

Revista de la Facultad de Medicina

Volumen
Volume **46**

Número
Number **6**

Noviembre-Diciembre
November-December **2003**

Artículo:

Efectos de la exposición al ozono en
personas con enfermedades
cardiovasculares en Mexicali, BC

Derechos reservados, Copyright © 2003:
Facultad de Medicina, UNAM

Otras secciones de
este sitio:

-  [Índice de este número](#)
-  [Más revistas](#)
-  [Búsqueda](#)

*Others sections in
this web site:*

-  [Contents of this number](#)
-  [More journals](#)
-  [Search](#)

Artículo original

Efectos de la exposición al ozono en personas con enfermedades cardiovasculares en Mexicali, BC

Gustavo López Badilla,¹ Rogelio Ballesteros²¹ Investigador del Instituto de Ingeniería, UABC, Mexicali, BC.² Cardiólogo de ISESALUD, Mexicali, BC.

Resumen

Este trabajo hace una aportación al estudio de salud ambiental. De acuerdo a estudios anteriores, nosotros elaboramos la hipótesis de que el O_3 puede explicar la generación de infecciones respiratorias agudas (IRA) y en consecuencia afectar las enfermedades cardiovasculares (ECV). Para comprobar esta hipótesis, se elaboró un estudio con 80 personas (40 sanas y 40 con enfermedades del corazón) (hombres y mujeres), que viven cerca de las Estaciones de Monitoreo Ambiental (EMA) y Estaciones de Monitoreo Meteorológico (EMM). De acuerdo a datos obtenidos de años anteriores al estudio, se detectaron los días en que sobrepasan con mayor intensidad los niveles de ozono y se tomaron como referencia para relacionar las concentraciones del O_3 en el periodo de estudio (1999 y 2000) y los resultados de los chequeos de las personas (sanas y que padecen de ECV). Se estudiaron el índice cardíaco, presión y resistencia del sistema pulmonar central y la saturación de oxígeno. La producción de ozono con y sin vientos en calma, a nivel superficial es debida a la radiación solar y la temperatura, además de la mala planeación y excesivo tráfico ciudadano. Se elaboró un modelo para predecir el comportamiento del ozono a futuro en base a la radiación solar y temperatura de la ciudad de Mexicali, y el comportamiento de las ECV. La información analizada fue en las dos principales épocas (invierno y verano) de 1999 y 2000, y los datos agrupados del O_3 en periodos horarios diarios (norma estándar), semanales, mensuales y anuales. La información del contaminante fue proporcionada por las cuatro Estaciones de Monitoreo Ambiental (EMA) ubicadas en lugares estratégicos en la ciudad y los datos de salud se obtuvieron de muestras de personas de cuatro clínicas de salud (CS), que fueron atendidas en el periodo de estudio. Las enfermedades analizadas son: hipertensión arterial (con un mayor índice), enfermedad isquémica del corazón (EIC) y arritmia cardíaca. Los análisis de regresión mostraron valores del coeficiente de determinación mayores al 0.7 y las pruebas F se cumplieron para todas las zonas y las relaciones, indicando que el comportamiento del ozono puede explicar al menos el 70% del agravamiento de enfermedades cardiovasculares.

Palabras clave: Radiación solar, ozono (O_3), infecciones respiratorias agudas (IRA), enfermedades cardiovasculares (ECV).

Summary

To prove that O_3 in the breathing air can induce acute respiratory infections and, consequently, affect cardiovascular diseases, a study of 80 people (half of them suffering from the heart) living close to the monitoring stations, was carried out. The first step was to detect the days that in previous years as well as in 1999 and 2000 showed the highest O_3 concentrations were recorded and determine the cardiac index, O_2 saturation and central pulmonary resistance on the patients both in winter and summer periods. Predominant cardiovascular diseases in the group were hypertension, ischemic conditions and arrhythmic situations. Regression analysis and F statistic tests showed that O_3 may be considered responsible of aggravation in 70% of the cases.

Key words: Solar radiation, ozono (O_3), acute respiratory infections, cardiovascular diseases.

Introducción

El efecto que produce la radiación solar, es importante para la formación del ozono (O_3). La contaminación por ozono es originada principalmente por los automóviles, con la influencia de la radiación solar, según la fórmula siguiente:



Se dice que el incremento en los niveles de O_3 , tanto en invierno como en verano, produce un efecto en el sistema respiratorio y como consecuencia sobre las enfermedades cardiovasculares. Estudios elaborados por diversos investigadores señalan que la exposición al O_3 , en niveles bajos y altos y en periodos cortos y largos, es nociva para la salud y puede llegar a ocasionar la muerte. Según Schwartz (Schwar-

tz, 1991), el ozono fue un factor de predicción de muertes principalmente cardiovasculares. En un estudio elaborado en Los Ángeles (Kinney y Ozkaynak, 1991), se señala que el ozono es un oxidante tóxico que se relaciona con muertes de ECV. En 1992, Kinney y Ozkaynak (Kinney y Ozkaynak, 1992), deciden realizar de nuevo un análisis en Nueva York, incluyendo variables meteorológicas (temperatura y humedad relativa), concluyendo que el O_3 es un factor que ayuda a explicar el 10% de las muertes diarias por problemas del corazón. En Filadelfia, Li y Roth (Li y Roth, 1995) señalan que el O_3 es un contaminante nocivo en personas mayores de 65 años, en donde se monitorearon O_3 , PST (partículas suspendidas totales) y SO_2 (bióxido de azufre) indicando que el ozono fue el que más influyó en la agravación de ECV.

Datos

La información utilizada es del periodo 1999 al 2000, y se trató de tener una idea de lo que pasa al correlacionar los niveles de ozono a diferentes horas en varios días en épocas de invierno y verano, por lo que se analizaron los datos de las diferentes EMA y clínicas cercanas a ellas. La información del ozono se obtuvo del monitoreo ambiental que la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA por sus siglas en inglés), en las cuatro EMA, los datos de radiación solar y temperatura de las EMM, mientras que los datos de pacientes, se recolectaron al consultar con pacientes de ECV, en las cuatro clínicas de salud pública anexas a las EMA. Para el muestreo de pacientes con ECV, fue necesario identificar a las personas con problemas de hipertensión arterial, isquemias del corazón y arritmias cardíacas; y monitorearlos por medio de consultas a las clínicas. Datos del sector salud indican que en los últimos cinco años ha aumentado el índice de pacientes con problemas del corazón (ISESALUD, 2001).

Metodología

El estudio consistió en analizar el efecto que produce el ozono en el agravamiento de enfermedades cardiovasculares. Se elaboraron análisis en invierno y verano, agrupando la información del O_3 en periodos horarios diarios (para compararlos con la norma estándar diaria), semanales, mensuales y anuales, y con ello realizar las correlaciones. El primer paso fue identificar los niveles altos y bajos de ozono en algunos días analizados de datos anteriores al estudio y localizar en 1999 y 2000 esos días tomando en cuenta asimismo la radiación solar y la temperatura. Posteriormente se ubicaron a los pacientes con ECV para detectar qué síntomas padecían en esos respectivos periodos de elevación de la concentración del ozono. Se localizaron a 80 personas (40 pacientes con problemas cardiovasculares y 40 personas sanas), que viven cerca de las EMA y EMM.

Resultados

La figura 1 muestra la ubicación de las EMA, EMM y CS en la ciudad. El cuadro 1 indica los coeficientes de determinación de los periodos analizados con niveles altos y bajos de O_3 . Se observa que en todas las asociaciones el valor del coeficiente es mayor al 0.7. En la figura 2 representa el día 18 de junio de 1999, de EMA-UABC, EMM-UABC y de la CSH, con un coeficiente de determinación de 0.73. Esta figura representa los niveles de concentración del ozono y las consultas de pacientes de ECV. Los valores son bajos desde la 1 a.m. hasta las 6 a.m., después se incrementan desde las 9 a las 12 horas, observándose los índices más altos, lo que coincide en lo observado por George, en 1993. Los valores a partir de las 15 horas bajan y a las 19 h se ven los índices más bajos; después se incrementan, pero no son muy altos. La figura 3, muestra el día 9 de diciembre del 2000 de la EMA-CBTIS21, EMM-Museo de la UABC y de la CSPH con un coeficiente de determinación de 0.71. Los valores de la 1 a.m. a las 7 a.m. son bajos, después se incrementan y el más alto está alrededor de las 12 horas; bajan posteriormente pero vuelven a ascender a partir de las 17 horas, pero no llegan al valor más alto. El cuadro 2 indica el análisis de la prueba F de la EMA ITM y la CSGO de 1999. En este cuadro se observa que $F_0 \geq F(1, 19, 0.1)$, significando que la Prueba F tanto en 1999 como en el 2000 fue compatible con la interpretación propuesta (cuadro 3).

El modelo para predecir el ozono en base a la temperatura y la radiación solar es el siguiente:

$$Y = 0.008X_1^2 + 0.267X_1 + 0.001X_2 + 0.0067;$$

donde X_1 es la temperatura y X_2 es la radiación solar.

Discusión y resultados

Es importante considerar que la exposición al O_3 , particularmente las personas que padecen de enfermedades del corazón, ocasiona un alto riesgo que puede llevar a la muerte. Este estudio al igual que otros elaborados en diferentes ciudades del mundo, indica que existe al menos una relación de 70% entre este contaminante nocivo y el agravamiento de las enfermedades cardiovasculares. Se debe aclarar que los análisis fueron en las dos principales épocas, y se agruparon los datos en promedios porque la norma estándar del ozono es de 0.11 ppm por hora.

Conclusiones

El efecto de la radiación solar y el tráfico vehicular en la producción de ozono, influye para que el O_3 afecte a la

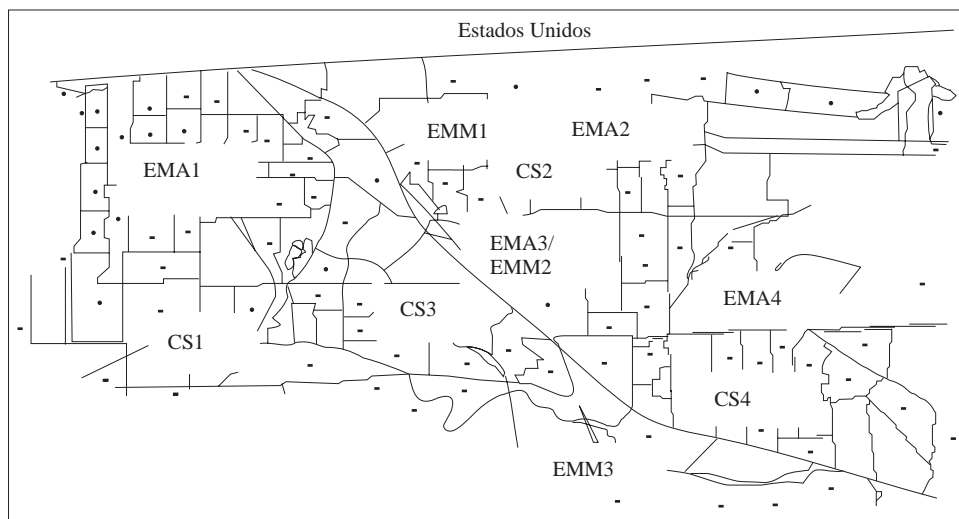


Figura 1. Ubicación de las EMA y las CS en Mexicali.

- EMA1. Ubicada en el Cobach Baja California, (Oeste de la ciudad)
- EMA2/EMM2. Ubicada en el CBTIS 21 (Norte de la ciudad)
- EMA3. Ubicada en el Instituto de Ingeniería-UABC (Sur-Centro de la ciudad)
- EMA4. Ubicada en el Instituto Tecnológico de Mexicali (Sureste de la ciudad)
- EMM1. Ubicada en el Museo-UABC (al norte de la ciudad)
- EMM2. Ubicada en el Instituto de Ingeniería UABC (Sur-Centro de la ciudad)
- EMM3. Ubicada en Col. Campestre (al sur de la ciudad)
- CS1. Ubicada en la Col. División del Norte (Oeste-Suroeste (Rosa de vientos) de la ciudad)
- CS2. Ubicada en la Col. Prohogar (Norte de la ciudad)
- CS3. Ubicada en la Col. Hidalgo (Sur-Suroeste (Rosa de vientos) de la ciudad)
- CS4. Ubicada en la Col. González Ortega (Sureste de la ciudad)

Cuadro 1. Coeficientes de correlación del O₃ y las ECV en Mexicali (1999 y 2000).

Mes/año	EMA-CS	Coeficiente de determinación (O ₃ con índices altos)	Coeficiente de determinación (O ₃ con índices bajos)
Junio/1999	UABC - CSH	0.73	X
Octubre/1999	ITM - CSGO	0.75	X
Agosto/1999	CBTIS 21 - CSPH	0.71	X
Julio/1999	CBBC - CSDN	0.70	X
Noviembre/1999	UABC - CSH	X	0.74
Diciembre/1999	ITM - CSGO	X	0.72
Diciembre/1999	CBTIS 21 - CSPH	X	0.75
Octubre/1999	CBBC - CSDN	X	0.74
Mes/año	EMA-CS	Coeficiente de determinación (O ₃ con índices altos)	Coeficiente de determinación (O ₃ con índices bajos)
Junio/2000	UABC - CSH	0.70	X
Noviembre/2000	ITM - CSGO	0.71	X
Julio/2000	CBTIS 21 - CSPH	0.72	X
Febrero/2000	CBBC - CSDN	0.75	X
Noviembre/2000	UABC - CSH	X	0.73
Enero/2000	ITM - CSGO	X	0.76
Noviembre/2000	CBTIS 21 - CSPH	X	0.71
Diciembre/2000	CBBC - CSDN	X	0.72

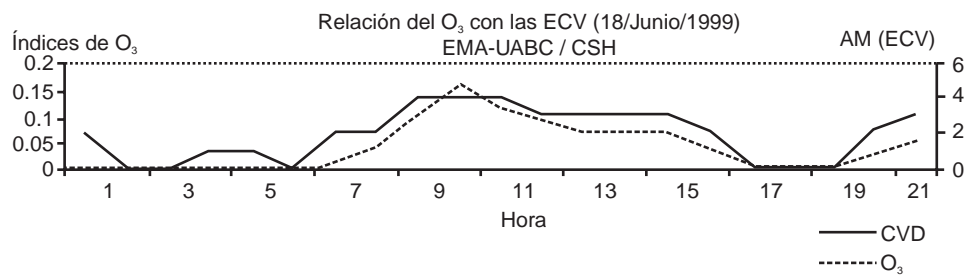


Figura 2. Relación del O₃ (niveles altos) y las ECV en Mexicali (18/Junio/1999)/UABC-CSH.

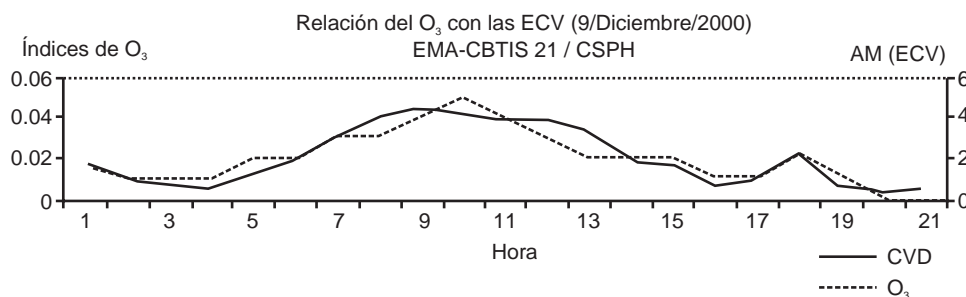


Figura 3. Relación del O₃ (niveles altos) y las ECV en Mexicali (22/Noviembre/2000)/CBTIS 21-CSPH.

Cuadro 2. Prueba F de datos de: EMA (ITM)/CS-GO (1999).

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F0
Regresión	1	61.313	61.313	152.88
Error	19	7.620	0.401	
Total	20	68.932		

$F(1, 19, 0.1) = 2.99$, F con 1 y 19 grados de libertad, con un factor de confiabilidad del 90%. La regla de la decisión indica que si $F_0 \geq F(1, n-2, \alpha)$, la hipótesis nula es rechazada.

Cuadro 3. Prueba F de datos de: EMA (CBBC)/CS-DN (2000).

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F0
Regresión	1	87.879	87.879	31.201
Error	18	8.004	3.778	
Total	19	95.883		

$F(1, 18, 0.1) = 3.007$, F con 1 y 18 grados de libertad, con un factor de confiabilidad del 90%. La regla de la decisión indica que si $F_0 \geq F(1, n-2, \alpha)$, la hipótesis nula es rechazada.

población humana, principalmente en personas que padecen de problemas del corazón. Este estudio demuestra que con los coeficientes obtenidos se explica en un 70% la relación entre el ozono y las enfermedades cardiovasculares. En época de verano se presentan índices altos de radiación solar y ozono y en invierno descienden los valores de las dos variables. Aun cuando las partículas de O₃ en verano, se dispersan más fácil y rápidamente a la atmósfera, el efecto invernadero, mantiene a las partículas de ozono cerca de la superficie terrestre, constituyendo un riesgo para las ECV.

Referencias

- Schwartz J. Particulate air pollution and daily mortality in Detroit. *Environ Res* 1991; 56: 204-213.
- Kinney PL, Ozkaynak H. Associations of daily mortality and air pollution in Los Angeles County. *Environ Res* 1991; 54: 99-120.
- Kinney PL, Ozkaynak H. Associations between ozone and daily mortality in Los Angeles and New York City. *Am Rev Respiratory Diseases* 1992; 145: A95.
- Li y Roth. Daily mortality analysis by using different regression models in Philadelphia County, 1973-1990. *Inhalation Toxicology* 1995; 7: 45-58.
- ISESALUD, Informe de Patologías del Estado de Baja California-2001; 2001.

