

1997-A

085394924

# **UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA**

**CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS  
BIOLÓGICAS Y AGROPECUARIAS**

**CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS DE LA SALUD**

**MAESTRÍA EN CIENCIAS DE LA SALUD AMBIENTAL**



**CONTAMINACIÓN POR OZONO Y SU EFECTO A  
GRUPOS VULNERABLES CONSIDERANDO  
A LA AUSENCIA PREESCOLAR**

## **TESIS PROFESIONAL**

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:**

**MAESTRO EN CIENCIAS**

**PRESENTA:**

**GABRIEL TAPIA PERALTA**

**ZAPOPAN, JALISCO. ENERO DE 2006**



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

**COMITÉ DE TESIS**

**DRA. MARTHA GEORGINA OROZCO MEDINA**  
**PRESENTE:**

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

**TAPIA PERALTA GABRIEL**

Con el título:

**CONTAMINACIÓN POR OZONO Y SU EFECTO A GRUPOS VULNERABLES EN RELACIÓN CON LA AUSENCIA PREESCOLAR**

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

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

**ATENTAMENTE**

Las Agujas, Zapopan, Jal. a 10 de ENERO del 2006

**DR. ARTURO CURIEL BALLESTEROS**  
(Nombre y Firma)  
Director del trabajo de Tesis

**Q.F.B. GABRIEL TAPIA PERALTA**  
(Nombre y Firma)  
Alumno(a)

Asesores:

**DRA. GUADALUPE GARIBAY CHÁVEZ**

Nombre

Firma

Nombre

Firma

SINODALES	FIRMA
1. M.G.S.S. Silvia Graciela León Cortés	
2. Dra. Guadalupe Garibay Chávez	
3. Dr. Arturo Curiel Ballesteros	
4. Dra. María Luisa García Bátiz	
5. M.S.P. Genoveva Rizo Curiel	
6. Suplente M.C.S.A. Alberto Jiménez Cordero	

## INDICE

	Paginas
I. INTRODUCCIÓN	1
II. JUSTIFICACIÓN	5
III. ANTECEDENTES	9
IV. MARCO TEORICO Y CONCEPTUAL	
Generalidades de contaminación por ozono como un problema de Salud Ambiental	15
Contaminación del aire	16
Principales fuentes de contaminación	18
Origen de la contaminación atmosférica	18
Clasificación de fuentes contaminantes	19
Influencia de los procesos meterológicos en la contaminación atmosférica	19
Fuentes antropogénicas de emisión de contaminantes	23
Incendios forestales	25
Ozono	
Efectos a la salud por exposición	26
Ayuda a conservar la vida de 2 maneras	28
Impacto a la salud ambiental debido a la contaminación del aire	29
Efectos a la salud (morbilidad y mortalidad asociada a grupos vulnerables)	30
Perspectivas desde los valores de calidad del aire	36
Aire limpio tiene que ser una necesidad básica y un derecho	37
Red automática de monitoreo ZMG	39
Datos generales de la red automática de monitoreo	41
Análisis de datos de variables cuantitativas en salud ambiental	42
Correlación	43
V. HIPOTESIS	46
VI. OBJETIVOS	47
VII. METODOLOGÍA	48

## VIII. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

Localización	55
Región geográfica	56
Clima	57
Giros comerciales	58
Delimitación	59

IX. RESULTADOS	60
----------------	----

X. CONCLUSIONES	81
-----------------	----

XI. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	85
--	----

XII. BIBLIOGRAFÍA	
-------------------	--

XIII. ANEXOS	
--------------	--

## RELACIÓN DE CUADROS

	Página
Cuadro 1 Contaminación IMECAS de Ozono del mes de Enero 2005	61
Cuadro 2 Contaminación IMECAS de Ozono del mes de Febrero 2005	62
Cuadro 3 Contaminación IMECAS de Ozono del mes de Marzo 2005	63
Cuadro 4 Contaminación IMECAS de Ozono del mes de Abril 2005	64
Cuadro 5 Contaminación IMECAS de Ozono del mes de Mayo 2005	65
Cuadro 6 Contaminación IMECAS de Ozono del mes de Junio 2005	66
Cuadro 7 Porcentaje de ausencias en el mes de Enero 2005	67
Cuadro 8 Porcentaje de Ausencias del mes de febrero 2005	68
Cuadro 9 Porcentaje de Ausencias del mes de Marzo 2005	69
Cuadro 10 Porcentaje de Ausencias del mes de Abril 2005	70
Cuadro 11 Porcentaje de Ausencias del mes de Mayo 2005	71
Cuadro 12 Porcentaje de Ausencias del mes de Junio 2005	72
Cuadro 13 Cálculo de coeficiente de correlación Enero 2005 día 9 de desplazo	73
Cuadro 14 Cálculo de coeficiente de correlación Febrero 2005 día 9 de desplazo	73
Cuadro 15 Cálculo de coeficiente de correlación Marzo 2005 día 9 de desplazo	74
Cuadro 16 Cálculo de coeficiente de correlación Abril 2005 día 9 de desplazo	74
Cuadro 17 Cálculo de coeficiente de correlación Mayo 2005 día 9 de desplazo	75
Cuadro 18 Cálculo de coeficiente de correlación Junio 2005 día 9 de desplazo	75
Cuadro 19 Cálculo de correlación día 7 mes de Enero	76
Cuadro 20 Cálculo de correlación día 7 mes de Febrero	77
Cuadro 21 Cálculo de correlación día 7 mes de Marzo	78
Cuadro 22 Cálculo de correlación día 7 mes de Abril	79
Cuadro 23 Cálculo de correlación día 7 mes de Mayo	80
Cuadro 24 Cálculo de correlación día 7 mes de Junio	81

## RELACIÓN DE FIGURAS

	Pagina
Figura 1 Ubicación de las estaciones de monitoreo	40
Figura 2 Localización Área de Estudio	55
Figura 3 Área de estudio	59
Figura 4 Contaminación por Ozono Enero 2005	61
Figura 5 Contaminación por Ozono Febrero 2005	62
Figura 6 Contaminación por Ozono Marzo 2005	63
Figura 7 Contaminación por Ozono Abril 2005	64
Figura 8 Contaminación por Ozono Mayo 2005	65
Figura 9 Contaminación por Ozono Junio 2005	66
Figura 10 Porcentaje de ausencias del mes de Enero 2005	67
Figura 11 Porcentaje de ausencias del mes de Febrero 2005	68
Figura 12 Porcentaje de ausencias del mes de Marzo 2005	69
Figura 13 Porcentaje de ausencias del mes de Abril 2005	70
Figura 14 Porcentaje de ausencias del mes de Mayo 2005	71
Figura 15 Porcentaje de ausencias del mes de Junio 2005	72
Figura 16 IMECAS O3 y Porcentaje Ausencias, de Enero 2005	76
Figura 17 IMECAS O3 y Porcentaje Ausencias, de Febrero 2005	77
Figura 18 IMECAS O3 y Porcentaje Ausencias, de Marzo 2005	78
Figura 19 IMECAS O3 y Porcentaje Ausencias, de Abril 2005	79
Figura 20 IMECAS O3 y Porcentaje Ausencias, de Mayo 2005	80
Figura 21 IMECAS O3 y Porcentaje Ausencias, de Junio 2005	81

## I. INTRODUCCIÓN

La degradación del medio ambiente debida a la actitud adoptada por los humanos hacia la naturaleza durante el último siglo, en el sentido de que en su actuación tenía licencia para explotar los recursos naturales con una total indiferencia ante todo lo que repercutiera en beneficio directo del hombre, esta racionalidad y la forma en que nos relacionamos con la naturaleza ha dado lugar a uno de los problemas más importantes del siglo XX y de este que inicia, como lo es la Contaminación, la cual seguramente tendrá consecuencias catastróficas sino se pone freno al deterioro ambiental que cada vez es más claro esta repercutiendo preocupantemente en la calidad de vida y salud de las comunidades humanas y en todas las formas de vida.

Por otro lado, la explotación intensiva de los recursos naturales y el desarrollo de grandes concentraciones industriales y urbanas son fenómenos que, por incontrolados, han dado lugar a la saturación de la capacidad asimiladora y regeneradora de la Naturaleza y pueden llevar a perturbaciones irreversibles del equilibrio ecológico general, cuyas consecuencias a largo plazo no son fácilmente controlables.

La lucha contra la contaminación del aire, el tratamiento y eliminación de los residuos, la gestión de áreas verdes, la reinstalación de industrias fuera de las zonas urbanas y el establecimiento de procesos cada vez más limpios, la congestión del tráfico urbano, el mejoramiento de la tecnología la lucha y cada vez una mejor gestión de la salud ambiental de las comunidades humanas son aspectos prioritarios que deben de estar presentes en la zona de estudio, pero donde se requiere cada vez de mejores actuaciones y capacidades para su atención.

La exigencia de un aire limpio y puro es un derecho humano básico que no esta a discusión. En general existe una creciente preocupación por la contaminación atmosférica originada por diferentes fuentes como el uso creciente de vehículos automotores, el contar con tecnología obsoleta, procesos industriales altamente contaminantes o que no cuentan con las medidas necesarias preventivas o que regulen la generación de residuos, las quemas de combustibles y materiales altamente tóxicos y perjudiciales para la salud y

los recursos naturales, los incendios forestales, la erosión de suelos, sin embargo, se desconoce la dimensión y el impacto real del problema que se está generando en el nivel internacional, nacional y local.

La zona metropolitana de Guadalajara en las últimas décadas ha tenido un intenso crecimiento industrial y demográfico sin planeación adecuada y por consiguiente presenta un desarrollo desequilibrado ambientalmente. El área de Miravalle ha sido absorbida por la mancha urbana, quedando rodeada de industrias consideradas como altamente contaminantes, tales como químicas, fundidoras, ladrilleras, cementeras y consecuentemente con gran flujo vehicular tanto de camiones de carga como de automóviles público y privado, y además las prácticas de quema de pastizales para preparar los terrenos para siembra de los sitios cercanos al área, además la quema de residuos domiciliarios, todo esto ha contribuido a un importante incremento en los niveles de concentración de ozono principalmente en los periodos de Abril y Mayo, ya que al encontrarse al sur de la ZMG, arrastra los vientos que generalmente provienen durante todo el año del noroeste y al tener este sitio barreras como el Cerro del Cuatro no hay una dispersión de los contaminantes que tienden a concentrarse en ese lugar. Por lo que el área de Miravalle es con mayor frecuencia la que presenta una no satisfactoria calidad de aire de acuerdo a las mediciones de monitoreo ambiental operada por la Secretaría de Medio Ambiente para el Desarrollo Sustentable SEMADES. Aún y cuando desde 1993 se instaló la Red Automática de Monitoreo Ambiental por la Comisión Estatal de Ecología (ahora SEMADES) con monitoreo continuo en ocho estaciones y de varios parámetros entre los que se encuentra el ozono. En el área de Miravalle se localiza una estación que permite obtener el grado de exposición de ozono, cada hora, las 24 horas del día. Este instrumento sólo ha servido para ser un mero informante de contaminación sin tener una estrategia de acción para prevenir o controlar la contaminación, para evitar los posibles efectos a la salud principalmente de los grupos vulnerables entre ellos menores de cinco años.



La salud ambiental, es parte de la salud pública, la cual se ocupa de impedir las enfermedades, prolongar la vida y fomentar la salud y la eficiencia física y mental del hombre, a través del esfuerzo organizado de la comunidad. Mientras que la salud ambiental tiene que ver con el equilibrio ecológico que ha de existir entre el hombre y su medio que haga posible su bienestar (Garza, 2002). La salud ambiental es aquella parte de las ciencias ambientales que se ocupa de los riesgos y efectos que para la salud humana representan el medio que habita y donde trabaja, los cambios naturales o artificiales que ese lugar manifiesta y la contaminación producida por el mismo hombre a ese medio. (Garza 1996).

Un proyecto o programa que reduzca las concentraciones de contaminantes atmosféricos hasta alcanzar una seguridad humana en un cierto plazo, produce una serie de beneficios ambientales que se reflejan en la salud de las personas. Sin embargo, cuando el Proyecto es para una zona urbana como Miravalle, es probable que sus principales beneficios sean aquellos relacionados con la salud de las personas que comprenden los grupos vulnerables que están expuestas a los contaminantes atmosféricos entre los principales el Ozono cuyos niveles frecuentemente superan las normas de calidad de aire satisfactorio.

Las limitaciones de investigación que se encontraron fueron de no contar con información sistematizada de datos de morbilidad en el área de estudio de grupos vulnerables menores de cinco años. Este estudio por ser un estudio pionero servirá para progresar en las investigaciones que se realicen en poco tiempo, sobre efectos de la contaminación del aire en la zona metropolitana de Guadalajara.

El razonamiento de establecer cuales son los verdaderos factores atmosféricos como es el Ozono como posible causa del detrimento de la salud y el ausentismo en grupos vulnerables de las escuelas preescolares, es el principal motivo de estudio para discurrir y lograr un acercamiento a la precisión exacta de los factores que pueden ser índices de los efectos causados. El siguiente estudio estadístico tiene el propósito de ser una herramienta para la toma de decisiones. Aprovechando la información disponible de la estación de monitoreo SEMADES y ausentismo en los grupos vulnerables de tres escuelas preescolares, ubicadas en la zona de Miravalle. Las cuales son: 1.- Josefa Ortiz de Domínguez, ubicada en la calle Gaudín, cruza con la avenida Pinturas y Artes Plásticas. 2.- Francisco Medina Ascencio ubicada en el Andador R. Wagler, cruza en las calles Mozart y Juan Sebastián Bach. 2.- Severo Díaz de Galindo ubicada en el Andador Pablo Moncayo cruza con la calle Juan Jiménez Romo.

Una amplia literatura epidemiológica vincula efectos adversos en salud y concentraciones ambientales de ozono. (Ostro, *et al.* 1991,1994,1996). En éstos estudios realizados, se utiliza una metodología que ha sido usada extensamente en diversas investigaciones de estimación de riesgos ambientales. La Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA), por ejemplo, ha utilizado una metodología similar en el estudio para determinar una nueva norma primaria federal para material particulado y para estimar los beneficios en salud del Acta de Aire Limpio en las dos décadas que van desde el año 1970 en que es promulgada y 1990 (EPA [1996a], EPA [1996b]). Asimismo, el Banco Mundial ha utilizado esta metodología para evaluar los efectos en salud de la contaminación atmosférica en Jakarta (Ostro; 1994) y para estimar los beneficios en salud de un Programa de Control de Contaminación Atmosférica en la ciudad de Santiago (Eskeland; 1994).

## II. JUSTIFICACIÓN

Es para todos sabido que la contaminación atmosférica tiene efectos adversos para la salud. En la década pasada, estudios epidemiológicos han dado cuenta de una relación entre Ozono y diversas consecuencias adversas, entre las cuales se incluyen mortandad prematura, ingresos en hospitales, visitas a salas de urgencia, ataques de asma, síntomas respiratorios y disminuciones de la función pulmonar. Los estudios epidemiológicos proporcionan evidencia “del mundo real” de las relaciones entre contaminación atmosférica y salud, a partir de exposiciones y condiciones de vida normales. Aunque persisten todavía muchas incertidumbres, estos estudios se pueden usar para evaluar las consecuencias en la salud y la economía de los actuales niveles de contaminación atmosférica, y para calcular los posibles beneficios que se obtendrían con la disminución de los niveles de contaminación. El desarrollo de una estimación cuantitativa permitirá poner en perspectiva los probables beneficios derivados del control de la contaminación, y ayudará a priorizar la toma de decisiones públicas en materia de control de la contaminación.

Aún y cuando se percibe como un problema importante, se han realizado pocos estudios que describen como combatir la contaminación del aire, sobre las medidas necesarias para protección de la salud de toda la población y principalmente a los grupos vulnerables.

En la zona metropolitana de Guadalajara se ha experimentado un crecimiento vehicular muy rápido, con el consiguiente aumento de la circulación de automóviles y autobuses. El uso de combustible fósil para producir energía, así como los procesos industriales, las practicas agrícolas de quema de pastizales, la quema de basura, incendios forestales, el polvo que flota y el suspendido contribuye a su vez a la contaminación del aire. Debido a que la zona de Miravalle está ubicada en una cuenca rodeada de cerros, con condiciones atmosféricas desfavorables, por velocidades del viento.

Se han presentado eventos como los ocurridos en los meses de abril y mayo, que ponen en riesgo serio la salud de la población, que han sido declarados en fases de contingencias ambientales, implementando tan solo mecanismos poco significativos para combatir el problema de fondo, suspender clases a los educandos, poca vigilancia a industrias contaminantes que deberían participar con la disminución de los procesos en los que involucran emisiones contaminantes, han sido tan sólo ligeros paliativos a un grave problema.

Es importante, por consiguiente, tratar de cuantificar los impactos de estas concentraciones, ya que ello permite poner en perspectiva los posibles beneficios de controlar la contaminación y, a la vez, priorizar las políticas públicas respecto del control de la contaminación contra otras inversiones en salud pública. Principalmente a grupos vulnerables, entre los que interesan al estudio son los menores en edad preescolar. Las autoridades han señalado como una de las zonas más contaminadas la de Miravalle, localizada al sur de la zona metropolitana, y que es parte de los municipios de Guadalajara y Tlaquepaque.

En cuanto a las estrategias para decrecer los riesgos a la salud por la contaminación atmosférica y derivado de esto, la correspondiente a las ausencias de los preescolares, no existe una coordinación adecuada de los sectores gubernamentales, para la atención adecuada al problema principalmente en los casos en que se decreta una fase de contingencia ambiental, cuando los niveles de contaminación sobrepasen los niveles satisfactorios de los parámetros medidos, especialmente Ozono, las excusas de carencia de infraestructura humana y material, no pueden convocarse para la desatención del problema y optar por evasivas legales, de especialistas, y de presupuestos, resulta entonces prioritario describir las condiciones actuales del problema y realizar propuestas de control para reducir los riesgos a la salud. Particularmente de grupos vulnerables o que tienen una mayor posibilidad de sufrir los daños.

El impacto negativo a la contaminación del medio ambiente sobre la salud y el bienestar del hombre es cada vez una causa de mayor preocupación. Un aspecto muy importante que se tiene que valorar es tener una buena calidad de aire para respirar ya que cerca del 99 % del volumen que se inhala es nitrógeno y oxígeno gaseosos. También cantidades pequeñas de otros gases, gotas minúsculas de varios líquidos y partículas de tamaño ínfimo de sólidos. Muchas de estas sustancias químicas se clasifican como contaminantes del aire. La mayor parte en términos normales proviene de los automóviles, camiones, quema de basura, quema de llantas, incendios forestales, plantas de energía, fábricas, cigarrillos, disolventes limpiadores y otras fuentes relacionadas con nuestras actividades. El mayor porcentaje está relacionado con la ignición, siendo los vehículos automotores los responsables de por lo menos la mitad de la contaminación del aire en las zonas urbanas.

La escasez de estudios epidemiológicos en la zona de estudio, ante la problemática de la contaminación del aire que nos indique el factor riesgo en los grupos vulnerables, es incierto para que nos demuestre la correlación de ausencia en grupos vulnerables en escuelas preescolares, causada por la recurrente contaminación que rebasa los límites satisfactorios establecidos por la autoridad, mediante el IMECA (Índice Metropolitano de Calidad del Aire).

Se presume que las condiciones de la contaminación atmosférica por ozono, siendo este uno de los dos contaminantes más críticos que frecuentemente esta fuera de norma, está relacionada con el ausentismo en los grupos vulnerables como es en las escuelas y el aumento en las consultas médicas por afecciones principalmente de las vías respiratorias.

Pareciera que los niños siempre atraen enfermedades, especialmente resfriados, gargantas irritadas, y cosas así. De modo que no es extraño que las enfermedades respiratorias sean citadas como la causa principal de ausentismo escolar. Sin embargo, parte de la explicación de todas estas enfermedades y ausentismo puede ser la contaminación del aire. La exposición repetida a indicios trazas de muchas de estas sustancias químicas pueden dañar entre otros órganos a el tejido pulmonar, a las plantas, a los peces y a otros animales como al ser humano,. Los contaminantes del aire emitidos por nuestras actividades también están aumentando la cantidad de radiación ultravioleta nociva del sol que llega a la superficie de la tierra y se prevé que alterarán los climas locales, regional y mundial por un efecto de invernadero intensificado que actualmente se presenta en casi todas las grandes ciudades.

Al comparar el ausentismo escolar por enfermedades respiratorias con los niveles de contaminación atmosférica, se ha encontrado una correspondencia perfecta: a medida que aumentaban los niveles de ozono, aumentaban concomitantemente las ausencias escolares por gargantas irritadas, tos, ataques de asma y otras enfermedades respiratorias. (Boletín informativo Sacramento, CA 95814)

Ante un aumento en la concentración de 20 partes por billón, que es una variación normal diaria en partes contaminadas de California del Sur, el ausentismo escolar por causas respiratorias aumentaba en un 83%.

El mismo aumento de 20 partes por billón (ppb) se asoció a aumentos bruscos en enfermedades de las vías respiratorias superiores aumentando en un 45%, mientras las enfermedades de las vías respiratorias inferiores con tos húmeda aumentaron en un 174%.

### III. ANTECEDENTES

#### Contaminación Atmosférica

Durante algún tiempo se consideró que el despilfarro de los recursos naturales y la degradación del medio ambiente era un mal menor que tenía que ser soportado por las colectividades en pro del progreso económico de los pueblos. Este punto de vista está cambiando rápidamente en la actualidad ante la evidencia, cada vez más clara, de que la conservación del medio ambiente es una cuestión de supervivencia para los humanos.

Entre los distintos tipos de contaminación, la atmosférica puede considerarse como un grave problema de contaminación ambiental. Para algunos países surge como problema grave durante los años cincuenta, mientras que para la mayoría no aparece como tal hasta el final de los años sesenta. El punto de partida de la toma de conciencia de la gravedad de la contaminación atmosférica se puede situar en Londres en el invierno de 1952, cuando una fuerte contaminación por humos, que persistió durante cinco días, contribuyó a la muerte de 12000 de personas. Este episodio actuó como detonador para la opinión pública mundial y contribuyó a la puesta en marcha de una serie de acciones tendentes a reducir este tipo de contaminación.

En 1956 se publicó en el Reino Unido la Ley de Aire Limpio, que tenía como objetivo el disminuir la emisión de humos, fomentando el uso de combustibles limpios. La primera ley sobre contaminación atmosférica no aparece en Estados Unidos hasta 1963 con la Ley de Aire Limpio. En Francia se aborda el problema de la contaminación atmosférica, de una forma general, en el año 1961, y en la mayoría de los países la legislación sobre la contaminación atmosférica es más reciente.

El último informe Apheis (Air Pollution and Health A European Information System) sobre el impacto en la salud en 26 ciudades europeas añade nuevas evidencias de que la contaminación atmosférica continúa poniendo en peligro la salud pública en Europa.

La contaminación atmosférica por Ozono, a la que regularmente está expuesta la mayoría de la población, en la zona principalmente de Miravalle, durante los meses de invierno o durante incendios, sobrepasan en varias ocasiones los límites que establecen como seguros las normas de calidad ambiental.

Es de considerar que cuando aumenta la concentración de 20 partes por billón (ppb), siendo una variación normal diaria en partes contaminadas de California del Sur, el ausentismo escolar por causas respiratorias aumentaba en un 83%. Este aumento de 20 ppb se asoció a aumentos bruscos de dolencias específicas. Enfermedades de las vías respiratorias superiores aumentaron en un 45%, mientras las enfermedades de las vías respiratorias inferiores con tos húmeda aumentaron en un 174%.

Esto comparado con el ausentismo escolar por enfermedades respiratorias con los niveles de contaminación ambiental, los investigadores de la Universidad de California del Sur encontraron una correspondencia perfecta: a medida que aumentaban los niveles de ozono, aumentaban correlacionadamente las ausencias escolares por gargantas irritadas, tos, ataques de asma y otras enfermedades respiratorias (Sacramento, CA 95814, 1100 Eleventh Street, Suite 311).

La Environmental Protection Agency (EPA) de Estados Unidos ha intentado estimar los beneficios que tendría para la salud y para la economía una reducción de la contaminación atmosférica, relativa a diferentes concentraciones ambientales. En distintos lugares escogidos de Estados Unidos se realizaron análisis de los beneficios económicos de los programas de mejoramiento de la calidad del aire, en los que se incluyó información adicional y se incorporaron mejoramientos metodológicos (Chestnut *et al.*, 1987).

Recientemente se dieron a conocer, tanto para Estados Unidos en su conjunto como para los planes de control de la contaminación que se están considerando en el sur de California, estimaciones generales de los beneficios que tiene para la salud el control de material particulado u ozono (Hall *et al.*, 1992; Krupnick y Portney, 1991).



Las investigaciones epidemiológicas en los últimos años han proporcionado pruebas adicionales de los efectos de la contaminación atmosférica en la salud y aporta una base significativa para predecir diversas consecuencias adversas que están asociadas a la exposición a contaminación atmosférica. Usando estos últimos estudios, (Ostro 1994) generó una metodología para estimar los efectos de las concentraciones ambientales de material particulado, ozono y plomo sobre la salud. Luego se aplicó esta metodología para determinar los impactos de una exposición a las actuales concentraciones de contaminación atmosférica en Jakarta, Indonesia. La metodología es una herramienta que puede ser fácilmente entendida y adaptada a otros países. Puede contribuir a priorizar futuras investigaciones y puede ser fácilmente mejorada para incluir datos más recientes. Además, le permite al usuario determinar la sensibilidad de los resultados a diversos supuestos del modelo.

Para traducir los cambios (reducciones) en las concentraciones de contaminantes a efectos en salud cuantificables, se utilizan funciones dosis-respuesta para un conjunto de efectos en salud para los cuales existen relaciones estadísticas bien establecidas en la literatura científica. La epidemiología que se ocupa de estudiar los efectos en salud de la contaminación atmosférica es hoy, y continuará siéndolo en los próximos años, un área de mucha actividad de investigación científica. En consecuencia, los resultados probablemente irán cambiando a medida que aparezcan nuevos estudios e investigaciones, sobre todo para países en desarrollo como el nuestro, donde el crecimiento de este tipo de investigación será exponencial en los próximos años a medida que nuevas bases de datos se van haciendo disponibles.

En la actualidad hay suficiente evidencia de las relaciones cuantitativas entre los efectos agudos en salud y la contaminación atmosférica, aun cuando los mecanismos a través de los cuales ocurren estos efectos no son completamente entendidos por la ciencia médica. De esta literatura se obtienen las funciones utilizadas en este trabajo. Desafortunadamente, encontrar relaciones entre efectos crónicos en salud y contaminación atmosférica es mucho más difícil y por consiguiente hay muy pocas funciones dosis-respuesta que sean lo suficientemente confiables como para ser utilizadas en el análisis.

Las funciones dosis-respuesta provienen en su mayoría de estudios epidemiológicos que toman una muestra amplia de personas a través del tiempo (serie de tiempo) o entre lugares expuestos a distintos niveles de contaminación (corte transversal), para estimar los efectos en salud o en este caso el ausentismo de los niños preescolares que pueden ser atribuidos a la contaminación atmosférica una vez que se ha controlado apropiadamente por otras variables que también pueden afectar la probabilidad de sufrir los efectos en salud, tales como: hábitos alimenticios, temperatura, tiempo de exposición al aire libre, oferta de servicios médicos, etc. El control por este tipo de variable, es fundamental para poder aislar en la estimación estadística el efecto atribuible a la contaminación.

Las relaciones existentes entre las enfermedades humanas y la exposición a la contaminación no son sencillas ni se conocen con exactitud. No obstante, existen pruebas abundantes de que en general, las concentraciones elevadas de contaminantes en el aire son peligrosas para los seres humanos y animales.

Los efectos que producen sobre la salud se ponen claramente de manifiesto, como se ha observado en Londres, Nueva York y Osaka entre otras ciudades, por el aumento de la mortalidad, sobre todo en las personas de edad avanzada o en los individuos más sensibles por cualquier razón. Más difíciles de discernir son los efectos que, a largo plazo, pueden producir las exposiciones episódicas a elevadas concentraciones medias y bajas de contaminantes.

Otras sustancias tóxicas presentes en el aire tales como el cadmio, amianto, el cloruro de vinilo, el benzo-a-pireno, varios compuestos orgánicos halogenados y el benceno, pueden provocar modificaciones genéticas y malformaciones en los fetos, siendo algunos de ellos cancerígenos.

En la Ciudad de México y otras zonas ampliamente pobladas como Guadalajara, Monterrey con frecuencia se rebasan los límites de ozono tolerables para la salud. La Comisión Metropolitana para la Prevención de la Contaminación estima que esta contaminación es producida en estas ciudades, principalmente por:

FUENTE	CONTRIBUCIÓN %
Vehículos	34.9
Autotransportes	41.7
Industria	20.0
Producción de energía	4.0

Los efectos sobre la salud, de la exposición prolongada a una atmósfera con ozono, indican que los niños, los ancianos y aquellas personas que tienen una salud frágil, resienten rápidamente problemas respiratorios, ronquera, náuseas y congestión pulmonar. Algunos estudios indican que el ozono tiene una influencia importante sobre los glóbulos rojos, limitando el transporte de oxígeno a las células del organismo. No obstante, quedan pendientes aún detalles importantes acerca de la forma en que el ozono afecta la salud.

Recientemente se ha observado un incremento de la frecuencia de hospitalización y de ausencia en la escuela y el trabajo, por el aumento de enfermedades respiratorias, cuando los índices de contaminación son más elevados.

El ozono afecta a los demás seres vivientes. Animales y vegetales expuestos a altas concentraciones de ozono en las capas bajas de la atmósfera sufren importante deterioro en la salud. Se ha observado la vegetación que crece en las vías donde circulan importantes cantidades de autos -fuente importante de emisión de O<sub>3</sub>- y se han advertido importantes lesiones en los tejidos foliares. Una vez que las hojas de las plantas se deterioran, secan y caen, los vegetales mueren por la deficiente fotosíntesis que realizan. Son muy pocas las especies vegetales que "resisten" el embate de las altas concentraciones de ozono.

Según reportes del *Instituto Mexicano del Petróleo*, el ozono rebasó (período 1969-1971) los límites tolerables más de 350 días.

#### IV. MARCO TEORICO Y CONCEPTUAL

##### Generalidades de la Contaminación por Ozono como un problema de Salud Ambiental

La composición de la atmósfera terrestre ha variado a lo largo de la historia geológica de la Tierra tanto por la acción de fenómenos naturales como las erupciones volcánicas y por efecto de los seres vivos, fijadores de carbono.

Sin embargo, ha sido en los últimos 200 años que por efecto de la actividad de los avances tecnológicos de los seres humanos que esa composición no sólo está cambiando radicalmente, sino que también sus efectos sobre la salud, la economía y la ecología se han evidenciado.

En Miravalle como en cualquier lugar en general, hay muchas maneras de clasificar el origen de la contaminación atmosférica. Una de ellas es la movilidad de la fuente en cuestión. Así, éstas se pueden dividir en fijas o estacionarias (plantas industriales, ladrilleras) y móviles (vehículos), además de fuentes fortuitas que no tienen un lugar fijo como pueden ser la quema de basura, quema de pastizales, incendios forestales. Esta distinción es importante ya que sirve para identificar y combatir el origen de la contaminación del aire.

Un aspecto interesante de la contaminación atmosférica es el de la micro meteorología urbana. Las grandes ciudades crean al su alrededor un microclima propio, el efecto «**isla urbana de calor**», produciendo un penacho térmico que tiene gran incidencia en la capacidad de difusión ó producción de ozono de los contaminantes urbanos. A menudo, da lugar a la circulación de vientos locales que elevan el aire caliente del centro de la ciudad, creando una corriente compensada de aire frío de la zona rural circundante que penetra en la zona urbana a niveles bajos.

Las grandes ciudades alteran el clima urbano de muchas formas; por lo general la temperatura es superior, hay menos viento, si bien las precipitaciones totales son ligeramente superiores en la ciudad que en las zonas rurales circundantes. La radiación solar, y especialmente los rayos ultravioletas, es más reducida en la ciudad como consecuencia del efecto pantalla producido por la contaminación urbana.

Las principales fuentes de contaminación continua son los vehículos que trabajan con gasolina y diesel. Dado que los combustibles que utilizan estas máquinas son hidrocarburos, los contaminantes que generan a la atmósfera son los mismos que los de las fuentes de combustión fijas, con dos importantes diferencias: a) estos combustibles no tienen el contenido mineral del carbón, por lo que no generan cenizas y b) los combustibles para máquinas móviles son más refinados que para las estacionarias, produciendo así menos contaminantes por unidad de combustible. Sin embargo estas últimas producen gases, humos y el “smog”.

La contaminación atmosférica puede tener efectos locales (las de tipo urbano), regionales (la lluvia ácida) o globales (gases que contribuyen al efecto invernadero o la destrucción de la capa de ozono).

### Contaminación del aire

Las fuentes de emisión atmosféricas que se consideran más contaminantes son:

- Fuentes Estacionarias de Combustión
- Fuentes Móviles de Combustión
- Fuentes Industriales y sus Procesos
- Disposición de Desechos Sólidos

Para estas fuentes de emisión los contaminantes mayormente generados son:

- Partículas
- Óxidos de Azufre (SO<sub>2</sub>)
- Óxidos de Nitrógeno (NO<sub>x</sub>)
- Hidrocarburos (HC)
- Óxidos de Carbono (CO<sub>x</sub>)
- Ozono (O<sub>3</sub>)

Se entiende por contaminación atmosférica la presencia en el aire de sustancias y formas de energía que alteran la calidad del mismo, de modo que implique riesgos, daño o molestia grave para las personas y bienes de cualquier naturaleza.

Todas las actividades humanas, el metabolismo de la materia humana y los fenómenos naturales que se producen en la superficie o en el interior de la Tierra van acompañados de emisiones de gases, vapores, polvos y aerosoles. Estos, al difundirse a la atmósfera, se integran en los distintos ciclos biogeoquímicos que se desarrollan en la Tierra

De la definición de contaminación atmosférica dada arriba, se desprende que el que una sustancia sea considerada contaminante o no dependerá de los efectos que produzca sobre sus receptores. Se consideran contaminantes aquellas sustancias que pueden dar lugar a riesgo o daño, para las personas o bienes en determinadas circunstancias.

Con frecuencia, los contaminantes naturales ocurren en cantidades mayores que los productos de las actividades humanas, los llamados contaminantes antropogénicos. Sin embargo, los contaminantes antropogénicos presentan la amenaza más significativa a largo plazo para la biosfera.

## Principales fuentes de contaminación

Contaminantes del Aire en Área de Miravalle	
Fuente	Contaminantes
Incendios forestales	Monóxido de carbono, dióxido de carbono, óxidos de nitrógeno, partículas, ozono
Vegetación	Hidrocarburos, polen
Material orgánico (en descomposición)	Metano, sulfuro de hidrógeno
Suelo descubierto	Virus, polvo
Basura, quema de basura	Olores, partículas suspendidas, compuestos orgánicos
Vehículos	O <sub>3</sub> , CO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> , SO <sub>x</sub> , Hidrocarburos
Industrias	Partículas suspendidas, CO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> , SO <sub>x</sub> , Hidrocarburos
Gasolinera	Hidrocarburos

### Origen de la contaminación atmosférica (emisiones)

Los contaminantes presentes en la atmósfera proceden de dos tipos de fuentes emisoras bien diferenciadas: las naturales y las antropogénicas. En el primer caso la presencia de contaminantes se debe a causas naturales, mientras que en el segundo tiene su origen en las actividades humanas.

Las emisiones primarias originadas por las fuentes naturales provienen fundamentalmente de los volcanes, y descomposición de la materia orgánica en el suelo. Por su parte, las principales fuentes antropogénicas de emisiones primarias localizadas en el área de estudio, son fuentes fijas, móviles y compuestas.



### Clasificación de fuentes contaminantes

<b>Fuentes fijas</b>	Industriales	Procesos industriales
		Instalaciones fijas de combustión
	Domésticos	Instalaciones de calefacción
<b>Fuentes móviles</b>	Vehículos automóviles	
	Aeronaves	
<b>Fuentes compuestas</b>	Aglomeraciones industriales	
	Quema de basura	
	Quemas de áreas forestales y agrícolas	

Si atendemos a la distribución espacial de la emisión de contaminantes, podemos clasificar las fuentes en: puntuales, tales como las chimeneas industriales aisladas; lineales, por ejemplo, las calles de una ciudad, las carreteras, las aglomeraciones industriales y las áreas urbanas son los ejemplos más representativos.

Otra circunstancia a tener en cuenta es que las fuentes de emisión antropogénicas están concentradas, por lo general, en áreas urbanas e industriales. Este conjunto de circunstancias hace que la contribución de las emisiones antropogénicas al problema de la contaminación atmosférica a escala regional sea predominante.

### Influencia de los procesos meteorológicos en la contaminación atmosférica

La cantidad de contaminantes presentes en la atmósfera vendrá determinada por la diferencia entre los lanzados y producidos en la misma y los que se eliminan a través de los procesos de autodepuración por deposición, precipitación y absorción por el suelo, el agua y la vegetación. Estos procesos de autodepuración atmosférica pueden causar acumulaciones excesivas de contaminantes en otros medios (vegetación, suelos, lagunas, etc.), incluso lejos del punto de emisión del contaminante, como consecuencia del arrastre atmosférico producido por el viento.

En las áreas en que se dé una fuerte concentración de fuentes emisoras de contaminantes pueden producirse episodios de fuerte contaminación local como consecuencia de la persistencia de situaciones meteorológicas adversas para la difusión de los contaminantes.

Estos episodios se manifiestan con grandes aumentos de la concentración de contaminantes en un área más o menos extensa alrededor de focos contaminantes y pueden verse forzados por las especiales condiciones topográficas de la zona, o por la localización de barreras artificiales (edificios) que pueden favorecer la acumulación de contaminantes.

En otros casos los contaminantes pueden alcanzar bastante altura e introducirse en las masas de aire que forman las corrientes generales de vientos sobre la tierra, siendo arrastrados a muchos kilómetros de las fuentes de emisión.

La concentración de contaminantes a nivel del suelo varía como consecuencia del desequilibrio entre los índices de producción de contaminantes y los de dilución y desaparición de los mismos. Es decir, la concentración de contaminantes dependerá de la relación de fuerzas entre las fuentes contaminantes y las condiciones de autodepuración atmosférica.

La importancia de las condiciones meteorológicas en el grado de contaminación atmosférica se reconoce observando las variaciones de la calidad del aire en una zona determinada de unos días a otros, aún cuando las emisiones permanecen prácticamente constantes.

Las principales variables meteorológicas a considerar por su influencia sobre la calidad del aire son:

- a. El transporte convectivo horizontal, que depende de las velocidades y direcciones del viento; y
- b. El transporte convectivo vertical, que depende de la estabilidad atmosférica y del fenómeno de la inversión térmica de las capas de la atmósfera.

Transporte convectivo horizontal. El viento, al transportar los contaminantes, produce su dispersión horizontal y determina la zona que va a estar expuesta a los mismos. Por lo general, una mayor velocidad del viento reducirá las concentraciones de contaminantes al nivel del suelo, ya que se producirá una mayor dilución y mezcla.

No obstante, pueden producirse circulaciones cerradas de viento, como en el caso de las de valle y montaña, en las que los contaminantes lanzados a la atmósfera se incorporan a la circulación del viento con lo que se produce una acumulación progresiva de contaminantes, que da lugar a un aumento de la concentración de los mismos en las zonas barridas por este tipo de vientos. Efectos similares se producen cuando los vientos fuertes inciden perpendicularmente a las crestas montañosas, a un valle o sobre los edificios altos; en estas condiciones, los efectos aerodinámicos de estos obstáculos pueden tener consecuencias negativas para la dispersión de contaminantes, acumulándolos en determinadas zonas.

Transporte convectivo vertical. El principal factor que determina el grado de difusión vertical de contaminantes es la variación vertical de temperaturas en la atmósfera.

Podemos determinar la capacidad de difusión vertical de contaminantes comparando la variación vertical de temperaturas de un estrato de aire atmosférico con el gradiente vertical adiabático del aire, que corresponde a una variación de  $-1^{\circ}\text{C}$  por cada 100 metros de altura. De esta forma se obtienen tres clases diferentes de estabilidad atmosférica en el estrato, según que la variación de la temperatura con la altura sea mayor, igual o inferior que la correspondiente al gradiente vertical adiabático.

- Si en la capa de aire la temperatura desciende con la altura bastante menos de un grado cada 100 metros, los movimientos verticales del aire están muy limitados por lo que hay poca o nula dispersión vertical de contaminantes. En estas condiciones se dice que la clase de estabilidad atmosférica es del tipo estable.

- Cuando la temperatura del estrato desciende con la altura más de un grado cada 100 metros de altura, la estabilidad atmosférica será del tipo inestable y los movimientos verticales del aire están muy favorecidos difundiéndose los contaminantes verticalmente hasta donde alcance la inestabilidad.
- Por último, tenemos el caso de la estratificación indiferente o nula, que se da cuando coincide la variación de temperatura del estrato con la gradiente vertical adiabático. En estas condiciones la dispersión vertical de contaminantes no está limitada.

Cuando la temperatura del aire disminuye en la superficie y aumenta en la altura, aparece el fenómeno de la inversión térmica. Este fenómeno produce una fuerte acción limitadora en la dispersión de contaminantes. La inversión de la temperatura del aire se puede producir como consecuencia del enfriamiento del suelo, por la gran irradiación de calor que se produce en las noches despejadas. El aire se va enfriando progresivamente desde el suelo hacia arriba, produciendo una fuerte estabilidad atmosférica que impide la difusión vertical de los contaminantes. La inversión térmica se forma durante la noche y suele desaparecer progresivamente durante la mañana, cuando la radiación solar calienta de nuevo el suelo y éste a las capas de aire que están en contacto con él.

Existen otros tipos de inversiones que, generalmente, se producen a más altura y que actúan como una capa que limita la dispersión de contaminantes en sentido vertical, incrementando notablemente las concentraciones de contaminantes en los estratos de aire que quedan bajo ellos.

Estos tipos de inversiones son las llamadas de subsistencia, que tienden a formarse en las áreas anticiclónicas, y las inversiones frontales, producidas por la superposición de una masa de aire cálido sobre una de aire más frío. Este último tipo de inversión suele tener por lo general una permanencia escasa.

Un aspecto interesante de la contaminación atmosférica es el de la micrometeorología urbana. Las grandes ciudades crean al su alrededor un microclima propio, el efecto «isla urbana de calor», produciendo un penacho térmico que tiene gran incidencia en la capacidad de difusión de los contaminantes urbanos. A menudo, da lugar a la circulación de vientos locales que elevan el aire caliente del centro de la ciudad, creando una corriente compensada de aire frío de la zona rural circundante que penetra en la zona urbana a niveles bajos.

Las grandes ciudades alteran el clima urbano de muchas formas; por lo general la temperatura es superior, hay menos viento, si bien las precipitaciones totales son ligeramente superiores en la ciudad que en las zonas rurales circundantes. La radiación solar, y especialmente los rayos ultravioletas, es más reducida en la ciudad como consecuencia del efecto pantalla producido por la contaminación urbana.

#### Fuentes antropogénicas de emisión de contaminantes

Los principales fuentes de contaminación atmosférica de origen antropogénico son las industrias que cuentan con instalaciones de combustión para generación de calor y energía eléctrica, los vehículos, los procesos industriales, las practicas de quema de basura, pastizales e incendios forestales.

#### Contaminantes emitidos por los vehículos automóviles.

En las últimas décadas, el automóvil ha aparecido de forma masiva en las ciudades, contribuyendo a incrementar los problemas de contaminación atmosférica como consecuencia de los gases contaminantes que se emiten por los tubos de escape, o por los tanques del combustible. Los principales contaminantes lanzados por los automóviles son: monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NOx), hidrocarburos no quemados (HC).

No todos los vehículos lanzan los distintos tipos de contaminantes en las mismas proporciones; éstas dependerán del tipo de motor que se utilice. Los vehículos que emplean gasolina como carburante emiten principalmente monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, hidrocarburos.

Los principales contaminantes emitidos por los vehículos que utilizan motores de ciclo diesel (camiones y autobuses, por ejemplo) son partículas sólidas en forma de hollín que da lugar a los humos negros, hidrocarburos no quemados, ozono, óxidos de nitrógeno y anhídrido sulfuroso procedente del azufre contenido en el combustible.

Los vehículos que utilizan gas LP, emiten principalmente monóxido de carbono, e hidrocarburos.

#### Contaminantes emitidos por la industria

La contaminación de origen industrial se caracteriza por la gran cantidad de contaminantes producidos en las distintas fases de los procesos industriales y por la variedad de los mismos. Por otra parte, en los focos de emisión industriales se suelen combinar las emisiones puntuales, fácilmente controlables, con emisiones difusas de difícil control.

Los tipos de contaminantes producidos por las fuentes industriales dependen fundamentalmente del tipo de proceso de producción empleado, de la tecnología utilizada y de las materias primas usadas. Las actividades industriales que producen contaminantes atmosféricos son muy variadas, pero las principales fuentes están en los procesos productivos utilizados en las industrias básicas.

## Incendios Forestales

Otra forma de generar contaminantes es la emitida por la acción de la combustión de áreas forestales, que se da en forma provocada con la intención de aprovechar los suelos que originalmente tienen su vocación positivamente forestal, aunado a las prácticas de quema de pastizales, quema de basura, son los causantes de generar contaminación de ozono.

### **OZONO (O<sub>3</sub>)”**

El ozono, llamado también “smog fotoquímico” es el ozono que se encuentra a nivel del suelo. Es un contaminante secundario que se forma mediante la reacción química del dióxido de nitrógeno y compuestos orgánicos volátiles (COV) en presencia de la luz solar. Su concentración en un determinado lugar depende de factores como la concentración de NO<sub>2</sub> y COV en el área, la intensidad de la luz solar y las condiciones del clima.

Los efectos que causa el ozono son nocivos para las personas, especialmente nonatos, neonatos, anciano y enfermos, y plantas. llegando incluso a destruir variados cultivos.

## Efectos en la salud humana por exposición a ozono

Concentración (ppm)	Tiempo de exposición	Efecto observado
0.08 - 0,15		Tos y dolor de cabeza
		En individuos sanos, durante el ejercicio: Disminuye la Tasa Máxima de Flujo respiratorio y la Capacidad Vital Forzada.
0,12	1 - 3 horas	Incrementa la sensibilidad de las vías aéreas, lo cual podría significar un aumento en la respuesta a otros contaminantes.
		Disminución de la función pulmonar en niños y adultos, durante ejercicio fuerte
0,12	2 - 5 horas	
		En individuos sanos, durante el ejercicio: Incremento en la frecuencia respiratoria, disminución en la resistencia de las vías aéreas, disminución de la función pulmonar.
0,24	1 - 3 horas	



El ozono se crea de las reacciones de la luz solar con los óxidos de nitrógeno y dióxido de azufre que contaminan la atmósfera. Se podría decir que hay cientos de fuentes distintas que producen estos dos tipos de contaminantes, algunas son los vapores de gasolinas, los solventes químicos y la combustión de diversos compuestos.

Se forman casi en cualquier sitio, desde las grandes industrias, las estaciones de gasolina, las pequeñas fábricas o las tintorerías. Estos lugares se encuentran generalmente en zonas donde la temperatura ambiente, la radiación solar y el tránsito vehicular facilitan las reacciones para la formación de ozono.

El ozono es una molécula formada por 3 átomos de oxígeno y es una forma alotrópica del oxígeno, es un gas de color azul pálido y al licuarse forma un líquido azul oscuro. Químicamente es muy activo, es un oxidante muy fuerte por lo que se usa como germicida (mata organismos infecciosos) diluido se usa para esterilizar el agua, purificar el aire y llevar a cabo reacciones de oxidación en química orgánica. Se descompone rápidamente en oxígeno a temperaturas mayores a 100° C y a temperatura ambiente en presencia de catalizadores como el dióxido de manganeso,  $MnO_2$ .

Tanto el oxígeno atómico (O) como el ozono ( $O_3$ ) son muy reactivos y al reaccionar con los hidrocarburos olefinicos producen aldehídos, cetonas y alcoholes. El ozono absorbe las radiaciones ultravioleta de 300 nanómetros de longitud de onda la cual es mortífera para los seres vivos. Los rayos ultravioleta tipo B de 280 a 320 nanómetros producen mutaciones genéticas en el ADN (ácido desoxirribonucleico) lo que propicia el cáncer de piel, melanoma y cataratas. Además debilita al sistema inmunológico de los organismos lo que los hace propensos a las enfermedades como la gripa, la influenza y el asma, y disminuye el proceso de fotosíntesis de las plantas y por lo tanto la producción de alimentos. Se calcula que hay 12 ppm de ozono en la atmósfera lo que indica que debemos evitar destruirlo con los productos químicos que lo destruyen.

### El ozono ayuda a conservar la vida de 2 maneras

- 1) al absorber las radiaciones ultravioleta.
- 2) al contribuir a mantener el equilibrio térmico de la atmósfera.

Debido a su gran reactividad química el ozono se usa en ocasiones para combatir el mal olor de gases de desecho como los producidos en el tratamiento de aguas negras, porque los oxida formando productos menos mal olientes. Las concentraciones de ozono para estos tratamientos varía entre 10 y 20 ppm, concentraciones que serían fatales para el hombre. Para los trabajadores industriales sanos la concentración máxima permisible de ozono es de 0.1 partes por millón (ppm) en una jornada de 8h.

La inhalación del ozono presente en el smog fotoquímico ocasiona tos, dificultad para respirar, irritación en la nariz y la garganta, aumenta las molestias y agrava las enfermedades crónicas como el asma, bronquitis, enfisema (es incurable y reduce la capacidad de los pulmones para transferir oxígeno a la sangre) y trastornos cardiacos.

En la Ciudad de México y otras zonas ampliamente pobladas como Guadalajara, Monterrey con frecuencia se rebasan los límites de ozono tolerables para la salud. La Comisión Metropolitana para la Prevención de la Contaminación estima que esta contaminación es producida en estas ciudades, principalmente por:

FUENTE	CONTRIBUCIÓN %
Vehículos	34.9
Autotransportes	41.7
Industria	20.0
Producción de energía	4.0

Los efectos sobre la salud, de la exposición prolongada a una atmósfera con ozono, indican que los niños, los ancianos y aquellas personas que tienen una salud frágil, resienten rápidamente problemas respiratorios, ronquera, náuseas y congestión pulmonar. Algunos estudios indican que el ozono tiene una influencia importante sobre los glóbulos rojos, limitando el transporte de oxígeno a las células del organismo. No obstante, quedan pendientes aún detalles importantes acerca de la forma en que el ozono afecta la salud.

Recientemente se ha observado un incremento de la frecuencia de hospitalización y de ausencia en la escuela y el trabajo, por el aumento de enfermedades respiratorias, cuando los índices de contaminación son más elevados.

El ozono afecta a los demás seres vivientes. Animales y vegetales expuestos a altas concentraciones de ozono en las capas bajas de la atmósfera sufren importante deterioro en la salud. Se ha observado la vegetación que crece en las vías donde circulan importantes cantidades de autos -fuente importante de emisión de O<sub>3</sub>- y se han advertido importantes lesiones en los tejidos foliares. Una vez que las hojas de las plantas se deterioran, secan y caen, los vegetales mueren por la deficiente fotosíntesis que realizan. Son muy pocas las especies vegetales que "resisten" el embate de las altas concentraciones de ozono.

Según reportes del *Instituto Mexicano del Petróleo*, el ozono rebasó (período 1969-1971) los límites tolerables más de 350 días.

#### Impacto a la salud ambiental debido a la contaminación del aire

Durante las últimas décadas, la calidad del aire en las principales ciudades del país y sus zonas conurbadas muestra una clara tendencia al deterioro. Asimismo, la capacidad de renovación y recuperación del medio ambiente y de los recursos naturales también se ha visto afectada. En consecuencia, la salud de la población de las principales zonas conurbadas del país está en riesgo o ya está siendo afectada por la contaminación

ambiental provocada por diversos contaminantes, como el ozono ( $O_3$ ), los cuales pueden rebasar los límites normales de concentración ambiental ocasional o sistemáticamente.

En materia de los efectos que el ambiente puede tener en la salud, la Ley General de Salud considera que se deben establecer normas, tomar medidas y realizar actividades tendientes a la protección de la salud humana ante los riesgos y daños que representa el deterioro ambiental; esta Ley también especifica que se deben determinar los valores de concentración máxima permisible de los contaminantes en el ambiente para el ser humano.

La norma es un instrumento regulatorio que pretende contribuir a que se cumplan los objetivos de mejoramiento de la calidad del aire en el territorio nacional.

En cuanto al contaminante objeto de esta Norma, el ozono, puede decirse que su presencia en el aire ambiente se atribuye a diversos procesos fisico-químicos, los cuales contribuyen en mayor o menor grado a su formación según varíen las condiciones físicas y químicas en las que se produzca la reacción. Se considera que el proceso más importante para la formación del ozono es la combinación de los óxidos de nitrógeno y los hidrocarburos volátiles que actúan como precursores en presencia de radiación ultravioleta. Existen también otros procesos de generación de ozono cuya contribución a la contaminación del aire aún no se ha cuantificado; sin embargo, en ciertas condiciones podrían ser significativos.

#### Efectos a la salud (morbilidad –mortalidad asociada, grupos vulnerables)

El ozono es un alótropo reactivo del oxígeno formado por tres átomos ( $O_3$ ). Sus efectos sobre los seres vivos se han estudiado desde diferentes perspectivas: estudios epidemiológicos, toxicológicos, experimentales en seres humanos y en animales, y clínicos. Los resultados de estos estudios son complementarios y han permitido detectar los procesos biológicos involucrados en el daño que este contaminante provoca en la salud humana y que se resumen a continuación.

En virtud de que el ozono es un compuesto altamente oxidante, es capaz de afectar materiales orgánicos e inorgánicos. Su toxicidad biológica es muy compleja, pues son muchos los sistemas que pueden resultar afectados por la interacción entre éste y los componentes celulares. Los mecanismos de toxicidad propuestos tienen que ver con la modificación de los sistemas de oxidación celular, en la que participan diferentes enzimas, algunas de las cuales aún no están bien identificadas.

De acuerdo con el tiempo que transcurre entre la exposición y la aparición de los efectos, los daños a la salud asociados con el ozono pueden clasificarse como de corto plazo (de una a tres horas), prolongados (de seis a ocho horas) y de largo plazo (meses o años). Los efectos agudos se han observado en concentraciones de ozono de 0.12 partes por millón (en adelante, ppm), cuando los individuos realizan ejercicio moderado o intenso o en concentraciones más bajas (de 0.08 ppm) después de exposiciones prolongadas, tras un ejercicio moderado o bajo.

Los efectos adversos van desde cambios transitorios de la función pulmonar, aumento en la incidencia de enfermedades y síntomas respiratorios, mayor susceptibilidad para la aparición de infecciones respiratorias, lo que indirectamente se refleja en el aumento de ingresos hospitalarios y de visitas a salas de emergencia. Estudios recientes también han encontrado asociaciones entre la exposición al ozono y el aumento de la mortalidad diaria que se presenta particularmente entre personas con enfermedades respiratorias o cardiovasculares previas.

Los cambios de la función pulmonar se caracterizan por la disminución de la Capacidad Vital Forzada (CVF) y el Volumen Espiratorio Forzado del primer segundo (VEF1). Los cambios de la CVF se deben a una disminución de la capacidad inspiratoria, al parecer tras una inhibición neurológica. En relación con la disminución del VEF1, lo que se ha observado en múltiples estudios realizados en diferentes países del mundo, incluido México, es que en promedio el VEF1 disminuye cuando aumentan las concentraciones de ozono, sin pasar por alto la gran variación individual. Estos efectos son transitorios, pero dado que existen muchas poblaciones expuestas cotidianamente a este contaminante, podría considerarse que la exposición es permanente. Los hallazgos en

los estudios epidemiológicos y experimentales son muy similares y se refieren tanto a los niños como a los adultos.

Es importante mencionar que las pruebas espirométricas utilizadas en la mayoría de estos estudios no miden el impacto del contaminante en las vías aéreas más pequeñas, situadas en la región donde se lleva a cabo el intercambio gaseoso. Los estudios realizados en animales han mostrado que en esta región del pulmón puede haber necrosis de las células epiteliales y remodelación de los bronquiolos respiratorios, cuyas consecuencias a largo plazo aún no se conocen con precisión. Se requieren más estudios para saber si los resultados obtenidos en animales son extrapolables a los seres humanos y si por ende estos cambios pueden dar lugar a enfermedades crónicas del pulmón en el hombre.

Otro efecto frecuentemente asociado con este contaminante es la presencia de síntomas respiratorios transitorios, entre los cuales los más frecuentes son la tos, la irritación de las vías aéreas -caracterizada por una sensación de comezón en la garganta y por molestias atrás del esternón-, malestar a la inspiración profunda -que las personas describen como dolor o sensación de opresión en el pecho-. Los asmáticos presentan con más frecuencia sibilancias, además de los síntomas ya descritos. Generalmente las personas con enfermedades pulmonares previas están en mayor riesgo de ser afectadas por el ozono, ya que a sus limitaciones funcionales preexistentes se suman las provocadas por éste. Además, algunas personas son genéticamente más susceptibles que otras; tal es el caso de los propios asmáticos, los pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica y las personas con otras enfermedades respiratorias crónicas.

Otro aspecto asociado con la exposición al ozono es el incremento de la susceptibilidad a las infecciones respiratorias, que se explica por la inflamación de las vías aéreas periféricas y se caracteriza por el aumento importante de los leucocitos polimorfonucleares y la concentración de moléculas pro inflamatorias como la IL-8. Dicha inflamación afecta a los linfocitos que normalmente se encargan de los mecanismos celulares de defensa del tracto respiratorio, y de esta manera se facilita la presencia de infecciones respiratorias.

Los estudios sobre ingresos hospitalarios y visitas a salas de emergencia han permitido medir no sólo la presencia de síntomas respiratorios, sino también su gravedad. De acuerdo con estudios realizados en los Estados Unidos, estos efectos se han observado después de exposiciones prolongadas a concentraciones de ozono tan bajas como 0.080 ppm. Los grupos más susceptibles son los niños y las personas que por motivos de trabajo permanecen mayor tiempo en los exteriores, así como los individuos con enfermedades respiratorias previas. Es importante hacer hincapié en que algunos individuos responden de manera inusual al ozono y pueden presentar efectos funcionales o síntomas respiratorios más acentuados que la población general.

La Secretaría de Salud inició en 1996 un estudio de las contingencias atmosféricas, en la zona metropolitana del Valle de México. Los datos preliminares obtenidos de más de 519,000 individuos entrevistados mostraron que al rebasarse las 0.281 ppm de ozono, se incrementó por arriba de los valores basales la proporción de signos y síntomas oculares y respiratorios entre la población. Esos resultados preliminares permitieron en 1998 ajustar el Programa de Contingencias Ambientales Atmosféricas en el Valle de México, mediante el cual se llevaban a cabo las acciones urgentes de control.

Otro efecto frecuentemente descrito al exponer a las personas al ozono es su impacto sobre el desempeño físico-atlético, que se manifiesta en la reducción del nivel de actividad máximo sostenible o del tiempo de actividad que puede tolerarse en un nivel particular de trabajo físico. Atletas expuestos a concentraciones por arriba de 0.18 ppm han reportado incapacidad para realizar esfuerzos máximos en competencias atléticas; trabajadores o personas activas expuestas han visto aumentar los síntomas respiratorios, lo que puede provocar disminución en el desempeño del trabajo.

En relación con los efectos de largo plazo (crónicos), la bibliografía existente todavía no es concluyente. Los estudios toxicológicos realizados en animales muestran que los daños producidos por el ozono sobre el pulmón son similares en diferentes especies (monos, ratas y ratones) y que la respuesta fundamentalmente depende de la dosis de exposición. Las evidencias sugieren que los efectos encontrados en animales

también pueden estar presentes en los seres humanos. Hasta ahora los datos recolectados muestran que es biológicamente posible que la inflamación crónica que produce este contaminante provoque un daño pulmonar capaz de disminuir, durante la vida adulta, la calidad de vida de las personas expuestas.

En nuestro país, buena parte de los estudios realizados en este campo del conocimiento han sido epidemiológicos; en ellos se ha estudiado la asociación entre el ozono y otros contaminantes atmosféricos y los cambios en la función pulmonar, el aumento de síntomas respiratorios, el ausentismo escolar, las visitas a salas de emergencia y la mortalidad diaria. Existen algunos estudios básicos realizados en animales y seres humanos que han mostrado daños severos de la mucosa del aparato respiratorio desde la nariz hasta los bronquiolos. La mayoría de dichos estudios se han efectuado en la Ciudad de México. En general, los resultados obtenidos coinciden con los hallazgos ya mencionados, aun cuando existen algunas particularidades derivadas de que muchas personas en esta ciudad han estado expuestas de manera cotidiana a niveles muy altos de ozono y, por lo tanto, los efectos agudos no siempre son tan marcados como en aquellos individuos que nunca han estado expuestos a él.

Los datos derivados de las investigaciones más recientes sobre los daños agudos y de mediano plazo que puede producir el ozono sobre la salud humana -y que se han resumido en los párrafos anteriores-, al ponerse en correspondencia con la gran variación de concentraciones de ozono que pueden existir en las diferentes regiones del país, nos dicen que las poblaciones pueden estar expuestas a concentraciones por arriba de las 0.11 ppm (100 IMECAS) durante periodos cortos de tiempo, pero que su promedio de ocho horas excede las 0.08 ppm; tal sería el caso de las zonas metropolitanas de las ciudades de México y Guadalajara. En otros lugares las personas sólo están expuestas a concentraciones cuyos promedios de ocho horas rebasan las 0.08 ppm; finalmente en otras regiones sólo están expuestos a niveles por arriba de 0.11 ppm, por periodos cortos de tiempo. Considerando todas estas posibilidades y con el fin de prevenir los efectos adversos sobre la población más sensible.



La NOM-020-SSA1-1993 SALUD AMBIENTAL. CRITERIO PARA EVALUAR EL VALOR LIMITE PERMISIBLE PARA LA CONCENTRACION DE OZONO (O<sub>3</sub>) DE LA CALIDAD DEL AIRE AMBIENTE. CRITERIO PARA EVALUAR LA CALIDAD DEL AIRE, establece como límite horario permisible una concentración de 0.11 ppm (100 IMECAS) en un periodo de tres años. La modificación del periodo de evaluación de la norma a un año se debe a que gran parte de las zonas urbanas del país no cuentan con datos trianuales para verificar su cumplimiento y en las zonas rurales prácticamente no existen datos sobre los niveles y el comportamiento del ozono.

Asimismo, se decidió mantener la concentración horaria de 0.11 ppm (100 IMECAS), ya que basándose en esta concentración se han instrumentado los diferentes planes de contingencia ambiental que operan en ciudades con altos niveles de ozono.

La epidemiología juega un papel crucial en la evaluación de impacto en salud al proporcionar pruebas de la asociación en poblaciones humanas en condiciones naturales. Además, aporta la estimación de las funciones de exposición-respuesta. Por su parte la toxicología y las ciencias clínicas aportan pruebas convincentes acerca de los mecanismos etiopatogénicos de dichas asociaciones. Entre los estudios epidemiológicos que han aportado información relevante sobre la relación de la contaminación atmosférica con la salud destacan los que han utilizado diseños de series temporales y los de cohortes. En los últimos 10 ó 12 años ha habido un número importante de estudios de series temporales que han utilizado datos secundarios existentes en las redes para el control de la contaminación atmosférica, en los servicios de vigilancia de epidemiología y salud pública, así como en otras fuentes de datos como los institutos de meteorología.

Estudios toxicológicos experimentales, en el hombre o los animales, han aportado evidencias fundamentales para el establecimiento de los mecanismos etiopatogénicos para el daño que la exposición a contaminantes atmosféricos puede causar sobre la salud. La principal ventaja de estos estudios radica precisamente en el control de las condiciones de exposición, por lo que la medida de ésta es más precisa que en el caso de los estudios observacionales. En cuanto a los inconvenientes, radican fundamentalmente

en el hecho de someter a los sujetos en experimentación a una situación artificial, ya que se utiliza un reducido número de contaminantes, en situación ideal, a grandes dosis y en circunstancias ambientales especiales. Además, las poblaciones con las que se experimenta podrían ser poco representativas.

Estudios realizados en el área de la salud ambiental destacan el proyecto APHEA (Air Pollution and Health: an European Assessment. 2001) en el que participan 35 ciudades europeas y el estudio NMMAPS (Nacional Mortality and Morbidity Air Pollution Study. 2000) que incluye las 100 ciudades estadounidenses de mayor población.

#### Perspectivas desde los valores de calidad de aire

En la mayoría de los países industrializados se han establecido valores máximos de concentración admisible, para los contaminantes atmosféricos más característicos. Estos valores se han fijado a partir de estudios teóricos y prácticos de los efectos que sobre la salud tiene la contaminación al nivel actual y los que puede alcanzar en el futuro. Los efectos se basan principalmente en el examen de factores epidemiológicos.

Determinar los efectos de la contaminación del aire es sumamente complejo, ya que la asociación entre un contaminante y una enfermedad o una defunción puede ser más accidental que causal. Las relaciones existentes entre las enfermedades humanas por la exposición a niveles bajos de contaminación durante un período largo de tiempo no se conocen en la actualidad con exactitud.

En la evaluación de riesgos asociados a la contaminación y para la fijación de normas de calidad del aire, lo ideal sería disponer de una serie completa de curvas dosis-respuesta para los distintos contaminantes atmosféricos, para los diferentes efectos y para los distintos tipos de población expuesta. De momento no se dispone de esta información, para todos los contaminantes atmosféricos y aún es más difícil que llegue a reunirse para las combinaciones de sustancias que más frecuentemente se encuentran en el aire.

Para tratar de evitar las lagunas e imprecisiones con que se conocen las relaciones dosis-respuesta y dado que, generalmente, está aceptado que ciertas concentraciones de contaminantes atmosféricos provocan efectos nocivos sobre la salud humana, se suele recurrir a la utilización de un coeficiente de seguridad cuando se fijan las normas sobre la calidad del aire. La magnitud del coeficiente de seguridad adoptado depende de muy diversas consideraciones; puede tratarse de consideraciones políticas en las que se tenga en cuenta, sobre todo, los análisis «costo-beneficio», o de la significación estadística y de la exactitud de los datos, o del grado de protección que se quiere dar a la población.

En la mayoría de los países, las normas de calidad del aire tienen como objetivo inmediato el evitar enfermedades y fallecimientos en aquellos subgrupos de la población más sensibles. Hay que tener en cuenta que el objetivo a largo plazo ha de ser de protección contra todo posible efecto sobre la salud del hombre, incluidas las alteraciones genéticas y somáticas.

Generalmente, la calidad del aire se evalúa por medio de los denominados niveles de IMECAS (Índice Metropolitano de la Calidad del Aire), que vienen definidos como la concentración media de un contaminante presente en el aire durante un período de tiempo determinado. La unidad en que se expresan normalmente estos niveles son microgramos de contaminante por metro cúbico de aire, medidos durante un período de tiempo determinado. (Secretaría de Medio Ambiente para el Desarrollo Sustentable, 2005).

#### El Aire limpio tiene que ser una necesidad básica y como derecho humano

La lucha contra la contaminación del aire, agua, suelo, así como la consideración del paisaje, la restauración y mejora de las zonas patrimonio natural y artístico, la protección de la fauna y de la flora, el tratamiento y eliminación de los residuos, la gestión de las zonas verdes y espacios libres, la reinstalación de industrias con zonas de amortiguamiento, la congestión del tráfico urbano, la lucha contra el ruido y tantas otras cuestiones, no son sino aspectos parciales e interrelacionados que han de tenerse en cuenta al abordar acciones o programas de actuación para la defensa del medio ambiente.

La exigencia de un aire limpio y puro proviene, en principio, del público en general ante su creciente preocupación por los problemas de contaminación atmosférica originados como consecuencia de la tecnología poco eficiente en el uso de energía y la previsión de que las cada vez mayores emisiones de contaminantes a la atmósfera alteren el equilibrio natural existente entre los distintos ecosistemas, afecten la salud ambiental y a los bienes materiales.

Se requiere realizar un proyecto o programa que reduzca las concentraciones de contaminantes atmosféricos hasta alcanzar una seguridad humana en un cierto plazo, produciendo una serie de beneficios ambientales que se reflejen en la salud de las personas, que habitan en la zona de Miravalle y que sus principales beneficios sean aquellos relacionados con la salud de las personas que comprenden los grupos vulnerables que estén expuestos a los contaminantes atmosféricos entre los principales el ozono cuyos niveles frecuentemente superan las normas de calidad de aire satisfactorio.

## RED AUTOMÁTICA DE MONITOREO DE LA ZONA METROPOLITANA DE GUADALAJARA (RAMAG)

En 1975 iniciaron trabajos de Monitoreo Atmosférico en la Ciudad de Guadalajara con Equipo Manual para PST. En 1993 el Gobierno del Estado de Jalisco adquirió parte de la Red de Monitoreo Atmosférico Automático y en 1995 quedó finalmente en todos sus componentes. Desde su integración, la RAMAG es operada por el Gobierno del Estado, a través de la Secretaría de Medio Ambiente para el Desarrollo Sustentable (SEMADES). La Red actualmente se compone de 8 estaciones automáticas en operación

### Estaciones de la Red Automática de Monitoreo de la Zona Metropolitana de Guadalajara

No. Estación	Nombre	Clave	O <sub>3</sub>	NO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	PM10	VV	DV	TMP	HR	HCT
1	Las Águilas	AGU										
2	Vallarta	VAL										
3	Atemajac	ATM										
4	Oblatos	OBL										
5	Centro	CEN										
6	Tlaquepaque	TLA										
7	Miravalle	MIR										
8	Loma Dorada	LDO										

# UBICACIÓN DE LAS ESTACIONES DE MONITOREO ATMOSFÉRICO DE GUADALAJARA

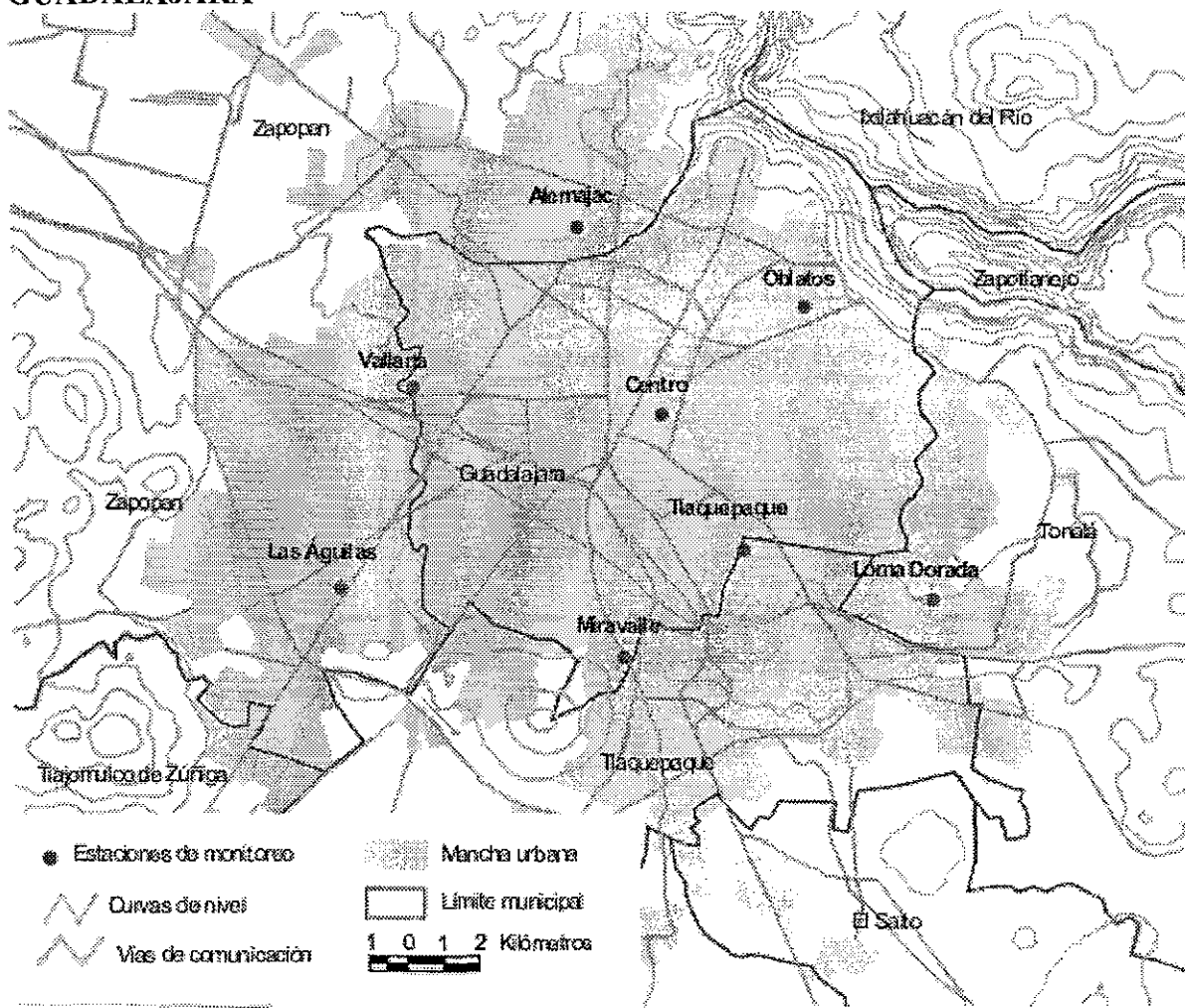


Figura 1 ubicación de las estaciones de monitoreo

**Datos Generales de la Red Automática de Monitoreo Atmosférico de Guadalajara**

**Secretaría de Medio Ambiente para el Desarrollo Sustentable  
del Estado de Jalisco**

Ing. Ramón Humberto González Núñez.

Domicilio: Av. Cubilete # 2955, Col. Jardines del Sol, Zapopan Jalisco. C.P. 45050

**Coordinador de la Red de Monitoreo Atmosférico**

Ing. Ramón Ángel Limón Flores

Tel. (01-33) 3642-9408 y 3642-9510

Domicilio: Acatempan # 2180, Col. Chapultepec Country, Guadalajara, Jalisco. C.P. 44610

**Director del Centro de Información Ambiental**

Ing. Mario Alberto Martínez Cárdenas

Tel. (01-33) 3647-0431 y 3647-0565 Ext. 55710

Domicilio: Av. Cubilete # 2955, Col. Jardines del Sol, Zapopan Jalisco. C.P. 45050

WWW de la Red Automática de Monitoreo Atmosférico de Guadalajara

## **ANÁLISIS DE RELACIÓN ENTRE VARIABLES CUANTITATIVAS EN SALUD AMBIENTAL**

Es importante conocer la relación entre variables cuantitativas en salud ambiental, como es en los casos de estudios sobre la contaminación por ozono y su efecto a grupos vulnerables considerando la ausencia preescolar; estudios sobre la contaminación y su morbilidad y mortalidad en grupos vulnerables; en estudios clínico- epidemiológicos entre otros muchos más.

En el análisis de los estudios clínico-epidemiológicos surge muy frecuentemente la necesidad de determinar la relación entre dos variables cuantitativas en un grupo de sujetos. Los objetivos de dicho análisis suelen ser:

- a. Determinar si las dos variables están correlacionadas, es decir si los valores de una variable tienden a ser más altos o más bajos para valores más altos o más bajos de la otra variable.
- b. Poder predecir el valor de una variable dado un valor determinado de la otra variable.
- c. Valorar el nivel de concordancia entre los valores de las dos variables.



## CORRELACIÓN

En este artículo trataremos de valorar la asociación entre dos variables cuantitativas estudiando el método conocido como correlación. Dicho cálculo es el primer paso para determinar la relación entre las variables. La predicción de una variable. La predicción de una variable dado un valor determinado de la otra precisa de la regresión lineal que abordaremos en otro artículo.

La cuantificación de la fuerza de la relación lineal entre dos variables cuantitativas, se estudia por medio del cálculo del coeficiente de correlación de Pearson. Dicho coeficiente oscila entre  $-1$  y  $+1$ . Un valor de  $-1$  indica una relación lineal o línea recta positiva perfecta. Una correlación próxima a cero indica que no hay relación lineal entre las dos variables.

El realizar la representación gráfica de los datos para demostrar la relación entre el valor del coeficiente de correlación y la forma de la gráfica es fundamental ya que existen relaciones no lineales.

El coeficiente de correlación posee las siguientes características:

- a. El valor del coeficiente de correlación es independiente de cualquier unidad usada para medir las variables.
- b. El valor del coeficiente de correlación se altera de forma importante ante la presencia de un valor extremo, como sucede con la desviación típica. Ante estas situaciones conviene realizar una transformación de datos que cambia la escala de medición y modera el efecto de valores extremos (como la transformación logarítmica).

- c. El coeficiente de correlación mide solo la relación con una línea recta. Dos variables pueden tener una relación curvilínea fuerte, a pesar de que su correlación sea pequeña. Por tanto cuando analicemos las relaciones entre dos variables debemos representarlas gráficamente y posteriormente calcular el coeficiente de correlación.
- d. El coeficiente de correlación no se debe extrapolar más allá del rango de valores observado de las variables a estudio ya que la relación existente entre X e Y puede cambiar fuera de dicho rango.
- e. La correlación no implica causalidad. La causalidad es un juicio de valor que requiere más información que un simple valor cuantitativo de un coeficiente de correlación.

El coeficiente de correlación de Pearson ( $r$ ) puede calcularse en cualquier grupo de datos, sin embargo la validez del test de hipótesis sobre la correlación entre las variables requiere en sentido estricto:

- a) Que las dos variables procedan de una muestra aleatoria de individuos.
- b) Que al menos una de las variables tenga una distribución normal en la población de la cual la muestra procede. Para el cálculo válido de un intervalo de confianza del coeficiente de correlación de  $r$  ambas variables deben tener una distribución normal. Si los datos no tienen una distribución normal, una o ambas variables se pueden transformar (transformación logarítmica) o si no se calcularía un coeficiente de correlación no paramétrico (coeficiente de correlación de Spearman) que tiene el mismo significado que el coeficiente de correlación de Pearson y se calcula utilizando el rango de las observaciones.

El cálculo del coeficiente de correlación ( $r$ ) Por ejemplo; En un grupo de valores de peso y talla de 20 niños varones. La covarianza, que en este ejemplo es el producto de peso (kg) por talla (cm), para que no tenga dimensión y sea un coeficiente, se divide por la desviación típica de X (talla) y por la desviación típica de Y (peso) con lo que obtenemos el coeficiente de correlación de Pearson que para este caso se da el valor de 0.885 indica una importante correlación entre las dos variables. Es evidente que el hecho de que la correlación sea fuerte no implica causalidad. Si elevamos al cuadrado el coeficiente de correlación obtendremos el coeficiente de determinación ( $r^2=0.783$ ) que nos indica que el 78.3% de la variabilidad en el peso se explica por la talla del niño. Por lo tanto existen otras variables que modifican y explican la variabilidad del peso de estos niños. La introducción de más variable con técnicas de análisis multivariado nos permitirá identificar la importancia de que otras variables pueden tener sobre el peso. (Pita Fernández, S. Pértega Díaz, S. 1997).

## V. HIPÓTESIS

La contaminación atmosférica generada por Ozono en Miravalle se relaciona positivamente con ausencias escolares de niños de nivel preescolar provenientes de las escuelas de la zona de estudio.

## **VI. OBJETIVOS**

### **Objetivo general**

Evaluar el impacto de la contaminación por Ozono en un grupo vulnerable de la población, el caso de niños de nivel preescolar en la zona de Miravalle perteneciente a la zona metropolitana de Guadalajara, a partir de datos obtenidos por la Red de Monitoreo Ambiental ubicada en esta área.

### **Objetivos particulares**

- 1.- Determinar el comportamiento de la contaminación atmosférica por Ozono en la zona de Miravalle durante el periodo de Enero a Junio del 2005.
- 2.- Analizar las ausencias preescolares en los grupos vulnerables, de Miravalle provocados por la contaminación por Ozono de Enero a Junio del 2005.
- 3.- Analizar los efectos de la contaminación atmosférica de Ozono en grupos vulnerables en preescolares en el área de Miravalle de Enero a Junio del 2005.

## VII. METODOLOGÍA

El presente trabajo forma parte del Estudio de Riesgo por Contaminación del Aire en Miravalle que se realiza en la Maestría en Ciencias de la Salud Ambiental como parte de la colaboración institucional entre la Universidad de Guadalajara, la Secretaría de Educación Pública y la Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable de Jalisco, durante el período Enero 2005 a Diciembre 2006

### Diseño del tipo de estudio

Este trabajo es descriptivo transversal

### Área de estudio

La investigación se realizó en el Área de Miravalle, localizada al sur de la Ciudad de Guadalajara, perteneciente a los Municipios de Guadalajara y Tlaquepaque.

### Unidad muestral

Estación de Monitoreo de la contaminación atmosférica Ozono, ubicada en el área de Miravalle, ubicada en la Calzada Gobernador Curiel y cruce con J. Salomé Piña (figura 1). Operada por SEMADES

Escuelas de nivel preescolar de la zona de estudio, pertenecientes a la zona 31 y 33, las cuales son: Kinder Josefa Ortiz de Domínguez, Domicilio Calle Gauguin No. 1480, entre las calles Pinturas y Artes Plásticas; Kinder Francisco Medina Ascencio, Domicilio Andador R. Wagler, entre las calles Mozart y Juan Sebastián Bach; Kinder Severiano Díaz Galindo, Domicilio Andador pablo Moncayo, entre las calles Juan Jiménez Romo y Plásticas.

Los datos de monitoreo de calidad del aire como el de ausencias preescolares fueron analizados entre los meses de enero – junio de 2005.

#### Tamaño de muestra

324 niños en doce grupos de escuelas de nivel preescolar del Área de Miravalle, con edades entre 3 a 5 años de edad. Las escuelas participantes fueron; Josefa Ortiz de Domínguez, Francisco Medina Ascencio y Severo Díaz Galindo.

Datos de IMECA para Ozono cada hora, 24 horas por día y valor promedio diario durante los meses enero a junio de 2005.

#### Criterio de inclusión

Que sean niños de 3 a 5 años inscritos en las escuelas de nivel preescolar del Área de Miravalle.

Valores IMECA Ozono obtenidos de la Red Automática de Monitoreo Ambiental (SEMADES). Durante el período de enero a junio de 2005.

#### Criterio de no inclusión

Grupos de niños que no están inscritos en las escuelas preescolares participantes  
Otros parámetros (PM<sub>10</sub>, CO, NO<sub>x</sub>, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, HC)

## Criterios de selección y recolección de datos

Las funciones dosis-respuesta utilizadas en este estudio fueron seleccionadas y adaptadas a partir de la literatura epidemiológica publicada en revistas científicas y que, por consiguiente, han pasado por revisiones y arbitraciones técnicas. Todas las funciones dosis-respuesta utilizadas en el análisis cuantitativo están basadas en estudios epidemiológicos de contaminación atmosférica con información agregada. Se restringen a estudios sólidos metodológicamente que muestran una asociación estadísticamente significativa entre el contaminante y el efecto de salud de interés.

Se utilizó una metodología, en que los estudios estuvieron basados en un monitoreo continuo de los contaminantes relevantes, para este estudio se tomó el Ozono. Se realizó una selección cuidadosa de las medidas de exposición y haber minimizado las posibilidades de sesgo de selección de muestra y de reporte de los resultados.

El estudio reconoció y procedió a minimizar los efectos de variables omitidas y confundibles, no se incluyeron para fines cuantitativos por el problema potencial de la existencia de otras variables confundibles y de la vaga definición de la exposición por los efectos de la estacionalidad y climatología. Esto se hizo estratificando la muestra y analizando los datos por meses.

El estudio consideró directamente Ozono con valores IMECA que es, al menos, una medida de contaminación que pueda convertirse al contaminante que interesa. En consecuencia, los datos que no caracterizan cuantitativamente la contaminación de manera adecuada o para los cuales la evaluación de la exposición no estaba adecuadamente caracterizada, no fueron considerados. Los datos que se registran con niveles de contaminación del aire relevante, valores que sólo consideran episodios con niveles elevados de contaminación, no fueron considerados para fines cuantitativos. Se dio preferencia a los valores que se basan en grupos representativos de la población para asegurar la mayor y mejor cobertura posible de la población en estudio.



% DE AUSENCIA es un conjunto de valores dependientes.  
VALOR DIARO IMECA OZONO es un conjunto de valores independientes.

Obtención de datos de los registros de asistencia de doce grupos de las escuelas preescolares de la zona de estudio.

Información de la contaminación por Ozono de la zona de estudio comprendido del mes de enero a junio de 2005, proporcionados por la red de monitoreo de la Zona de estudio.

Elaboración de tablas de cada día del mes con la concentración máxima por hora de Ozono, durante los meses de Enero a Junio.

Se realizaron graficas por mes de Enero a Junio del 2005 de la concentración máxima de Ozono en el día.

Elaboración de tablas de cada mes correspondiente a clases y el porcentaje (%) de ausencias en los días correspondientes. Se elaboraron gráficas de cada mes de Enero a Junio del 2005 del porcentaje de ausencias de las escuelas V. S. días de clases de cada mes.

Se utilizaron modelos estadísticos para la determinar la correlación de las variables de ausentismo en grupos de niños vulnerables en escuelas preescolares y la contaminación por Ozono, se utilizó la función estadística de Pearson.

Para evaluar la correlación que existe entre el impacto por la contaminación atmosférica de Ozono y las ausencias escolares en grupos vulnerables de escuelas preescolares en Miravalle durante Enero a Junio del 2005 contra los porcentajes de ausencia de los grupos vulnerables correspondientes se hizo lo siguiente:

- 1.- Se anotaron los días con máximas concentraciones arriba de los 100 IMECAS de los datos obtenidos por la red de monitoreo de Calidad del Aire ubicada en Miravalle.
- 2.- Se anotaron los valores de porcentaje de ausencias que corresponden a ese día, posteriormente se desplazó un día y de esa forma se desplazó a otro día hasta llegar al día nueve de desplazo. Como se muestra en el cuadro de evaluación de la correlación.

MES	DIAS	IMECA100	%AUSDIA0	%AUSDIA1	%AUSDIA2	%AUSDIA3	%AUSDIA4	%AUSDIA5	%AUSDIA6	%AUSDIA7	%AUSDIA8	%AUSDIA9
ENE	15	120,91	NO CLASES	NO CLASES	16,26	11,04	15,03	17,18	18,10	NO CLASES	NO CLASES	23,93
FEB	8	137,27	13,80	15,34	18,71	19,63	NO CLASES	NO CLASES	20,86	23,93	14,72	13,19
ABR	28	140,00	7,67	11,66	NO CLASES	NO CLASES	13,19	10,74	12,27	NO CLASES	NO CLASES	NO CLASES
ABR	29	173,64	11,66	NO CLASES	NO CLASES	13,19	10,74	12,27	CLASES	NO CLASES	NO CLASES	NO CLASES
MAY	9	169,09	NO CLASES	NO CLASES	10,74	43,25	57,36	NO CLASES	NO CLASES	NO CLASES	47,55	47,55
MAY	16	130,91	NO CLASES	47,55	47,55	NO CLASES	NO CLASES	NO CLASES	NO CLASES	24,23	23,31	20,25
MAY	17	106,36	47,55	47,55	NO CLASES	NO CLASES	NO CLASES	NO CLASES	24,23	23,31	20,25	18,40
MAY	18	114,55	46,93	NO CLASES	NO CLASES	NO CLASES	NO CLASES	24,23	23,31	20,25	18,40	NO CLASES
MAY	25	106,36	20,25	18,40	NO CLASES	NO CLASES	NO CLASES	23,93	15,34	NO CLASES	18,40	NO CLASES
MAY	26	107,27	18,40	NO CLASES	18,40	NO CLASES	23,93	15,34	16,87	NO CLASES	28,22	17,48
MAY	31	135,45	15,34	16,87	18,40	28,22	NO CLASES	NO CLASES	7,98	NO CLASES	13,19	17,79
JUN	2	103,64	28,22	28,22	NO CLASES	NO CLASES	17,48	7,98	13,19	17,79	18,40	NO CLASES
JUN	4	111,82	NO CLASES	NO CLASES	NO CLASES	7,98	13,19	17,79	18,40	NO CLASES	NO CLASES	16,56
JUN	6	122,73	17,48	7,98	13,19	17,79	18,40	NO CLASES	NO CLASES	NO CLASES	NO CLASES	NO CLASES
JUN	7	101,82	7,98	13,19	17,79	18,40	NO CLASES	NO CLASES	16,56	NO CLASES	NO CLASES	NO CLASES
JUN	8	100,91	13,19	17,79	18,40	NO CLASES	NO CLASES	16,56	NO CLASES	NO CLASES	NO CLASES	NO CLASES
JUN	9	212,73	17,79	18,40	NO CLASES	NO CLASES	NO CLASES	NO CLASES	NO CLASES	NO CLASES	NO CLASES	NO CLASES

COEF. CORRELACION    -0,275761    -0,150934    -0,070237    0,501253    0,392051    -0,334216    -0,322295    0,7051793    0,587876    0,7457956

Se calculó el coeficiente de correlación de la concentración O<sub>3</sub> con el % Ausencia de del mes de Enero 2005, con un desplazo de 9 días, teniendo un coeficiente de correlación de 0,234.

Se calculó el coeficiente de correlación de la concentración O<sub>3</sub> con el % Ausencia de del mes de Febrero 2005, con un desplazo de 9 días, teniendo un coeficiente de correlación de - 0,427.

Se calculó el coeficiente de correlación de la concentración O<sub>3</sub> con el % Ausencia de del mes de Marzo 2005, con un desplazo de 9 días, teniendo un coeficiente de correlación de - 0,15.

Se calculó el coeficiente de correlación de la concentración O<sub>3</sub> con el % Ausencia de del mes de Abril 2005, con un desplazo de 9 días, teniendo un coeficiente de correlación de 0,29.

Se calculó el coeficiente de correlación de la concentración O<sub>3</sub> con el % Ausencia de del mes de Mayo 2005, con un desplazo de 9 días, teniendo un coeficiente de correlación de - 0,1.

Se calculó el coeficiente de correlación de la concentración O<sub>3</sub> con el % Ausencia de del mes de Junio 2005, con un desplazo de 9 días, teniendo un coeficiente de correlación de - 1.

Se calculó el coeficiente de correlación de la concentración O<sub>3</sub> con el % Ausencia de del mes de Enero 2005, con un desplazo de 7 días, teniendo un coeficiente de correlación de 0,35.

Se calculó el coeficiente de correlación de la concentración O<sub>3</sub> con el % Ausencia de del mes de Febrero 2005, con un desplazo de 7 días, teniendo un coeficiente de correlación de 0,596.

Se calculó el coeficiente de correlación de la concentración  $O_3$  con el % Ausencia de del mes de Marzo 2005, con un desplazo de 7 días, teniendo un coeficiente de correlación de 0,70.

Se calculó el coeficiente de correlación de la concentración  $O_3$  con el % Ausencia de del mes de Abril 2005, con un desplazo de 7 días, teniendo un coeficiente de correlación de 0,57.

Se calculó el coeficiente de correlación de la concentración  $O_3$  con el % Ausencia de del mes de Mayo 2005, con un desplazo de 7 días, teniendo un coeficiente de correlación de 0,49.

Se calculó el coeficiente de correlación de la concentración  $O_3$  con el % Ausencia de del mes de Junio 2005, con un desplazo de 7 días, teniendo un coeficiente de correlación de 0,279.

## VIII DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

### 1.- Localización

La Zona de Miravalle se ubica al sur de la Zona Metropolitana de Guadalajara, al sur de la misma se encuentran el cerro del Cuatro, el cerro de Santa María y al SW el cerro del Gachupín. Estos cerros constituyen una barrera física natural para la circulación del viento, que impide el desalojo del aire contaminado de la ZMG (Figura 2).

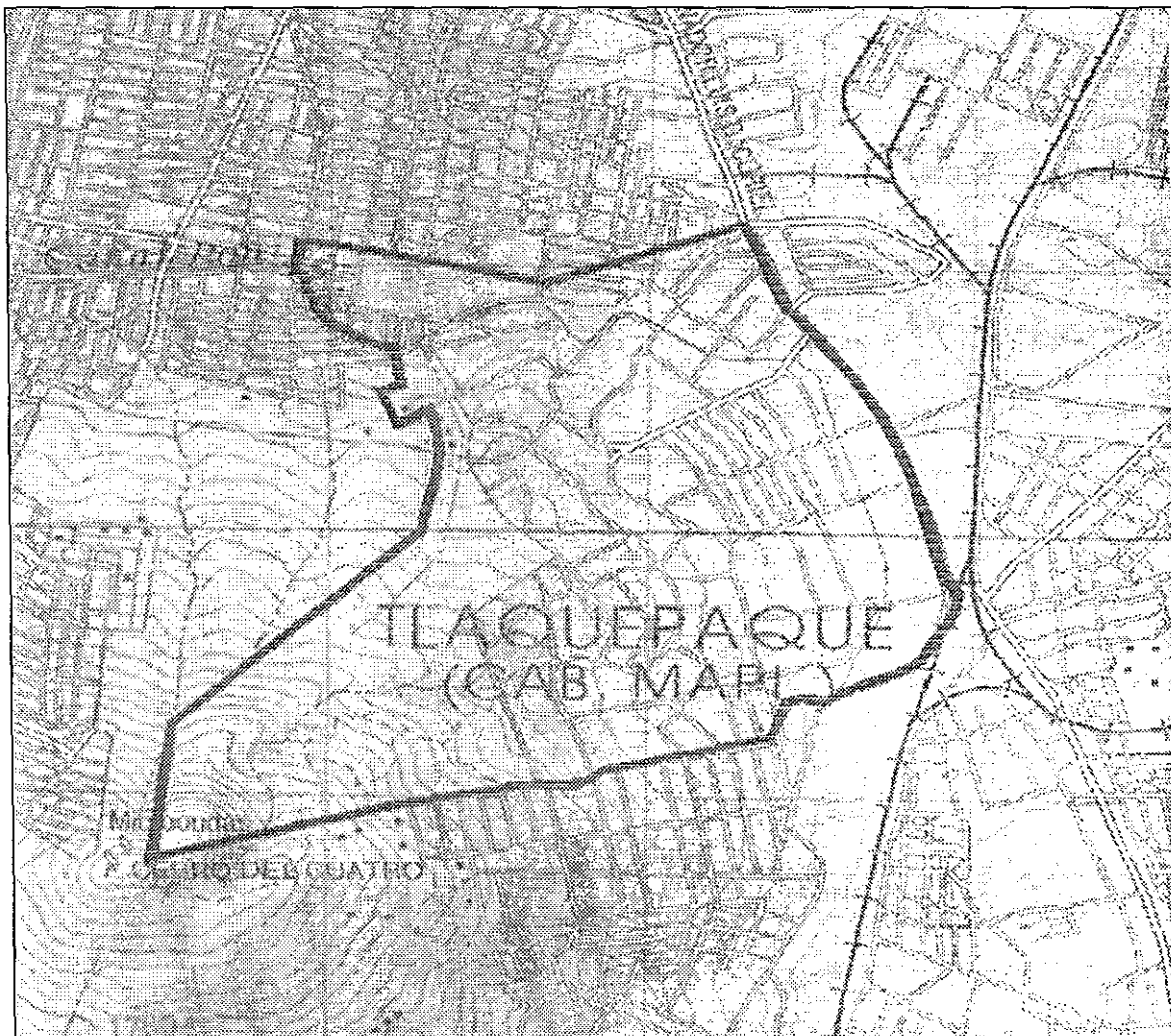


Figura 2 Localización Area de Estudio

## **Cuenca Atmosférica**

- Es una región geográfica, delimitada por los obstáculos topográficos de origen natural (formaciones montañosas), de tal manera que dentro de esta se modifica la circulación general de la atmósfera sobre la superficie (capa límite de la atmósfera), dando lugar a la formación de los vientos locales, diferentes del flujo de la atmósfera libre.
- Este tipo de vientos determina el transporte de las masas de aire dentro de la región. Por lo tanto, son responsables en la dirección de su transporte y en los procesos de dispersión (o de acumulación) de los contaminantes del aire.

## **2.- Región Geográfica**

Es una región geográfica, delimitada por los obstáculos topográficos de origen natural (líneas costeras, formaciones montañosas etc.), de tal manera que dentro de esta se modifica la circulación general de la atmósfera sobre la superficie (capa límite de la atmósfera), dando lugar a la formación de los vientos locales, diferentes del flujo de la atmósfera libre.

Este tipo de vientos determina el transporte de las masas de aire dentro de la región. Por lo tanto, son responsables en la dirección de su transporte y en los procesos de dispersión (o de acumulación) de los contaminantes del aire.

### 3.- Clima

El clima en la ciudad de Guadalajara, se encuentra en una zona templada, sub húmeda con lluvias en verano según la clasificación del clima por Köeppen (García E., 1988) El período de Junio a octubre se comprende como temporadas de lluvias (precipitación de 700 a 900 mm) y el resto del año forma el período seco (precipitación menor de 70 mm).

Según datos obtenidos por del Instituto de Astronomía y Metereología (Davydova V., 2004) determina una temperatura mínima comprendida en los períodos de 1980 a 1999 de 19.2 °C. y estable una tendencia creciente a partir de 1972 con un gradiente de 0.59°C/10 años.

La tendencia lineal de la precipitación total anual también es creciente con un gradiente de 1.75 mm/año de series utilizadas de 1881 a 1999, sin embargo, señala un comportamiento de un período de distribución uniforme en 1881 a 1931, después se observa un rápido incremento del total anual con un gradiente de 2.65 mm/año de tal forma que el total de anual de precipitación anual de precipitación ha incrementado su valor de 866.9 mm (1881 – 1964), a 970.2 mm para el periodo de 1961 a 1999.

Los vientos dominantes han disminuido de 8.0 m/s (1881 -1964) a 4.8 m/s (1960) debido al desarrollo de la zona metropolitana; construcciones de edificios altos, y expansión de la zona urbana en general. Sin embargo en los meses de marzo, abril y mayo se presentan vientos intensos conocidos como vientos alisios, que explican con fuertes turbulencias a causa de altas temperaturas características del mes de mayo. El análisis de la dirección del viento dominante mensual también muestra variaciones significativas, para el período seco la dominación es hacia el oeste, según Plan (Lerma, 1964), y cambia a la dirección este para el tiempo de lluvias; para las tres últimas décadas muestran una mayor variedad en la dirección causado por las altas y densas construcciones y por la influencia de vientos térmicos, producto de la “isla de calor” de Guadalajara (Mestayer y Anquetín, 1995).

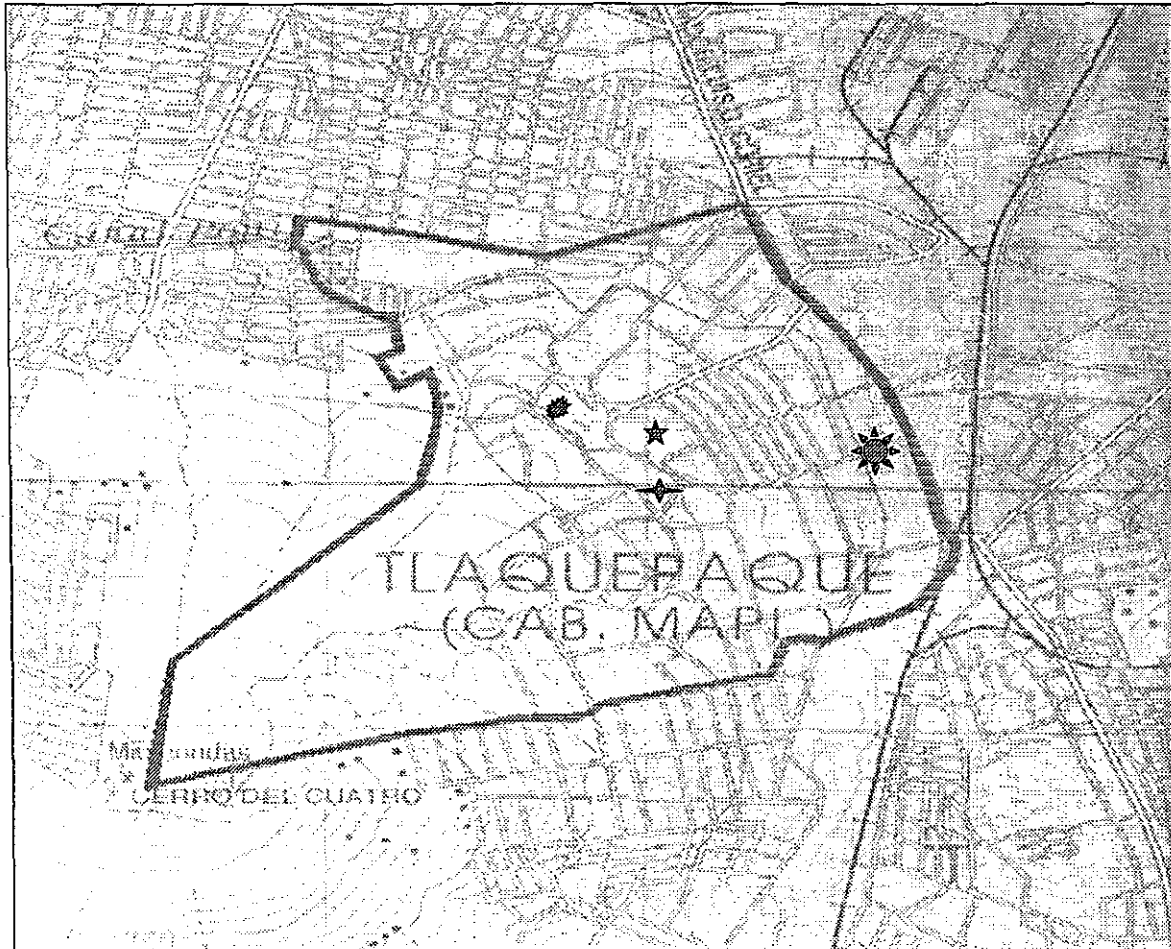
#### 4.- Giros comerciales en el Área de Miravalle

El desarrollo industrial de la zona metropolitana en 1960 -1970 empieza estableciéndose una amplia zona industrial en el sur de la región y continua extendiéndose, además de que fueron desarrollándose otras zonas industriales. En el Plan de Estatal de Ecología del Estado fue estimado 6000 giros industriales de los cuales 220 fueron considerados como de alta contaminación, siendo los principales giros; fundiciones, cementeras, químicas de productos ácidos, químicas de plaguicidas, minerales no metálicos, de fabricación de acumuladores, fabricantes de grasas, aceites y derivados. Otros 1200 son tipificados como nivel medio de contaminación, destacando los giros de embutidos, bebidas, industria textil, huleras, curtidurías, metal básica y alimenticia (González, 1995). El Área de Miravalle se encuentra rodeada de los giros tipificados como de alta contaminación.



### DELIMITACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO ( MIRAVALLE )

Estación de monitoreo se encuentra ubicada en la Av. Gobernador Curiel, esquina con J. Salomé Piña. Las escuelas preescolares son: Josefa Ortiz de Domínguez, ubicada en la calle Gauguin No. 1480; la escuela Francisco Median Ascencio se ubica en el Andador R. Wagler y la escuela Severiano Díaz Galindo se domicilio es Andador Pablo Moncayo.



**Figura 3 Area de estudio**

- ✦ Kinder Josefa Ortiz de Domínguez, Domicilio Calle Gauguin No. 1480  
Entre la calles Pinturas y Artes Plásticas
- ★ Kinder Francisco Medina Ascencio, Domicilio Andador R. Wagler  
Entre las calles Mozart y Juan Sebastián Bach
- ☼ Kinder Severiano Díaz Galindo, Domicilio Andador pablo Moncayo  
Entre las calles Juan Jiménez Romo y Plásticas
- ★ Estación de Monitoreo Miravalle (MIR) Av. G. Curiel esq.  
J. Salomé Piña. (SEMADES)

### SUPERFICIE DEL ÁREA DE ESTUDIO

La superficie del área de estudio es de 3,581.96 km<sup>2</sup>

## **IX RESULTADOS**

Participaron tres instituciones preescolares, con doce grupos de niños, con un total de 324. Se obtuvieron los registros de asistencia en los planteles preescolares, observándose un promedio un 16.29 % de ausencias, en 12 grupos de preescolares. Se presentaron 15 casos en que algunos niños fueron dados de baja, los cuales fueron excluidos por que tuvieron tiempos considerables que pudieran presentar un sesgo considerable.

El comportamiento de la contaminación atmosférica por ozono en la zona de Miravalle comprendido en el mes de Enero del 2005 presenta una máxima contaminación el día 15 con 121 IMECAS, en el día 20 la contaminación es de 91.8 IMECAS. En promedio la contaminación en el mes de enero es de 64.8 IMECAS. Como se muestra en el cuadro 1 y la figura 4

FECHA	MAXIMO
1/01/05	60
2/01/05	66,36
3/01/05	62,73
4/01/05	82,73
5/01/05	60
6/01/05	59,09
7/01/05	75,45
8/01/05	72,73
9/01/05	52,73
10/01/05	82,73
11/01/05	95,45
12/01/05	49,09
13/01/05	54,55
14/01/05	65,45
15/01/05	120,91
16/01/05	54,55
17/01/05	76,36
18/01/05	54,55
19/01/05	64,55
20/01/05	91,82
21/01/05	49,09
22/01/05	87,27
23/01/05	36,36
24/01/05	37,27
25/01/05	67,27
26/01/05	81,82
27/01/05	41,82
28/01/05	63,64
29/01/05	50,91
30/01/05	41,82
31/01/05	48,18

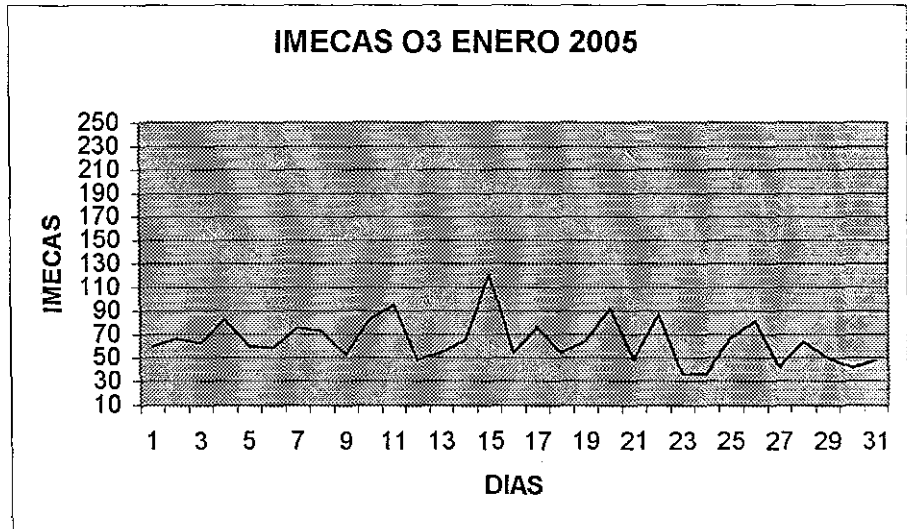


Figura 4 contaminación por Ozono Enero 2005

Cuadro 1 Contaminación IMECAS de Ozono del mes de Enero 2005

El comportamiento de la contaminación atmosférica por ozono en Miravalle en el mes de Febrero del 2005 presenta una máxima contaminación el día 08 con 137.3 IMECAS, en los días 07 y 16 la contaminación es de 96.4 y 98.2 IMECAS respectivamente. En promedio la contaminación en el mes de Febrero es de 50.1 IMECAS. Como se muestra en el cuadro 2 y la figura 5

FECHA	MAXIMO
1/02/05	36,36
2/02/05	43,64
3/02/05	24,55
4/02/05	12,73
5/02/05	17,27
6/02/05	31,82
7/02/05	96,36
8/02/05	137,27
9/02/05	70
10/02/05	48,18
11/02/05	44,55
12/02/05	35,45
13/02/05	39,09
14/02/05	56,36
15/02/05	6,36
16/02/05	98,18
17/02/05	36,36
18/02/05	55,45
19/02/05	48,18
20/02/05	60
21/02/05	90
22/02/05	40
23/02/05	42,73
24/02/05	36,36
25/02/05	35,45
26/02/05	28,18
27/02/05	52,73
28/02/05	80

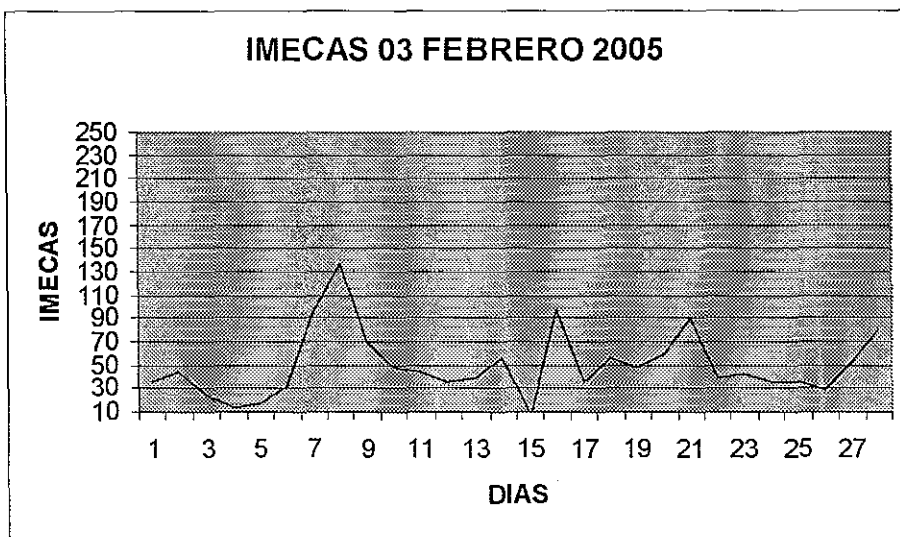


Figura 5 contaminación por ozono en el mes de Febrero 2005.

Cuadro 2 Contaminación IMECAS de Ozono del mes de Febrero 2005

El comportamiento de la contaminación atmosférica por ozono en la zona de Miravalle en el mes de Marzo del 2005 presenta una máxima contaminación en el día 03 con 87.3 IMECA, en promedio la contaminación del mes de Marzo es de 55.1 IMECAS. En este mes la contaminación en ningún momento rebasa los 100 IMECAS, teniendo un comportamiento semejante en la contaminación de ozono durante todo el mes. Como se muestra en el cuadro 3 y la figura 6.

FECHA	MAXIMO
1/03/05	64,55
2/03/05	42,73
3/03/05	87,27
5/03/05	49,09
6/03/05	33,64
7/03/05	41,82
8/03/05	66,36
9/03/05	82,73
10/03/05	67,27
11/03/05	57,27
12/03/05	55,45
13/03/05	54,55
14/03/05	40,91
15/03/05	38,18
16/03/05	50
17/03/05	71,82
18/03/05	64,55
19/03/05	58,18
20/03/05	54,55
21/03/05	61,82
22/03/05	66,36
23/03/05	45,45
24/03/05	45,45
25/03/05	40
26/03/05	48,18
27/03/05	63,64
28/03/05	55,45
29/03/05	40,91
30/03/05	42,73
31/03/05	62,73

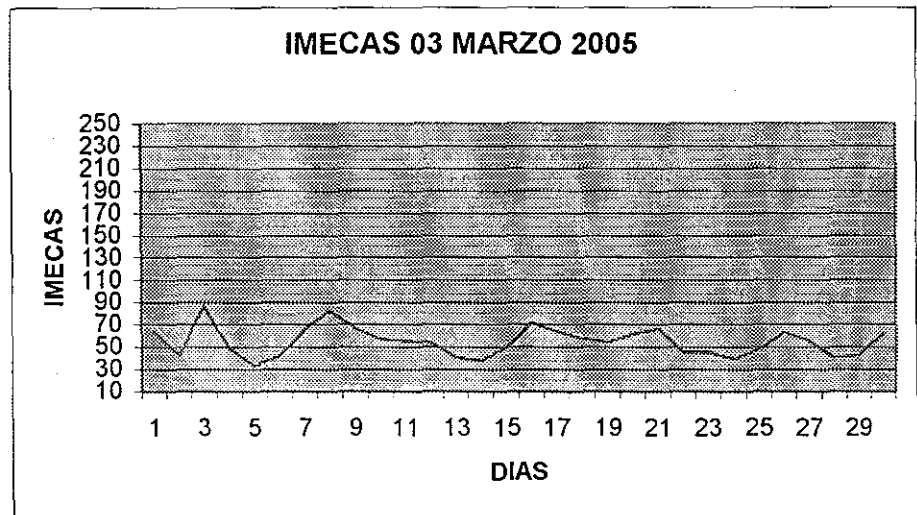


Figura 6 contaminación por ozono en el mes de Marzo 2005

Cuadro 3 Contaminación IMECAS de Ozono del mes de Marzo 2005

En la Zona Miravalle han ocurrido eventos que han sobrepasado los niveles satisfactorios de la calidad del aire en considerable magnitud, esto trae como consecuencia aumento en las ausencias escolares y en casos extremos que las autoridades de educación suspendan las actividades escolares. El comportamiento de la contaminación atmosférica por ozono en la zona de Miravalle en el mes de Abril de 2005, presenta una máxima contaminación en el día 29 con una concentración de 173.6 IMECAS, con un promedio de concentración

en el mes de Abril de 65 IMECAS, teniendo un comportamiento semejante en las concentraciones de ozono durante el mes, excepto los últimos días cuando se presenta la contingencia habiendo suspensión de clases.

Como se muestra en cuadro 4 y la figura

7

FECHA	MAXIMO
1/04/05	72,73
2/04/05	44,55
3/04/05	33,64
4/04/05	37,27
5/04/05	47,27
6/04/05	68,18
7/04/05	55,45
8/04/05	56,36
9/04/05	51,82
10/04/05	37,27
11/04/05	67,27
12/04/05	75,45
13/04/05	54,55
14/04/05	63,64
15/04/05	46,36
16/04/05	53,64
17/04/05	78,18
18/04/05	70,91
19/04/05	52,73
20/04/05	57,27
21/04/05	62,73
22/04/05	63,64
23/04/05	70,91
24/04/05	49,09
25/04/05	38,18
26/04/05	61,82
27/04/05	79,09
28/04/05	140,00
29/04/05	173,64
30/04/05	87,27

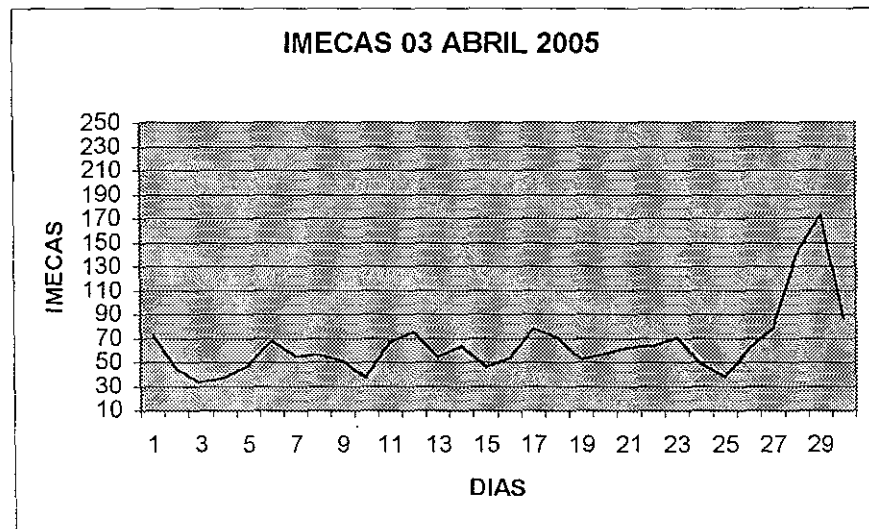


Figura 7 contaminación por ozono en el mes de Abril 2005

Cuadro 4 Contaminación IMECAS de Ozono del mes de Abril 2005

El comportamiento de la contaminación atmosférica por ozono en Miravalle en el mes de Mayo de 2005, presenta una máxima contaminación es el día 09 con una concentración IMECA de 169, el promedio de contaminación de 82.3 IMECAS, este caso es particular donde se presentan en 07 días alternados (09, 16, 17, 18, 25, 26 y 29 durante el mes una contaminación por arriba de los 100 IMECAS. Los días 19 y 20 se presentan días de contingencia, y en este caso hay suspensión de clases.

Como se muestra en el cuadro 5 y figura 8

FECHA	MAXIMO
1/05/05	50,91
2/05/05	41,82
3/05/05	52,73
4/05/05	54,55
5/05/05	38,18
6/05/05	90,00
7/05/05	76,36
8/05/05	82,73
9/05/05	169,09
10/05/05	72,73
11/05/05	77,27
12/05/05	83,64
13/05/05	78,18
14/05/05	66,36
15/05/05	63,64
16/05/05	130,91
17/05/05	106,36
18/05/05	114,55
19/05/05	95,45
20/05/05	80,00
21/05/05	91,82
22/05/05	69,09
23/05/05	50,91
24/05/05	80,00
25/05/05	106,36
26/05/05	107,27
27/05/05	78,18
28/05/05	72,73
29/05/05	52,73
30/05/05	78,18
31/05/05	135,45

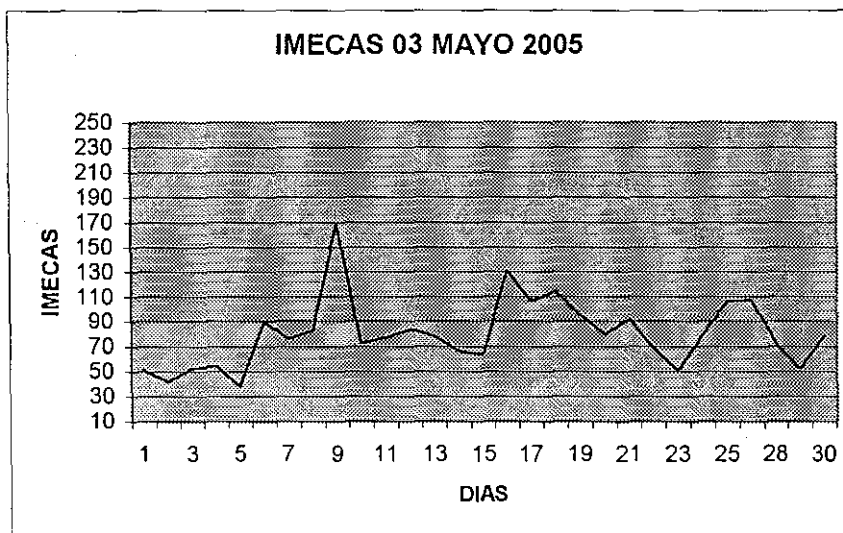


Figura 8 contaminación por ozono en el mes de Mayo 2005

Tabla 5 Contaminación IMECAS de Ozono del mes de Mayo 2005

El comportamiento de la contaminación atmosférica por ozono en la zona de Miravalle en el mes de Junio del 2005 presenta una máxima contaminación en el día 09 con una concentración IMECA de 212.7. El promedio de contaminación en el mes de junio fue de 72.1 IMECAS. En este mes se presentaron en 06 días alternados (02, 04, 06, 07, 08 y 09) durante el mes, una contaminación por arriba de los 100 IMECAS. En los días 01, 03, 14 y 18 la concentración se aproxima a 100 con concentraciones arriba de 90 y debajo de

100 IMECAS. Como se muestra en el cuadro 6 y la figura 9

FECHA	MAXIMO
1/06/05	90,91
2/06/05	103,64
3/06/05	90,91
4/06/05	111,82
5/06/05	83,64
6/06/05	122,73
7/06/05	101,82
8/06/05	100,91
9/06/05	212,73
10/06/05	53,64
11/06/05	83,64
12/06/05	84,55
13/06/05	85,45
14/06/05	92,73
15/06/05	36,36
16/06/05	38,18
17/06/05	82,73
18/06/05	97,27
19/06/05	74,55
20/06/05	46,36
21/06/05	40,91
22/06/05	26,36
23/06/05	40,00
24/06/05	22,73
25/06/05	43,64
26/06/05	48,18
27/06/05	40,00
28/06/05	47,27
29/06/05	36,36
30/06/05	23,64

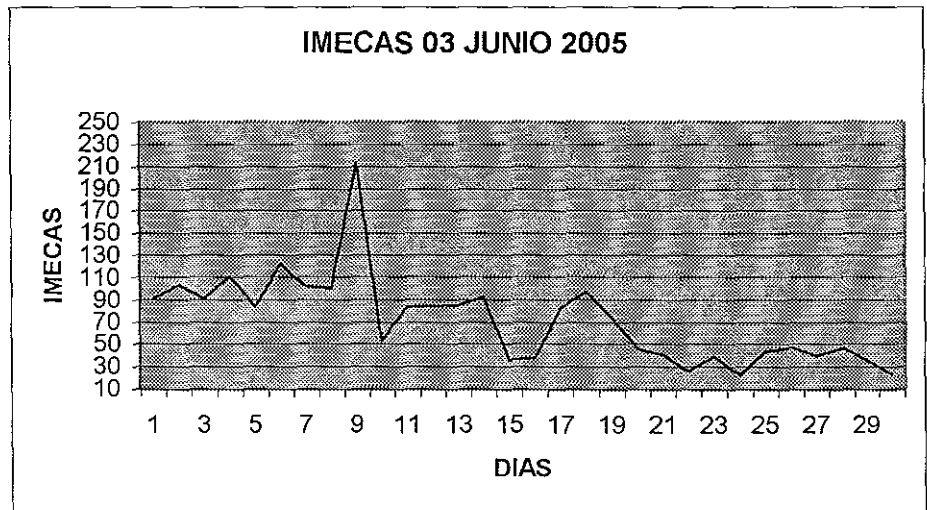


Figura 9 contaminación por ozono en el mes de Junio 2005

Cuadro 6 Contaminación IMECAS de Ozono del mes de Junio 2005



Las ausencias preescolares de niños, comprendidas en el periodo de Enero a Junio del 2005 se describen a continuación:

En el mes de Enero del 2005, el mayor número de ausencias se presenta el día 10 de enero (24.2% de la población preescolar) con un total de 79 ausencias. En cuatro días se presenta un porcentaje elevado de ausencias por arriba del 20%, los días fueron el 03, 10, 24 y 26 (con porcentajes de 23.6, 24.2, 23.9 y 20.9 % respectivamente). El día con menor ausencia es el 06 con un porcentaje de 8.9%. En promedio el porcentaje de ausencias es de 16.5%. Como se muestran en el cuadro 7 y figura 10

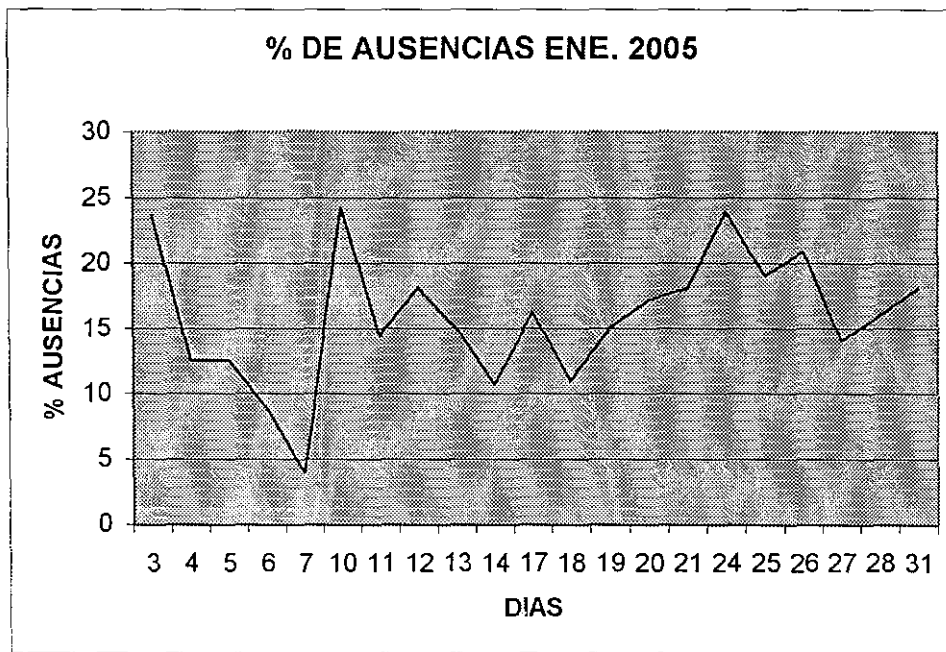


Figura 10 Porcentaje de ausencias del mes de Enero 2005

	3	4	5	6	10	11	12	13	14	17	18	19	20	21	24	25	26	27	28	31
Porcentaje de ausencias (%)	23.6	12.6	12.8	8.9	24.2	14.4	18.1	15.0	10.7	16.3	11.0	15.0	17.2	18.1	23.9	19.0	20.9	14.1	16.0	18.1

Cuadro 7 porcentaje de ausencias en el mes de Enero 2005

En Febrero el mayor número de ausencias se presenta el día 15 (23.9%). En dos días el porcentaje fue arriba del 20% (14 y 15 de febrero) con valores de 20.9 y 23.9 respectivamente; el día con menor ausencia es el 18 con un porcentaje de 3.1%. En promedio las ausencias fueron de 16.56% como se muestra en la figura 11 y cuadro 8.

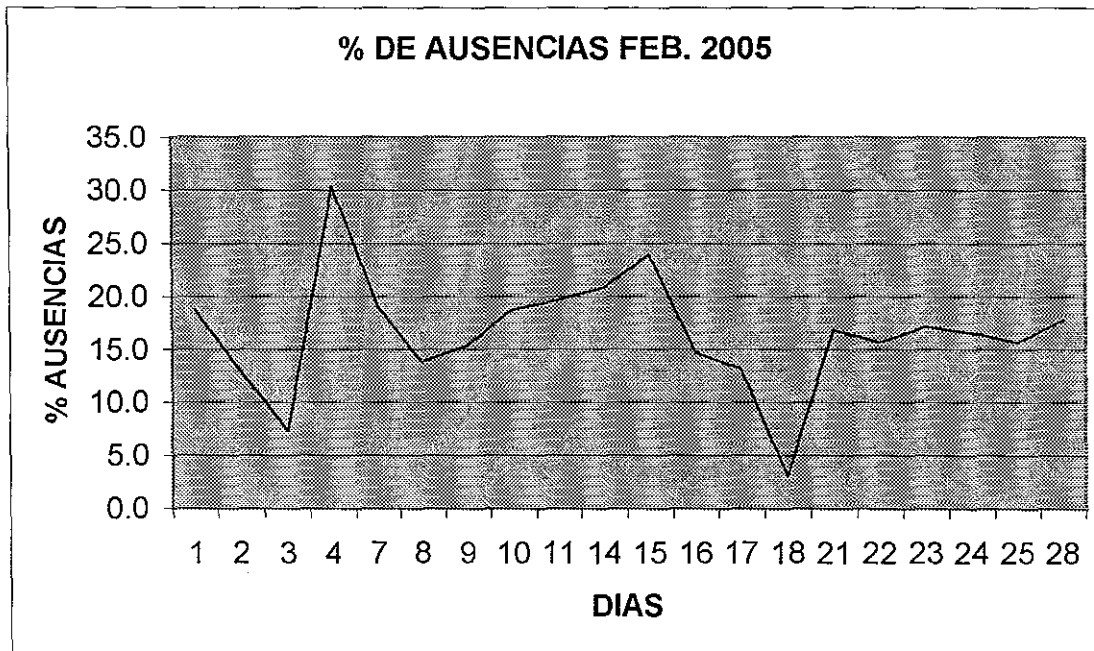


Figura 11 Porcentaje de ausencias del mes de Febrero 2005

	1	2	3	4	7	8	9	10	11	14	15	16	17	18	21	22	23	24	25	28
Porcentaje de ausencias (%)	18.7	12.9	7.4	30.4	19.0	13.8	15.3	18.7	19.6	20.9	23.9	14.7	13.2	3.1	16.9	15.6	17.2	16.6	15.6	17.8

Cuadro 8 porcentaje de Ausencias del mes de febrero 2005

En Marzo del 2005, el mayor número de ausencias se presenta el día 04 con un porcentaje del 21.1% y un total de ausencias de 69 niños. No hay otro día en el mes donde se presente un porcentaje arriba del 20%; el día con menor ausencia fue el 17 con un porcentaje de 12.27%. En promedio las ausencias fueron de 16.2%. Sólo asisten hasta el día 17 a clases, por periodo de vacaciones como se muestran en la figura 12 y el cuadro 9.

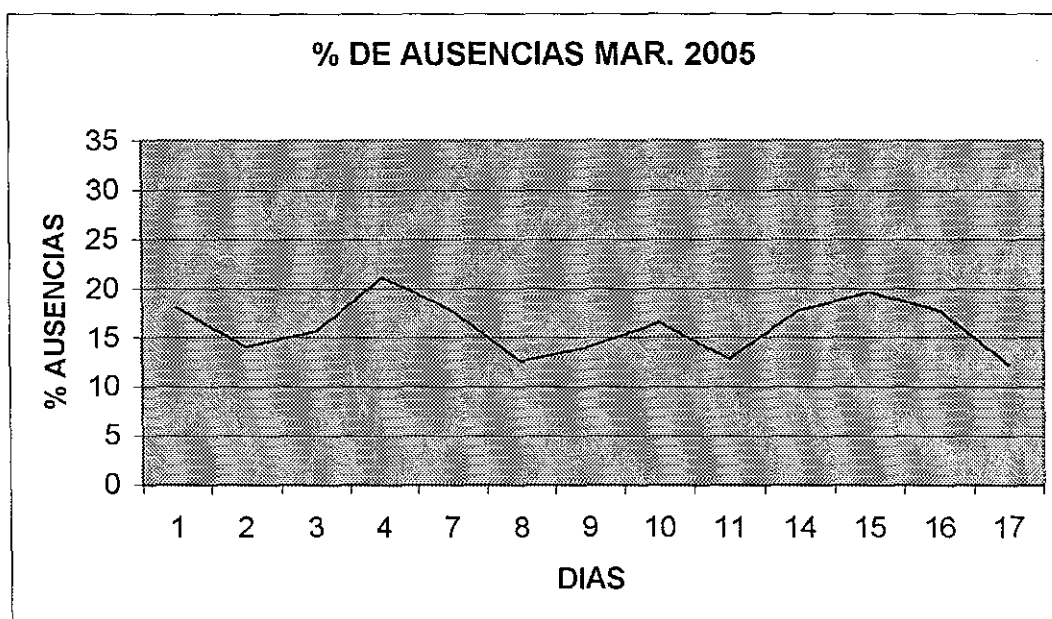


Figura 12 Porcentaje de ausencias del mes de Marzo 2005

	1	2	3	4	7	8	9	10	11	14	15	16	17
Porcentaje de ausencias (%)	18.0982	14.1104	15.6442	21.1656	17.791	12.577	14.11	16.564	12.883	17.79	19.632	17.791	12.2699

Cuadro 9 porcentaje de Ausencias del mes de Marzo 2005

En Abril del 2005 el mayor número de ausencias se presentó el día 18, con un porcentaje del 19.3% y un total de ausencias de 63 niños. Ningún día se presentó un porcentaje arriba del 20%; el día con menor ausencia fue el 28 con un porcentaje de 7.7%. En promedio las ausencias fueron de 14.3%. El día 26 y 27 no hubo clases, por presentarse contingencia ambiental. Este mes tiene un comportamiento similar en los porcentajes de ausencia como ocurrió en Marzo como se muestra en la figura 13 y el cuadro 10.

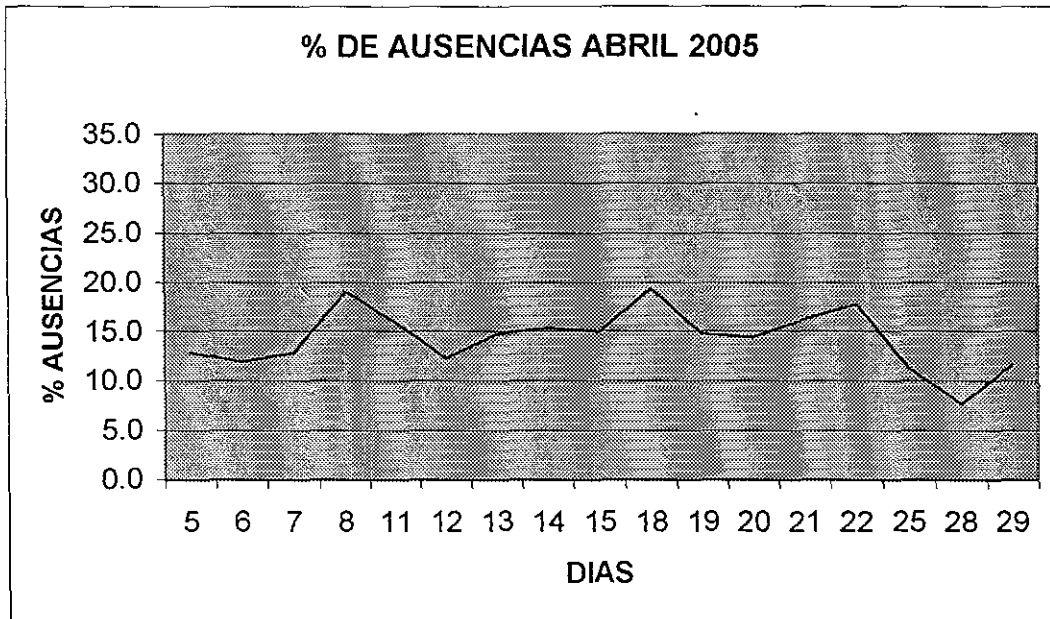


Figura 13 Porcentaje de ausencias del mes de Abril 2005

Días	5	6	7	8	11	12	13	14	15	18	19	20	21	22	25	28	29
Porcentaje de ausencias (%)	12.9	12.0	12.9	19.0	16.0	12.3	14.7	15.3	15.0	19.3	14.7	14.4	16.3	17.8	11.3	7.7	11.7

Cuadro 10 porcentaje de Ausencias del mes de Abril 2005

En Mayo del 2005, el mayor número de ausencias se presenta el día 30 con un porcentaje del 23.9 % y un total de ausencias de 78 niños. En cinco días se observó un porcentaje arriba del 20% de ausencias (17, 23, 24, 25 y 30 de mayo con porcentajes de 23.0, 24.2, 23.3, 20.2 y 23.9 respectivamente). El día con menor ausencia fue el 09 con un porcentaje de 16.09%. En promedio el porcentaje de ausencias es de 17.3%, se observa que es un mes donde existe un alto porcentaje de ausencias como se muestra en la figura 14 y cuadro 11.

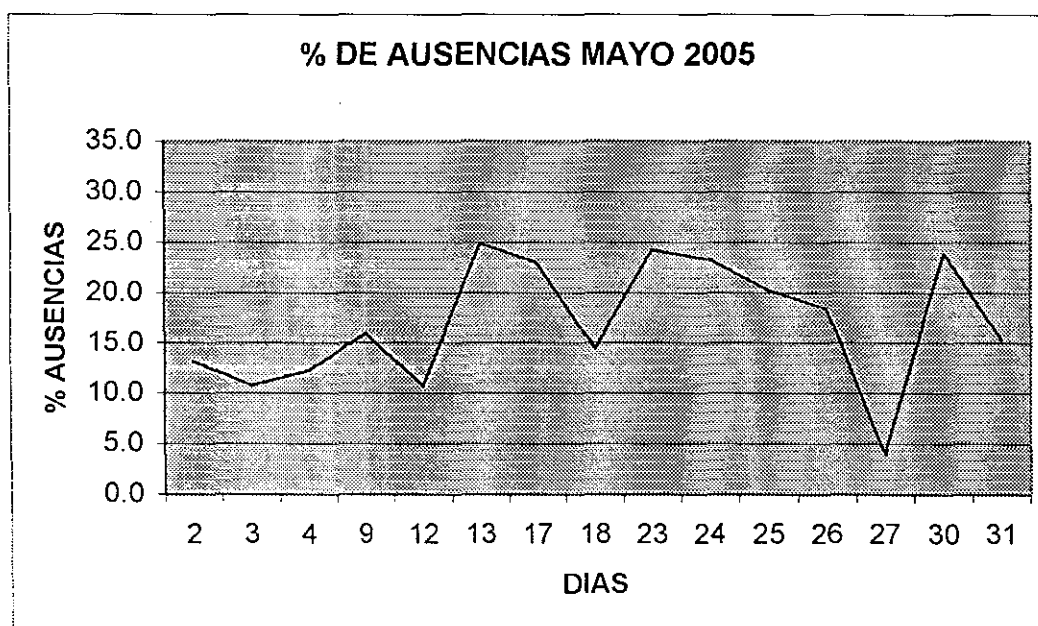


Figura 14 Porcentaje de ausencias del mes de Mayo 2005

	2	3	4	9	12	13	17	18	23	24	25	26	30	31
Porcentaje de ausencias (%)	13.2	10.7	12.3	16.0	10.7	16.5	23.0	14.4	24.2	23.3	20.2	18.4	23.9	15.3

Cuadro 11 porcentaje de ausencias en el mes de Mayo 2005

En Junio del 2005, el mayor número de ausencias se presenta el día 03 con un porcentaje del 28.2% y un total de ausencias de 92 niños. Ningún otro día durante el mes se presentó un porcentaje arriba del 20%. El día con menor ausencia se presentó el día 07 con un porcentaje de 7.98%. En promedio el porcentaje de ausencias es de 17.21%, se observó que es un mes junto con mayo donde existe un alto porcentaje de ausencias. Sólo asisten hasta el día 13 a clases como se observa en la figura 15 y cuadro 12.

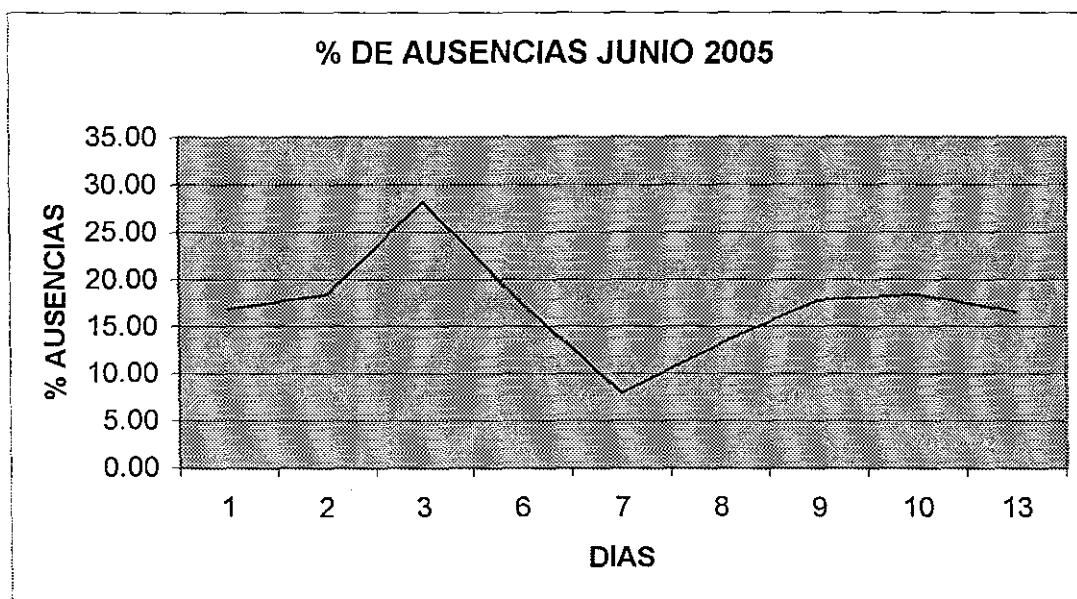


Figura 15 Porcentaje de ausencias del mes de Junio 2005

	1	2	3	6	7	8	9	10	13
Porcentaje de ausencias (%)	16.87	18.40	28.22	17.48	7.98	13.19	17.79	18.40	16.56

Cuadro 12 porcentaje de ausencias en el mes de Junio 2005

En el mes de Enero 2005, con 9 días de desplazo se observó el comportamiento de la Contaminación de ozono V. S porcentaje de Ausencias, este muestra el calculo del coeficiente de correlación de este contaminante con el por ciento de ausencias siendo de 0.234, en los doce grupos de tres escuelas ubicadas en Miravalle ver cuadro 15

Enero 2005 día 9 de desplazo Concentración ozono V. S porcentaje Ausencia escolar

FECHA	10	13	14	17	18	19	20	21	24	25	26	28	31
%AUSE	24,23	15,03	10,74	16,26	11,04	15,03	17,18	18,10	23,93	19,02	20,86	15,95	18,10
FECHA	1	4	5	8	9	10	11	12	15	16	17	19	22
IMECA	60	82,73	60	72,73	52,73	82,73	95,45	49,09	120,9	54,6	76,4	64,6	87,3
COEF. CORREL													0,234

Cuadro 13 Cálculo de coeficiente de correlación Enero 2005 día 9 de desplazo

En el mes de Febrero 2005 con 9 días de desplazo se observó el comportamiento de la Contaminación de ozono V. S porcentajes de Ausencias, este muestra el calculo del coeficiente de correlación de este contaminante con el por ciento de ausencias siendo de -0.427, en los doce grupos de tres escuelas ubicadas en Miravalle, ver cuadro. 16

Febrero 2005 día 9 de desplazo Concentración ozono V. S porcentaje Ausencia

FECHA	10	11	14	15	16	17	18	21	22	23	24	25	28	
%AUSE	18,71	19,63	20,86	23,93	14,72	13,19	3,07	16,87	15,64	17,18	16,56	15,64	17,79	
FECHA	1	2	5	6	7	8	9	12	13	14	15	16	21	
IMECA	36,36	43,64	17,27	31,82	96,36	137,3	70	35,45	39,09	56,36	6,36	98,2	90	
COEF. CORREL														-0,427

Cuadro 14 Cálculo de coeficiente de correlación Febrero 2005 día 9 de desplazo

En el mes de Marzo 2005 con 9 días de desplazo se observa el comportamiento de la Contaminación de O<sub>3</sub> V. S % Ausencia, este muestra el calculo del coeficiente de correlación de este contaminante con el por ciento de ausencias siendo este de-0,15, en los doce grupos de tres escuelas ubicadas en Miravalle ver cuadro. 17

Marzo 2005 día 9 de desplazo Concentración O<sub>3</sub> V. S % Ausencia

FECHA	9	10	11	14	17
%AUSE	14,11	16,56	12,88	17,79	12,27
FECHA	28-Feb	1	2	5	8
IMECA	80	64,6	42,7	49,09	66,36
COEF. CORREL	-0,15				

Cuadro 15 Cálculo de coeficiente de correlación Marzo 2005 día 9 de desplazo

En el mes de Abril 2005 con 9 días de desplazo se observó el comportamiento de la Contaminación de ozono V. S porcentajes de Ausencias, este muestra el calculo del coeficiente de correlación de este contaminante con el por ciento de ausencias siendo de 0.29, en los doce grupos de tres escuelas ubicadas en Miravalle, ver cuadro. 18

Abril 2005 día 9 de desplazo Concentración ozono V. S porcentaje Ausencia

FECHA	11	12	13	14	15	18	20	21
%AUSE	15,95	12,27	14,72	15,34	15,03	19,33	14,42	16,26
FECHA	2	3	4	5	6	9	11	12
IMECA	44,55	33,64	37,27	47,27	68,18	51,82	67,27	75,5
COEF. CORREL	0,29							

Cuadro 16 Cálculo de correlación día 9 mes de Abril



En el mes de Mayo 2005, con 9 días de desplazo se observó el comportamiento de la Contaminación de ozono V. S porcentaje de Ausencias, este muestra el calculo del coeficiente de correlación del ozono contaminante con el por ciento de ausencias siendo de -0.1, en los doce grupos de tres escuelas ubicadas en Miravalle, ver cuadro 19

Mayo 2005 día 9 de desplazo Concentración ozono V. S porcentaje Ausencia

FECHA	11	12	13	17	18	19	20	23	24	25	26	27	30	31
%AUSE	10,74	10,74	24,85	23,01	14,42	8,90	17,79	24,23	23,31	20,25	18,40	3,99	23,93	15,34
FECHA	2	3	4	8	9	10	11	14	15	16	17	18	21	22
IMECA	41,82	52,73	54,55	82,73	169,09	72,73	77,27	66,36	63,64	130,91	106,36	114,55	91,82	69,09
COEF. CORREL	-0,1													

Cuadro 17 Cálculo de correlación día 9 mes de Mayo

En el mes de Junio 2005, con 9 días de desplazo, se observa el comportamiento de la Contaminación de ozono V. S porcentaje de Ausencias, este muestra el calculo del coeficiente de correlación del contaminante con el por ciento de ausencias el cual es de -1, en los doce grupos de tres escuelas ubicadas en Miravalle ver cuadro 20

Junio 2005 día 9 de desplazo Concentración ozono V. S porcentaje Ausencia

FECHA	9	10
%AUSE	17,79	18,40
FECHA	31 mayo	1
IMECA	135,45	90,9
COEF. CORREL	-1	

Cuadro 18 Cálculo de correlación día 9 mes de Junio

En el mes de Enero 2005, con 7 días de desplazo se observa el comportamiento de la Contaminación de ozono V. S porcentaje de Ausencias con una correlación de 0.35. Así también muestra el promedio de porcentaje de Ausencias y el promedio de contaminación de Ozono, siendo de 16.54 % y 71.69 IMECA respectivamente, de los doce grupos de tres escuelas preescolares ubicadas en Miravalle, ver cuadro 21 y figura 16

Enero 2005 día 7 de desplazo Concentración ozono V. S porcentaje Ausencia

FECHA	11	12	13	14	18	19	20	21	24	25	26	27	28	31
%AUSE	14,42	18,10	15,03	10,74	11,04	15,03	17,18	18,10	23,93	19,02	20,86	14,11	15,95	18,10
FECHA	4	5	6	7	12	13	14	15	17	19	20	21	22	25
IMECA	82,73	60	59,09	75,45	49,09	54,55	65,45	120,9	76,36	64,6	91,8	49,1	87,3	67,3
PROM% AUSENCIA	16,54													
PROM IMECA	71,69													

COEF. CORREL = 0,35

Cuadro 19 Cálculo de correlación día 7 mes de Enero

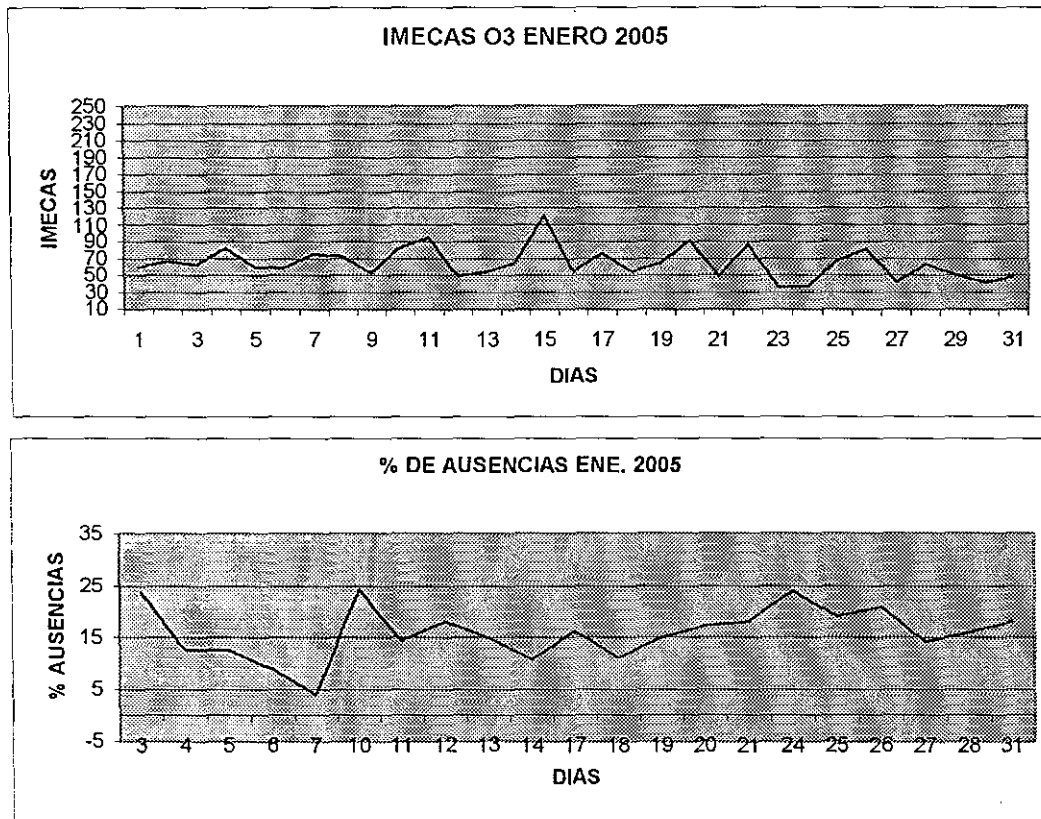


Figura 16 IMECAS ozono y porcentaje de Ausencias, de Enero 2005

En el mes de Febrero 2005 con 7 días de desplazo se observó el comportamiento de la Contaminación de ozono V. S porcentaje de Ausencias con una correlación de 0.596. Así también muestra el promedio de porcentaje de Ausencias y el promedio de contaminación de Ozono, siendo de 15.95 % y 67.2 IMECAS respectivamente, de los doce grupos de tres escuelas preescolares ubicadas en Miravalle ver cuadro 22 y figura 17

Febrero 2005 día 7 de desplazo Concentración ozono V. S porcentaje Ausencia

FECHA	14	15	16	17	18	21	22	23	24	25	28
%AUSE	20,86	23,93	14,72	13,19	3,07	16,87	15,64	17,18	16,56	15,64	17,79
FECHA	7	8	9	10	11	14	15	16	17	18	21
IMECA	96,36	137,3	70	48,18	44,55	56,36	6,36	98,18	36,36	55,45	90
PROM %AUSENCIA	15,95										
PROM IMECA	67,2										
COEF	0,596										
CORREL	0,596										

Cuadro 20 Cálculo de correlación día 7 mes de Febrero

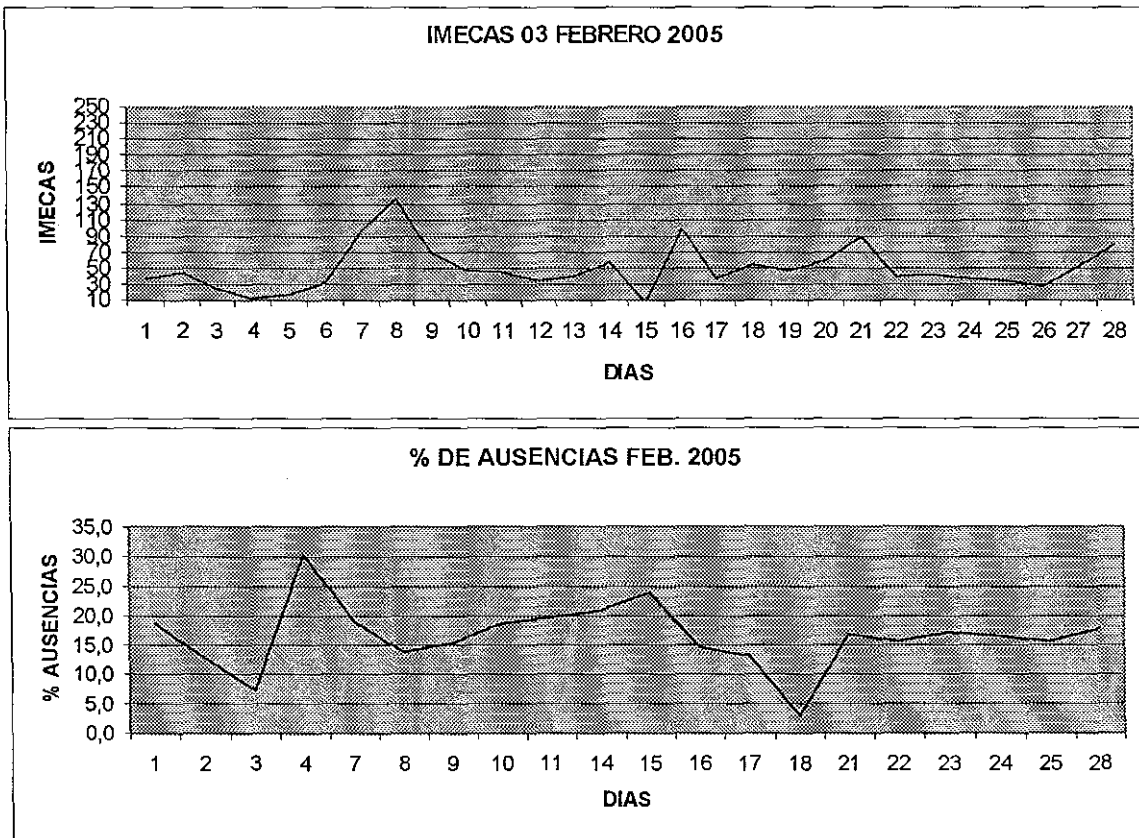


Figura 17 IMECAS ozono y porcentaje de Ausencias, de Febrero 2005

En el mes de Marzo 2005, con 7 días de desplazo, se observó el comportamiento de la Contaminación de ozono V. S porcentaje de Ausencias con una correlación de 0.70. Así también muestra el promedio de % de Ausencias y el promedio de contaminación de Ozono, siendo de 15.71 % y 66.4 IMECAS respectivamente, de los doce grupos de tres escuelas preescolares ubicadas en Miravalle, ver cuadro 23 y figura 18

Marzo 2005 día 7 de desplazo Concentración ozono V. S porcentaje de Ausencias

FECHA	7	8	9	10	11	14	15	16	17
%AUSE	17,79	12,58	14,11	16,56	12,88	17,79	19,63	17,79	12,27
FECHA	28-Feb	1	2	3	5	8	9	10	11
IMECA	80	64,6	42,7	87,27	49,09	66,36	82,73	67,27	57,3
PROM %AUSENCIA	15,71								
PROM IMECA	66,4								
COEF CORREL	0,70								

Cuadro 21 Cálculo de correlación día 7 mes de Marzo

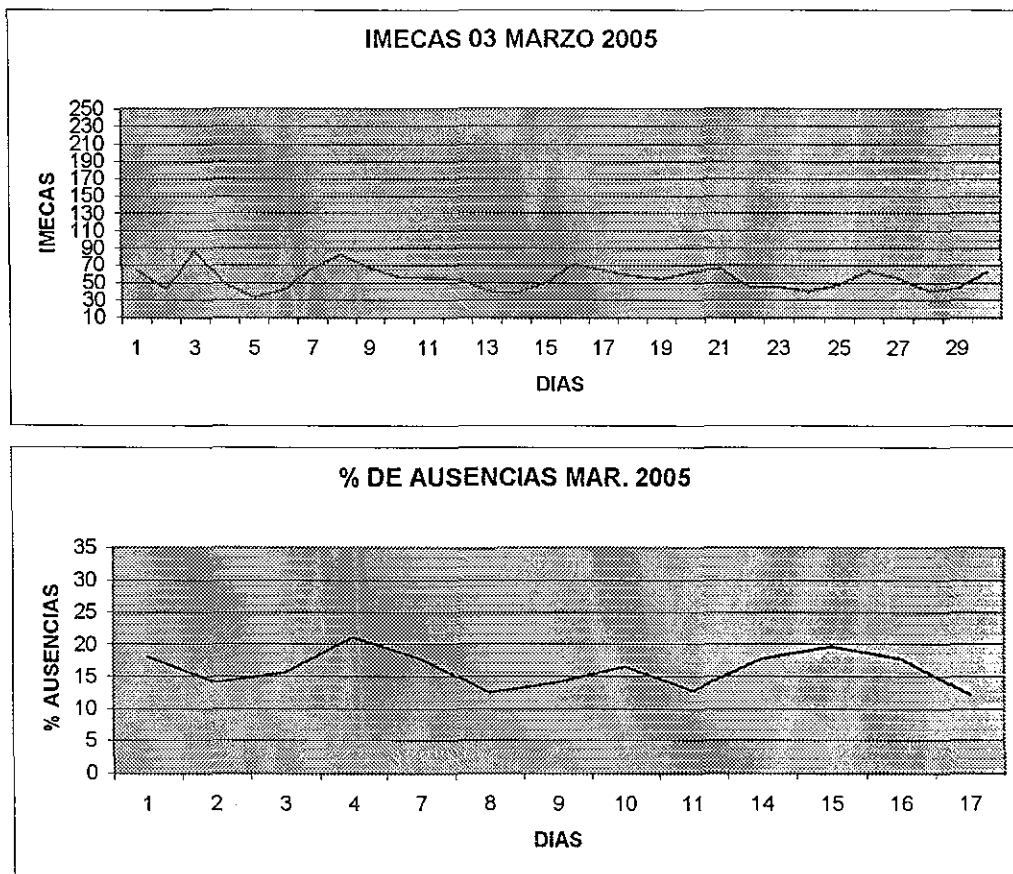


Figura 18 IMECAS ozono y porcentaje de Ausencias, de Marzo 2005

En el mes de Abril de 2005, con 7 días de desplazo, se observó el comportamiento de la Contaminación de ozono V. S porcentaje de Ausencias con una correlación de 0.57. Así también muestra el promedio de % de Ausencias y el promedio de contaminación de Ozono, siendo de 15.81 % y 58.08 IMECA respectivamente, de los doce grupos de tres escuelas preescolares ubicadas en Miravalle ver cuadro 24 y figura 19

Abril 2005 día 7 de desplazo Concentración ozono V. S porcentaje Ausencia

FECHA	8	11	12	13	14	15	18	20	21
%AUSE	19,02	15,95	12,27	14,72	15,34	15,03	19,33	14,42	16,26
FECHA	1	4	5	6	7	8	11	13	14
IMECA	72,73	37,27	47,27	68,18	55,45	56,36	67,27	54,55	63,64
PRO%	15,81								
PROIME	58,08								
COEF CORREL	0,57								

Cuadro 22 Cálculo de correlación día 7 mes de Abril

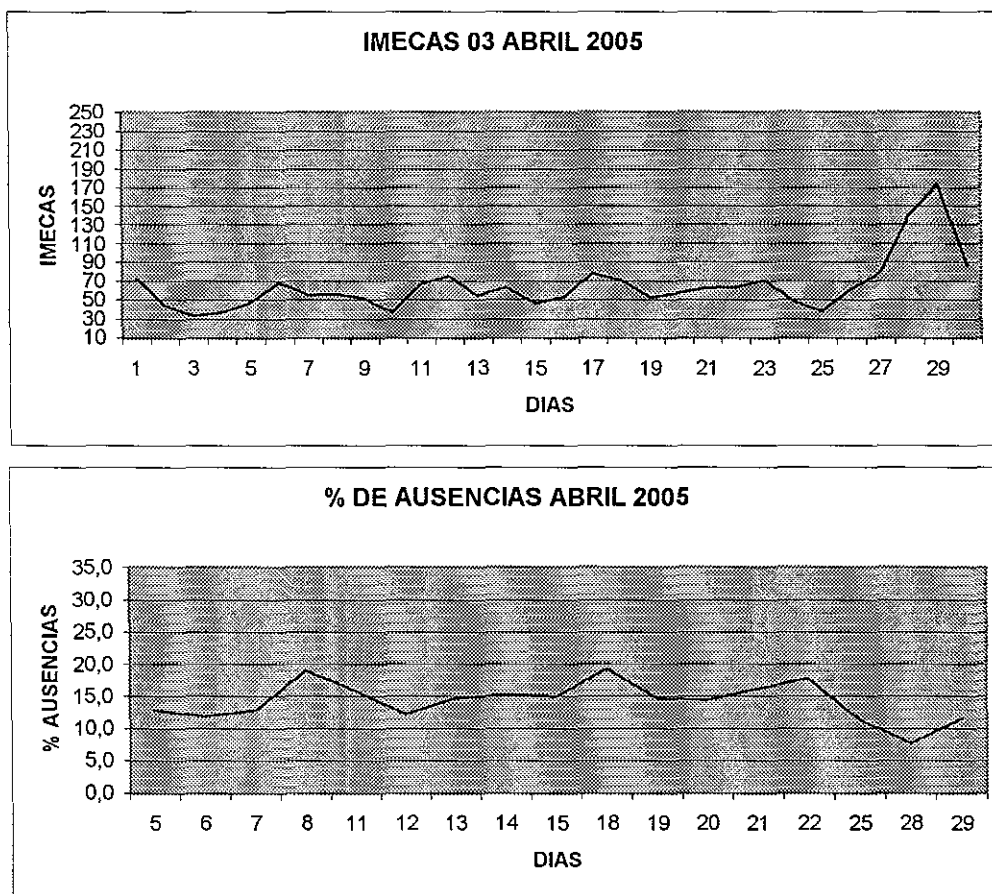


Figura 19 IMECAS ozono y porcentaje de Ausencias, de Abril 2005

En el mes de Mayo 2005, con 7 días de desplazo, se observó el comportamiento de la Contaminación de ozono V. S porcentaje de Ausencias con una correlación de 0.49. Así también muestra el promedio de % de Ausencias y el promedio de contaminación de Ozono, siendo de 17.06 % y 79.64 IMECA respectivamente, de los doce grupos de tres escuelas preescolares ubicadas en Miravalle, ver cuadro 25 y figura 20

Mayo 2005 día 7 de desplazo Concentración ozono V. S porcentaje de Ausencias

FECHA	9	11	12	13	17	18	19	20	23	24	25	26	27	30	31	
%AUSE	15,95	10,74	10,74	24,85	23,01	14,42	8,90	17,79	24,23	23,31	20,25	18,40	3,99	23,93	15,34	
FECHA	2	4	5	6	10	11	12	13	16	17	18	19	20	23	24	
IMECA	41,82	54,55	38,18	90,00	72,73	77,27	83,64	78,18	130,91	106,36	114,55	95,45	80,00	50,91	80,00	
PROM %AUSENCIA			17,06													
PROM IMECA			79,64													
COEF. CORREL			0,49													

Cuadro 23 Cálculo de correlación día 7 mes de Mayo

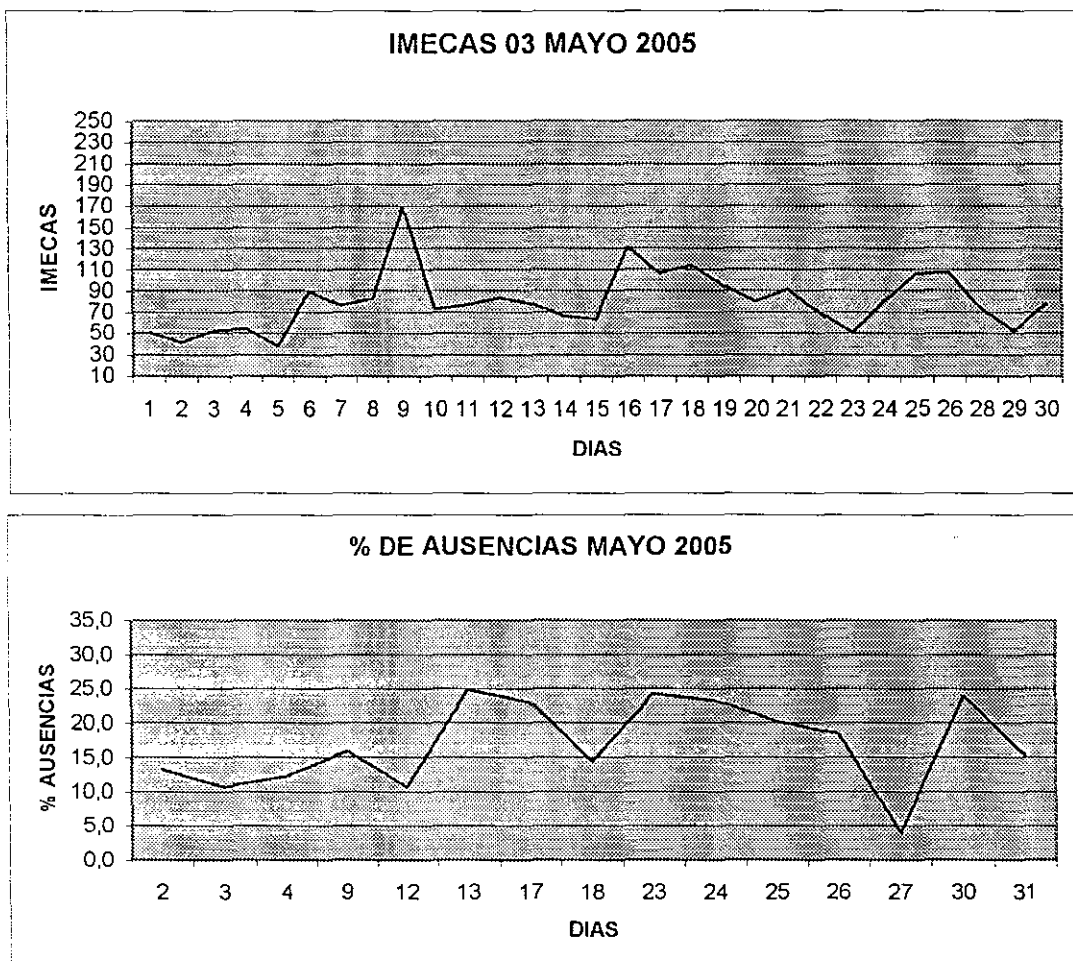


Figura 20 IMECAS ozono y porcentaje de Ausencias, de Mayo 2005

En el mes de Junio 2005, con 7 días de desplazo se observó el comportamiento de la Contaminación de ozono V. S porcentaje Ausencia con una correlación de 0.279. Así también muestra el promedio de porcentaje de Ausencias y el promedio de contaminación de Ozono, siendo de 16.69 % y 108.73 IMECAS respectivamente, de los doce grupos de tres escuelas preescolares ubicadas en Miravalle, ver cuadro 26 y figura 21

Junio 2005 día 7 de desplazo Concentración O<sub>3</sub> V. S % Ausencia

FECHA	6	8	9	10	13
%AUSE	17,48	13,19	17,79	18,40	16,56
FECHA	31 mayo	1	2	3	6
IMECA	135,45	90,9	103,6	90,9	122,7
PROM %AUSENCIA	16,69				
PROM IMECA	108,73				

COEF. CORREL 0,279

Cuadro 24 Cálculo de correlación día 7 mes de Junio

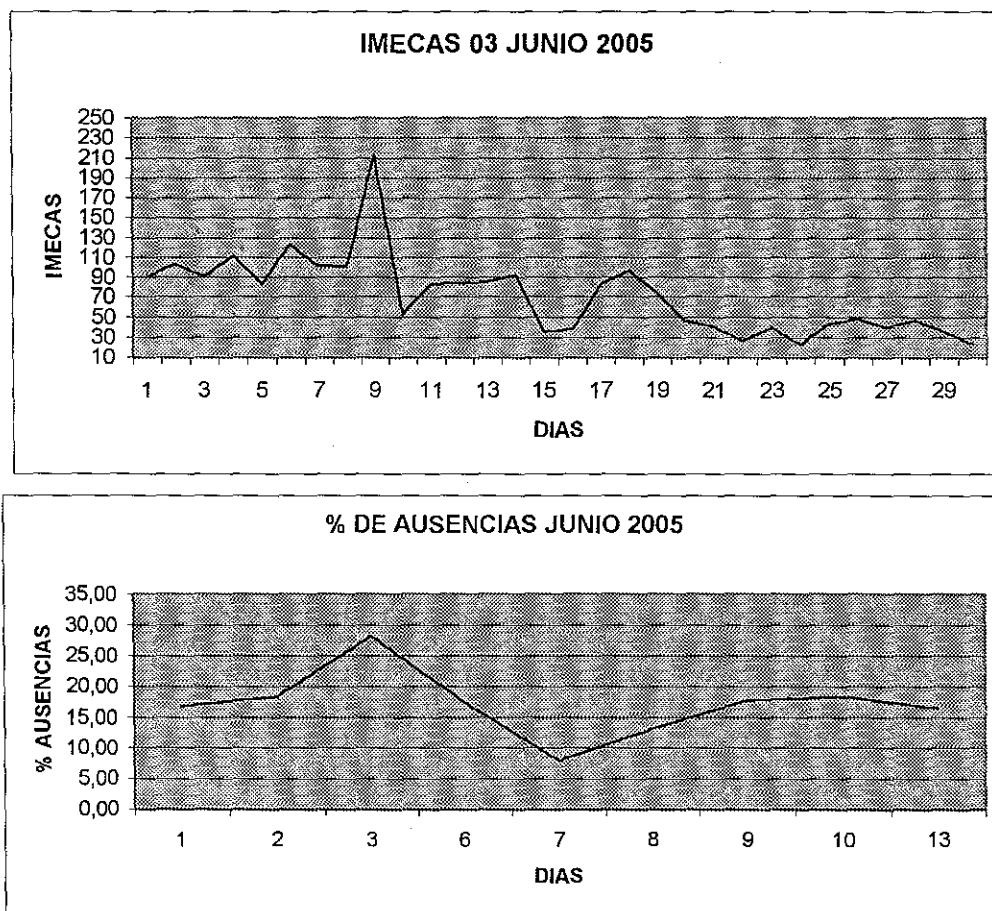


Figura 21 IMECAS ozono y porcentaje de Ausencias, de Junio 2005

## *X CONCLUSIONES*

1. A partir de los datos obtenidos se tiene que en 17 días se rebasa la norma de calidad del aire para ozono durante los meses de estudio: una en enero, una en febrero, dos en abril, siete en mayo y seis en junio.
2. El mayor promedio del porcentaje de ausencias escolares se presentó en mayo.
3. A partir de los 70 IMECAS en promedio por mes de contaminación por ozono se empiezan a presentar ausencias escolares con un promedio de 16 %. En el mes de mayo a los 7 días después de que se rebasa la norma hay un promedio de ausencias del 22 %
4. Durante los meses de marzo y abril no se rebasan los 100 IMECAS, en promedio tenemos 60 IMECAS, excepto los días de contingencia en abril 26 y 27; con un ausentismo escolar del 16 % y con correlaciones 0,70 y 0,57.
- 5.- Mayo y junio son meses críticos en contaminación por ozono donde se registra un promedio de 80 y 108 IMECAS respectivamente, con ausentismo escolar del 17% y coeficientes de correlación de 0.4 y 0.3.
- 6.- El día de desplazamiento con más alta correlación estadística fue el día 7, con una correlación de 0.70. en el cual existe una correlación positiva en todos los meses de la contaminación de ozono en Miravalle y las ausencias en escuelas de nivel preescolar.



7.- El ozono es un contaminante peligroso arriba de los 100 IMECAS, así como también en concentraciones constantes pero que no rebasan la norma con un promedio de los 60 IMECAS, como se observa en los meses de Marzo y Abril estos meses no rebasan los 100 IMECAS a excepción de los días de contingencias en abril, pero tienen un alto porcentaje de ausencias en promedio del 15.7 %.

8.- Eliminar al máximo las fuentes contaminantes generadoras de ozono, como parque vehicular obsoleto (mayor de 13 años) y evitar la legalización de autos extranjeros. Teniendo mayor conciencia y mejores medidas de control de la contaminación para mejorar la calidad de vida, realizando una afinación de los vehículos automotores, programas de hoy no circula, filtros o trampas que atrapen las emanaciones de gases en las empresas, porque se conoce que estas son fuentes de alta generación de contaminantes como hidrocarburos, monóxido de carbono, monóxido de nitrógeno que reaccionan con la luz solar produciendo ozono.

9.- Se recomienda a la población en general de Miravalle, que estén al tanto en los medios de comunicación de cuando hay una elevada contaminación por ozono, ya que todos los planteles educativos de Miravalle sean capacitados sobre medidas de protección contra el ozono.

10.- Ajustar las normas considerando los niveles a partir de los que se empiezan a observar efectos a la salud a partir de los 100 niveles IMECAS.

11.- Se recomienda que cuando se presente una contingencia las personas realicen las siguientes medidas de protección, y en particular los 7 días posteriores a la emergencia que es cuando se observan daños a la salud de los grupos vulnerables.

12.- Vigilar el cumplimiento de la ley de vialidad que plantea sacar de circulación los vehículos ostensiblemente contaminantes.

13.- Proponer un consejo ciudadano para evaluar el cumplimiento del programa de calidad del Aire.

14.- Que las escuelas que están en la zona crítica de Miravalle cuenten con alarmas sonoras y visibles para alertar de la presencia de contingencia.

## XI ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Se reconoce que las asociaciones estadísticas en los estudios epidemiológicos no implican causalidad. Sin embargo, en el caso de la contaminación atmosférica, esta causalidad está bastante confirmada y aceptada en diversos estudios.

Se presenta una fuente de incertidumbre en la manera en que se mide la exposición de la población a los contaminantes. En el estudio se usaron mediciones del monitor ubicado en el área de Miravalle que no necesariamente reflejan el grado de exposición verdadero a que están sujetos los individuos. Por este motivo, en este trabajo se utilizó una medida ponderada de ozono, que asume que los datos registrado por la Red de Monitoreo utilizan la metodología establecida en la Norma Oficial Mexicana NOM-035-ECOL-1993, se obtiene el valor diario, promedio de las mediciones emitidas a cada hora, durante las 24 horas del día.

Hay también una serie de efectos en salud que no fueron cuantificados en este análisis y cuya incorporación no es posible en este momento, dado a que se carece de datos sistematizados. Tal es el caso de los efectos crónicos y de otros efectos agudos que no se puedan identificar clínicamente. Además, hay beneficios asociados con las disminuciones en las concentraciones de otros contaminantes que no fueron evaluados en este trabajo.

Aunque en las distintas etapas del análisis se trata de minimizar la incertidumbre, aun persisten distintas fuentes de incertidumbre que son inevitables. Por esa razón para cada función dosis-respuesta presentada en este trabajo, se seleccionaron valores promedio diario de ozono, estos rangos no pretenden capturar toda la incertidumbre en las funciones dosis-respuesta debido a que ésta no es cuantificable. Sin embargo, es un intento para presentar de manera más realista el grado de incertidumbre presente y en buena parte refleja el juicio de los investigadores.

Es posible que otros contaminante identificados y no analizados en el estudio puedan estar afectando los resultados, sobre todo cuando estamos hablando de riesgo a la salud principalmente a grupos vulnerables.

Cabe hacer notar que los resultados de este estudio no representan valoración médica, no se realizó una trazabilidad de morbilidad, por la falta de información, no se indagó manifiestamente la causa de la ausencia.

Se presentaron diversos factores que pudieron afectar la precisión de los registros de asistencia; las condiciones meteorológicas, la temperatura, la costumbre de días festivos y los días no laborables hicieron un registro no constante de las asistencias, además la decisión de las autoridades de educación de suspender clases en situaciones de contingencia ambiental, además de programas establecidos como círculos de estudios, fueron días no incluidos para evitar el sesgo por la pérdida de la continuidad de los datos.

Por los discontinuos días laborables en las escuelas preescolares, no se presentó una relación constante de los registros de ausencia, lo que existe una posibilidad de afectar directamente el resultado.

Por decisión de las autoridades se suspendieron las clases cuando los niveles de contaminación no fueron satisfactorios, ocasionando con esto que no se registre probablemente la mayor cantidad de ausencias debidas a la contaminación por ozono.

Se requiere establecer con mayor acercamiento a todas las variables involucradas para disminuir las incertidumbres que afectan el resultado.

## *XII. BIBLIOGRAFÍA:*

1. Albert. Lilia A. 1988 Toxicología Ambiental, Centro Panamericano de Ecología humana y Salud, OMS.
2. American Thoracic Society. 1978 Health effects of air pollution. Medical section of American Lung Association. California
3. Chestnut, L. G.; Ostro, B. D. y Rowe, R. D. (1987). "Santa Clara Criteria Air Pollutant Benefit Analysis". Preparado por U. S. Environmental Protection Agency, Region 8, San Francisco, California.
4. Environmental Protection Agency (1996a), "Review of the National Ambient Air Quality Standards for Particulate Matter: Policy Assessment of Scientific and Technical Information", External Review, April .
5. Evaluación Epidemiológica de Riesgos causados por Agentes Químicos Ambientales. Centro Panamericano de Ecología humana y Salud, OMS 1988.
6. Ferran B.D. Evaluation of the Impact of Air Pollution on Health. Rev. Salud Ambient. España. 2003
7. Kenneth, Cecil y F. Warner. 1992 Contaminación del Aire. Ed. Limusa. Vehicules traffic as a determinant of bloo-lead leves in children. A pilot study in Mexico city. Archives of environmental health july/august vol.47.
8. Odum, E. P. 1984. Ecología tercera edición, Ed. Interamericana, México.
9. Ostro, B. (1994). "Estimating the Health Effects of Air Pollution: A Method with an Application to Jakarta". Policy Research Working Paper # 1301, Banco Mundial, Washington, D C,

10. Ostro, Bart, Sánchez, José Miguel, Aranda, Carlos y Eskeland, Gunnar (1996), "Air Pollution and Mortality: Results from a Study of Santiago, Chile", Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology, Vol 6 N°1.
11. Ostro, Bart (1996), "A Methodology for Estimating Air pollution Health Effects", Office of Global and Integrated Environmental Health, World Health Organization, Abril, Ginebra.
12. Programa de las Naciones Unidas Para el Medio Ambiente. El estado de medio ambiente. Nairobi 1980
13. Sánchez, J. M.; Aranda, C. y Eskeland, G. (1995). "Air Pollution and Mortality: Results from a Study in Santiago, Chile". J. Exp. Anal Environ. Epidemiol. Pope, C. A.
14. Sánchez JM y Valdés S (1997), "Estimación de los Efectos en Salud del Plan de Descontaminación de Santiago", Informe Final preparado para CONAMA R.M.
15. Sánchez, JM. y Valdés, S. Y Ostro B.(1997), "Los Efectos en Salud de la Contaminación Atmosférica por PM10 en Santiago", Departamento de Economía de Chile, Office of Environmental Health Hazard Assessment, EPA, Chile.
16. Turk,A., J.Turk, J.T.Wittes y R.E. Wittes. 1984 Tratado de Ecología segunda edición en español, Ed. Interamericana, México, D.F..

### *XIII. ANEXOS*

#### **ANEXO 1**

#### **Glosario**

##### **Contaminación:**

Impregnación del aire, el agua o el suelo con productos que afectan a la salud del hombre, la calidad de vida o el funcionamiento natural de los ecosistemas. Sobre la contaminación de la atmósfera por emisiones industriales, incineradoras, motores de combustión interna y otras fuentes

##### **Mortalidad.**

Tasa de muertes producidas en una población durante un tiempo dado, en general o por una causa determinada.

##### **Correlación.**

Medida de la dependencia existente entre variantes aleatorias.

##### **Vulnerable.**

Que puede ser herido o recibir lesión, física o moralmente.

##### **Riesgo.**

Contingencia o proximidad de un daño o probabilidad de sufrir un accidente .

##### **Peligro.**

Riesgo o contingencia inminente de que suceda algún mal. Lugar, paso, obstáculo o situación en que aumenta la inminencia del daño.

##### **Población.**

Conjunto de individuos de la misma especie que ocupan una misma área geográfica.

**Zona.**

Extensión considerable de terreno cuyos límites están determinados por razones administrativas, políticas, etc.

**Registro.**

En las diversas dependencias de la Administración Pública, departamento especial donde se entrega, anota y registra la documentación referente a cualquier información.

**Aire.**

Fluido que forma la atmósfera de la Tierra. Es una mezcla gaseosa, que, descontado el vapor de agua que contiene en diversas proporciones, se compone aproximadamente de 21 partes de oxígeno, 78 de nitrógeno y una de argón y otros gases semejantes a este, al que se añaden algunas centésimas de dióxido de carbono.

**Relación.**

Conexión de una cosa con otra: relación entre causa efecto.

**Ambiente.**

Lo que rodea a las personas o cosas, medio físico o moral.

**Medio-ambiente.**

Compendio de valores naturales, sociales y culturales existentes en un lugar y en un momento determinado que influye en la vida material y psicológica del hombre.

**Medio.**

(Biol.) Conjunto de circunstancias o condiciones físicas o químicas exteriores a un ser vivo y que influyen en su desarrollo y en sus actividades fisiológicas.

**Espacio.**

Extensión indefinida que contiene todo lo existente: el espacio es indivisible al infinito.



**Salud.**

Buen estado físico: gozar de buena salud Estado de gracia espiritual: la salud del alma.

**Población.**

Conjunto de los habitantes de un país región o ciudad. Aglomeración, agrupación de casas que puede llegar a formar un lugar o una ciudad.

**Prevención.**

Conjunto de medidas tomadas con vistas a evitar accidentes de la circulación o del trabajo, enfermedades profesionales, propagación de epidemias, deterioro de la asistencia sanitaria. // Precaución.

**Control.**

Verificación, comprensión, intervención fiscalización. Regulación.

ESCUELA	ALUM	FEC. MARZO	1	2	3	4	7	8	9	10	11	14	15	16	17
JOD1A	27		4	2	4	4	2	0	3	1	4	4	5	3	3
JOD2A	33		4	2	6	12	4	6	5	7	4	7	10	9	7
JOD2B	25		5	10	5	6	7	3	5	5	3	4	7	8	8
JOD2C	30		5	3	2	8	6	3	6	7	8	10	9	2	4
JOD3A	26		7	0	2	0	4	7	4	2	3	3	3	1	
JOD3B	22		0	1	3	1	6	1	1	3	2	2	5	4	4
JOD3C	19		5	9	6	8	10	5	7	7	7	5	5	8	4
FMA2A	33		7	2	2	1	2	2	5	8	5	13	9	13	4
FMA2B	31		7	2	9	8	4	1	3	9	2	3	5	7	0
FMA3A	27		3	2	3	3	3	2	1	3	3	3	3	2	6
SDG1U	32		5	7	3	10	4								
SDG3A	21		7	6	6	8	6	11	6	2	1	4	3	1	
TOTAL	324		59	46	51	69	58	41	46	54	42	58	64	58	40
%			18.10	14.11	15.64	21.17	17.79	12.58	14.11	16.56	12.88	17.79	19.63	17.79	12.27

	1	2	3	4	7	8	9	10	11	14	15	16	17
% Ausencias	18.0982	14.1104	15.6442	21.1656	17.791	12.577	14.11	16.564	12.883	17.79	19.632	17.791	12.2699

### Porcentaje de Ausencias del mes de Marzo 2005

ESCUELA	ALUM	FEC. ABRIL	5	6	7	8	11	12	13	14	15	18	19	20	21	22	25	28	29
JOD1A	27		3	4	4	2	6	3	4	4	4	5	3	6	6	5	3	2	1
JOD2A	33		7	5	8	6	6	1	3	5	11	6	8	3	5	2	2		
JOD2B	25		5	3	5	7	5	9	5	10									
JOD2C	30		7	7	3	9	4	5	7	4	9	9	4	6	5	7	6	2	6
JOD3A	26		5	3	5	7	7	3	4	4	4	8	6	6	7			12	
JOD3B	22		5	2	1	3	1	1	2	3	2	3	5	1	5	3	2		
JOD3C	19		5	1	1	7	3	2	4	3	2	7	5	9	7	11	0	1	2
FMA2A	33		0	4	4	3	4	2	2	4	4	6	5	3	4	4	3	3	3
FMA2B	31		0	2	1	2	4	2	2	5	5	2	4	6	2	5	5	5	9
FMA3A	27		2	1	5	5	1	6	5	2	2	2	2	2	3	9	5	0	8
SDG1U	32		1	4	2	5	6	4	4	3	3	5	6	4	3	5	11		
SDG3A	21		2	3	3	6	5	2	6	3	3	10	0	1	6	7			9
TOTAL	324		42	39	42	62	52	40	48	50	49	63	48	47	53	58	37	25	38
%			12.9	12.0	12.9	19.0	16.0	12.3	14.7	15.3	15.0	19.3	14.7	14.4	16.3	17.8	11.3	7.7	11.7

	5	6	7	8	11	12	13	14	15	18	19	20	21	22	25	28	29
% Ausencias	12.9	12.0	12.9	19.0	16.0	12.3	14.7	15.3	15.0	19.3	14.7	14.4	16.3	17.8	11.3	7.7	11.7

### Porcentaje de Ausencias del mes de Abril 2005

	ALUMNOS	FECHA														
		MAYO	2	3	4	9	12	13	17	18	23	24	25	26	30	31
JOD1A	27		1	3	3	3	1		12	8	8	9	6	4	7	5
JOD2A	33		8	3	1	9					12	8	8	6	11	3
JOD2B	25		4	4	3	5					4	6		12	11	8
JOD2C	30		0	4	11	8	12	10	14	7	12	4	12	4	2	4
JOD3A	26		6	3	6	6			12		10	8	6	9	7	4
JOD3B	22		4	0	0	1					8	8	5	7	8	5
JOD3C	19		5	6	2	2	4	2	6	7	7	8	8	7	9	6
FMA2A	33		6	2	1	6	5	4	8	4	9	8	2	4	8	7
FMA2B	31		4	5	6	6	9	16	3	0	5	6	7	2	10	3
FMA3A	27		2	2	4	3	0	1	3	21	4	6	5	5	0	0
SDG1U	32															
SDG3A	21		3	3	3	3	4	21	17			5	7		5	5
TOTAL	324		43	35	40	52	35	54	75	47	79	76	66	60	78	50
%			13,19	10,74	12,27	15,95	10,74	16,56	23,01	14,42	24,23	23,31	20,25	18,40	23,93	15,34
			2	3	4	9	12	13	17	18	23	24	25	26	30	31
% Ausencias			13.2	10.7	12.3	16.0	10.7	16.5	23.0	14.4	24.2	23.3	20.2	18.4	23.9	15.3

### Porcentaje de Ausencias del mes de Mayo 2005

ESCUELA	ALUM	FEC. JUNIO										
		1	2	3	6	7	8	9	10	13		
JOD1A	27		5	6	7	6	2	1	3	5	5	
JOD2A	33		7	4	8	6	7	6	3	12	13	
JOD2B	25											
JOD2C	30		7	9	13	0	0	1	5	3	6	
JOD3A	26				9	3	1	4	7	5	3	
JOD3B	22		9	6	7	6		7	4	2	5	
JOD3C	19		8	6	13	9	2	2	2	3	3	
FMA2A	33		2	4	5	3	6	9	12	7	3	
FMA2B	31		4	9	10	9	6	10	8	13	11	
FMA3A	27		7	6	7	7	2	3	8	10	5	
SDG1U	32											
SDG3A	21		6	10	13	8	0	0	6			
TOTAL	324		55	60	92	57	26	43	58	60	54	
%			16.87	18.40	28.22	17.48	7.98	13.19	17.79	18.40	16.56	
			1	2	3	6	7	8	9	10	13	
% Ausencias			16.87	18.40	28.22	17.48	7.98	13.19	17.79	18.40	16.56	

### Porcentaje de Ausencias del mes de Junio 2005