,000 habitantes (OPS, 2001; La Salud en las Américas, 1998). Las enfermedades respiratorias no tienen predilección por el género y se presentan con mayor frecuencia en los meses fríos del año, asociada a cambios bruscos de temperatura. Se han identificado factores de riesgo específicos como son el hacinamiento, la contaminación del aire en interiores y exteriores y la contaminación atmosférica. Esto indudablemente explica la mayor incidencia de infecciones respiratorias en áreas urbanas. Otras condiciones ambientales como la contaminación es un factor de riesgo importante relacionado con las enfermedades respiratorias infantiles; los niveles altos de contaminación no sólo se asocian a una mayor incidencia de infecciones respiratorias sino también se asocian con una mayor mortalidad. Este factor de riesgo puede ser la causa de las diferencias observadas entre niños de zonas urbanas y rurales. En este caso no sólo la contaminación atmosférica por la industria, calles sin pavimentar o los automóviles es importante; también la inhalación pasiva del humo del tabaco puede contribuir a una mayor frecuencia de infecciones respiratorias. Por otra parte existen otros factores que favorecen en general la mayor frecuencia de infecciones de las vías respiratorias como son el estado nutricional de los niños y la alimentación al seno materno, ya que los niños con desnutrición y los que no fueron alimentados

con el seno materno son más susceptibles a diversas enfermedades infecciosas incluyendo las respiratorias.

### **1.9 Epidemiología del FEM**

El FEM es un parámetro dentro del conjunto de los valores que son posibles obtener de la función pulmonar. El FEM se obtiene de una maniobra espiratoria forzada partiendo de una inspiración máxima (igual que en espirometría), con la diferencia que la maniobra no tiene por qué ser prolongada, pues para el FEM no se precisa la rama descendente de la curva espirométrica. En los últimos años se ha puesto una especial atención a la disminución de la función respiratoria, atribuible tanto a características fisiológicas como a la contaminación atmosférica (Tres Guerres, op. Cit.).

Cuando se detecta una disminución del FEM es recomendable llevar un control de éste y estimar su variabilidad y así diagnosticar mejor el comportamiento de las condiciones pulmonares (Houssay, 2000), confirmar el diagnóstico de asma y diferenciarla de otras enfermedades obstructivas crónicas.; valorar el grado de severidad y su evolución a lo largo del tratamiento; cuantificar el grado de reversibilidad de la obstrucción y orientar a un tratamiento farmacológico más racional.. El diagnóstico puede ser sano, no presentar variabilidad (< 20%); presentar problemas respiratorios moderados, los cuales ya le dificultan realizar ciertas tareas (20-30%); y problemas respiratorios graves, indican una crisis de una enfermedad de la vías respiratorias inferiores, limitando la actividad física, dificultad para respirar e incluso llegar a causar la muerte(>30%).

### **1.10 Estudios en grandes ciudades con problemas de contaminación**

En los últimos años, después de los episodios catastróficos de contaminación antes referidos, se realizaron estudios , la mayor parte auspiciados por la organización Mundial de la Salud (OMS), con el fin de determinar los posibles

efectos de la contaminación ambiental sobre la salud y poder contar con información adecuada que orientara el establecimiento de límites permisibles seguros.

En una revisión realizada por Holland (Ballester, op.cit.) se concluía que los aumentos a corto plazo en la mortalidad debidos a contaminación ambiental empezaba a manifestarse cuando las concentraciones de partículas en suspensión, medidas por el método del humo normalizado (British Smoke), superaba los  $500\mu\text{g}/\text{m}^3$  como media diaria, con la presencia simultánea de concentraciones de dióxido de azufre( $\text{SO}_2$ ) de alrededor de  $700\mu\text{g}/\text{m}^3$ . análogamente, la OMS estableció valores guías de  $500\mu\text{g}/\text{m}^3$  para cada uno de estos contaminantes como niveles, a partir de los cuales podría presentarse un exceso de muerte entre las personas mayores, infantes o los enfermos crónicos. A principios de los ochenta, Loewenstein, Bourdel y Bertin realizaron un estudio en el cual se analizó la relación de la contaminación ambiental y la mortalidad junto con las condiciones meteorológicas en la ciudad de Paris (Loewenstein, 1983). Utilizando métodos de análisis de series de tiempo y correlación cruzada, los autores obtuvieron asociaciones significativas entre los niveles de contaminación ambiental, factores metereológicos y la mortalidad, la cual no aparece a niveles inferiores a  $300\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

De igual forma en la ciudad de Atenas, se han realizado estudios sobre la mortalidad diaria y su relación con la contaminación ambiental. Controlando los posibles factores de confusión como: temperatura, humedad, estación del año, variación mensual, día de la semana, período de vacaciones, y utilizando la regresión lineal múltiple los autores concluyen que en el caso de las partículas en suspensión, media geométrica de  $56.6\mu\text{g}/\text{m}^3$ , la asociación no es estadísticamente significativa (Ballester, op.cit.).

La disminución de los niveles de contaminación ambiental en los países de industrialización avanzada y el desarrollo de nuevas técnicas de análisis estadístico, ha llevado a los investigadores a estudiar la relación entre contaminación ambiental y salud a niveles de contaminación inferiores a los tradicionalmente considerados de riesgo (estándares, valores límites), tanto en síntomas respiratorios como con la mortalidad.

Dentro de este último grupo de estudio, destacan los realizados por Joel Schwartz y otros investigadores, utilizando el análisis gráfico y diferentes modelos para análisis multivariante como las series temporales y la regresión de Poisson. Así, retomando datos históricos, aborda, junto con Marcus, el estudio de la relación entre contaminación ambiental y mortalidad en Londres durante los inviernos de 1958 a 1972.(Schwartz, 1990). Los autores encuentran una relación altamente significativa entre la mortalidad y las partículas en suspensión, con niveles medios para partículas en suspensión, de  $536\mu\text{g}/\text{m}^3$  en 1958 y  $59\mu\text{g}/\text{m}^3$  en 1971. Los análisis gráficos muestran una relación curvilínea con ausencia de umbral y una curva exposición-respuesta más brusca para los niveles más bajos de contaminación.

El mismo autor, junto con distintos investigadores, busca reproducir estos hallazgos en los Estados Unidos, con datos más recientes. Sin embargo, existen algunos problemas en la comparabilidad de los resultados, debido a los métodos de determinación de partículas-total de partículas en suspensión (PST) o partículas con diámetro inferior a 10 micras( $\text{PM}_{10}$ ), y en la información sobre la contaminación ambiental relativa a cada día, ya que en EE.UU. las partículas eran muestreadas, de manera generalizada, únicamente cada 6 días(Schwartz, 1991). A pesar de lo anterior, en algunas ciudades se disponía de medidas diarias de contaminación.

En estos estudios Schwartz y Dockery (Schwartz, 1992) encuentran una asociación estadísticamente significativa entre el número diarias de muertes y los niveles de partículas totales en suspensión, aun a pesar del reducido tamaño de la población. El análisis se realiza utilizando el modelo de regresión de Poisson y se controla por estación del año y temperatura. Se realizo otro estudio en Utah (EE.UU.) (Pope, 1992). En él se valora la asociación entre la mortalidad diaria y los niveles de partículas respirables ( $PM_{10}$ ) entre 1985 y 1989, encontrando también una asociación positiva. Esta asociación es mayor cuando se utiliza como variable indicadora de contaminación ambiental la media móvil de los niveles de  $PM_{10}$  de 5 días, incluyendo el día concurrente y los 4 anteriores. Otros de los estudios realizados por Schwartz en Birmingham, Alabama (EE.UU.) (Schwartz, 1993). Utilizando, nuevamente, el modelo de regresión de Poisson, encuentra una asociación significativa entre partículas inhalables ( $PM_{10}$ ) y mortalidad diaria. El riesgo relativo(RR) estimado en el estudio fue igual a 1.11 (Intervalo de Confianza (IC) al 95% 1.02-1.20), por incremento de  $100\mu\text{g}/\text{m}^3$  de partículas inhalables., la asociación no cambió cuando se excluyeron del análisis todos los días con niveles de contaminación atmosférica por partículas inhalables por encima de los estándares estadounidenses ( $PM_{10} = 150\mu/\text{m}^3$ ).

El estudio realizado por Vedal, Schenker, Muñoz, Samet, Batterman y Speizer en Chestnut Ridge (EE.UU.) fue para asociar los efectos agudos en la salud respiratoria con la contaminación ambiental debido a la combustión del carbón, un subgrupo de una escuela primaria fueron seleccionados y observados durante ocho meses. Los niños fueron seleccionados y se obtuvieron tres grupos: uno con síntomas respiratorios, otro con síntomas con dificultad para respirar, y por último uno que presentaba tos o flema pero sin dificultad para respirar. Los padres diariamente anotaron los síntomas que pudieran terminar en una enfermedad respiratoria superior(URI) y una enfermedad respiratoria

inferior(LRI) así como los síntomas derivados de la dificultad para respirar. El índice del flujo espiratorio máximo (FEM) fue medido diariamente por nueve semanas consecutivas durante los ocho meses que duró el estudio. Las concentraciones de dióxido de sulfuro, dióxido de nitrógeno, ozono, el coeficiente de la neblina por un período de 24 horas, y la temperatura fueron correlacionadas con URI, LRI, dificultad para respirar, y el FEM, utilizando un modelo de regresión múltiple ajustado para la presencia de enfermedad o el nivel del FEM del día anterior. La enfermedad respiratoria del día anterior fue el más importante predictor de la presencia de la enfermedad. El descenso de la temperatura se asoció con el incremento de URI y LRI pero no con el incremento de la dificultad para respirar o con el decremento del nivel de FEM. Ningún contaminante fue fuertemente asociado con las enfermedades respiratorias o con el nivel de FEM. Las concentraciones observadas de los contaminantes atmosféricos fueron menores que los estándares de calidad del aire vigentes (Vedal, 1987).

Uno mas de los estudios realizados por Steerenberg, Nierkens y otros investigadores en Utrecht (EE.UU.) fue para asociar los contaminantes atmosféricos (óxido de nitrógeno, dióxido de nitrógeno, monóxido de carbono, y partículas) y síntomas respiratorios. Ochenta y dos niños de una escuela primaria fueron seleccionados. Con una media del nivel de partículas de  $53\mu\text{g}/\text{m}^3$ . El FEM fue asociado con los niveles de partículas con diámetro menor a 10 micras. Obteniéndose que con un incremento de la contaminación atmosférica decrece la función pulmonar.

En España otro grupo de investigadores realizaron estudios similares. Así en diversas ciudades españolas, El Estudio Multicéntrico Español sobre la relación entre la Contaminación Atmosférica y la Mortalidad (EMECAM), por medio de un análisis de series de tiempos, construyendo modelos de regresión autoregresiva

de Poisson controlando por tendencia estacionalidad, temperatura, humedad, gripe, y eventos inusuales. Se obtiene una relación estadísticamente significativa en la ciudad de Huelva entre mortalidad y las partículas (PM<sub>10</sub>) para el semestre frío (RR<sub>10µg/m<sup>3</sup></sub> : 1.0358; IC95%: 1.007-1.0722). Se halló una asociación significativa para la mortalidad por enfermedades respiratorias con la partículas (PM<sub>10</sub>) en el semestre frío (RR<sub>10µg/m<sup>3</sup></sub>: 1.1412; IC95%: 1.0300-1.2644) (Daponte, op.cit.).

Otro de los estudios realizados por Ballester, Tenías y Pérez (Ballester, op.cit.). En el cual se analizaron tres estudios multicéntricos europeos donde se estudiaron los efectos agudos de la contaminación ambiental causada por partículas, SO<sub>2</sub> y NO<sub>2</sub> en la salud respiratoria de 2010 niños repartidos en 28 paneles de otras tantas localidades europeas. Los efectos agudos de las partículas y SO<sub>2</sub> se examinaron en relación con los cambios diarios de mortalidad, en relación con ingresos y urgencias Hospitalarias, con exacerbaciones de enfermedades en grupos sensibles de sujetos, o con cambios temporales del funcionalismo pulmonar entre niños o adultos. En función a lo anterior de las observaciones hechas para niveles promedios de 24 horas, se muestran en la tabla I.

Niveles promedio de 24 horas de mezclas de contaminación atmosférica conteniendo SO<sub>2</sub> y partículas en suspensión por encima de los cuales se pueden esperar efectos agudos sobre la salud humana .

Sin embargo, un importante número de estudios ha puesto en cuestión los criterios mencionados. En los cuales se informa la asociación de los niveles de contaminación ambiental con efectos sobre la salud, incluso por debajo de los estándares considerados como seguros por las agencias internacionales. Y hacen mención a la posibilidad que las partículas en suspensión, desempeñan un papel importante en el desarrollo de enfermedades crónicas y se informa la

**Tabla I. Niveles promedios de 24 horas de partículas suspendidas y su efecto en la salud.**

Partículas ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) (método de determinación)	Efectos sobre la salud	Grado de clasificación de los efectos
200 (gravimetría, PTS)	Disminución ligera y transitoria de la función pulmonar en niños y adultos que pueden durar unas 2-4 semanas	Moderados
250 (humos negros)	Aumento de la morbilidad respiratoria	Moderados
400 (humos negros)	Mayor incremento en la morbilidad respiratoria	Graves
500 (humos negros)	Aumento de la mortalidad entre los ancianos y los enfermos crónicos	Graves

Fuente: Ballester, 1999

existencia de asociación entre los niveles de partículas y una disminución del funcionalismo pulmonar. Por otro lado, el riesgo de morir en las ciudades más contaminadas fue de un 26% más alto comparado con las menos contaminadas.

En Latinoamérica también se han realizado diversos estudios como es el caso de emergencias por enfermedades pediátricas respiratorias en Sao Paulo (Brasil). Diariamente se registraron las visitas a emergencia por el Instituto de niños de la Universidad de Sao Paulo durante el periodo de mayo de 1991 a abril de 1993 (Lin, op.cit.). las visitas fueron clasificadas por causas respiratorias y causas no respiratorias. Las visitas por causas respiratorias a su vez fueron divididas en tres categorías: enfermedad respiratoria superior, enfermedad respiratoria inferior, y dificultad para respirar. Diariamente se registraron las concentraciones de contaminantes atmosféricos entre ellos las partículas menores a 10 micras proporcionadas por la Agencia estatal controladora de la contaminación atmosférica de Sao Paulo. Fueron observadas significativas

asociaciones entre visitas a emergencias por enfermedad respiratoria y la contaminación ambiental observada. La asociación más fuertemente observada fue con las  $PM_{10}$  (LRI =0.25,  $P<0.0001$ ; URI = 0.24,  $P<0.0001$ ; dificultad para respirar =0.11,  $P,0.001$ ). Estas asociaciones fueron fijas a través de especificaciones con un modelo diferente y controlando las variables. Un incremento en las visitas a emergencia por enfermedad respiratoria fue observada (más de un 20%) en los días de mayor contaminación.

Otro estudio realizado en esa misma ciudad por Abrantes y otros investigadores (Abrantes, 1999), fue para evaluar la importancia de y la correlación entre los factores climatológicos (temperatura, y humedad relativa del aire) y los contaminantes atmosféricos (partículas, dióxido de sulfuro y monóxido de carbono), en los niños atendidos en el Departamento de Urgencias del Hospital Profesor Edmundo Vasconcelos entre enero y junio de 1998. Se evaluó a un total de 4,315 niños. La distribución del número de niños por día fue comparada con una base diaria con los datos proporcionados por la Compañía de Tecnología de Saneamiento Ambiental (CETESB), con métodos simples y múltiples de regresión lineal. La asociación entre temperatura mínima y concentración de partículas explica cerca de un tercio (32%) de las enfermedades respiratorias en esta población.

En la ciudad de Santiago (Chile) se han llevado a cabo diversos estudios. Uno de ellos es el realizado por la Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA) y la Universidad de Harvard, Estados Unidos (salud publica, op.cit.), demostró que los niveles de contaminación ambiental y domiciliaria elevados han comenzado a producir efectos adversos sobre la salud de los niños. Los investigadores manifestaron su preocupación por la elevada concentración de partículas finas respiradas por los menores, formadas por polvo, humo u emisiones de diesel que suspenden en el aire. La investigación se realizó entre

niños de los colegios de la ciudad y en tres niveles diferentes: personal (cada menor), intramuros (en el interior del hogar) y extramuros (fuera de la casa). Los niveles de partículas finas respirables (conocidas como  $PM_{2.5}$ ) detectados en el entorno inmediato de los niños llegaron al nivel de  $69.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , sobrepasando la norma estadounidense que señala como límite una concentración de  $65 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Además, los índices medidos en el interior de los domicilios indican que la contaminación alcanza los  $68.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , y en el ambiente externo, llegan a  $68 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Un artículo publicado en la ciudad de Santiago (Díaz, op.cit.) menciona que cuando las concentraciones de material particulado ( $PM_{10}$ ) llegan a  $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , se decreta preemergencia ambiental, pero al mismo tiempo aumentan en un 4.2% los menores entre 0 y 14 años enfermos por problemas respiratorios agudos. Al mismo tiempo señala que el seguimiento de el año 1999 a consultas realizadas por lo centros de salud 57.44% fueron por enfermedades respiratorias en niños de 0 a 14 años. Concluye que en un estudio realizado por el Banco Mundial se obtuvo que al aumentar las partículas ( $PM_{10}$ ) en  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , el número de muertos por enfermedades respiratorias aumenta en tres personas.

Por otro lado, otra de las publicaciones realizadas en Santiago por Barrueto (Barrueto, 1995) hace mención a un estudio comparativo con escolares de Santiago y los Andes, en donde la principal diferencia era el grado de contaminación ambiental a que estaban expuestos, indica que existe mayor morbilidad en los niños de Santiago donde el grado de contaminación era superior.

En el poblado de Puchuncaví, Chile; se llevo a cabo una investigación de los efectos agudos de las partículas respirables y del dióxido de azufre sobre la salud respiratoria en 114 niños entre seis y doce años de edad residentes de

esta área industrial. 57 de los cuales tenían síntomas respiratorios crónicos y 57 asintomáticos. Durante 66 días se monitorearon diariamente la concentración de partículas suspendidas con diámetro menor o igual a 10 micras, el Flujo Espiratorio Máximo (FEM) y la incidencia de síntomas respiratorios; de tos, expectoración, sibilancias, disnea y uso de broncodilatadores. Se utilizó la metodología de ISSAC para la obtención de la información de los síntomas respiratorios. La asociación entre FEM y síntomas respiratorios con los niveles  $PM_{10}$  fue estimada por medio de modelos de regresión. En niños con antecedentes personales se observó que al aumentar  $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$  el nivel de  $PM_{10}$ , disminuía el FEM  $1.42\text{L}/\text{min}$ . En los niños asintomáticos la disminución del FEM fue de  $1.34 \text{L}/\text{min}$ . En los niños sintomáticos el aumento de la concentración de  $PM_{10}$  se asoció con el aumento de los síntomas respiratorios. La media de  $PM_{10}$  fue de  $57.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  con una desviación estándar de 29.9. concluyeron que la salud de las vías respiratorias de los niños de esta área se ve gravemente afectada por los altos niveles de concentración de  $PM_{10}$ . (Romieu, 1999)

En México también se han llevado a cabo estudios como es el caso de la ciudad de Mérida, Yucatán (Velásquez, op.cit.). Donde su objetivo fue relacionar la severidad clínica de la crisis asmática (enfermedad respiratoria inferior) con los valores de FEM. Se estudiaron pacientes con crisis asmática que acudieron a la consulta externa o al servicio de urgencias de la Unidad de medicina Rural 44 Samaria Tizimin. Se clasificó la severidad de las crisis asmáticas de acuerdo a los criterios de la Iniciativa Global para Asma en leve, moderada y severa. Todos los pacientes utilizaron un flujómetro marca Asses y se les realizó tres determinaciones de la flujometría más alta y se sacó un porcentaje de acuerdo a la escala de Godfrey. Se ingresaron al estudio 13 niños asmáticos con edad promedio de 5 años y una relación 1:1 respecto al sexo. Todos los niños obtuvieron un grado de severidad leve. No se observó una correlación entre la flujometría y los datos clínicos del paciente.

En la ciudad de México investigadores como Isabelle Romieu, Martha Maria Telles-Rojo, Marco Polo-Peña, entre otros realizaron un estudio para modelar la variabilidad en el número de consultas infantiles diarias por motivos respiratorios como consecuencia de los cambios diarios en los niveles de contaminación ambiental, observada en los servicios de urgencias y medicina familiar de un hospital del Instituto Mexicano del Seguro Social. Se estudio la correlación entre las enfermedades respiratorias inferiores y superiores con la exposición a ozono y bióxido de nitrógeno. Se utilizó la técnica de regresión de Poisson para modelos de riesgo lineal y no lineal con períodos de latencia entre mediciones ambientales y consultas medicas de uno, dos y tres días previos a la consulta. Se observo un incremento del 9.9% en las consultas de urgencias por infecciones respiratorias superiores durante el invierno. Llegaron a la conclusión de que la exposición de menores de 15 años al ozono y bióxido de nitrógeno inciden significativamente en el número de consultas por motivos respiratorios.

Uno más de los estudios realizados en México en la Ciudad de Cuernavaca por Isabelle Romieu, María Tatto Cano, Luz Elena Sanín Aguirre, Víctor Gonzalez, y Silvia Ruiz Velasco para comprobar la prevalencia del asma y otras enfermedades alérgicas en escolares de 6 a 8 años y de 11 a 14 años. Se aplicó la metodología propuesta por el international Study of Asthma and Allergies en Childhood. La información se obtuvo por medio de un cuestionario estandarizado contestado por los padres de los niños. Se obtuvo un 5.8%(5.2-6.4) y 21.8%(20.7-22.9) de sibilancias respectivamente; la presencia de sibilancias en el último año de realizado el estudio fue de 8.9% y 6.6%,  $p < 0.001$ . Los síntomas severos del asma fueron significativamente superiores en el grupo de 6 a 8 años en los meses de otoño.

El estudio realizado en Ciudad Juárez por Albino Barraza, Luz Elena Sanín, Martha Téllez, Marina Lacasaña e Isabelle Romieu en el cual el objetivo y metodología utilizada fue similar al realizado en la Ciudad de Cuernavaca

mencionado con anterioridad. Los resultados obtenidos para sibilancias fue de 6.8%(IC95% 6.2-7.4) para el grupo de 6 a 8 años y de un 20%(IC95% 19.7-21.8) para el grupo de 11 a 14 años. La presencia de sibilancias en el último año de realizado el estudio fue superior en el primer grupo de 9.7% y 5.8% ( $p < 0.001$ ) para el segundo. Los síntomas severos del asma fueron significativamente superiores en el grupo de 6 a 8 años en los meses de otoño. Se concluyó que la presencia de rinitis alérgica, enfermedad crónica más común de las vías superiores, fue alta de 5% (IC95% 4.5-5.6).

Un estudio más realizado en Ciudad Juárez por la Dra. Romieu fue con el objetivo de relacionar las concentraciones de  $PM_{10}$  con el número de consultas al servicio de urgencias por padecimiento respiratorio grave y asma en infantes menores de 15 años. Durante el tiempo de referencia (1998-1999) la media de  $PM_{10}$  fue de  $34.46 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . El aumento de  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de  $PM_{10}$  se asoció con un incremento de 4.97% en las consultas por asma con un período de latencia de cinco días y con un incremento de 9% a la exposición acumulada de 5 días. El aumento de 2.95% en enfermedades respiratorias superiores fue relacionado con un incremento de  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de  $PM_{10}$ . Concluyendo que se encontraron asociaciones significativas entre las concentraciones de  $PM_{10}$  y la cantidad de consultas por asma y enfermedades respiratorias. Aún y que la concentración de partículas suspendidas no excediera los límites permisibles de la norma mexicana para este contaminante.

### **1.11 Marco legislativo.**

En México, la vigilancia de la contaminación atmosférica inicia su sistematización a finales de los 60. En 1971 se promulgó la Ley para Prevenir y Controlar la Contaminación ambiental (Garza, 1996).

En 1983, se establece un convenio entre México y los Estados Unidos sobre cooperación para la protección y mejoramiento del medio ambiente en la zona

fronteriza. El artículo II de ese acuerdo se refiere al abatimiento de la contaminación atmosférica en las ciudades fronterizas, de Ciudad Juárez y el Paso, Texas (Garza, op cit.; Figueroa, 1999).

Se promulga la Ley General del equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, posteriormente se publica el reglamento municipal de Ecología y Protección al ambiente (Cámara mexicana de la industria de la construcción, 1998).

A fines de 1977 la Dirección General de Saneamiento Atmosférico de la Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente de la Secretaría de Salubridad y Asistencia, desarrolló el Índice Metropolitano de la Calidad del Aire (IMECA).

La incorporación de México al Tratado de Libre Comercio llevó a la adecuación de nuestros criterios de calidad del aire exterior a las pautas estadounidenses. Esto hizo que el criterio para evaluar la calidad del aire en todo el territorio de la República Mexicana para la concentración de partículas menores de 10 micras se fijara en  $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , en 24 horas una vez al año y  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en una media aritmética anual (NOM-025-SSA1-1993, 1994).

Con el fin de proteger la salud de la población, la Norma Oficial Mexicana para calidad del aire en nuestro país establece una escala 0-500 IMECAS. Esto significa que el tramo de 0-100 como la norma mexicana anteriormente mencionada para  $\text{PM}_{10}$  establece  $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$  como un nivel de contaminación que en teoría no produce efectos en salud (Mejía, 2002).

Paralelamente al establecimiento de criterios de calidad del aire se han arbitrado medidas correctoras para reducir la emisión de contaminantes. Por ello, existe también un marco legislativo que limita emisiones de vehículos, define las características, calidades y condiciones de empleo de carburantes y

combustibles, limita las emisiones a la atmósfera de partículas procedentes de grandes instalaciones y las de incineración de residuos municipales.

#### Criterios para evaluar la calidad de aire en México.

IMECA	Condición	Efectos a la salud
0-100	Condición dentro de la norma	Situación favorable para la realización de todo tipo de actividades.
101-200	Condición no satisfactoria	Aumento de molestias en personas sensibles (molestias en los ojos, nariz y garganta).
201-300	Condición mala	Aumento de molestias e intolerancia relativa al ejercicio en personas con padecimientos respiratorios.
301-500	Condición muy mala	Aparición de diversos síntomas e intolerancia al ejercicio en la población (se agudizan los síntomas anteriores en personas sensibles y quienes fuman o padecen enfermedades crónicas).

Fuente: Sistema de Información Ambiental (SIMA), México.

## 2. DECLARACIÓN DE NECESIDAD

El estudio se realizó en la zona suroeste de Ciudad Juárez, en un territorio donde predominan calles sin pavimento, cerca de una cementera construída hace 30 años, con procesos productivos lejos de las normas de control ambiental y donde, además, opera una trituradora de piedra, que agrava la emisión de partículas e incrementa los niveles de riesgo.

Esta situación ha determinado que las enfermedades respiratorias bajas y altas se ubiquen entre los principales padecimientos, al punto de que en 1995, llegaron a representar la segunda causa de hospitalización de niños en edad escolar.

Una situación delicada, pero tan común y frecuente en los países latinoamericanos que nos ayuda a comprender la importancia reciente que organismos internacionales han dado a los problemas ambientales que ponen en peligro la salud de la población infantil de la mayor parte de las ciudades de países que muestran tasas aceleradas de urbanización y dificultades para enfrentar los riesgos que trae consigo la urbanización. Sobre todo cuando está montada sobre procesos de industrialización, tan intensos y extendidos como el que caracteriza a las ciudades fronterizas, entre las cuales, Ciudad Juárez representa un caso digno de ser estudiado.

Lo anterior ha preocupado a los funcionarios responsables de las áreas de salud, ambiente y desarrollo de los países de la región de las Américas, quienes, durante su reunión en Washington, D.C, en el año 1995, adoptaron una carta y la recomendaron como pauta para la acción futura en y entre los países de las Américas. En esta carta una de las prioridades fundamentales fue la relacionada con la ampliación y difusión de conocimientos científicos y técnicos para lo cual

recomendaron el establecimiento de vínculos y redes de investigación y comunicación en materia de salud ambiental (Conferencia panamericana sobre salud y ambiente en el desarrollo humano sostenible, 1995).

Además, durante la reunión del Consejo Consultivo de Expertos en Salud Infantil y Medio Ambiente y del Comité Consultivo Público Conjunto (CCPC) efectuada en marzo del 2002 en la Ciudad de México se discutió el programa de cooperación del proyecto de la Comisión para la Cooperación Ambiental de América del Norte. Fue una reunión cargada de temas relativos a los problemas ambientales comunes a las ciudades fronterizas; donde uno de los puntos que más atrajo la atención de los especialistas fue la necesidad de adoptar acciones preventivas que redujeran la exposición de los niños a los contaminantes ambientales, así como la necesidad de investigar y monitorear la calidad del medio ambiente que circunda a estas poblaciones tan vulnerables (Comisión para la Cooperación Ambiental de América del Norte, 2002).

### 3. PROBLEMA

La población residente de la zona suroeste de Ciudad Juárez, se encuentra afectada por contaminantes atmosféricos, los cuales son emanados de una mezcla de fuentes fijas y móviles de diferente entidad, tal es el caso de las calles sin pavimentar, la cementera, la trituradora de piedra, y el tránsito vehicular. Al dispersarse estos contaminantes en la atmósfera traen como consecuencia la contaminación del aire con partículas suspendidas, en las cuales se encuentran elementos como son: una mezcla de hollín y polvo (Bruce Ch, op. Cit).

La presencia de partículas suspendidas es un riesgo para la población en general, pero en especial para los niños, que al ser un segmento de la población con niveles fisiológicos altos de vulnerabilidad, y al exponerse al aire contaminado hay afectación de la función pulmonar (FEM) y puede motivar que se presenten enfermedades respiratorias superiores e inferiores del tipo de rinitis, bronquitis asmátiforme, enfermedad pulmonar obstructiva, otitis, cáncer broncogénico, entre otras (Mendoza, op.cit). El problema con las partículas suspendidas, menores o iguales a 10 micras, es que de acuerdo a su tamaño pueden permanecer suspendidas durante horas o días antes de caer en el suelo.

Todas las características anteriores, motivaron que esta investigación se enfocara a la evaluación de las partículas suspendidas ( $PM_{10}$ ) y su impacto en salud en enfermedades de las vías respiratorias de una población en edad escolar localizada en esa área de la Ciudad.

## **4. OBJETIVOS**

### **4.1 Objetivo General.**

Identificación del impacto de las partículas suspendidas en la atmósfera (PM<sub>10</sub>) en la salud de las vías respiratorias de la población en edad escolar localizada en la zona suroeste de Ciudad Juárez.

### **4.2 Objetivos particulares.**

- a) Identificar los factores de riesgo de la población escolar.
- b) Monitorear la función respiratoria, mediante la medición de el Flujo Espiratorio Máximo (FEM).
- c) Monitorear la contaminación del aire , mediante la medición de PM<sub>10</sub> y CO.
- d) Identificar la correlación entre: signos y síntomas respiratorios, variabilidad del FEM y PM10.

## 5. MÉTODOS

### 5.1 Características de la zona de estudio

La zona de estudio está localizada en la parte Suroeste de Ciudad Juárez, Chihuahua, México, en la frontera con los Estados Unidos de Norteamérica, sobre una altitud de mil 200 metros sobre el nivel del mar (IMIP, 2000; Municipio de Juárez, 2000).

La zona esta compuesta por seis áreas geoestadísticas básicas (Agebs)<sup>1</sup> del Instituto Nacional Estadística Geografía e Informática (INEGI). Cuenta con una población de 9,828 habitantes, de los cuales 933 son niñas y 975 niños con edades menores a 14 años (SCINCE, 2000).

De acuerdo a la clasificación de climas realizadas por Koeppen y modificado por García se clasifica por su humedad y temperatura como templado con verano cálido (BW KX). El clima es típico de las regiones áridas con mucho sol y temperaturas máximas en el verano hasta los 41.6°C y en el invierno temperaturas mínimas de -21.10°C. La precipitación media anual es de 217.2 mm, mientras que la temperatura media anual es de 17.4°C (Canizales,1999; Miranda, 2002).

La zona, está situada entre una industria cementera; una trituradora; un tiradero a cielo abierto, actualmente cerrado, y cuenta con calles sin pavimentar; por lo que el tránsito continuo de vehículos levanta diariamente toneladas de polvo y residuos biológicos. Además, durante la temporada de vientos aumenta la concentración de partículas suspendidas.

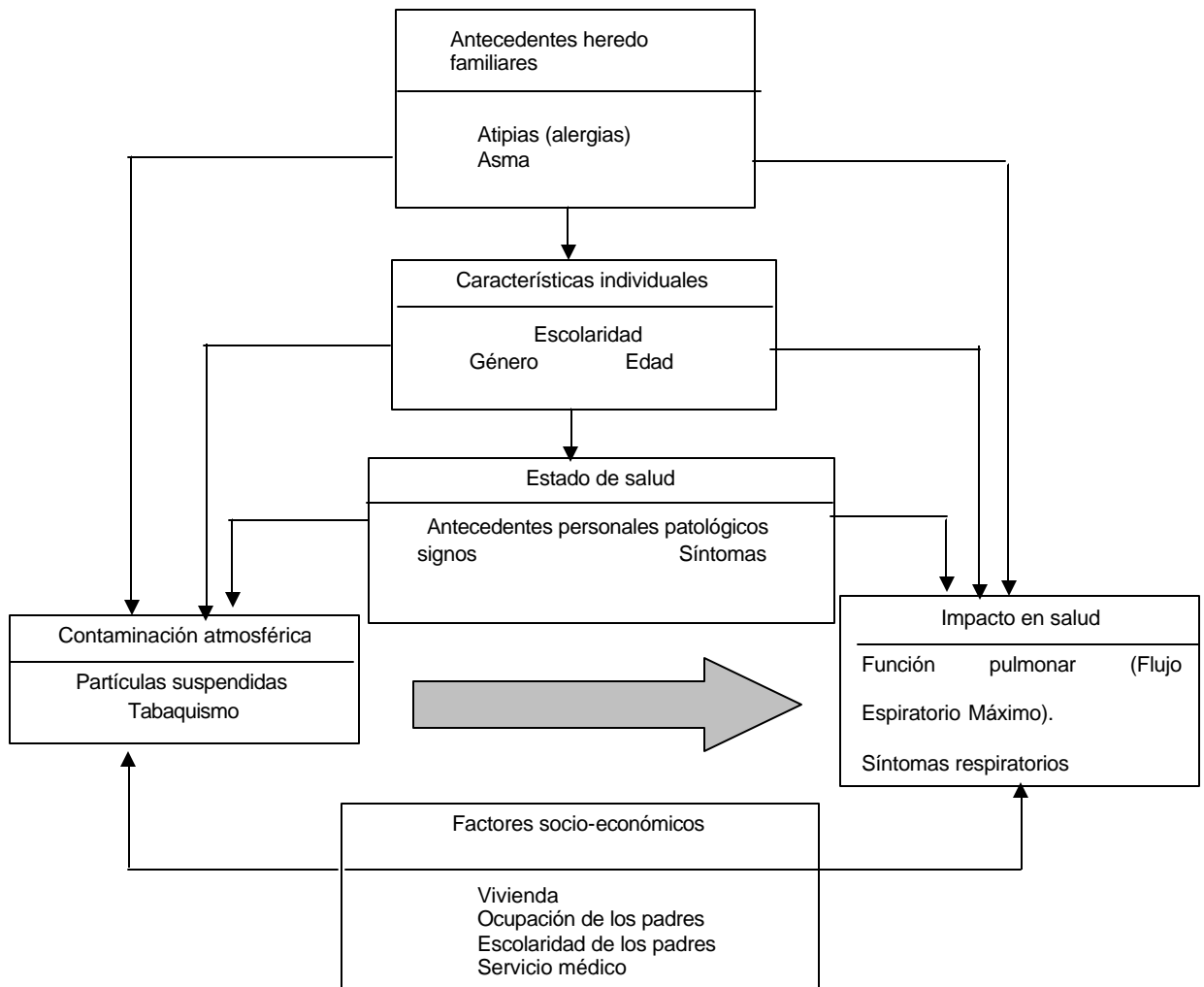
---

<sup>1</sup> Se trata de las identificadas con las claves: 188-0, 187-6, 231-9, 488-5, 511-6, y 556-3.

La selección de la zona urbana donde se llevó a cabo esta investigación fue resultado del aumento importante de pacientes con problemas respiratorios (40%) en la clínica de caridad el Espíritu Santo, ubicada al suroeste de la Ciudad y de un estudio previo, realizado por los doctores Charles W. Bruce, y Héctor Quevedo, quienes monitorearon la calidad del aire de cuatro áreas de nuestra ciudad, para elegir la que mostrara mayores índices de contaminación. Se midió, entre otros, la presencia de ozono, dióxido de nitrógeno, dióxido de azufre, monóxido de carbono y partículas suspendidas. En su reporte informan que la zona suroeste, próxima a la cementera, registró los mayores índices de partículas suspendidas. Sobre esta base se resolvió promover estudios que evaluarán el impacto en la salud de estos contaminantes, tomando como principal factor de riesgo la calidad del aire de esta zona ya señalada (Bruce Ch., 200; Mendoza, op. cit).

## **5.2 Marco conceptual**

Se determinó la relación jerárquica de los factores implicados en el estudio de acuerdo al modelo conceptual, formulado por Goldsmith, y adaptándola para el estudio (Ballester, op.cit.). En él se establecen relaciones complejas entre la contaminación atmosférica, antecedentes heredo familiares, antecedentes personales, factores socioeconómicos y el efecto en la salud del ser humano.



Fuente: Adaptada de Ballester, op. cit.

### 5.3 Metodología del trabajo de campo

#### 5.3.1 Selección de la población objetivo

Para seleccionar el segmento de la población, objeto de estudio, se tomaron en cuenta varios criterios, directamente asociados con la vulnerabilidad, antecedentes de enfermedades respiratorias, tiempo de riesgo y niveles de accesibilidad, que son resultado de los hábitos y patrones de comportamiento de

los diferentes grupos de la población residente en esta zona. Sobre estos criterios se determinó tomar como segmento de estudio el que integran los niños de seis a doce años, por ser el que conjugaba mayores niveles de vulnerabilidad, exposición y accesibilidad.

En cuanto a los niveles de vulnerabilidad, fisiológicamente está demostrado que los niños con edades entre seis y quince años son un grupo de alto riesgo, porque durante este período del ciclo vital, sus principales órganos respiratorios están en pleno desarrollo y ello los hace más propensos a ser afectados por agentes externos, como los contaminantes atmosféricos.

Por otro lado, el tiempo de exposición al riesgo evaluado en este grupo registra un nivel muy elevado, dado que la ubicación de sus escuelas, de los sitios donde practican sus juegos y sus domicilios están, en todos los casos, muy próximos a las fuentes emisoras. Sin duda se trata del segmento de la población que más tiempo pasa expuesto a las condiciones atmosféricas que caracterizan la zona bajo estudio.

### **5.3.2 Diseño del instrumento**

El diseño del instrumento que sirvió para evaluar la relación entre los índices de contaminación y los efectos en la salud del segmento de la población seleccionado por su elevada vulnerabilidad tomó como modelo la metodología utilizada por la International Study of Asthma and Allergies in Childhood (ISAAC) y la American Thoracic Society (ATS). A partir de estos se elaboraron tres cédulas de campo. La primera permite la selección clínica de los casos más propensos a reportar padecimientos respiratorios; en la segunda se registran los antecedentes heredo-familiares y personales y características socioeconómicas y en el tercero se registran los signos y síntomas respiratorios y, en particular, la mediciones del FEM. (apéndice E). Finalmente tales instrumentos se ajustaron a

las condiciones locales con base en la experiencia y estudios epidemiológicos realizados por los doctores Jim Vanderslice y San Juana Mendoza.

Para la aplicación correcta de las cédulas de campo, se contó con el apoyo de la Clínica del Espíritu Santo. En la cual se capacitaron a tres madres de familia voluntarias, se les instruyó sobre la función pulmonar, la toma correcta del FEM, y la aplicación adecuada de las cédulas de campo a la población objeto de estudio.

Para el tercer instrumento, se contó con el soporte de los padres de familia, ya que diariamente registraron los signos y síntomas respiratorios de los niños, que pudieran terminar en una enfermedad de las vías respiratorias.

### **5.3.3 Periodo de referencia**

La toma de mediciones del FEM y partículas suspendidas, así como la recopilación de cuestionarios consumió once meses, empezó el 11 de noviembre de 1997 y concluyó el 18 de octubre de 1998, en la escuela primaria Luis G. Inclan ubicada en la colonia Morelos al suroeste de Ciudad Juárez, Chihuahua.

### **5.3.4 Mediciones**

**Medición del Flujo Espiratorio Máximo (FEM).** Con el flujómetro Mini Wright infantil y adulto de acuerdo a los criterios aceptados por la American Thoracic Society (ATS); estando de pie, y previamente informados de la forma correcta de utilizar el flujómetro, se tomó el FEM tres veces a cada niño. Utilizando durante todo el periodo de referencia un flujómetro por niño.

**Monitoreo de partículas suspendidas y monóxido de carbono.** El monitoreo de partículas suspendidas y monóxido de carbono se realizó de acuerdo a la metodología establecida por la Environmental Protection Agency (EPA) de los

Estados Unidos. La estación de medición de partículas se ubicó en la Clínica del Espíritu Santo. Se utilizó una unidad de monitoreo ambiental automatizado (nefelómetro marca weather wizard III davis). Tomándose la medición de la clínica del Espíritu Santo como representativa de la comunidad, ya que se realizaron mediciones en el valle, al otro lado de la escuela, y los resultados fueron muy similares. Con dichas mediciones se obtuvo un promedio de 24 horas.

#### **5.4 Procesamiento de información y análisis estadístico**

Se utilizara el paquete estadístico EPI info 6 versión de los centros de control y prevención de enfermedades (CDC) de Estados Unidos y la Organización Mundial de la Salud Génova, Suiza para elaborar la base de datos y análisis descriptivos de: signos y síntomas del período de referencia, factores socio-económicos, antecedentes personales y heredo familiares.

En la determinación de la tasa de incidencia de signos y síntomas del período de referencia, lo cual consiste en calcular lo que Last llama “tasa de incidencia por persona-tiempo (I)” (Beaglehole, 1994), en el denominador se multiplicó el tamaño de la población en estudio por la longitud del período de referencia y el numerador se utilizo el número de personas que contraen la enfermedad en un período determinado. Utilizamos esta opción ya que el tamaño de la población permaneció estable durante el período de referencia.

La tasa de incidencia(I) se calcula de la siguiente forma:

$$I = \frac{\text{Número de personas que contraen la enfermedad en un período determinado}}{\text{Suma de los períodos durante los que cada persona de la población está expuesta al riesgo de enferma}}$$

Para la determinación de la tasa prevalencia (P), la cual es el número de casos de la misma población y en un momento dados, se calculó de la siguiente forma:

$$P = \frac{\text{Número de personas con la enfermedad o proceso en un momento determinado}}{\text{Número de personas de la población expuesta al riesgo en un momento determinado}} \times 100$$

Las definiciones operacionales, conceptuales y tipo de variables utilizadas se encuentran resumidas en el apéndice C.<sup>2</sup>

Para el Flujo Espiratorio Máximo (FEM) se seleccionó la medición mayor de las tres. Una vez seleccionado el FEM se calcularon las variabilidades del mismo, de acuerdo a:

$$\frac{\text{Valor mejor personal} - \text{valor menor actual}}{\text{Valor mejor personal}} \times 100$$

Estos porcentajes se utilizaron para definir la variabilidad del FEM como:

Variabilidad menor del 20%	Normal no hay variabilidad
Variabilidad entre 20 y 30%	Problemas respiratorios moderados
Variabilidad mayor a 30%	Problemas respiratorios graves

---

<sup>2</sup> La clasificación o especificación de las variables se realizó con las escalas: Cualitativas que pueden ser nominal, ordinal o binomial (dicotómica) y cuantitativas que pueden ser continuas o discretas.

El resto del análisis estadístico de los datos se realizó con el programa SPSS for windows, así como las correlaciones de Pearson y Spearman's rho. Precedente a el análisis de los datos se obtuvo una proporción de los días que violaron la norma de partículas del día corriente y los cinco días anteriores de acuerdo a:  
Proporción =  $\frac{\text{Números de días que violaron la norma}}{\text{número total de días en que se llevaron a cabo las mediciones}}$ .

## 6. RESULTADOS

La muestra se conformó con 68 niñas y 53 niños, cuyas edades variaban de 6 años dos meses a 13 años y medio, con grados de instrucción de primero a sexto grado de primaria.

### 6.1 Factores Sociodemográficos y condiciones de vida

En cuanto a la escolaridad de los padres se observó que la tasa de quienes no habían recibido instrucción, entre los padres era 1.9% y entre las madres de 3.7%. En el caso de educación básica los padres de nuevo mostraron tasas inferiores, con 80.6% frente a un 89.7% de las madres; en contraparte los hombres superaron a las mujeres en la instrucción media: sus niveles de 16.4% fueron considerablemente superiores al 6.5% que correspondió a las madres. Finalmente también las proporciones de instrucción superior de los padres superaron con 1.1% al 0% reportado en el grupo de las madres.

Lo referente a la ocupación de ambos padres los resultados se encuentran resumidos en las tablas II y III; destacando entre los padres con un 13.0%, el subgrupo de trabajadores técnicos; con el 12.1 %; quienes hacen labores de intendencia, con un tasa de 15.4 % el subgrupo de mecánicos. Finalmente, dada la estructura productiva de la ciudad, como era de esperarse, aunque ligeramente, el grupo mejor representado fue el de los operadores, con un 17.3%. El perfil de ocupaciones de la madre contrasta, notablemente, con el de los padres, entre ellas la ocupación ampliamente predominante es la de operadora, con una proporción de 61.6 %. Otro subgrupo importante, corresponde, con 17.7 %, a quienes trabajan como vendedoras y con un 20.7% a quienes prestan servicios como personal doméstico.

## Tabla II. Ocupación del padre.

Gran grupo 3: Técnicos y profesionales de nivel medio

Subgrupos	Ocupación	Proporción (%)
31	Técnicos y profesionales de ingeniería	15.4

Gran grupo 5: Trabajadores de los servicios y vendedores de comercios y mercados.

Subgrupos	Ocupación	Proporción (%)
51	Trabajadores de servicios de seguridad	1.9
512	Personal de intendencia	13.0
52	Vendedores	5.1
514	Servicios a particulares	1.5
522	Vendedores de tiendas y almacenes	1.8

Gran grupo 7: Oficiales, operarios y artesanos de artes mecánicas y de otros oficios.

Subgrupos	Ocupación	Proporción (%)
712	Operarios de la construcción	12.1
723	Mecánicos	15.4
733	Artesanos de la madera	2.3

Gran grupo 8: Operadores de instalaciones y máquinas y montadores.

Subgrupos	Ocupación	Proporción (%)
81	Operadores de instalaciones fijas y afines	17.3
811	Operadores de instalaciones mineras y procesamiento de minerales	1.3
83	Conductores de vehículos de motor	1.8

Gran grupo 9: Trabajadores no calificados.

Subgrupos	Ocupación	Proporción (%)
916	Recolectores de basura y afines	7.0
931	Peones de la minería y la construcción	1.3
932	Peones de la industria manufacturera	2.2
-	Otros	0.6

**Clasificación Internacional Uniforme de Ocupaciones (CIUO-88).**  
n=121

### Tabla III. Ocupación de la madre.

Gran grupo 5: Trabajadores de los servicios y vendedores de comercios y mercados.

Subgrupos	Ocupación	Proporción (%)
52	Vendedores	17.7

Gran grupo 8: Operadores de instalaciones y máquinas y montadores.

Subgrupos	Ocupación	Proporción (%)
81	Operadores de instalaciones fijas y afines	61.6

Gran grupo 9: Trabajadores no calificados.

Subgrupos	Ocupación	Proporción (%)
913	Personal doméstico	20.7

Clasificación Internacional Uniforme de Ocupaciones (CIUO-88).  
n=121

En cuanto a condiciones de la vivienda se refiere, se obtuvo que el tipo de piso predominante en la viviendas es, con un 87.7 %, el de concreto. Sólo el 11.5 % aun se asentaban sobre piso de tierra. Un 89.1 % de las habitaciones de los niños cuentan con cortinas, en tanto que un 10.9 % carecen de estas. Las proporciones obtenidas relacionadas con la clase de almohada utilizada por los niños fue un 44.8% para almohada de esponja, 24.0% para almohada diferente a la anterior y por último 31.2% no la utilizan.

En el análisis se obtuvo que el 58.6% de la muestra contaba con servicio médico, IMSS, mientras el 41.4% carece de este. Aun entre las familias que cuentan con el servicio médico solo el 39.3% de los padres acuden al IMSS, cuando enferman sus niños; mientras el 25.8% acuden a clínicas de caridad, 30.6% a clínicas particulares, 2.9 % a la Cruz Roja y el 1.4 % acude, por último, a la farmacia.

## 6.2 Antecedentes heredo familiares y personales

Los resultados de antecedentes heredo familiares y antecedentes personales se presentan en las tablas IV y V, respectivamente. Al analizar los datos se observaron las prevalencias durante la vida de los niños objeto de estudio, desde el nacimiento hasta antes de la fecha en que comenzó este estudio en noviembre de 1997, para antecedentes personales: enfermedad respiratoria grave 26.3%; diagnóstico médico de asma 2.8%; disnea, después de jugar o hacer ejercicio, 32.8%; tos después de hacer ejercicio 53.3%; sibilancias 37.0%; accesos de tos nocturnos 47.7%; uso de medicamentos para controlar asma y sibilancias 16.3%; atención médica por sibilancias o asma 17.8%; y enfermedades anteriores al segundo aniversario: 34.0%.

Durante el análisis se observó que en antecedentes heredo familiares un 30.7% de los casos al menos una persona de la familia ya se le había diagnosticado asma. Correspondiendo un 10.5% a la madre, 6.7% al padre, 20.3% un hermano, 19.9% otro familiar, y un 42.6% de los casos no mostró antecedentes heredo familiares.

**Tabla IV. Prevalencia en antecedentes heredo familiares**

Antecedente	P (%)
Padece asma	
Madre	10.5
Padre	6.7
Hermano	20.3
Otro familiar	19.9
Ningún familiar	42.6
	100.0

n=121

**Tabla V. Prevalencia en antecedentes personales**

Antecedente	P (%)
Enfermedad respiratoria grave	26.3
Diagnóstico médico de asma	2.8
Disnea después de jugar o de hacer ejercicio	32.8
Tos después de hacer mucho ejercicio	53.3
<hr/>	
Sibilancias	37.0
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Casi todos los días</li> <li>• Al menos una vez a la semana</li> <li>• Una que otra vez al mes</li> <li>• Raramente</li> <li>• Nunca</li> </ul>	2.1 4.1 25.9 42.3 25.5
	100.0
Accesos de tos nocturnos	47.7
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1</li> <li>• 2</li> <li>• 3</li> <li>• 4</li> </ul>	7.6 4.9 58.3 29.2
Uso de medicamentos para controlar el asma y sibilancia	16.3
Atención en clínica por asma o sibilancia	17.8
Enfermo el niño cuando era menor de 2 años	34.0
Aun su niño padece asma	2.8
<b>n=121</b>	

## 6.3 Contaminación

### 6.3.1 Partículas suspendidas (PM<sub>10</sub>).

Durante el periodo del 11 de Noviembre de 1997 al 18 de octubre de 1998, se obtuvieron los niveles de partículas (promedio de 24 horas) con un mínimo de  $26\mu\text{g}/\text{m}^3$  y un máximo de  $337.55\mu\text{g}/\text{m}^3$ , una media de  $113.35\mu\text{g}/\text{m}^3$ , una moda de  $116.31\mu\text{g}/\text{m}^3$ , una mediana de  $100.63\mu\text{g}/\text{m}^3$ , un alcance de 311.56, un coeficiente de variación de 0.50, y una desviación estándar de 56.82. Se observó que el 21.9% de los días durante los cuales se llevaron a cabo las mediciones sobre pasaron el límite permisible en 24 horas para partículas de acuerdo a la NOM -025 ( $150\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). También se sobrepasó, el promedio anual de  $50\mu\text{g}/\text{m}^3$  como el límite permisible de la NOM-025.

En ciertos periodos de tiempo, se observaron durante el estudio promedios de 700 a 800  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  por hora.

### 6.3.2 Monóxido de carbono (CO)

Las concentraciones del CO fueron menores a 12,595  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en promedio móvil de ocho horas una vez al año que marca la NOM-021.

### 6.3.3 Tabaquismo

El 35.3% de los padres aceptaron que fumaban en el hogar en presencia del niño.

## 6.4 Impacto en salud

### 6.4.1 Signos y síntomas de los niños reportados por los padres durante el tiempo de estudio.

Al analizar los datos por signos y síntomas en 7928 registros reportados por los padres, se observaron los siguientes niveles de incidencia: tos 2.76, expectoración 2.06, sibilancias 0.96, disnea 1.22, irritación de los ojos 0.90, dolor de garganta 0.97, fiebre 0.33, y tos con sibilancia 0.48 persona-mes, ver: (tablaVI).

**Tabla VI. Tasa de incidencia de signos y síntomas de los niños reportados por los padres durante el tiempo de estudio. 7928 reportes.**

Signo / síntoma	(I)Persona-mes
Tos	2.75
Expectoración	2.06
Disnea	1.22
Dolor de garganta	0.97
Sibilancias	0.96
Irritación de los ojos	0.90
Tos con sibilancia	0.48
Fiebre	0.33

Los resultados obtenidos para la tasa de incidencia de signos y síntomas de los niños reportados por padres para los meses de octubre, noviembre, diciembre, enero, febrero, y marzo (meses fríos) así como la de los meses de abril, mayo, junio, julio y agosto (meses cálidos), se encuentran en la tabla VII. En la cual no se detectan grandes diferencias de las tasas de incidencia entre periodos.

**Tabla VII. Tasa de incidencia de signos y síntomas de los niños reportados por los padres durante el tiempo de estudio. 7928 reportes.**

Signo / síntoma	Meses fríos persona-mes	Meses cálidos Persona-mes
Tos	2.70	2.82
Expectoración	2.17	1.93
Disnea	1.14	1.31
Dolor de garganta	1.06	0.87
Sibilancias	0.96	0.96
Irritación de los ojos	0.96	0.83
Tos con sibilancia	0.55	0.39
Fiebre	0.33	0.33

Los resultados obtenidos de ausentismo escolar y atención médica por enfermedad respiratoria fueron de 1.3% y 0.7% respectivamente.

**Tabla VIII. Consecuencias  
7928 reportes**

Consecuencia	%
Ausentismo escolar	1.3
Atención médica	0.7

#### **6.4.2 Flujo Espiratorio Máximo.**

El valor mínimo del FEM obtenido durante el análisis fue 90 L/min., mientras que el valor máximo fue de 500 L/min., con promedio de 229.02 L/min con

desviación estándar de 56.82. Los resultados del FEM por género se encuentran resumidos en la tabla IX.

Se observó que un 35.3% de los niños presento variabilidades del FEM entre 20 y 30%, lo cual sugiere la presencia de problemas respiratorios moderados; mientras el 38.9% presento variabilidades mayores a 30% lo que indica presencia de problemas respiratorios graves. Solo el 15.71% de los niños resultaron sanos, esto se puede explicar porque se seleccionaron niños con antecedentes de problemas respiratorios.

**Tabla IX. Valores medios del FEM por género.**

**7928 reportes**

Género	Media	Desviación estándar
Masculino	240.92 L/min.	64.60
Femenino	219.92 L/min.	50.29

#### **6.4.3 Correlaciones entre variabilidad del FEM; signos y síntomas respiratorios; exposición al humo del tabaco; y proporción de días que violaron la norma de PM<sub>10</sub> del día corriente y cinco días previos.**

En el tabla X y XI se muestran los coeficientes de correlación entre la variabilidad del FEM; signos y síntomas respiratorios; y partículas suspendidas del día corriente y cinco días previos al evento. Se pueden observar correlaciones estadísticamente significativas entre la variabilidad del FEM y las partículas, siendo la correlación mayor de 0.425 para el día previo al evento; en

lo referente a signos y síntomas respiratorios se observó una correlación estadísticamente significativa de 0.356 para el quinto día previo al evento; y en cuanto a la correlación para la exposición al humo del tabaco y signos y síntomas respiratorios y variabilidad del FEM que se obtuvieron no fueron estadísticamente significativas. Lo anterior indica la existencia de un periodo de latencia o de efecto retardado entre las 24 y 72 horas entre el día que ocurre la exposición y su impacto en la función respiratoria (FEM).

**Tabla X. Coeficientes de correlación de Spearman's rho para la variabilidad del FEM; signos y síntomas respiratorios; y para los diferentes periodos de latencia.**

Partículas suspendidas	Variabilidad del FEM	Signos y síntomas respiratorios
Día corriente	0.359**	0.107
Día previo	0.425**	-0.064
Dos días previos	0.347**	0.160
Tres días previos	0.262**	0.216
Cuatro días previos	0.291**	0.251
Cinco días previos	0.271**	0.356**

\*\* p<0.01, \*p<0.05

**Tabla XI. Coeficientes de correlación de Pearson para la variabilidad del FEM, signos y síntomas respiratorios y antecedentes personales, antecedentes heredo familiares, y un promedio de seis días de PM<sub>10</sub>.**

	Variabilidad del FEM	Signos y síntomas respiratorios
Partículas suspendidas Promedio de seis días	0.352**	0.155
Antecedentes personales	0.065	0.216*
Antecedentes heredo familiares	0.024	0.075

\*\*p<0.001

También se obtuvo una correlación estadísticamente significativa entre antecedentes personales y signos y síntomas respiratorios. Confirmándose de

esta forma que los niños con antecedentes personales, durante el periodo de referencia del presente estudio presentaron mayor índice de signos y síntomas respiratorios. No así los niños con antecedentes heredo familiares.

## 7. DISCUSIÓN

Los resultados del presente estudio sugieren un aumento de signos y síntomas respiratorios en niños menores de 15 años, así como una disminución de su función pulmonar debido al aumento en la exposición a partículas suspendidas con diámetro menor o igual a 10 micras. Detectando también que el 21% de los días rebasaron los límites establecidos por la norma oficial mexicana para este contaminante.

Se obtuvo que el 93.3% de las madres y el 98.3% de los padres de la población estudiada, en varias colonias del suroeste de Ciudad Juárez, donde se efectuó este estudio, tienen instrucción básica; su nivel de escolaridad es superior a la media nacional, estimada en un 90%. (Frontera XXI, 1997) Aunque su nivel de instrucción no es elevado, se trata de una población con capacidad para leer y escribir, en aptitud de ser instruida para fomentar su participación e involucramiento en las estrategias tendientes a proteger y mejorar la calidad del aire que afecta su entorno inmediato.

En cuanto a la ocupación de los padres de los niños comprendidos en esta investigación, se observa que tanto en el caso de los padres como en el de las madres la mayoría de ellos son operadores de producción en la industria manufacturera instalada en la Ciudad, corroborando lo ya documentado por otros estudios en los cuales se reporta que la actividad manufacturera contribuye con un 83% del empleo generado en la región fronteriza (Frontera XXI, op.cit.); Departamento de Análisis e Información Socio-Económica, 2000).

En cuanto a las características de la vivienda se refiere estas cuentan con un 87.7% de pisos de concreto y un 11.5% de pisos de tierra. Además el 10.9% de

las habitaciones carecen de cortinas por lo que en invierno están expuestos a temperaturas frías, lo cual aumenta el riesgo de que se contraiga una enfermedad respiratoria. En estudios realizados anteriormente se ha establecido una relación entre enfermedades respiratorias y el tipo de viviendas de los niños como factor de riesgo, ya que niños que viven en casas con temperatura fría presentaron mayores síntomas respiratorios ( Comunicado de prensa, 1997; Cerón M. op.cit.; Arenas L. op.cit.).

Al observar la cobertura de los servicios de salud, se determinó que el 58.6% de los residentes en el sector, objeto del estudio, eran derechohabientes del IMSS, pero sólo el 39.3% hacían uso frecuente de estos servicios médicos, mostrando con ello una tasa de cobertura notablemente más elevada que la registrada para el conjunto de la ciudad, con 29.06% en 1995 y 33.2% en el 2000. (Departamento de Análisis e información Socio-Económica, op.cit.) El resto de las personas declararon utilizar los servicios de clínicas de caridad, clínicas particulares, la Cruz Roja, o la automedicación.

En otros estudios, realizados también en la zona fronteriza, se ha encontrado una alta correlación entre índices de marginación y bajos niveles de salud. La secuencia es sencilla pues sin una vivienda adecuada, sin atención médica y con todas las tensiones que el ser pobre aumenta su vulnerabilidad y el riesgo de registrar niveles mayores de morbilidad. (División de Epidemiología de Enfermedades Contagiosas e Investigación del Departamento de salud de Texas, 1998). De igual forma en un estudio realizado en Londres, se encontró que el riesgo de contraer padecimientos respiratorios graves estaba muy afectado por los niveles socioeconómicos. De este modo se estimó que la tasa de incidencia de enfermedades respiratorias severas era cinco veces mayor entre los niños de clase baja que entre los de clase alta.

Se ha documentado que los niños con antecedentes heredo familiares y con una historia clínica afectada por enfermedades respiratorias ven alterado su desarrollo pulmonar lo que aumenta su riesgo de contraer enfermedades ocasionadas por contaminantes suspendidos en la atmósfera (Salud Pública, op.cit.; Díaz A. op.cit.; Hinzper C., 2000; SEPAR, 2000). También las partículas suspendidas con diámetro menor o igual a diez micras han sido relacionadas con la disminución de la función espiratoria máxima (FEM) y el aumento de signos y síntomas respiratorios.

En México, la doctora Isabelle Romieu y colaboradores han llevado a cabo diversos estudios sobre enfermedades respiratorias de niños escolares. Tomando como fuente consultas de urgencias han estudiado la relación entre prevalencia de asma y otras enfermedades alérgicas con la contaminación atmosférica (Romieu, op.cit.). Uno de esos estudios fue realizado en la población de Ciudad Juárez (dos estudios previos), otro en Cuernavaca y uno más en la Ciudad de México. En ellos se tomó, como objeto de estudio, a niños que acudieron a urgencias afectados por asma y enfermedades respiratorias altas y a partir de su historia clínica se estimaron prevalencias de sus antecedentes heredo familiares y personales; y riesgos relativos asociados con los niveles de PM<sub>10</sub> registrados en la atmósfera. Tales resultados serán comparados con los obtenidos en el presente estudio.

En el presente estudio se obtuvo una prevalencia previa al estudio de 30.7% para niños que tienen uno o más de un familiar que padece asma, siendo los porcentajes mayores para un hermano u otro familiar diferente al padre o la madre, este porcentaje es similar a los antecedentes de familiares de asma y bronquitis asmática obtenidos en el estudio previo realizado de Ciudad Juárez. Comparando los resultados obtenidos de la prevalencia de asma en la madre de 10.5%, el padre 6.7% y un hermano 20.3% con el estudio de la Ciudad de

Cuernavaca se observa una diferencia entre un estudio y otro, ya que en Cuernavaca la prevalencia de asma en la madre fue 5%, en el padre 2.9% y en un hermano 9.8%. De igual forma en antecedentes personales: después de jugar o hacer ejercicio, el 32.8% presenta disnea y el 53.3% tos, mientras en el estudio previo de Ciudad Juárez y Cuernavaca fue de 25.3% y 34.6% respectivamente. Para la prevalencia de sibilancias se encontró un 37% frente al 35% y 8.3% encontrada en el estudio previo y el de Cuernavaca. El 26.3% ya ha padecido una enfermedad respiratoria, mientras en el estudio previo el 61.1% ya ha padecido asma, bronquitis asmática, asma y bronquitis asmática, y rinitis. En cuanto a accesos de tos nocturnos se obtuvo en este estudio un 47.7%, y el estudio previo de Ciudad Juárez y Cuernavaca 24.7% y 18.5%. Diagnóstico de asma 2.8%, mientras en el previo y en el de Cuernavaca se obtuvieron 16.7% y 5.9%; siendo los últimos resultados superiores a los obtenidos en este estudio debido a que se tomo en cuenta toda la población de la Ciudad, mientras en este estudio únicamente la población del suroeste de Ciudad Juárez. El 16.3% de los niños del presente estudio ha utilizado medicamento para controlar el asma y sibilancias y el 17.8% ha necesitado atención médica para controlar el asma y sibilancias. Como se puede observar los porcentajes presentados en este estudio por antecedentes heredo familiares y personales son superiores, seguidos por los obtenidos en el estudio previo realizado en esta Ciudad y por último los obtenidos en la Ciudad de Cuernava, lo cual evidencia la urgente necesidad de reducir los niveles de contaminantes atmosféricos de las principales fuentes de emisiones como son las calles sin pavimentar y así reducir la exposición a estos contaminantes de la población fronteriza.

Los niveles de  $PM_{10}$  en el presente estudio tienen una media de  $113.35\mu\text{g}/\text{m}^3$  durante el año de 1998, la cual difieren con el estudio realizado, durante los años 1998-1999, por la Dra. Isabelle Romieu. Donde reportan niveles de este contaminante de una media de  $34.46\mu\text{g}/\text{m}^3$  muy inferiores a los observados en

este estudio. Se obtuvo también que el 21.9% de los días rebasaron el límite permisible de la NOM-025 para este contaminante, congruente a lo reportado por el Instituto Nacional de Ecología, el cual reporta que Ciudad Juárez rebasa la norma de  $PM_{10}$  entre el 15 y 30% de los días del año (Fernández, 2001). Mientras en el caso del estudio previo realizado en la Ciudad únicamente el 11.36% (5 días de las 44 mediciones realizadas) rebasaron la norma. Además Romieu y colaboradores detectaron que aun con niveles bajos de  $PM_{10}$  se observan en Ciudad Juárez efectos adversos en la salud como asma y enfermedades de las vías respiratorias superiores. Lo anterior debe alertar a las autoridades fronterizas, ya que de acuerdo a los programas ambientales México-Estados Unidos Frontera 2012 uno de sus objetivos es reducir la contaminación del aire, objetivo que viene siendo prioridad de autoridades precursoras, quienes desde 1983 lo han puesto como uno de sus objetivos principales sin poder lograrlo hasta ahora, al contrario hemos observado una elevación de los contaminantes atmosféricos, especialmente el caso de las partículas suspendidas. De igual forma los resultados obtenidos evidencian la falta de regulación de la norma actual por parte de las autoridades municipales y estatales. Esto lo podemos confirmar con la situación actual del programa de verificación vehicular, el cual aun no se ha consolidado y mucho menos ha alcanzado el éxito que debiera.

El Instituto Nacional de Ecología reporta que en Ciudad Juárez el principal problema de contaminación atmosférica son la  $PM_{10}$ , por lo que es necesario realizar estudios enfocados a la caracterización de las partículas suspendidas, para poder evaluar la importancia relativa del aporte de cada una de las fuentes que las producen. Ya que el origen de las partículas puede ser debido a emisión de polvo por calles sin pavimentar, los comercios, servicios, los hogares, gases provenientes de vehículos e industria; así como las formadas en la atmósfera a

partir de reacciones químicas entre contaminantes gaseosos o reacciones fotoquímicas en las que intervienen compuestos orgánicos.

Con niveles de contaminación mayores a los reportados por otros investigadores ( Romieu, op.cit.; Schwartz, op.cit.; Pope, op.cit.; Steerenberg, op.cit.), con un nivel socioeconómico bajo, con antecedentes de asma, y antecedentes personales de enfermedades respiratorias, no es de extrañar que encontráramos que solo el 15.71% de los niños estuvieran sanos, es decir que no presentaran variabilidades en su función respiratoria (FEM). Ya que un 39.87% de ellos presentaron variabilidades del FEM entre 20 y 30%, lo cual sugiere la presencia de problemas respiratorios moderados; mientras el 44.42% presento variabilidades mayores a 30% lo que indica presencia de problemas respiratorios graves. Lo anterior avala lo obtenido en la investigación realizada a la comunidad de Puchucaví, Chile en el cual la exposición de niños sintomáticos a altos niveles de  $PM_{10}$  vieron reducida su función pulmonar e incrementados sus signos y síntomas respiratorios.

El impacto en salud de los niños por los factores discutidos anteriormente como son: sociodemográficos, antecedentes heredo familiares, antecedentes personales, y la contaminación ambiental fueron claramente observados en el presente estudio por la tasas de incidencia obtenidas para signos y síntomas respiratorios, variabilidades del FEM y las correlaciones de Pearson y Spearman's rho.

En la vigilancia de signos y síntomas respiratorios se encontró para la tos la tasa más alta de incidencia de 2.75 persona-mes, mientras en el estudio realizado en Ciudad Juárez la prevalencia mayor de tos obtenida fue de 27.1%. Para expectoración la tasa de incidencia fue de 2.06 persona-mes, irritación de los ojos 0.90 persona-mes, dolor de garganta 0.97 persona-mes, fiebre 0.33

persona-mes; comparables con los síntomas obtenidos en el otro estudio de Ciudad Juárez de rinitis, los cuales fueron: síntomas nasales sin gripa y síntomas nasales más oculares obteniéndose prevalencias de 37.1% y 16.6% respectivamente. La tasa de incidencia para sibilancias fue de 0.96 persona-mes frente a la prevalencia de 8.0%. De igual forma durante la comparación de un estudio y otro se observó que los resultados obtenidos en el presente fueron superiores. Se advierte también que tanto en este estudio como en los estudios realizados por la Dra. Romieu en Puchucaví, Chile, la Ciudad de México, y la propia Ciudad Juárez sobresalieron la tos, expectoración y la disnea. Debemos aclarar que la comparación entre un estudio y otro se debió a que no se encontraron resultados de otros investigadores reportando tasa de incidencia de signos y síntomas respiratorios.

Los reportes de signos y síntomas analizados por periodos (periodo cálido y periodo frío) no muestran una diferencia entre el periodo cálido y el periodo frío, como los obtenidos en otros estudios como son los realizados por la EMECAM, Romieu, Vedal, Abrantes entre otros. Lo anterior sugiere la presencia de una enfermedad crónica, como el asma, no debe sorprendernos ya que los niños del presente estudio muestran variabilidades del FEM encontradas en personas con enfermedades respiratorias crónicas, por lo que son aun más vulnerables al incremento de los niveles de partículas suspendidas sin importar el periodo.

Los valores medios del FEM obtenidos por género son: 240.92 L/min para niños y 219.92 L/min para niñas, inferiores a los reportados por el estudio realizado en la Ciudad de Veracruz en niños escolares sanos por el Dr. Lara (Lara, op.cit.), los cuales tienen valores medios de 368.52L/min para niños y 356.64 L/min. para niñas. La diferencia posiblemente se deba a que sus resultados fueron obtenidos de una población de estudio sana y sin los factores que rodean a la población del presente estudio. Desafortunadamente por lo citado anteriormente no

podemos tomar los valores medios del FEM obtenidos en este estudio como valores de referencia para Ciudad Juárez. Aunque también la discordancia entre los valores obtenidos por el Dr. Lara y este estudio se pueda deber a las desemejanzas atmosféricas, el método de investigación y la escala de clasificación de enfermos según el FEM utilizada, lo cual sería confirmado con una investigación adicional del FEM para niños sanos de Ciudad Juárez.

Con el objeto de identificar una posible relación entre las partículas con diámetro menor o iguales a 10 micras y la variabilidad del FEM, así como, con los signos y síntomas respiratorios se realizaron correlaciones tanto con los niveles de partículas alcanzados durante ese día (día corriente) y 5 días anteriores.

Los resultados de las correlaciones anteriores fueron similares a los encontrados en estudios realizados en España, Estados Unidos, Brasil, Chile, la Ciudad de México, y la propia Ciudad Juárez. Estos estudios apuntan hacia una correlación entre la concentración de contaminantes atmosféricos y enfermedades respiratorias como bronquitis crónica, asma, enfisema pulmonar, rinitis, entre otras. Lo obtenido en este estudio arroja un periodo de latencia de cinco días entre el día que ocurre la exposición y el día en el cual se observa el impacto en signos y síntomas respiratorios. Mientras Romieu y colaboradores en Ciudad Juárez encontraron un efecto estimado sobre las visitas a urgencias por asma después de cinco días de ocurrida la exposición. Lo cual indica consistencia en la información obtenida en el presente trabajo. En el estudio realizado en la comunidad de Puchuncaví por la misma investigadora se encontró una asociación entre el aumento de los niveles de  $PM_{10}$  de exposición acumulada de tres y siete días y el aumento de los síntomas respiratorios.

Por otro lado el que se encontraran asociaciones entre problemas signos, síntomas, disminución pulmonar y  $PM_{10}$ , así como el periodo de latencia, explica

el aumento en un 40% en las consultas de la Clínica del Espíritu Santo, reportadas por la doctora San Juana Mendoza, días después de que aumenta la concentración de este contaminante, lo anterior ratifica los resultados de estudios como los realizados por Abrantes y Lin en Brasil donde encontraron una asociación entre la concentración de partículas y el aumento de visitas a los hospitales por enfermedades respiratorias, cuyos incrementos fueron de 32 y 20% respectivamente.

De igual forma se realizaron correlaciones entre los antecedentes tanto heredo familiares como personales y la disminución pulmonar(FEM), así como los signos y síntomas respiratorios. Obteniéndose una correlación estadísticamente significativa entre antecedentes personales y signos y síntomas respiratorios, no así entre niños con antecedentes familiares de asma. No pudiendo ratificar los resultados obtenidos por la Doctora Romieu y colaboradores en el estudio previo realizado en Ciudad Juárez , en el cual encontraron una prevalencia mayor de asma, y rinitis en los niños con antecedentes familiares de asma. La disconformidad anterior radica en el hecho de que el estudio realizado por la Dra. Romieu fue poblacional y el nuestro solo se toma en cuenta una parte de la población total de la Ciudad; población que se ve diariamente afectada por partículas suspendidas, y que en su mayoría ya padecen problemas respiratorios crónicos.

Aun y que Ciudad Juárez no presente problemas graves de contaminación, esta zona tiene características muy diferentes al resto de la Ciudad, y se deben tomar medidas para evitar promedios de concentraciones de  $PM_{10}$  por hora tan altos. Ya que el hecho de haberse encontrado promedios de hasta  $700 \mu\text{g}/\text{m}^3$  por hora en algunos días durante el monitoreo de  $PM_{10}$  indica un problema zonal de contaminación que representa un riesgo para la población del suroeste de Ciudad Juárez. Aun y que sea un promedio por hora puede desencadenar en

un problema mayor ya que investigadores como Ballester y Loewenstein reportan que cuando los niveles de partículas superan los  $300\mu\text{g}/\text{m}^3$  como media diaria; puede presentarse un exceso de muerte entre personas mayores, infantes o los enfermos crónicos. No podemos olvidar lo reportado en 1990 por Schwartz, lo ocurrido en Londres en 1971 donde asociaron niveles promedios de  $59\mu\text{g}/\text{m}^3$  de partículas en suspensión con la mortalidad; o lo reportado en un estudio realizado en la Escuela de Salud Pública de Harvard, en Boston, donde se encontró que las ratas expuestas durante 3 días a partículas, a niveles equivalentes a lo doble de los valores límites actuales de  $\text{PM}_{10}$ , murieron el 37% de las bronquíticas, sobreviviendo todas las sanas.

En un estudio realizado en Utrecht por Steerenberg y colaboradores la disminución del FEM fue asociado con los niveles de partículas con diámetro menores o iguales a 10 micras al igual que el estudio realizado por Romieu y colaboradores en la comunidad de Puchuncaví. Dichos resultados se confirman con los obtenidos en este estudio ya que se obtuvieron correlaciones estadísticamente significativas entre en el día corriente y cinco días previos y su impacto en la disminución del FEM. Los resultados arrojaron un periodo de latencia entre 24 y 72 horas entre el día que ocurre la exposición y el día en el cual se observa el impacto en la función respiratoria (FEM). Es importante mencionar que Vedal y colaboradores en Chestnut Ridge encontraron que al decrecer la temperatura disminuía la función pulmonar, sin encontrar una asociación significativa con algún contaminante.

No se observó una correlación estadísticamente significativa entre signos, síntomas respiratorios disminución en la función pulmonar y exposición al humo del tabaco, debido a que es factor que permaneció constante a través del periodo de estudio y la propia población sobre la cual se realizó jugó un papel de control sobre si misma.

Se observó que en la mayoría de los días en los cuales se registraron la mayor cantidad de signos y síntomas respiratorios, así como la disminución del FEM fue después de un incremento en el nivel de concentración de  $PM_{10}$ , sin importar la estación del año en la cual ocurriese. Lo anterior fue confirmado con los resultados obtenidos en las correlaciones.

Los resultados de este estudio no pueden ser utilizados para ser extrapolados al resto de la población, ya que este estudio se realizó en una zona con características diferentes a las demás zonas de Ciudad Juárez. Además, de haberse realizado con una población en su mayoría enferma ( con variabilidades del FEM).

Una limitación de este estudio es el hecho de haber evaluado únicamente las partículas suspendidas y no haber incluido a los demás contaminantes existentes, así como a los factores meteorológicos.

Una de las grandes ventajas del presente estudio es que al analizarse la misma población día a día, muchas de aquellas variables que pudieran actuar como un factor de confusión; como son edad, género, y exposición al humo del cigarro, no necesitaron ser controladas ya que permanecieron estables en la población estudiada.

Este estudio es el primero que se realiza en Ciudad Juárez y que incluye factores sociodemográficos, antecedente heredo familiares, personales, monitoreo de la función pulmonar (FEM), monitoreo de  $PM_{10}$  y relaciona signos, síntomas respiratorios, variabilidad de la función pulmonar con  $PM_{10}$ .

Una de las prioridades binacionales es la preservación y recuperación del medio ambiente, así como la reducción de riesgos para la salud pública; por lo que

investigaciones como esta ayudarán a definir acciones de salud ambiental, desarrollar políticas y normatividad, asegurar la aplicación y cumplimiento de la ley, ver la necesidad de educación y capacitación ambiental, de igual manera proporcionan información ambiental e influyen en la planeación y desarrollo de infraestructura. En el ámbito académico un estudio como el que aquí presentamos contribuye a mejorar el conocimiento de las relaciones entre la calidad del aire y su impacto en la salud de algunos segmentos de la población especialmente vulnerables como son los niños.

Por tanto es importante que las instancias coordinadoras de los programas binacionales trabajen en la integración de las políticas ambientales con las dependencias de desarrollo urbano, vivienda, transporte, energía y la participación de la comunidad. Ya que con frecuencia el avance de las técnicas para combatir y prevenir la contaminación atmosférica terminan en el momento en que finaliza la responsabilidad de la autoridad ambiental que las implemento. Por ello los planes de las instancias de gobierno referidas deben incluir un programa ambiental integral el cual garantice la contemplación de las diversas variables ambientales y que establezca una clara y precisa corresponsabilidad de dichas dependencias, y así proteger la salud pública en la región fronteriza.

Como es sabido las investigaciones que reportan el impacto de la calidad del aire en la salud, aunque registran esfuerzos muy importantes desde principios de los 70, estos estudios han estado concentrados en medir el impacto en la salud causado por las emanaciones de las industrias localizada en el norponiente de nuestra ciudad, pero no se tienen registros importantes de estudios orientados a conocer cómo la calidad del aire afectada principalmente por fuentes como el polvo y los vehículos afectan la salud de otras áreas de la ciudad. Se trataría entonces de contribuir al conocimiento de los impactos que tiene la calidad del

aire en un territorio urbano que caracteriza a la mayor parte de las zonas populares y marginales de ciudad Juárez.

## 8. CONCLUSIONES

La aportación más importante encontrada en el presente estudio fue la asociación entre el aumento de los niveles de partículas suspendidas ( $PM_{10}$ ) y el incremento de los signos y síntomas respiratorios, con un periodo de latencia de 5 días, en niños menores de 15 años y una disminución del FEM con un periodo de latencia entre 24 y 72 horas entre el día que ocurre la exposición y el día en el cual se observa el impacto en la función pulmonar. Implicando que los niños puedan llegar a sufrir una lesión pulmonar grave. Por lo tanto se necesita minimizar la exposición e impulsar nuevos estudios que proporcionen los efectos a largo plazo de los contaminantes atmosféricos, así como la vigilancia permanente de estos, la cual proporcionaría elementos que conduzcan a la búsqueda de una regulación más precisa de los límites permisibles de las concentraciones de estos contaminantes.

Con este trabajo se demuestra que los padres de familia capacitados en el uso del flujometro pueden participar activamente en el seguimiento de la salud de sus hijos, cuando estos presentan problemas relacionados con la función pulmonar. Y así evitar crisis a tiempo de enfermedades respiratorias crónicas, como el asma, durante un episodio de contaminación ambiental. De igual forma pueden contribuir con el uso y la dosis del medicamento adecuado.

De acuerdo a los resultados de los factores sociodemográficos y condiciones de vida obtenidos, se trata de una población con escasos recursos económicos, sin una vivienda adecuada y bajo nivel de instrucción de los padres por lo que esto contribuye a aumentar el riesgo en la salud de los niños.

Los valores del FEM, obtenidos en este estudio, no pueden ser utilizados como valores de referencia para diagnosticar o evaluar a niños sanos, ya que el estudio se llevó a cabo con niños en su mayoría con problemas respiratorios.

Aun y que no se obtuvo correlación a la exposición al humo del tabaco, se recomienda evitar fumar dentro de la casa, ya que en otros estudios se ha comprobado que el humo se expande rápidamente y puede causar crisis respiratorias en los niños.

Se precisa mayor vigilancia por parte de las autoridades municipales y binacionales (SEMARNAT/ EPA) en el cumplimiento de los límites permisibles de la norma de  $PM_{10}$ , ya que el 21% de los días sobrepasaron los  $150 \mu g/m^3$ . Si las emisiones se mantuvieran dentro de los límites que marca la NOM-025, según información del Instituto Nacional de Ecología, se reduciría por lo menos el 25% del volumen total de contaminación; para ello es necesario continuar con la pavimentación de las calles y establecer un programa de verificación vehicular más efectivo.

Es necesaria la integración de políticas ambientales México – Estados Unidos con las dependencias encargadas del desarrollo urbano, vivienda, transporte, energía y los encargados de hacer cumplir las normas mexicanas en materia ambiental. Así como una mayor participación dinámica por partes de las dependencias en la elaboración y seguimiento de programas de disminución y control de contaminantes atmosféricos. Lo anterior con el fin de facilitar el seguimiento y la obtención de resultados a las autoridades responsables, así como su continuidad a mediano y largo plazo sin importar los cambios administrativos de gobierno.

## **9. RECOMENDACIONES.**

### **9.1 Políticas de salud**

#### **9.1.1 Fuentes**

Introducir pavimento o asfalto en las calles que cuenten con terracería actualmente, para evitar levantamientos de polvo, químicos y materia biológica que en ellas se encuentren.

Introducir el sistema de drenaje y alcantarillado en dichas colonias ya que en épocas de lluvias o por medio del desagüe a cielo abierto emanan ciertos químicos que al combinarse con la falta de pavimento y no existencia de drenaje los automóviles al pasar por encima de estos levantan químicos nocivos para la salud.

Sin alarmar debe insistirse en la necesidad de participar en el diseño y ejecución de programas de prevención ambiental, tendientes a desalentar y en su caso restringir las prácticas que contribuyen a deteriorar la calidad del aire.

#### **9.1.2 Campaña de salud**

Educar y fomentar la cultura de la salud y del cuidado hacia los niños y medio ambiente a través de campañas por parte de los organismos de salud y los encargados de la regulación del medio ambiente.

A nivel de la población más expuesta a los riesgos es necesario desarrollar una campaña de información que sensibilice a padres, jóvenes y niños de la magnitud de los riesgos que enfrentan.

Es necesario la capacitación del personal de salud y padres de familia en cuanto al uso del flujometro, ya que con esto se llevara un control del FEM y se podrá estimar; la variabilidad de éste y así diagnosticar mejor el comportamiento de las condiciones pulmonares, la confirmación del diagnóstico de asma, valoración del grado de severidad y su evolución a lo largo del tratamiento y la orientación hacia un tratamiento farmacológico más adecuado.

Otro factor es recomendar una buena alimentación balanceada, amplia en frutas y verduras ya que de acuerdo a investigaciones realizadas los niños que consumen este tipo de alimento tienen menos propensión a contraer enfermedades de las vías respiratorias o en caso de padecer una enfermedad crónica las crisis son menos severas.

Como la mayoría de los niños resultaron enfermos es recomendable no dormir en piezas cerradas, con animales o plantas en el interior. Siempre es necesario tener ventilación en casa.

## **9.2 Investigación**

Se sugiere la realización de un estudio de base poblacional del FEM, en escolares sanos en Ciudad Juárez, por parte de las autoridades de salud para tener valores de referencia para nuestra comunidad y facilitar el diagnóstico, seguimiento y evaluación del tratamiento en pacientes con enfermedad respiratoria.

Más allá de esto, es necesaria la realización de estudios que permitan definir patrones estacionales de los diferentes contaminantes atmosféricos existentes, en sitios de alto riesgo, para promover la cultura de prevención ambiental y, en

caso necesario, el diseño de un sistema mucho más eficaz de alertas ambientales.

La realización de estudios epidemiológicos de base poblacional, en los cuales se evalúen el impacto de la calidad del aire y factores meteorológicos en salud.

El constante monitoreo de la calidad del aire, así como el monitoreo a factores meteorológicos.

#### **9.4 Referente a la comunicación de calidad del aire**

En especial deben abrirse canales de comunicación para informar oportunamente a instituciones, escuelas, hospitales o recintos próximos a las fuentes emisoras, donde haya constancia de que los niveles de  $PM_{10}$  mantienen niveles de concentración más elevados.

En general debe mejorar el sistema de comunicación de los resultados del monitoreo del aire. No hay una fuente de información permanente y es indispensable asignar esta tarea a alguna dependencia o bien a algún comité, cuya función sea comunicar sistemáticamente los resultados de estas mediciones.

Debe insistirse con los medios de comunicación en la necesidad de formar periodistas en el conocimiento serio y científico de los riesgos ambientales. El manejo descuidado e irresponsable de la información, altamente distorsionado por elementos de tipo político, sólo crea confusión y escepticismo entre los ciudadanos. Este descuido de los medios ha vulnerado la eficacia de los programas ambientales, deteriorando la imagen de que las acciones e intervenciones públicas son intrascendentes, caras e inútiles.

## **9.5 Acuerdos binacionales**

Lo que aquí hemos presentado es un estudio exploratorio que nos proporciona indicios de el impacto que en la salud tienen las partículas suspendidas, originadas en diversas fuentes emisoras como vehículos calles sin pavimentar, ausencia de la red de drenaje y la industria localizada en una zona muy próxima a los asentamiento humanos de bajos ingresos. Sin embargo estos resultados preliminares deben ser confirmados mediante la realización de estudios promovidos por las entidades publicas encargadas de preservar, mejorar y restaurar la calidad del medio ambiente. Esto es importante y urgente por que la experiencia de la ciudad en esta materia nos indica que para sensibilizar a la sociedad y para conseguir el establecimiento de políticas y programas de atención a los problemas ambientales es necesario realizar estudios sistemáticos y monitoreos permanentes que muestren las evidencias de los daños a la salud de situaciones como las que aquí hemos explorado.

Concretamente se trata en el corto plazo de hacer inversiones en investigaciones que permitan determinar cuales partículas son las que mayor daño causan, lo que implica hacer mediciones no solo cualitativas sino también cuantitativas de toda la gama de partículas suspendidas; en especial, debe hacerse un esfuerzo mayor para determinar la presencia e impacto de partículas menores a 10 micras sobre todo si tenemos en cuenta que estudios recientes no han dejado duda de que las partículas mas nocivas son las que poseen diámetro inferiores a 2.5 micras.

## 10. REFERENCIAS

- Abrantes, P. Analysis of the influence of climatic changes and atmospheric pollutants on respiratory diseases in children in an emergency setting. *Alergia e inmunol pediátr* 1999; 8(3): 78-84.
- Agustí A. *Función pulmonar aplicada*. Mosby Madrid España; 1995.
- AQMD. *Indice de la calidad del aire. Advertencia sobre contaminantes específicos*. South Coast Air Quality Management District. España, 2000.
- Aranda, C. bermar, R. Bello, S . Muños, M. Sheppard y Oyarán. M. El problema de la contaminación en Santiago de Chile. *Revista Chilena de Enfermedades respiratorias*; 1990, 6:69, 78.
- Aránguez E. Contaminantes atmosféricos y su vigilancia. *Rev. Esp. Salud pública* 1999; 73; 123-132.
- Arenas L. Promoción de la salud e infecciones respiratorias agudas en México. *Rev Inst Nal de Enf Resp. México* 1999; Volumen 12(2):129-132.
- Ballester, F. Efectos de la contaminación atmosférica sobre la salud: una introducción. *Rev Esp Salud Pública* 1999; 73; 109-121.
- Ballester, F. El proyecto EMECAM: estudio multicéntrico español entre la contaminación atmosférica y la mortalidad. *Rev. Esp. Salud Pública*, 1999; 73: 165-175.
- Ballester, F. La asociación entre contaminación atmosférica y mortalidad: una revisión de los estudios epidemiológicos recientes. *Rev. Esp Salud Pública* 1995; 69; 177-188.
- Barrueto L. *Enfermedades Respiratorias por contaminación Atmosférica en Santiago*. Chile, 1991.
- Beaglehole R. *Epidemiología básica*. Organización Panamericana de la salud Washington, D.C. 1994.

- Canizales, M. Evaluación hidrogeológica del acuífero en la zona-oriental de Ciudad Juárez. Tesis para obtener el grado de maestría. Juárez, Chihuahua, México.
- CEMA. Lineamientos para el plan municipal de ecología de ciudad Juárez, Chihuahua 1996-1998. Cd. Juárez Chih. México., 1996.
- Cerón M. ¿Cómo evitar infecciones respiratorias en niños?. Servicio de urgencias del Hospital infantil de México "Federico Gómez". México, 2000.
- Cingolani H. Fisiología Humana de Houssay. Séptima edición. El ateneo. Buenos Aires; 2000.
- Comisión para la Cooperación Ambiental de América del Norte (CCA). Contaminantes y salud. Trío boletín de la CCA 2002; No. 7: 6.
- Comunicado de prensa. Modificar el calendario escolar no es solución al problema de la contaminación \*\* Necesaria una cultura de cuidado del medio ambiente y de enfermedades vinculadas a la contaminación. Coordinación de Comunicación Social y Relaciones Institucionales, México, D.F., 1997.
- Conferencia Panamericana sobre salud y ambiente en el desarrollo humano sostenible. Carta Panamericana sobre salud y ambiente en el desarrollo humano sostenible. Washington, 1995.
- Coordinación de Comunicación Social y Relaciones Institucionales. Comunicado de prensa: Modificar el calendario escolar no es solución al problema de la contaminación; Necesaria una cultura de cuidado del medio ambiente y de enfermedades vinculadas a la contaminación. México, 1997.
- Daponte, A. Efectos a corto plazo de la contaminación atmosférica sobre la mortalidad: resultados del proyecto EMECAM en la ciudad de Huelva, 1993-96. Rev. Esp. Salud Pública 1999; 73; 233-242.
- Departamento de Análisis e Información Socio-Económica. Población ocupada por municipio, y situación en el trabajo y su distribución según ingresos por trabajo en salario mínimo. Dirección General de Promoción Financiera y Económica; Ciudad Juárez, 2000.

- Díaz A. Asma. Clínica Médica B. Prof. Dr. Carlos Salveraglio. Sitio Médico
- Díaz C. Informe insiste que contaminación afecta a la salud. La Tercera, Cronica. Chile, 1999.
- Díaz C. Taller de medidor del FEM, modulo 1. Respirar. 2002.
- Dirección de desarrollo urbano y ecología, departamento de ecología. Calidad del aire en Ciudad Juárez 1997. Cd. Juárez, México 1998.
- División de Epidemiología de Enfermedades Contagiosas e Investigación del Departamento de Salud de Texas. La Salud Comunitaria en la Región Fronteriza: Una Síntesis. Borderlines 45: Vol.6, No. 4. E.U. 1998.
- Enriquez A. Pruebas funcionales respiratorias, espirometría. Cd Juárez, Chihuahua México, 2000.
- Figuroa A. Monitoreo de la calidad del aire en el Municipio de Juárez, Chihuahua. Ambiente sin fronteras. Vol 2, No. 5 de 1999.
- Garay R. Manejo de la exacerbación (status asmático) del asma en el consultorio. Colegio de pediatras del estado de Sonora, Confereración Nacional de Pediatría México; 1997.
- Garza H. Atlas de Aerosolterapia. Glaxowellcome, Comarketing, México; 1999.
- Garza V. Rio Bravo, Frontera y Ambiente. Ambiente sin fronteras. IV Congreso Internacional de Historia Regional Cd. Juárez Chihuahua México, 1997.
- Garza, V. Desarrollo sustentable en la frontera México – Estados Unidos. Historia y Ambiente. Sección 6 del libro. Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. 1996.
- Garza, V. Notas sobre la calidad del aire en ciudad Juárez, Chihuahua. Ambiente sin fronteras: Aire y Salud. Ciudad Juárez, 199 ; Vol.2, No.4.
- Gentile I. Semiología Pediátrica. Segunda edición, McGraw-HiLL, Interamericana; Chile, 2000. 112.
- Hinzper C. Enfermedades respiratorias: La clave es .... Tratarlas a tiempo. Centro de Enfermedades Respiratorias Pedátricas. Portal artículo 043. Santiago, Chile; 2001.

- Houssay A. Fisiología humana. Séptima edición, Editorial el Ateneo, Buenos Aires, 2000.
- IMSS. Diseño y conducción de proyectos de investigación en sistemas de salud. Cuarta edición, Instituto Mexicano del Seguro Social, México, 1998.
- INEGI XI Censo General de la Población y Vivienda. Estados Unidos Mexicanos. Resumen General, 2000.
- INEGI XI Censo General de la Población y Vivienda. Estados Unidos Mexicanos. Resumen General, 1990.
- Instituto Nacional de Ecología. Calidad del aire en ciudad Juárez. Sistema Nacional de Información ambiental. México; 2001.
- Karma, J. Neumología pediátrica. Tercera edición, interamericana, México, 1993.
- La prensa. Enfermedades respiratorias aumenta por contaminación ambiental. La Prensa Hoduras, C.A., 1998.
- Lara A. Flujo respiratorio maximo en escolares sanos. Experiencia publicada en Archivos de Investigació pediátrica de México, 1999; 2,5:165-70.
- Lin C. Air pollution and respiratory illness of children in São Paulo, Brazil. Paediatric and perinatal Epidemiology. Brazil, 1999, 13, 475-488.
- Mausner J. Epidemiology an Introductory text. Segunda edición, W.B. Saunders Company, 1985; 60-61.
- Mendoza, S. Entrevista personal con el Dra. San Juana Mendoza, Directora de la clínica del Espíritu Santo en Ciudad Juárez, Chih. México; 2000.
- Methodist Health Care System. Los transtornos respiratorios. El Hábito fumar y las enfermedades Respiratorias.. Houston, Tx., 2001.
- México Border XXI frontera XXI. Problemática ambiental. Documentos de frontera XXI. México, 1997
- México Border XXI frontera XXI. Aire: Antecedentes y problemática. Documentos de frontera XXI. México, 1997.

- México Border XXI Frontera XXI. Recursos de información ambiental. Antecedentes y problemática. México, 1997.
- México Border XXI Frontera XXI. Sistesis del impactos ambientales a la salud por la contaminación del aire criterios de contaminantes. Documentos de frontera XXI. México, 1997.
- Miranda, M. Perfil de saneamiento básico de la comunidad rural de San Agustín, Valle de Juárez. Tesis para obtener el grado de maestría. Juárez, Chihuahua; 2002.
- Morgan George A. Easy use and interpretation of SPSS for windows. School of Education Colorado State University. Lawrence Erlbaum Associates, Publishers. Estados Unidos; 1998.
- Norma oficial mexicana NOM-025-SSA1-1993. Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto a las partículas menores de 10 micras ( $PM_{10}$ ). Valor permisible para la concentración de partículas menores de 10 micras en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población.
- OPS.. Mejorando la salud de los pueblos de las Américas: Perfil de Salud de México. Organización Panamericana de la Salud. Washington, DC, 2001.
- OPS/OMS. Resúmen del análisis de situación y tendencias de salud. Organización Panamericana de la Salud. Washington, DC, 1998.
- Pinto R. Centro de enfermedades respiratorias pediátricas. Mantener los bronquios limpios. Clinicas las Condes. Santiago de Chile; 2001.
- Programa de Organización y Gestión de Sistemas y Servicios de Salud, División de Desarrollo de Sistemas y Servicios de Salud, Organización Panamericana de la Salud. México perfil del sistema de servicios de salud. México, 1998.
- Rascon O. Correlación lineal. Universidad Nacional Autónoma de México; México, 1989.

- Rascon O. Introducción a la estadística descriptiva. Universidad Nacional Autónoma de México; México, 1989.
- Romieu I. Contingencias Ambientales. Salud pública de México, 1997; vol. 39 (6); 513-522.
- Romieu I. Prevalencia de asma y otras enfermedades alérgicas en niños escolares de Ciudad Juárez, Chihuahua. Salud pública de México, 2001; vol. 43 (5): 433-443.
- Romieu I. Prevalencia de asma, rinitis y eczema en escolares de la Ciudad de Cuernavaca, México. Salud pública de México, 1997; vol. 39 (6): 497-506.
- Romieu I. Relación entre consultas a urgencias por enfermedad respiratoria y contaminación atmosférica en Ciudad Juárez, Chihuahua. Salud pública de México, 2000; vol.42 (4):288-294.
- Sada, E. Infecciones de las vías respiratorias bajas. Asociación mexicana de infectología y microbiología clínica, A.C. Intersistemas, México; 1998.
- Saez, M. Métodos de series temporales en los estudios epidemiológicos sobre contaminación atmosférica. Rev Esp Salud Pública 1999; 73; 133-143.
- Salud Pública. Contaminación ambiental: los niños están expuestos a concentraciones elevadas de partículas respirables. Fuente informativa: ASNC. Santiago de Chile; 2000.
- SCINCE. Sistema para la Consulta de la Información Sensal. XII Censo General de Población y Vivienda. Estados Unidos Mexicanos, 2000.
- Segura, E. Infecciones de las vías respiratorias superiores. Asociación mexicana de infectología y microbiología clínica, A.C. Intersistemas, México; 1998.
- SEMANARNAT – EPA. Frontera 2012: Programa Ambiental México – Estados Unidos. 23 de septiembre, 2002.
- SEPAR. El 25% de las visitas al médico de cabecera son por infecciones respiratorias. SEPAR-Press. España, 2001.
- SEPAR. El polvo doméstico y los gatos, principales inductores del asma en nuestro país. SEPAR-Press. Artículo 65. España, 2000.

- Steerenberg, P. Traffic-Related Air Pollution affects Peak Expiratory Flow, exhaled nitric oxide, and inflammatory nasal markers. Archives of Environmental Health, 2001, Vol. 56, No. 2, p 167, 8p.
- Sunver J. El estudio EMECAM sobre los efectos de la contaminación atmosférica. Rev Esp Salud Pública. Vol. 73, No.2, Barcelona 1999.
- Tresguerres J. Fisiología Humana. Segunda edición. McGraw-Hill. Interamericana. España 1999.
- U.S.- México BorderXXIFronteraXXI. Perfil socioeconómico de la frontera México-Estados Unidos. Documentos de Frontera XXI. México, 1997.
- U.S.-México Border XXI frontera XXI. Problemática ambiental. Documentos de frontera XXI. México,1997
- U.S.-México Border XXI frontera XXI. Aire: Antecedentes y problemática. Documentos de frontera XXI. México,1997.
- U.S.-México Border XXI Frontera XXI. Recursos de información ambiental. Antecedentes y problemática. México, 1997.
- U.S.-México Border XXI Frontera XXI. Sistesis del impactos ambientales a la salud por la contaminación del aire criterios de contaminantes. Documentos de frontera XXI. México, 1997.
- United State Environmental Protecction agency. Guía de calidad del aire para el ozono. Estados Unidos, 2001.
- Vedal S. Daily Air Pollution Effects on Children's Respiratory Symptoms and peak Expiratory Flow. American journal of Public Health. AJPH, 1987,Vol. 77, No.6.
- Velázquez J. Correlación entre síntomas respiratorios y flujo máximo espiratorio en niños con crisis asmática de 4 a 7 años. Revista Biomédica. Vol. 11. Supl. 1. Noviembre, 2000.
- Young J. Taller sobre opciones de control/políticas para el mejoramiento de la calidad del aire en ciudad Juárez. SENES Consultants Limited, Canada ; 1997.

## APÉNDICE A. MAPA DE LA LOCALIZACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

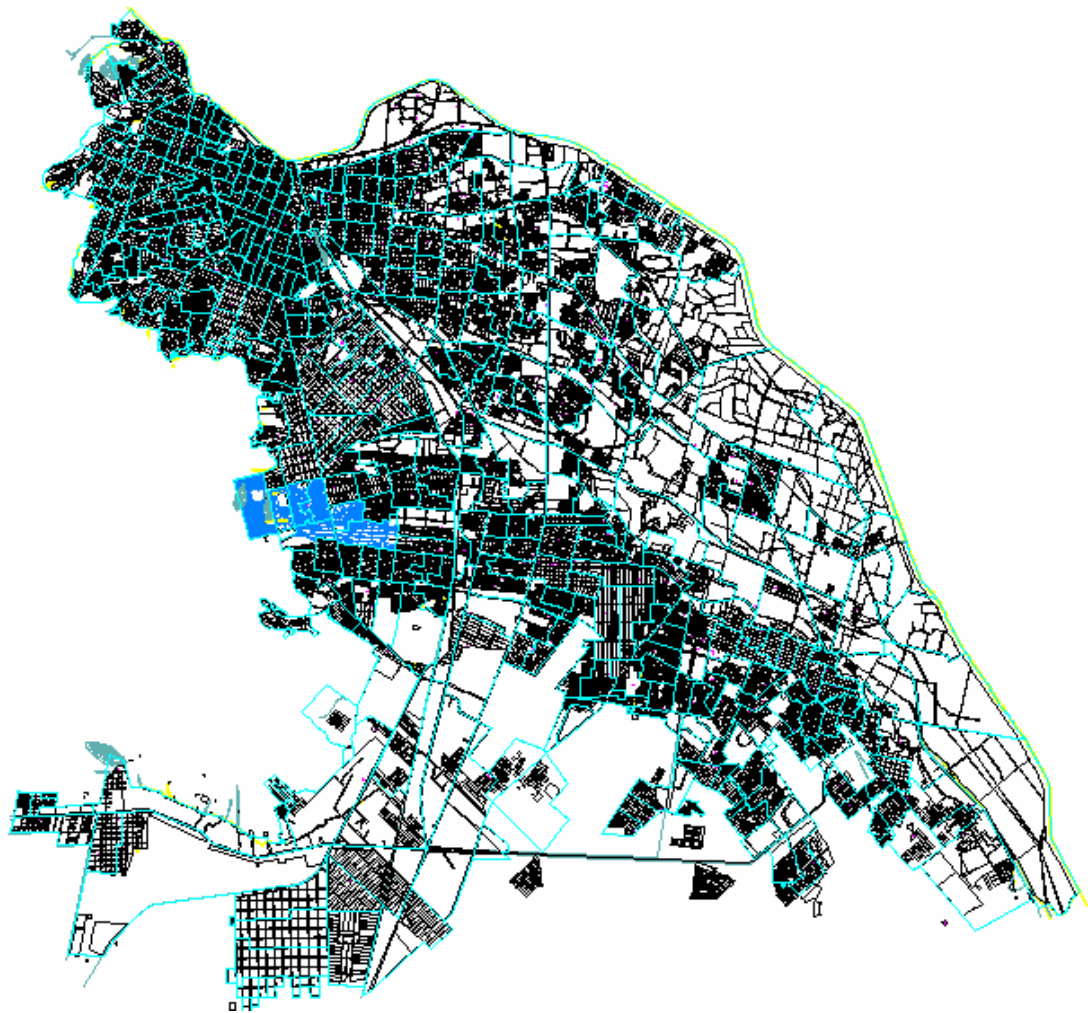


FIGURA 1. LOCALIZACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO EN CIUDAD JUÁREZ

## APÉNDICE B. MAPA DE AGEBS Y ZONA DE MONITOREO DE PM<sub>10</sub>

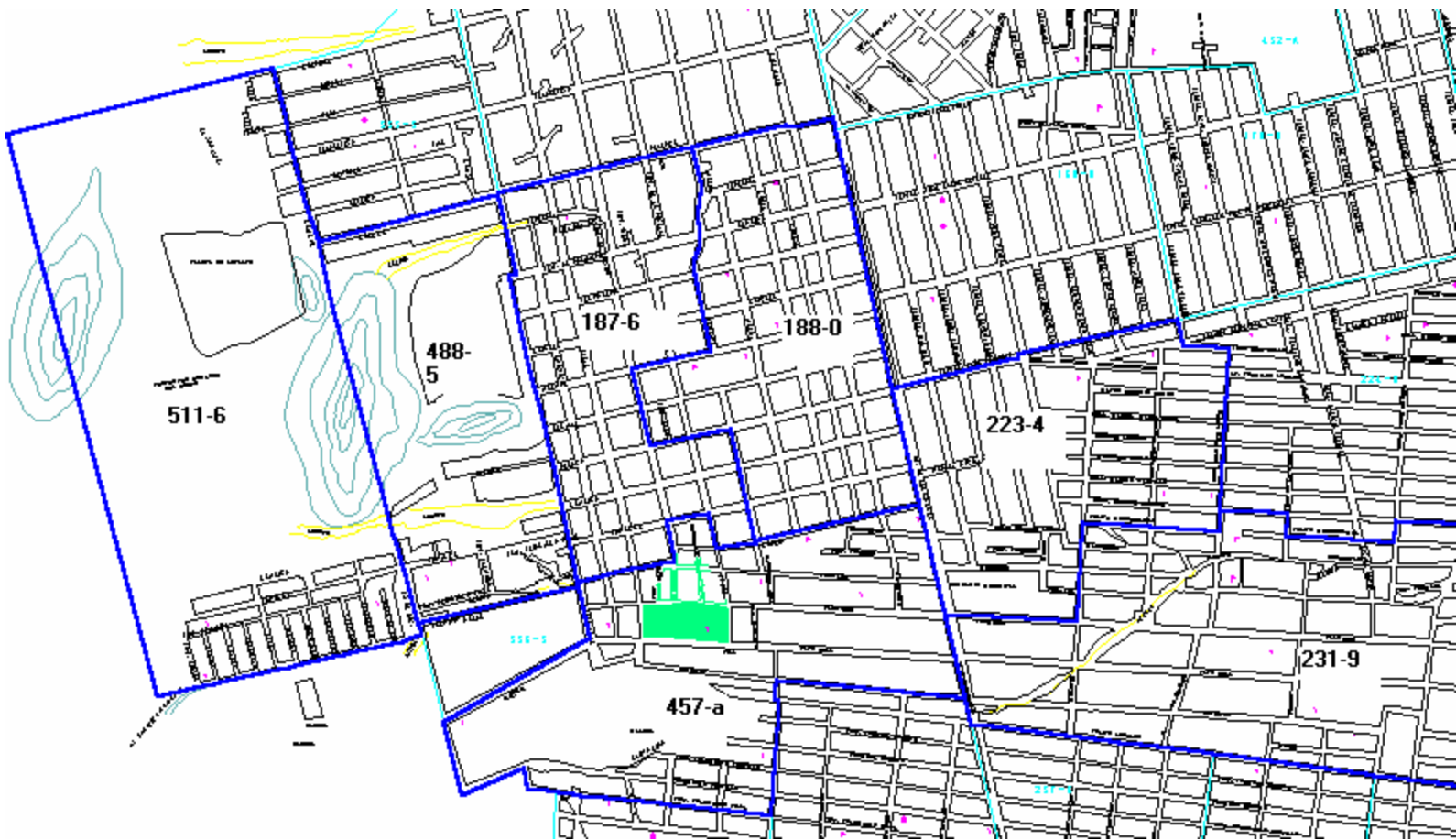


FIGURA 2. AGEBS Y ZONA DE MONITOREO DE PM<sub>10</sub> AL SUROESTE DE CIUDAD JUÁREZ.

## APÉNDICE C. TABLA QUE CONTIENE LA CLASIFICACIÓN DE LAS VARIABLES.

Nombre de la variable	Unidad de medida	Definición conceptual	Definición operativa	Tipo de variable
Nombre del niño				
Grado escolar	Años	Sección en que las escuelas agrupan a sus alumnos según edad y el estado de sus conocimientos y educación	Grado escolar máximo obtenido	Variable numérica discontinua
Dia01		Día de la semana en el cual se llevo acabo el cuestionario y las mediciones	Día	Variable nominal
Tos		Aspiración forzada con la glotis cerrada al principio, que después, cuando se ha alcanzado cierto grado de presión, se abre, expulsándose el aire a gran velocidad y produciendo el ruido característico. Reflejo protector por medio del cual las vías respiratorias se mantienen limpias de todo exceso de secreciones bronquiales y de sustancias extrañas al medio ambiente.	Tos identificada por los padres	Variable dicotómica
Flema (expectoración)		Se denomina expectorar el acto de arrancar y arrojar por la boca las flemas y secreciones que se depositan en la laringe, tráquea y bronquios.	Presentar secreciones a juicio de los padres	Variable dicotómica
Ronquido (sibilancias)		Respiración ruidosa que puede ir del <jadeo> inspiratorio a veces ruidosísimo a los fenómenos de <gorguera> y <wheezing>. Sonidos prolongados de tono elevado y en ocasiones con característica musical. En algunos casos se escuchan a distancia y son predominantemente espiratorios. Este tipo de alteraciones indica obstrucción a nivel de	Sonido al respirar identificado por los padres	Variable dicotómica

		bronquiolos y suelen aparecer en padecimientos como bronquiolitis, asma, cuerpos extraños o compresiones importantes que alteran la salida del aire.		
Dificultad para respirar (disnea)		La dificultad respiratoria es la necesidad de aumentar el esfuerzo respiratorio (sed de aire)	Dificultad para respirar identificado por los padres	Variable dicotómica
Irritación de los ojos			Enrojecimiento de los ojos identificado por los padres	Variable dicotómica
Dolor de garganta (amigdalitis)		Lesión inflamatoria de las vías respiratorias superiores	Dolor de garganta referida a los padres	Variable dicotómica
Fiebre		Es una compleja reacción del organismo, caracterizada por la elevación de la temperatura corporal y motivada por causas múltiples, la mayoría infecciosas (arriba de los 37°C).	Aumento de la temperatura corporal, identificada por los padres	Variable dicotómica
Ataque de tos con ronquido (broncoespasmo)		Contracción del músculo liso del árbol bronquial que puede ocasionar tos, falta de aire y presencia de sibilancias.	Tos y ruido al respirar identificado por los padres	Variable dicotómica
Ausentismo escolar		No asistir a la escuela .	El niño faltó a la escuela por enfermedad	Variable dicotómica
Atención medica		Verificación del estado de salud. nutricional, infecciones del árbol respiratorio superior, auscultación del aparato respiratorio	Fue al doctor por problemas para respirar (examen físico-auscultación)	Variable dicotómica
Tiempo de juego al aire libre	horas	En exposiciones el daño que causa el contaminante depende de su concentración, frecuencia, y profundidad de la inhalación así como el grado de reactividad de este.	Cuántas horas jugó fuera de la casa	Variable numérica discontinua
Uso de Clima artificial			Uso del calentón	Variable dicotómica
Exposición a humo de tabaco		Uso del tabaco en lugares cerrados	Fumaron con el niño en la habitación	Variable dicotómica
Índice espiratorio1	L/min	Índice máximo de flujo que pudo alcanzar al exhalar	Reporte de flujometro	Variable numérica continua

		con un máximo esfuerzo, medidas con un flujometro.		
índice espiratorio2	L/min	Índice máximo de flujo que pudo alcanzar al exhalar con un máximo esfuerzo, medidas con un flujometro.	Reporte de flujometro	Variable numérica continua
Índice espiratorio 3	L/min	Índice máximo de flujo que pudo alcanzar al exhalar con un máximo esfuerzo, medidas con un flujometro.	Reporte de flujometro	Variable numérica continua
Medición mayor de Índice espiratorio	L/min	Valor del flujo espiratorio máximo, parámetro dentro del conjunto de los valores que son posibles obtener de la función pulmonar. Es el índice máximo de flujo que puedes alcanzar cuando exhalas con un máximo esfuerzo	Valor mayor de flujo espiratorio máximo de tres mediciones realizadas por los padres durante el día	Variable numérica continua
Promedio de las mediciones (Avflow)	L/min		Función respiratoria	Variable numérica continua
Promedio de las mediciones mayores durante el estudio(AVPkflow)	L/min		Función respiratoria	Variable numérica continua
Promedio de las media de las mediciones(Avmean)	L/min		Función respiratoria	Variable numérica continua
Numero de mediciones			Función respiratoria	Variable numérica discontinua
Diferencia entre la medición mayor y el promedio de día de la medición mayor de todas las mediciones del niño (difflow)	L/min		Función respiratoria	Variable numérica continua
Partículas en suspensión PM	Microgramos/m <sup>3</sup>	Valor de la medición de Partículas suspendidas (mezcla de compuestos de estado sólido y líquido) de ese día.	Calidad del aire	Variable numérica continua
Pmlag1	Microgramos/m <sup>3</sup>	Valor de la medición de partículas del día anterior	Calidad del aire	Variable numérica continua
Pmlag2	Microgramos/m <sup>3</sup>	Valor de la medición de partículas de dos días atrás	Calidad del aire	Variable numérica continua
Pmlag3	Microgramos/m <sup>3</sup>	Valor de la medición de partículas de tres días atrás	Calidad del aire	Variable numérica continua
Pmlag4	Microgramos/m <sup>3</sup>	Valor de la medición de partículas de cuatro días atrás	Calidad del aire	Variable numérica continua
Pmlag5	Microgramos/m <sup>3</sup>	Valor de la medición de partículas de cinco días atrás	Calidad del aire	Variable numérica continua

sexo		Masculino o femenino	Genero	Variable nominal
Edad	Años	Tiempo que una persona ha vivido, a contar desde que nació	Calculada según Fecha de nacimiento del niño	Variable numérica continua
Exposición a humo de tabaco		Uso del tabaco en lugares cerrados	Tiene usted amigos u otros familiares que fuman dentro de su casa (otrofuma). Medio ambiente.	Variable dicotómica
Cuantos años de escuela ha completado la madre (escmadre)	Años de escuela de la mama		Características maternas	Variable numérica discontinua
Trabaja la madre fuera de la casa(trabmad)			Características maternas	Variable dicotómica
Diga donde y que es lo que hace(dondemad)			Características maternas	Variable nominal
Cuantos años de escuela completo el padre (escpadre)	Años		Características paternas	Variable numérica discontinua
Trabaja el padre fuera de la casa(trabpad)			Características paternas	Variable dicotómica
Diga donde y que tipo de trabajo hace (dondepad)			Características paternas	Variable nominal
Cuando el niño se enferma usualmente a donde lo lleva(lleva)			Servicio de Atención medica	Variable Nominal
Tiene algún tipo de servicio medico(servicio)		Servicio medico al cual tiene acceso el niño	Atención medica	Variable dicotómica
Alguna vez ha tenido que hospitalizar al niño por enfermedades respiratorias (hospital)		Antecedentes personales	Atención medica	Variable dicotómica
Alguna vez ha sufrido enfermedades respiratorias graves como neumonía, bronquitis o fiebre con dificultad para respirar(graves)		Antecedentes personales	Morbilidad Estado de salud	Variable dicotómica
Cuantas veces se ha enfermado así (vecesenfe)		Antecedentes personales	Morbilidad Estado de salud	Variable numérica discontinua
Alguna vez se enfermo el niño cuando era menor de dos años (menor)		Antecedentes personales	Morbilidad Estado de salud	Variable dicotómica
Enfermedad vias respiratorias (Medicina)		Antecedentes personales	Necesita el niño medicinas regularmente para alergias o para otros problemas respiratorios	Variable dicotómica
En el año pasado cuantas veces se		Antecedentes personales	Morbilidad Estado de salud	Variable numérica discontinua

despertó el niño por presentar accesos de tos(accesos)				
Algunas veces el niño ha tenido tos después de jugar y hacer ejercicio(tosjugar)		El ejercicio puede modificar mucho la penetración de contaminantes hacia la profundidad de los pulmones y la dosis total hacia las vías respiratorias. Antecedentes personales	Morbilidad Estado de salud	Variable dicotómica
Ha presentado el niño problemas para respirar después de jugar o de hacer ejercicio(respjug)		El ejercicio no sólo aumenta directamente la dosis al incrementar la ventilación por minuto, sino también, dado que los seres humanos cambian de respiración habitual por las vías nasales, hay broncoconstricción cuando la exposición se hace al mismo tiempo que con ejercicio, quizá como resultado de mayor dosificación Antecedentes personales	Morbilidad Estado de salud	Variable dicotómica
Ha tosido tan fuerte que se le dificulte hablar (hablar)		Antecedentes personales	Morbilidad Estado de salud	Variable dicotómica
Ha notado si ha su niño alguna vez le chiflo o le ronco el pecho(chifla)		Antecedentes personales	Infección de las vías respiratorias bajas	Variable dicotómica
Que tan seguido su niño tiene ronquidos de pecho(ronquido)		Antecedentes personales	Infección de las vías respiratorias bajas	Variable numérica discontinua
Cuantos años tenia su niño cuando le empezó a roncar el pecho(empronc)	Años	Antecedentes personales	Infección de las vías respiratorias bajas	Variable numérica discontinua
Ha notado si le ronca el pecho al niño después de que corretea mucho(corretea)		Antecedentes personales	Infección de las vías respiratorias bajas	Variable dicotómica
Le ha dicho su doctor alguna vez que su niño tiene asma(asma)		Asma bronquial.- padecimiento de las vías respiratorias superiores e inferiores, caracterizado por disnea estertorosa, de predominio espiratorio, audible a distancia; dicha disnea es reversible y consecuencia de la respuesta alterada de	Infección de las vías respiratorias bajas	Variable dicotómica

		la tráquea y los bronquios debida a diferentes mecanismos inmunológicos, bioquímicos y enzimáticos.		
Que edad tenia su niño cuando le dijeron que tenia asma(eadaasma)	Años	Antecedentes personales	Infección de las vías respiratorias bajas	Variable numérica discontinua
Todavía su niño padece de asma(todavía)			Infección de las vías respiratorias bajas	Variable dicotómica
Alguien mas de la familia padece asma(famasma)		Antecedentes familiares	Infección de las vías respiratorias bajas	Variable dicotómica
La madre		Antecedentes personales		Variable dicotómica
El padre		Antecedentes personales		Variable dicotómica
Hermano		Antecedentes personales		Variable dicotómica
Otro familiar		Antecedentes personales		Variable dicotómica
Mascotas		Animal que esta en convivencia con el niño	Medio ambiente	Variable dicotómica
Perros				Variable dicotómica
Gatos				Variable dicotómica
Pollo				Variable dicotómica
Otros				Variable dicotómica
Especifique que otro tipo de mascota				Variable nominal
Usualmente donde juega el niño			Medio ambiente	Variable nominal
Alguna vez ha fumado su niño			Medio ambiente	Variable dicotómica
Que clase de combustible usan para cocinar			Medio ambiente	Variable nominal
Que usan para calentar la casa durante el invierno			Medio ambiente	Variable nominal
Donde duerme el niño			Medio ambiente	Variable nominal
Que tipo de piso hay en la casa			Medio ambiente	
Tierra				Variable dicotómica
Madera				Variable dicotómica
Concreto				Variable dicotómica
Alfombra				Variable dicotómica
Otro piso				Variable dicotómica
Hay cortinas en el cuarto donde duermen			Medio ambiente	Variable dicotómica
Que clase de almohada usa el niño			Medio ambiente	Variable numérica discontinua
Numero de fumadores			Medio ambiente	Variable numérica discontinua
Numero de personas en la casa con problemas para respirar		Antecedentes familiares	Medio ambiente	Variable numérica discontinua

Numero de personas en la casa con asma		Antecedentes familiares	Medio ambiente	Variable numérica discontinua
--	--	-------------------------	----------------	-------------------------------

## APENDICE D. NORMA REFERENTE A PM<sub>10</sub>

**NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-025-SSA1-1993. “ SALUD AMBIENTAL. CRITERIO PARA EVALUAR LA CALIDAD DEL AIRE AMBIENTE, CON RESPECTO A LAS PARTICULAS MENORES DE 10 MICRA (PM10). VALOR PERMISIBLE PARA LA CONCENTRACION DE PARTICULAS MENORES DE 10 MICRAS (PM10) EN EL AIRE AMBIENTE, COMO MEDIDA DE PROTECCION A LA SALUD DE LA POBLACION”.**

Al margen un sello con el escudo nacional, que dice: Estados unidos mexicanos.- Secretaria de salud.

Filiberto Pérez Duarte, director general de salud ambiental, por acuerdo del Comité Consultivo Nacional de Normalización de regulación y fomento sanitario, con fundamento en los artículos 39 de la ley orgánica de la administración publica federal; 38 fraccion II , 47 de la ley federal sobre metrologia y Normalizacion; 8o. fraccion IV y 25 fraccion V del reglamento interior de la secretaria de salud.

### **0. Introducción**

El plan nacional de desarrollo 1989-1994, señala que la contaminación atmosférica ha sido producto del proceso de la industrialización, así como de las grandes concentraciones urbanas, primordialmente por la emisión de humos , polvos y gases provenientes de fuentes móviles y fijas. Para prevenir, restablecer y mantener la calidad del aire, se realizarán acciones para reducir la emisión de contaminantes.

La ley general de salud, contempla que en materia de efectos del ambiente en la salud, las autoridades sanitarias establecerán las normas, tomarán medidas y realizarán las actividades a que se refiere esta ley tendientes a la protección de

la salud humana ante los riesgos y daños dependientes de las condiciones del ambiente, así como para determinar, para los contaminantes atmosféricos, los valores de concentración máxima permisibles para el ser humano.

La ley general del equilibrio ecológico y la protección al ambiente y su reglamento en materia de prevención y control de la contaminación de la atmósfera, señalan que la calidad del aire debe ser satisfactoria en todos los asentamientos humanos y regiones del país, y que la secretaria de desarrollo social, expedirá, en coordinación con la secretaria de salud en lo referente a la salud humana, las normas oficiales mexicanas correspondientes, especificando los niveles permisibles de emisión e inmisión por contaminantes y por fuente de contaminación, de acuerdo con el reglamento respectivo.

El programa nacional para la protección del medio ambiente 1990-1994 dicta que en materia de protección al ambiente se cuente con los conocimientos científicos y técnicos que permitan incorporar en los procesos productivos, tecnologías que reduzcan al mínimo el impacto sobre el medio ambiente, así como definir e incluir criterios ecológicos para regular y optimizar las actividades productivas.

Las partículas suspendidas son producto de una cantidad de procesos naturales o antropogénicos y consecuentemente el riesgo que constituyen, depende de algunas de sus múltiples características.

Se les considera capaces de bloquear los mecanismos de defensa del aparato respiratorio, a nivel de vías aéreas superiores y alvéolos.

Por su contenido de metales pesados, si es el caso, dan lugar a los casos específicos correspondientes.

Se asocian con mucha frecuencia con elementos ácidos con los que se sinergiza su efecto dañino potencial y finalmente pueden acarrear elementos biológicos que van desde pólenes hasta bacterias, hongos y virus.

El riesgo sanitario lo constituyen aparte de su concentración, tiempo de exposición y sus características físicas; los individuos susceptibles por excelencia son aquellos que son portadores de una enfermedad respiratoria crónica que haya dado lugar principalmente a daños del sistema mucociliar.

Las fuentes emisoras de partículas son tanto naturales, como antropogénicas, por la quema de combustibles fósiles en vehículos y procesos industriales; además las partículas también se pueden formar a partir de gases.

Los vapores de los metales pesados tienden a condensarse sobre la superficie de las partículas. Por otro lado, pueden servir como núcleos de condensación del agua y de otros vapores con lo cual se producen microgotas, en las que pueden ser transportados gases higroscópicos, aumentando el efecto agresor de las partículas.

Su tamaño es la característica física más importante para determinar su toxicidad. Las partículas que miden más de 10 micrómetros se retienen básicamente en las vías respiratorias superiores. Las que miden menos de 10 micrómetros predominan en la fracción respirable y penetran hasta el espacio alveolar del pulmón.

Las partículas menores de 10 micrómetros tienen un efecto indirecto sobre el aparato respiratorio, pues adsorben agentes microbiológicos (virus, bacterias, hongos, pólenes, etc.) en su superficie y los transportan al pulmón.

Los valores criterio de calidad del aire, establecen límites sobre concentraciones de diversos contaminantes, con base en la protección de la salud de la población, iniciando con la más susceptible, y son parámetros de vigilancia de la calidad del aire ambiente. Establecen la referencia para la formulación de programas de control y evaluación de los mismos.

## **1. Objetivos y campo de aplicación**

### **1.1 Objetivo**

Esta Norma Oficial Mexicana establece el valor permisible para la concentración de partículas menores de 10 micras en el aire ambiente.

### **1.2 Campo de aplicación**

Aplicable en todo el territorio mexicano.

Aplicable en las políticas de saneamiento ambiental en lo referente a la salud humana.

Aplicable en actividades o situaciones ambientales que causen o puedan causar riesgos o daños a la salud de las personas.

Aplicable para el desarrollo de investigación permanente y sistemática de los riesgos y daños que, para la salud de la población, origine la contaminación ambiental por partículas menores de 10 micras.

## **2. Referencias**

Esta norma se complementa con las Normas Oficiales Mexicanas que determine la secretaria de desarrollo social para establecer los métodos de medición para determinar la concentración de partículas menores de 10 micras en el aire ambiente y los procedimientos para la calibración de los equipos de medición.

### **3. Definiciones**

#### **3.1 Aire ambiente**

Atmósfera en espacio abierto

3.2  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

microgramos por metro cúbico

#### **4. Especificaciones**

La concentración de partículas menores de 10 micras, como contaminantes atmosféricos, no deben rebasar el límite permisible de  $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , en 24 horas una vez al año y  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en una media aritmética anual. Para protección a la salud de la población susceptible.

#### **5. Métodos de prueba**

Los que determine la secretaria de desarrollo social para establecer los métodos de medición para determinar la concentración de partículas menores de 10 micras en el aire ambiente y los procedimientos para la calibración de los equipos de medición.

#### **6. Concordancia con normas internacionales**

40 CFR PART 50-National Primary And Secondary Ambient Air Quality Standards.

50.6 National Primary And Secondary Ambient Air Quality Standards for particulate matter.

#### **7. Bibliografía**

Sulfur Dioxide and Particulate Matter. Air Quality Guidelines for Europe. WHO regional publications. European series; No. 23 ISBN 92-89-1114-9, 338-360, 1987.

U.S. Environmental Protection Agency (1982) Air Quality Criteria Document for Particulate Matter and Sulfur Oxides. Research Triangle Park, N.C. Office of Health and Environmental Assessment, Environmental Criteria and Assessment Office; EPA Volume I report No. EPA 600/8-82-029 a.

U.S. Environmental Protection Agency (1982) Air Quality Criteria Document for Particulate Matter and Sulfur Oxides. Research Triangle Park, N.C. Office of Health and Environmental Assessment, Environmental Criteria and Assessment Office; EPA Volume II report No. EPA 600/8-82-029 b.

U.S. Environmental Protection Agency (1982) Air Quality Criteria Document for Particulate Matter and Sulfur Oxides. Research Triangle Park, N.C. Office of Health and Environmental Assessment, Environmental Criteria and Assessment Office; EPA Volume III report No. EPA 600/8-82-029 c.

U.S. Environmental Protection Agency (1986) Second Addendum to Air Quality Criteria Document for Particulate Matter and Sulfur Oxides (1982): Assessment of Newly Available Health Effects Information. Research Triangle Park, N.C. Office of Health and Environmental Assessment, Environmental Criteria and Assessment Office; EPA report No. EPA 600/8-86-020 F. Efectos del ambiente en la salud. Capitulo IV, Ley General de Salud, D.O.F. Febrero de 1984, 56-57.

Plan Nacional de Desarrollo 1989-1994. D.O.F. Mayo de 1989, 56-57.

Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente y su Reglamento en materia de Prevención y Control de la Contaminación de la Atmósfera. D.O.F. Enero de 1988.

Rivero S.O. y Cols. Contaminación atmosférica y enfermedad respiratoria. Biblioteca de la Salud. 1993.

Urban Air Pollution in Megacities of the World. Blackwell. WHO/UNEP.

C. Arden PC; Schwartz J; Ransom RM. Daily Mortality and PM10 Pollution in Utah Valley. Arch-Environ-Health. 1992 May/June 47(3): 211-217

Dockery WD; Schwartz J; Spengler D. Air Pollution and Daily Mortality: Associations with Particulates and Acid Aerosols. Environ-Res. 1992 59: 362-373.

Fairley D. The Relationship of Daily Mortality to Suspended Particulates in Santa Clara County, 1980-1986. Environ-Health-Perspect. 1990 89: 159-168.

## **8. Observancia de la norma**

Esta Norma Oficial Mexicana de observancia para las autoridades federales y locales, que tengan a su cargo la vigilancia y evaluación de la calidad del aire, con fines de protección a la salud de la población.

Dentro del plazo de 180 días naturales posteriores a la publicación de esta Norma Oficial Mexicana, los gobiernos de las entidades federativas propondrán los planes para la verificación, seguimiento y control de los valores establecidos.

Las autoridades competentes, en el ámbito de sus atribuciones, vigilarán la observancia de la presente Norma Oficial Mexicana.

La revisión de la presente Norma Oficial Mexicana deberá realizarse con periodicidad trianual.

## **9. Vigencia**

La presente Norma Oficial Mexicana entrara en vigor con su caracter obligatorio, al dia siguiente de su publicacion en el diario oficial de la federacion.

Sufragio efectivo. No reeleccion.

Mexico D.F., a 18 de agosto de 1994.- El director General de Salud Ambiental, Filiberto Perez Duarte.- Rúbrica.

Diario oficial de la federacion CDXCV 16,23 dic. 1994 p.4

## APÉNDICE E. NORMA REFERENTE A CO

**NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-021-SSA1-1993. "SALUD AMBIENTAL. CRITERIO PARA EVALUAR LA CALIDAD DEL AIRE AMBIENTE CON RESPECTO AL MONÓXIDO DE CARBONO (CO). VALOR PERMISIBLE PARA LA CONCENTRACIÓN DE MONÓXIDO DE CARBONO (CO) EN EL AIRE AMBIENTE, COMO MEDIDA DE PROTECCIÓN A LA SALUD DE LA POBLACIÓN".**

Al margen un sello con el Escudo Nacional, que dice: Estados Unidos Mexicanos.- Secretaría de Salud. FILIBERTO PEREZ DUARTE, Director General de Salud Ambiental, por acuerdo del Comité Consultivo Nacional de Normalización de Regulación y Fomento Sanitario, con fundamento en los artículos 39 de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal; 38 fracción II, 47 de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización; 8o. fracción IV y 25 fracción V del Reglamento Interior de la Secretaría de Salud.

### **0. Introducción**

El Plan Nacional de Desarrollo 1989 - 1994, señala que la contaminación atmosférica ha sido producto del proceso de la industrialización, así como de las grandes concentraciones urbanas, primordialmente por la emisión de humos, polvos y gases provenientes de fuentes móviles y fijas. Para prevenir, restablecer y mantener la calidad de aire, se realizarán acciones para reducir la emisión de contaminantes.

La Ley General de Salud, contempla que en materia de efectos del ambiente en la salud, las autoridades sanitarias establecerán las normas, tomarán medidas y realizarán las actividades a que se refiere esta Ley tendientes a la protección de la salud humana ante los riesgos y daños dependientes de las condiciones del ambiente, así como determinar, para los contaminantes

atmosféricos, los valores de concentración máxima permisible para el ser humano.

La Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente y su Reglamento en materia de prevención y control de la contaminación de la atmósfera, señalan que la calidad del aire debe ser satisfactoria en todos los asentamientos humanos y regiones del país, y que la Secretaría de Desarrollo Social expedirá, en coordinación con la Secretaría de Salud en lo referente a la salud humana, las normas oficiales mexicanas correspondientes, especificando los niveles permisibles de emisión e inmisión por contaminante y por fuente de contaminación, de acuerdo con el reglamento respectivo.

El Programa Nacional para la Protección del Medio Ambiente 1990 - 1994 dicta que en materia de Protección al Ambiente se cuente con los conocimientos científicos y técnicos que permitan incorporar en los procesos productivos, tecnologías que reduzcan al mínimo el impacto sobre el medio ambiente, así como definir e incluir criterios ecológicos para regular y optimizar las actividades productivas.

El monóxido de carbono (CO), es un gas inodoro e incoloro que se produce por la combustión incompleta de compuestos de carbono, consecuentemente pueden verterlo al aire los vehículos automotores y la industria, aunque en menor escala; algunos procesos naturales son capaces de emitirlo, tales como los incendios forestales o su emisión de los procesos naturales que se llevan a cabo en los océanos. Mención especial debe hacerse de la acumulación intramuros por procesos domésticos y el hábito de fumar.

El efecto dañino potencial principal de este contaminante lo constituye su afinidad para combinarse con la hemoglobina dando lugar a una elevada

formación de carboxihemoglobina y como consecuencia, disminuye la cantidad de oxihemoglobina y por ende la entrega de oxígeno a los tejidos. El riesgo de la exposición al CO varía desde el efecto de pequeñas cantidades atmosféricas en individuos que padecen deficiencias circulatorias (siendo particularmente susceptibles los enfermos con angina de pecho, así como aquellos con arteriosclerosis), hasta una intoxicación aguda por inhalación de grandes cantidades del contaminante en espacios cerrados y/o en un lapso de tiempo corto.

Los valores criterio de calidad del aire, establecen límites sobre concentraciones de diversos contaminantes, con base en la protección de la salud de la población, iniciando con la más susceptible, y son parámetros de vigilancia de la calidad del aire ambiente. Establecen la referencia para la formulación de programas de control y evaluación de los mismos.

## **1. Objetivo y campo de aplicación**

### **1.1 Objetivo**

Esta Norma Oficial Mexicana establece el valor permisible para la concentración de monóxido de carbono en el aire ambiente.

### **1.2 Campo de aplicación**

Aplicable en todo el territorio mexicano.

Aplicable en las políticas de saneamiento ambiental en lo referente a la salud humana.

Aplicable en actividades o situaciones ambientales que causen o puedan causar riesgos o daños a la salud de las personas.

Aplicable para el desarrollo de investigación permanente y sistemática de los riesgos y daños que, para la salud de la población, origine la contaminación ambiental por monóxido de carbono.

## **2. Referencias**

Esta Norma se complementa con la Norma Oficial Mexicana: NOM-CCAM-001-ECOL /1993 que establece los métodos de medición para determinar la concentración de monóxido de carbono en el aire ambiente y los procedimientos para la calibración de los equipos de medición.

## **2. Definiciones**

### 3.1 Aire ambiente

Atmósfera en espacio abierto

### 3.2 ppm

partes por millón

(1ppm = 1145<sup>o</sup>ug/m<sup>3</sup>)

### 3.3 µg/m<sup>3</sup>

microgramo por metro cúbico

## **4. Especificaciones**

La concentración de monóxido de carbono, como contaminante atmosférico, no debe rebasar el valor permisible de 11.00 ppm o lo que es equivalente a 12,595 µg/m<sup>3</sup> en promedio móvil de ocho horas una vez al año, como protección a la salud de la población susceptible.

## **5. Métodos de prueba**

NOM-PA-CCAM-001 / 93 que establece los métodos de medición para determinar la concentración de monóxido de carbono en el aire ambiente y los procedimientos para la calibración de los equipos de medición.

## **6. Concordancia con normas internacionales**

Esta Norma no tiene concordancia con normas internacionales.

## **7. Bibliografía**

Carbon Monoxide. Air Quality Guidelines for Europe. WHO regional publications. European series; No. 23 ISBN 92-890-1114-9, 210-220, 1987.

Fernández - Bremauntz, Adrian A. Commuters' exposure to carbon monoxide in the metropolitan area of Mexico City. 1993 (Tesis).

Efectos del ambiente en la salud. Capítulo IV, Ley General de Salud, D.O.F. Febrero de 1984,56-57.

Plan Nacional de Desarrollo 1989-1994. D. O. F. Mayo de 1989. 56-57.

Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente y su Reglamento en materia de Prevención y Control de la Contaminación de la Atmósfera. D.O.F. Enero de 1988.

Rivero S.O. y Cols. Contaminación atmosférica y enfermedad respiratoria. Biblioteca de la Salud. 1993.

Urban Air Pollution in Megacities of the World. Blackwell. WHO/UNEP.

## **8. Observancia de la Norma**

Esta Norma Oficial Mexicana es de observancia para las autoridades federales y locales, que tengan a su cargo la vigilancia y evaluación de la calidad del aire, con fines de protección a la salud de la población.

Dentro del plazo de 180 días naturales posteriores a la publicación de esta Norma Oficial Mexicana, los gobiernos de las entidades federativas propondrán los planes para la verificación, seguimiento y control de los valores establecidos.

Las autoridades competentes, en el ámbito de sus atribuciones, vigilarán la observancia de la presente Norma Oficial Mexicana.

La revisión de la presente Norma Oficial Mexicana deberá realizarse con periodicidad trianual.

## **9. Vigencia**

La presente Norma Oficial Mexicana entrará en vigor con su carácter obligatorio, al día siguiente de su publicación en el Diario Oficial de la Federación.

Sufragio Efectivo. No Reelección. México, D.F., a 18 de agosto de 1994.- El Director General de Salud Ambiental, Filiberto Pérez Duarte.- Rúbrica.

**Diario Oficial de la Federación CDXCV 16,23 dic. 1994 p.4**

## APÉNDICE F. CUESTIONARIO

### Información de las casas

Fecha \_\_\_\_\_ No. De la casa \_\_\_\_\_ Entrevistador \_\_\_\_\_

Nombre del entrevistado \_\_\_\_\_

(Esta será la persona que estará llenando los cuestionarios y realizando las pruebas)

Dirección de la casa \_\_\_\_\_

Parentesco del entrevistado con el niño.

Madre \_\_\_\_\_ 1

Padre \_\_\_\_\_ 2

Abuela \_\_\_\_\_ 3

Otro \_\_\_\_\_ 4

1.- Nombre del niño \_\_\_\_\_

2.- Grado escolar \_\_\_\_\_ Escuela \_\_\_\_\_

3.- Sexo Masculino Femenino

4.- Fecha de nacimiento del niño \_\_\_\_\_

5.- Lista de las personas que usualmente duermen en esta casa, empezando con el entrevistado.

Nombre	Edad	Fuma (si/no)	Historia de problemas respiratorios (si/no)	Asma (si/no)
1.				
2.				
3.				
4.				
5.				
6.				
7.				
8.				
9.				
10.				

Si hay más personas escriba la información al reverso de la página.

6.- ¿Tiene usted amigos u otros familiares que fuman dentro de su casa? Si No

7.- ¿Cuántos años de escuela ha completado la madre? \_\_\_\_\_

8.- ¿Trabaja la madre fuera de la casa? Si No

9.- Si la respuesta es Si, diga donde y que tipo de trabajo hace. \_\_\_\_\_

10.- ¿Cuántos años de escuela completo el padre? \_\_\_\_\_

11.- ¿Trabaja el padre fuera de la casa? Si No

12.- Si la respuesta es Si, diga donde y que tipo de trabajo hace. \_\_\_\_\_

13.- ¿Cuándo el niño enferma, usualmente a donde lo lleva? \_\_\_\_\_

14.- ¿Tiene algún tipo de servicio medico? \_\_\_\_\_

15.- ¿Alguna vez ha tenido que hospitalizar al niño por enfermedades respiratorias. Si No

16.- ¿Alguna vez ha sufrido enfermedades respiratorias graves, como neumonía, bronquitis o

fiebre con dificultad para respirar? Si No

17.- ¿Cuántas veces se ha enfermado así? \_\_\_\_\_

18.- ¿Alguna vez se enfermo el niño cuando era menor de dos años? Si No

19.- ¿Necesita el niño tomar medicinas regularmente para alergias o para otros problemas respiratorios? Si No

20.-¿Qué medicinas y que tan seguido?

Medicina	¿Qué tan seguido?	Medicina	¿Qué tan seguido?

21.- ¿Cuántos días tuvo que faltar el niño a la escuela por cualquier enfermedad el año pasado? \_\_\_\_\_ veces.

22.- ¿El año pasado el niño tuvo tos seca persistente por más de tres semanas sin resfriado?

Si No

23.- ¿Cuántas veces el año pasado se despertó el niño por presentar accesos de tos?

Mas de una semana \_\_\_\_\_ 1                      Algunas veces \_\_\_\_\_ 3

Una vez a la semana \_\_\_\_\_ 2                      Nunca \_\_\_\_\_ 4

24.- ¿Alguna vez el niño ha tenido tos después de haber jugado o de haber hecho mucho ejercicio? Si No

25.- ¿Ha presentado el niño problemas para respirar después de jugar o de hacer ejercicio? Si No

26.- ¿Ha tosido su niño tan fuerte que se le dificulte hablar? Si No

27.- ¿Ha notado si a su niño alguna vez le chifla o le ronca el pecho? Si No

28.- ¿Qué tan seguido su niño tiene ronquidos de pecho?

Casi todos los días

Al menos una vez a la semana

Una que otra vez al mes

Raramente

Nunca

29.- ¿Cuántos años tenia su niño cuando le empezó a roncar el pecho? \_\_\_\_\_ años

30.- ¿Ha notado si le ronca el pecho al niño después de que corretea mucho? Si No

31.- ¿Le ha dicho el doctor alguna vez que su niño tiene asma? Si No

32.- ¿Qué edad tenia el niño cuando le dijeron que tenia asma? \_\_\_\_\_ años

33.- ¿Aun padece asma? Si No

34.- ¿Alguien más de la familia tiene dificultad para respirar o le chifla el pecho? ¿Quién?

La madre \_\_\_\_\_ 1

El padre \_\_\_\_\_ 2

Un hermano \_\_\_\_\_ 3

Otro \_\_\_\_\_ 4

35.- ¿Su niño necesita medicina para controlar su ronquido o el asma? Si No

36.- ¿Ha tenido su niño que acudir a la clínica por su ronquido de pecho o por el asma? Si No

37.- ¿Le impiden los problemas respiratorios a su niño ir a la escuela o hacer otras cosas? Si No

38.- ¿Desde cuando vive el niño en esta casa? \_\_\_\_\_ años

39.- ¿Desde cuando vive el niño en esta comunidad o colonia? \_\_\_\_\_ años

40.- ¿Tienen animales domésticos o mascotas en la casa? Si No

41.- ¿Qué clase de mascotas tienen en esta casa?

Perros \_\_\_\_\_ 1

Gatos \_\_\_\_\_ 2

Pollos o gallinas \_\_\_\_\_ 3

Otros (especifique) \_\_\_\_\_ 4

42.- ¿Usualmente donde juega su niño? \_\_\_\_\_

43.- ¿Alguna vez ha fumado su niño? Si No

44.- ¿Qué clase de combustible usan para cocinar? \_\_\_\_\_

45.- ¿Qué usan para calentar la casa durante el invierno? \_\_\_\_\_

46.- ¿Qué tipo de piso hay en la casa?

De tierra \_\_\_\_\_ 1

De madera \_\_\_\_\_ 2

De concreto o cemento \_\_\_\_\_3

Alfombras \_\_\_\_\_4

Otro tipo \_\_\_\_\_5

47.- ¿Hay cortinas en el cuarto donde duermen? Si No

48.- ¿Qué clase de almohadas usa el niño?

Plumas \_\_\_\_\_1

Esponja \_\_\_\_\_2

Otro tipo \_\_\_\_\_3

No usa almohada \_\_\_\_\_4

Instruya al informante acerca de cómo llenar el cuestionario y de cómo usar el aparato para medir la capacidad respiratoria.

Infórmele acerca de la clínica “del Espíritu Santo”.

La promotora deberá observar el camino hacia la casa, es decir, si esta pavimentado o es de terracería.

Sra. Madre de familia (Padre de familia), muchas gracias por ayudarnos a realizar este estudio en su casa.

Dra. San Juana Mendoza  
Clínica del Espíritu Santo  
Pavo Real # 562  
Col. Lomas de Morelos

## APÉNDICE G. CUESTIONARIO

### Estudio clínico de asma y registro diario de síntomas

Casa No. \_\_\_\_\_ Promotora \_\_\_\_\_ Fecha de inicio (m) \_\_\_\_\_ (d) \_\_\_\_\_ (a)

Nombre del niño (a) \_\_\_\_\_ Grado escolar \_\_\_\_\_

#### Medidas con el flujometro ( hora \_\_\_\_\_ a.m.)

Medidas/día	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
1ª.					
2ª.					
3ª.					

#### Tarde (hora \_\_\_\_\_ p.m.)

Medidas/día	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
1ª.					
2ª.					
3ª.					

#### Síntomas (Si / No)

Síntoma/día	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
¿Tos?					
¿Flema?					
¿Ronquido?					
¿Dificultad para respirar?					
¿Irritación de los ojos?					
¿Dolor de garganta?					
¿Fiebre?					
¿Ataque de tos con ronquido?					
¿El niño faltó a la escuela por enfermedad?					
¿Fue al Dr. Por problemas para respirar?					

¿Cuántas horas jugo fuera de la casa? Hrs.					
¿Uso el calentón anoche?					
¿Fumaron con el niño adentro?					

¿Tomo el niño medicinas por problemas respiratorios? Si No

¿Cuándo? \_\_\_\_\_

¿Cuáles? \_\_\_\_\_

## APÉNDICE H. CUESTIONARIO

20 de Noviembre de 1997.

Cd. Juarez, Chih. Mex.

De Parte de: Dra. San Juana Mendoza

Clinica Comunitaria "del Espiritu Santo"

A: Sr. Padre o Madre de Familia: \_\_\_\_\_

Debido a la contaminación del aire en nuestra Cd. Juarez, estamos preocupados por saber como afecta la salud respiratoria de nuestros niños. Así que una sruvidora con el apoyo de la Universidad de Juarez y del Paso, queremos realizar un estudio de la relacion de la contaminación del aire y las enfermedades respiratorias en los niños, por lo cual les estamos pidiendo su ayuda y apoyo para hacer exámenes que midan la capacidad respiratoria de los niños y otros que permitan saber si tienen alergias, también vamos a vigilar a su hijo por \_\_\_\_ meses para ver si ocurren enfermedades respiratorias y para ver los cambios en la capacidad respiratoria.

LA INFORMACION QUE UD. NOS PROPORCIONE SERA CONFIDENCIAL Y SE USARA SOLO PARA FINES MEDICOS. SI UD. ESTA DE ACUERDO LE AGRADEZCO QUE COMPLETE EL CUESTIONARIO Y LO REGRESE MANANA AL PROFESOR DE SU HIJO (A).

SI DOY MI PERMISO PARA ESTE ESTUDIO;

---

Firma del Padre o Madre del alumno.

CUESTIONARIO DE SELECCIÓN DE SINTOMAS RESPIRATORIOS EN NIÑOS ESCOLARES.

1.- FECHA DE REALIZACION \_\_\_\_\_

Día Mes Año

2.- ESTUDIO NUMERO \_\_\_\_\_

3.- ESCUELA \_\_\_\_\_

4.- PROFESOR \_\_\_\_\_

Nombre

Grado Escolar

5.- NOMBRE DE LA PERSONA QUE CONTESTA EL CUESTIONARIO

\_\_\_\_\_

6.- NOMBRE DEL ALUMNO (A) EN QUIEN SE HARA EL ESTUDIO.

\_\_\_\_\_

7.- FECHA DE NACIMIENTO \_\_\_\_\_ EDAD \_\_\_\_\_

Día

Mes

Año

Anos

Meses

8.- PARENTEZCO CON EL NIÑO \_\_\_\_\_

9.- OBSERVACIONES \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

A CONTINUACION MARQUE CON UNA X SU RESPUESTA.

1.- En los ultimos 12 meses su niño (a) ha sentido dificultad para respirar cuando juega afuera o sube lomas?

SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_

2.- En los ultimos 12 meses su niño (a) ha tenido tos seca (por la mañana, la tarde o la noche), por mas de tres semanas?

SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_

3.- Su niño (a) ha tenido tos seca por las noches en los ultimos 12 meses sin estar resfriado o con infeccion en el pecho?

SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_

4.- Alguna vez a su niño (a) le ha roncado el pecho?

SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_

5.- En los últimos 12 meses a su niño (a) le ha roncado el pecho?

SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_

6.- En los últimos 12 meses su niño (a) ha tenido ronquido de pecho después de haber jugado mucho o después de hacer ejercicios?

SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_

7.- En los últimos 12 meses su niño (a) ha tenido ronquido de pecho debido a :

- |                        |                            |
|------------------------|----------------------------|
| A) clima frío          | G) animales                |
| B) polvo cuando barren | H) calor                   |
| C) plantas             | I) infecciones             |
| D) comida              | J) ejercicio               |
| E) humedad             | K) ninguna de estas causas |
| F) humo de la lena     |                            |

8.- En los últimos 12 meses a su niño (a) le ha roncado el pecho sin que tenga resfrío o catarro?

SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_

9.- Algun Doctor le ha dicho alguna vez que su niño (a) tiene asma?

SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_

10.- Su niño (a) ha recibido medicinas para el asma en los últimos 12 meses?

SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_

11.- Tuvo su niño (a) problemas serios de enfermedades en el pecho que afectaron su salud, en los primeros dos años de vida?

SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_

12.- Su niño (a) usa medicinas para curar las enfermedades respiratorias?

SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_

LE AGRADECEMOS MUCHO SU AYUDA EN ESTE ESTUDIO, Y DE SER NECESARIO VOLVEREMOS A VISITARLE.

**APENDICE I. FACTORES ASOCIADOS CON EL INCREMENTO DEL RIESGO DE CONTRAER ENFERMEDADES HUMANAS.**

Características del huésped	Tipo de agentes y ejemplos	Factores ambientales
Edad	Biológico (bacterias, virus)	Temperatura
Sexo	Químico(envenenamiento, alcohol, fumar)	Humedad
Raza	Físico(trauma, radiación, fuego)	Altitud
Religión	Nutricional(exceso, escasez)	Sobre población
Costumbres		Vivienda
Ocupación		Vecindario
Perfil genético		Agua
Estado civil		Leche
Antecedentes Familiares		Comida
Enfermedades anteriores		Radiación
Estado inmune		Contaminación del aire
		Ruido

## **APÉNDICE J. FUNCIÓN PULMONAR MEDIANTE EL USO DE UN FLUJOMETRO.**

La primera referencia que de estos estudios se tiene, data de 1667, en que Haske con el empleo de un sistema de fuelle doble abordó la tráquea de un perro, intentando conocer detalles de la mecánica respiratoria (Middelton , 1989).

A finales del siglo XIX, el británico Hutchinson introdujo el primer espirómetro, con el que se recopiló datos de más de 2000 sujetos. Fue este autor quien estableció, que el valor de la capacidad vital depende de la edad, la talla, el sexo, el peso corporal: y que declina considerablemente en las enfermedades pulmonares (Kovats, 1979).

Prosiguen los estudios y hacia 1927 Rohrer y Neegord perfilan las pruebas de la mecánica ventilatoria, por lo que se consideran pioneros en este campo. Hacia 1949, Tiffeneau relaciona volumen de aire espirado en la unidad de tiempo conformando la espirometría dinámica( Díaz, 2000).

Estos estudios pueden considerarse medidores del movimiento en el tiempo y el espacio del aparato respiratorio.

Existen diferentes pruebas de función pulmonar:

- ❖ Primer nivel diagnóstico dado por la espirometría, que es el proceder de la exploración funcional más empleado, mide los volúmenes pulmonares y velocidad de flujo aéreo espirado a partir de la capacidad vital en función del tiempo. En general, estos estudios nos ofrecen sobre:
  - Intensidad de la ventilación
  - Estado de la mecánica ventilatoria

- Flujos máximos en una unidad de tiempo
  - Estimado del consumo de oxígeno por minuto
  - Variaciones funcionales bajo la influencia de fármacos, y de carga de esfuerzos físicos.
- ❖ Segundo nivel diagnóstico funcional medición del flujo espiratorio máximo (FEM), es decir, el mayor flujo obtenido de una espiración forzada luego de realizar una inspiración máxima. Evalúa la variabilidad de la función pulmonar a lo largo del día y en días sucesivos. Confirma el diagnóstico la variabilidad en las mediciones mayor a un 20%.
- ❖ Tercer nivel está destinado a medir la hiperreactividad bronquial. Se denominan pruebas de provocación bronquial inespecíficas, pueden utilizar el ejercicio, agentes químicos como la metacolina, agentes físicos como el aire frío y seco (Arístides, 2000; Karma. Op.cit.).

No basaremos en el segundo nivel funcional que en algunas ocasiones puede encontrarse como FEF (Flujo Espiratorio Forzado) o PEFR (Pico espiratorio forzado). También se le denomina en algunos trabajos como pico flujo, peak flow o ápice de flujo.

El FEM se obtiene de una maniobra forzada partiendo de una inspiración máxima (igual que en una espirometría), con la diferencia que la maniobra no tiene por que ser prolongada, pues para el FEM no se precisa la rama descendente de la curva espirométrica (Agustí, op.cit.).

Visto que el FEM es un solo valor de los muchos que se pueden obtener en una espirometría, resulta obvio decir que la medición del FEM nunca debe sustituir a la realización de la espirometría.

El FEM se expresa en litros por minuto (o como porcentaje del valor de referencia) cuando se utiliza un medidor de FEM (Flujómetro).

El flujómetro es un instrumento especial que sirve para medir el FEM. Sólo mide este parámetro. El primer medidor (el clásico mini-Wright) fue comercializado en 1978, y ha gozado de una gran aceptación, debido a su manejabilidad, facilidad de uso (desde los 4 años), su tamaño que permite sea transportable a cualquier lugar, y por su aceptable fiabilidad (Karma, op.cit; Agustí, op.cit.).

Existen varios medidores FEM homologados, es decir, que entre ellos y los valores obtenidos de las espirometrías guardan una correlación aceptable. Es importante no utilizar cualquier flujómetro, ya que debe de cumplir con los criterios aceptados por la American Thoracic Society (ATS) (Garza, 1999). Algunos flujómetros homologados son:

- mini-Wright
- Vitalograph
- Sibelmed
- PF-control
- Clemen-Clark
- Asses
- Truzone

Aunque se disponga de varios tipos de flujómetros, cada paciente deberá usar siempre el mismo modelo, y si dispone de uno propio, solo el suyo.

Los mejores valores de referencia para una persona son los obtenidos en la propia persona en un periodo en el que está clínicamente estable.

Una alternativa es utilizar valores de referencia, con los que se comparan los obtenidos en el paciente. Esto último se haría solo en caso de no disponer de valores de referencia previos propios para ese paciente.

Los valores teóricos más conocidos son los de Gregg y Jun (1989) y los de Godfrey (1970) para niños. Para España pueden utilizarse los valores de referencia obtenidos por Cobos, Reverté y Liñan y para México resultan útiles los valores del Dr. Eduardo Lara en población infantil de Veracruz, Veracruz (Garza, op.cit.; Lara, 1999).

Por lo anterior me referiré a variabilidad de la función pulmonar cuando objetive cambios significativos en los valores de la función pulmonar en un mismo día, cuando el paciente no está en crisis.

La variabilidad es la diferencia entre el valor del FEM máximo diario y mínimo diario. Se realizan tres mediciones diarias (seleccionando la mayor de las tres como flujo espiratorio máximo), la fórmula habitual es:

$$\frac{\text{FEM máximo} - \text{FEM mínimo}}{\text{FEM máximo}} \times 100$$

Si los valores obtenidos son inferiores al 80% de la mejor marca personal y/o variabilidad diaria es superior al 20% la variabilidad es positiva. A continuación se presentan clasificaciones internacionales obtenidas en una situación de al menos aparente normalidad clínica.

- Variabilidad menor del 20% (no variabilidad) valor normal, la persona está bajo control, sin síntomas. Puede detectar cambios al inicio de una crisis.

- Variabilidad entre el 20-30%, indica una crisis moderada y es necesario el uso de medicamentos.
- Variabilidad mayor del 30%, indica crisis, la actividad física se limita y el despertar con síntomas en la noche es más frecuente.<sup>9</sup>

Todos lo anterior junto a los valores actuales de FEM: 80%, 60 a 80%, y <60%, respectivamente.

En México, podemos tomar como referencia los valores obtenidos del estudio denominado “Flujo Espiratorio Máximo en Escolares Sanos”, llevado a cabo en la ciudad de Veracruz por el Dr. Lara. El que contó con 6,335 escolares, talla de 110 a 175 cm, edades de 6 a 15 años. Se escogieron sanos 1398 (22.06%) sin infección respiratoria, ni asma, y tener talla/peso normal, se utilizó el flujómetro ASSESS, para determinar FEM. los resultados de los valores medios: masculinos; 368.52 L/min. (R2 = 0.946), femeninos; 356.64 L/min. (R2 = 0.948) la recta de regresión arrojó las siguientes formulas de calculo; masculinos  $6.10 \times \text{talla en centímetros} - 500.71 = \text{FEM}$ , femeninos;  $6.17 \times \text{talla en centímetros} - 523.19 = \text{FEM}$ .

## **APÉNDICE K. CARACTERÍSTICAS DEL MEDIDOR DEL FEM (FLUJOMETRO).**

El medidor consta de un tubo cerrado por un extremo y con una boquilla en el otro extremo a través del cual se realiza la espiración. La fuerza de la espiración mueve una aguja que corre a través de un rail instalado en el interior del tubo y en paralelo a este. Dicha aguja se desliza hasta el punto donde se ha producido el máximo flujo o esfuerzo espiratorio instantáneo. El medidor incorpora una regla de medición, a lo largo de la cual se posiciona la aguja, dando la medición en litros por minuto. Dicha regla mide hasta 800 L/min.



Figura 3. Se observa la manera correcta del uso del flujometro

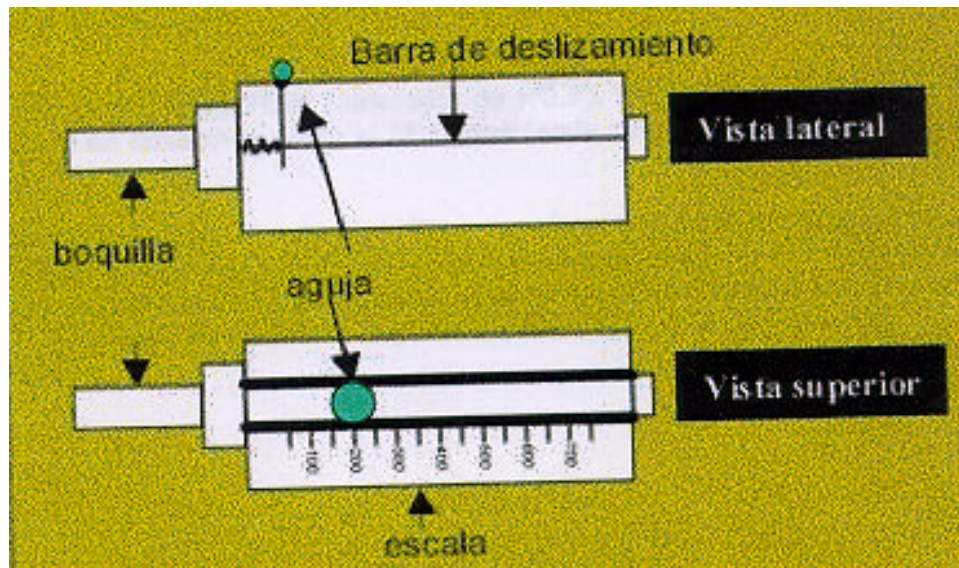


Figura 4. Partes de un flujometro

## APÉNDICE L. VÍAS ÁREAS.

Las vías áreas se dividen en dos porciones separadas por el borde inferior del cartílago cricoides: superiores e inferiores (Agustí, 1995).

Las vías áreas superiores están formadas por nariz, la faringe, la laringe. Las principales funciones del tracto respiratorio superior son la conducción, la purificación, la humidificación y el calentamiento del aire inspirado.

Conducción. Transporte del aire inspirado hacia el tracto respiratorio inferior.

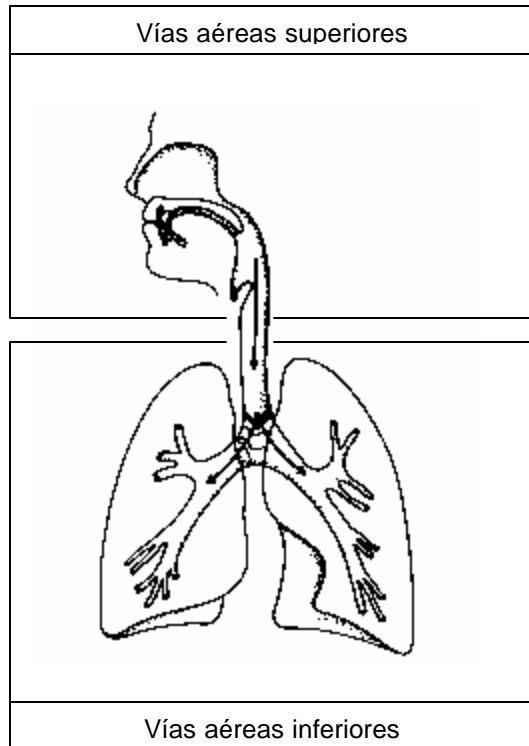
Purificación. Mecanismo de defensa que tiene lugar en la nariz mediante células secretoras (sustancias con propiedad bactericida) y órganos pilosos (que ayudan a retener el polvo y otras partículas).

Humidificación. El aire inspirado se humidifica hasta el 95%.

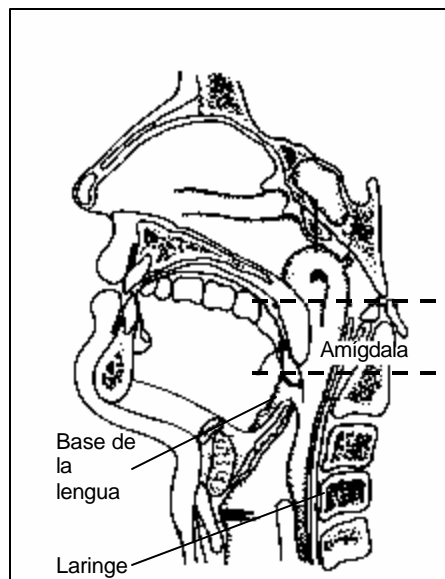
Calefacción. En ocasiones el aire inspirado (frío) puede ser un agresor físico externo. La gran vascularización de la nariz permite calentar el aire a temperatura corporal (37°C), evitando esta circunstancia.

Las vías áreas inferiores se originan en la tráquea. La tráquea se bifurca y forma los bronquios principales derecho e izquierdo; cada uno se introduce en el pulmón y se divide sucesivamente hasta un número no inferior a 23 generaciones que terminan en los sacos alveolares. Se consideran bronquiólos las generaciones.

El tracto respiratorio inferior tiene como principales funciones la conducción del aire y, en pequeña medida, el intercambio gaseoso.



**Figura 5. División de las vías areas**



**Figura 6. Vías aéreas superiores**  
Fuente: Agustí, 1995



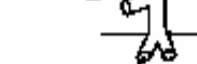
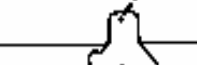
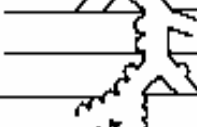
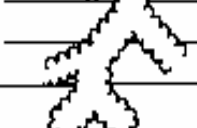

Zona de Conducción	Tráquea		2
	Bronquios		1
			2
			3
	Bronquiolos		4
	Bronquiolos terminales		5
Zona transicional y respiratoria	Bronquiolos respiratorios		16
			17
			18
			19
	Conductores alveolares		20
			21
	Sacos alveolares		22
			23

Figura 7. Vías areas inferiores

Fuente: Augustí, 1995

