

CONTAMINACION POR MONOXIDO DE CARBONO
EN LA CIUDAD DE SANTO DOMINGO*

LETICIA MENDOZA G.**
GEORGINA ESPINAL**
JOSE CONTRERAS**
JOSEFINA VÁSQUEZ**

Resumen:

En los primeros cuatro meses de 1991, se realizaron mediciones de concentración de monóxido de carbono (CO) en diversos puntos de la ciudad de Santo Domingo.

Una gran parte de los puntos muestrales arrojó resultados de concentraciones y niveles promedio por día por encima de los valores máximos establecidos por las normas internacionales.

Palabras Claves: *Contaminación, CO, Santo Domingo.*

Introducción:

El aire puro está formado principalmente por nitrógeno, oxígeno y argón en las siguientes proporciones: Nitrógeno 78%, oxígeno 21% y argón 0.93%. El aire de una ciudad o de una zona industrializada contiene otros muchos componentes, muchos de ellos tóxicos producidos por la combustión de sustancias en centrales o plantas eléctricas,

* Parte de una investigación financiada por el DIPC-INTEC.

** Facultad de Ciencias y Humanidades, INTEC.

fábricas y motores de automóviles. Estos componentes tóxicos se consideran como contaminantes del aire y entre ellos ocupa un lugar importante el monóxido de carbono, CO (1)

El monóxido de carbono es un gas incoloro, inodoro y extremadamente tóxico, siendo más peligros por el hecho de que no puede ser detectado por medio de los sentidos. Basta una concentración de 1 parte de CO de 2000 partes de aire para causar la muerte a personas en cuatro horas aproximadamente (2).

Debido a sus características tóxicas el monóxido de carbono ha sido desde hace mucho tiempo objeto de investigaciones. Uffen (3) investigó el metabolismo del CO por sus implicaciones toxicológicas, mientras que Gafford y Noguchi (4) desarrollaron un sistema de monitoreo basado en el análisis no dispersivo de radiación infrarroja. Por su parte Matijak-Schaper y Alarie (5) se ocuparon de la toxicidad del CO y del cianuro de hidrógeno. Wallace (6) comparó los niveles de carboxihemoglobina en adultos no fumadores sometidos a ambientes con determinados niveles de CO. Pelli (7) propuso un modelo para el cálculo de las concentraciones de CO en áreas urbanas.

Gurevich y Konopel (8) utilizando un analizador de gas optoacústico, realizaron mediciones de concentraciones del citado gas en una mezcla gaseosa. Sisovic y Fugos (9) realizaron mediciones para comparar los resultados obtenidos con tres diferentes instrumentos analizadores de gases. Los problemas Toxicológicos del CO son tratados por Berry (10), quien sugiere diversas formas de abordarlos, como algunas ideas sobre prevención.

Un modelo propuesto por Saltzman (11) trata de interrelacionar y evaluar los efectos biológicos de diferentes niveles de concentraciones de CO. Dicho modelo propone una ecuación para relacionar los niveles de carboxihemoglobina en la sangre con modelos de ondas sinusoidales de exposición al monóxido de carbono.

En Washington, Flaschbart y colaboradores midieron las concentraciones de CO en diferentes rutas del tránsito vehicular (12). Por su parte Khalil y Rasmussen (13) aplicaron un modelo por ellos concebido en el cálculo de la contaminación por CO en Olimpia, Washington

durante el invierno de 1985. Asimismo, Torvela y colaboradores (14) estudiaron los niveles de contaminación por metano, dióxido de azufre, óxido de nitrógeno y monóxido de carbono producidos por diferentes combustibles, encontrándose bastante coincidencia entre los resultados obtenidos por ese método y mediciones hechas con radiación infrarroja.

En la ciudad de Santo Domingo, en el 1979, Contreras, Carrasco y Abreu (1) construyeron un aparato portátil basado en el método del pentóxido de diyodo, que les permitió determinar los niveles de CO en diferentes puntos de esta ciudad.

Castillo, Montes de Oca y Almánzar (15) determinaron los niveles de carboxihemoglobina en agentes de tránsito de Santo Domingo. Un estudio similar pero en buhoneros de la misma ciudad fue realizado por Veras, Zorrilla y Ramírez (16).

MATERIALES Y METODOS

Las muestras de aire para la determinación de la concentración de CO fueron tomadas directamente en cada una de las siguientes intersecciones de la ciudad de Santo Domingo: Avenida Duarte con París, Kilómetro 9 de la autopista Duarte, Avenida México con Avenida Duarte, Avenida San Vicente de Paul con Avenida Fernández de Navarrete, Industria Metaldom, Avenida Sabana Larga con Avenida Las Américas, Avenida Alma Mater con Correa y Cidrón, y Calle Seibo con Mauricio Báez.

El muestreo fue realizado en los primeros cuatro meses de 1991, tanto en días laborables como no laborables y en horario de 6:00 a.m. a 10 p.m. con intervalos de 2 horas entre cada toma de muestra. Cada análisis tomó aproximadamente 15 minutos, para un volumen de 4 litros de aire por cada muestra.

El método de análisis de CO empleado fue el siguiente (1): la muestra tomada directamente de la atmósfera (4 litros), se hace pasar a través de cloruro de calcio (CaCl_2) para eliminar la humedad del aire y a través de ácido sulfúrico concentrado (H_2SO_4) y de mezcla crónica sucesivamente para eliminar las impurezas presentes en la muestra. Luego el aire se hace pasar por un horno que contiene una capa de

pentóxido de diyodo (I_2O_5) calentado a $160^\circ C$. El I_2O_5 reacciona con el CO del aire liberando yodo molecular (I_2) en cantidad proporcional al CO que contiene la muestra. El I_2 liberado, es recogido en una solución KI al 2% que contiene almidón al 1% y posteriormente es valorado con solución de tiosulfato de sodio ($Na_2S_2O_3$) hasta desaparición del color negro característico del almidón + yodo.

$$\text{Cálculos: ppm de CO (mg/l)} = \frac{\text{ml Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \times 1 \text{ ml CO}}{1.18 \text{ ml Na}_2\text{S}_2\text{O}_3}$$
$$\text{litros de aire} \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{l de aire}$$

Nota: $1/1.18 =$ factor de conversión de ml $Na_2S_2O_3$ a ml de CO para el medidor utilizado.

RESULTADOS Y DISCUSION

Los valores promedio obtenidos por día para la concentración de CO presentan un máximo en la intersección de las Avenidas Duarte y París; el segundo lugar es ocupado por el Kilómetro 9 de la Autopista Duarte. Ambas intersecciones son reconocidas por ser puntos crítico del tráfico vehicular de la ciudad capital. (Tabla 1, gráfico 1).

Los puntos Ave. México con Duarte, San Vicente de Paul, Metal-dom, Sabana Larga y Calle Seibo, registraron valores que oscilan entre 47 ppm y 54 ppm, mientras que el valor más bajo se registró en la Ave. Alma Mater con Correa y Cidrón con 42.0 ppm (Tabla 1, gráfico 1).

La tendencia general encontrada en la mayoría de los puntos es que las concentraciones son bajas en la mañana, aumentan hasta un máximo entre las 12 M y las 6 p.m. para luego descender a partir de las 8 p.m.

El 37.5% de los puntos analizados registró su máxima concentración de CO a las 12M y otro 37.5% lo tuvo a las 4 p.m. mientras que el restante 25.0% presenta un máximo a las 6 p.m. (Tabla 1).

A las horas en que el tránsito vehicular es mínimo como a las 6 a.m. y a las 10 p.m. los valores más altos de concentración de CO los registra el Km. 9 de la autopista Duarte, Duarte con París y La Sabana Larga con Ave. Las Américas, lo cual se entiende si se tiene en cuenta que en las mencionadas intersecciones a esas horas la actividad vehicular se

mantiene pues son donde se inician carreteras que conducen al interior del país.

El hecho de que a las 6 a.m. y a las 10 p.m. la concentración de CO mantenga niveles relativamente elevados en algunos puntos es indicio de que los mecanismos naturales de remoción del aire son deficientes en esa zona o que la actividad vehicular y/o industrial se mantiene en dichos puntos más allá de lo que es el período básicamente activo de una ciudad que puede ubicarse entre las 8 a.m. y las 6 p.m.

Por otra parte el 62.5% de los puntos muestreados registró valores promedio por día por encima del valor máximo permitido por las regulaciones internacionales que es de 50 ppm para una jornada de ocho horas (1).

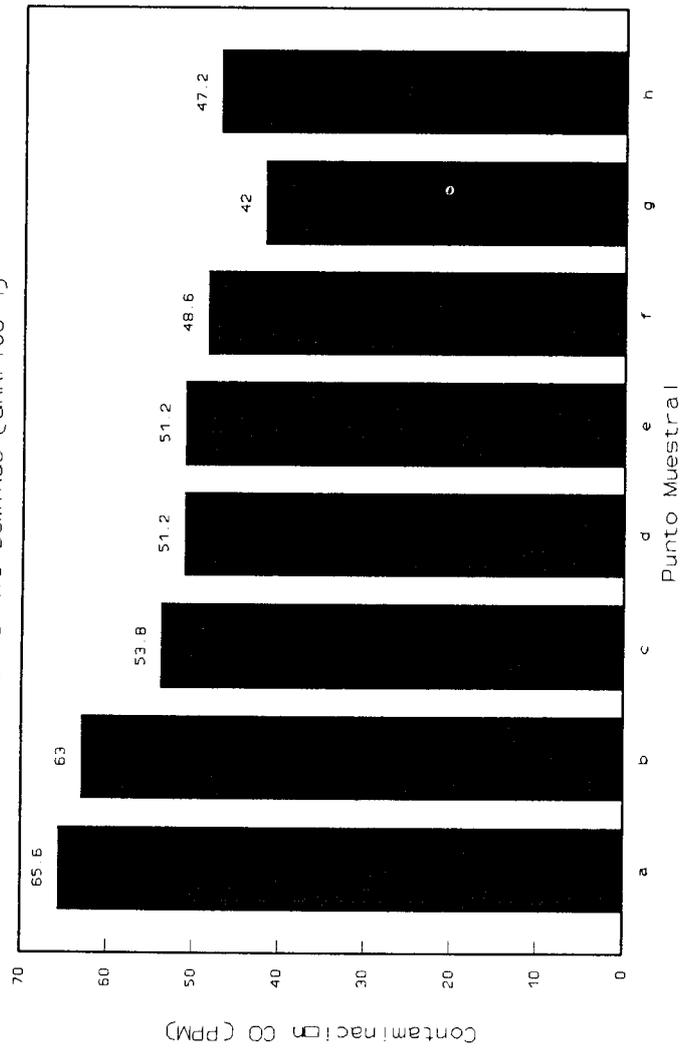
Tabla 1
Concentración (en PPM) de CO en distintos puntos de la ciudad de Santo Domingo (1991)

Hora Punto Muestral	6am	8am	10am	12M	4pm	6pm	8pm	10pm	Valor Prom. x pto PPM
A	10.5	31.5	73.5	94.5	73.5	84.0	84.0	73.5	65.6 ± 29
B	21.0	42.0	63.0	73.5	84.0	73.5	73.5	73.5	63.0 ± 21
C	10.5	63.0	63.0	63.0	73.5	73.5	42.0	42.0	53.8 ± 21
D	10.5	31.5	63.0	84.0	84.0	52.5	42.0	42.0	51.2 ± 25
E	21.0	31.5	42.0	84.0	73.5	73.5	52.5	31.5	51.2 ± 23
F	10.5	21.0	42.0	42.0	73.5	73.5	63.0	63.0	48.6 ± 24
G	10.5	21.0	31.5	52.5	52.5	63.0	63.0	42.0	42.0 ± 19
H	10.5	21.0	42.0	42.0	63.0	73.5	73.5	52.5	47.2 ± 23
I	13.1 ± 5	32.8 ± 14	52.5 ± 15	66.9 ± 20	72.2 ± 10	70.9 ± 9	61.7 ± 15	52.5 ± 16	

Leyendas

- A = Av. Duarte/París
- B = Km. 9 (Aut. Duarte)
- C = Ave. México/ Ave. Duarte
- D = Av. San Vicente de Paul/ Ave. Fernández de Navarrete
- E = Aut. 30 de Mayo/Núñez de Cáceres (Metalidón)
- F = Ave. Sabana Larga/Aut. Las Américas
- G = Ave. Alma Mater/ Correa y Cidrón
- H = Scibo/ Mauricio Bález
- I = Valor promedio a la misma hora

CONTAMINACION POR MONOXIDO DE CARBONO
EN SANTO DOMINGO (GRAFICO 1)



REFERENCIA BIBLIOGRAFICA

1. Contreras Pérez, J.B.; Z.M. Carrasco; D.A. Abreu. Construcción de Equipo Portátil y Análisis de la Contaminación por Monóxido de Carbono en Santo Domingo. Tesis de Grado para optar por el título de Licenciado en Química, Universidad Autónoma de Santo Domingo, (UASD 1979).
2. Longo, Frederick R. Química General 1974; Editora McGraw-Hill: 476-490.
3. Uffen, R.L. Metabolism of carbon Monoxide. *Enzyme Microb. Technol.* 1981; 3: 197-206.
4. Gafford, R.; S. Noguchi. Performance Characteristics of a New Ambient Carbon Monoxide Monitoring System. *Anal. Instrumen.* 1981; 19: 39-49.
5. Matijak-Shaper, M.; Y. Alarie. Toxicity of Carbon Monoxide, Hydrogen Cyanide and Low Oxygen. *Journal Combust. Toxicol.* 1982; 9: 21-61.
6. Wallace, L.A. Comparison of Carboxihemoglobin Concentration in Adult Non-Smokers with Ambient Carbon Monoxide Levels. *Journal of the air Pollution Control Association* 1985; 35(9): 944-949.
7. Pelli, J. Berechnungsformeln Von CO Inmisionen (Formula para el cálculo de Concentraciones de CO, *Staub Reinhalt Luft* 1985; 45(7-8): 347-352.
8. Gurevich, V.6.; L.A. Konopel'ko; Y.A. Kustilov; Y.A. Nikolaev; L.A. Odoeva; T.T. Opelat; E.M. Sasin. Measurements of microconcentrations of Carbon Monoxide in multicomponent Mixtures by Means of an optoacoustic gas analyzer. *Meas Tech.* 1985; 28(5): 457-460.
9. Sisovic, A.; M. Fugos. Comparison of three Types of CO Measuring Instruments. *Staub Reinhalt Luft* 1985; 45(4): 179-181.
10. Berry, K. Air Toxics: What is the Problem and How do we deal With it. *Environ Sci. Technol.* 1986; 20(7): 647-657.
11. Saltzmann, B.; F. Stanley. Biological significance of fluctuating Concentrations of Carbon Monoxide. *Environ Sci Technol.* 1986; 20(9): 916-923.
12. Flaschsbart, P.; J. Howes; G.A. Mach; C.E. Rodes. Carbon Monoxide Exposures of Washington Commuters. *Journal of American Pollution Control Association* 1987; 37(2): 135-142.
13. Khalil, M.A.K.; R.A. Rasmussen. Carbon Monoxide in an Urban Environment: Application of a Receptor Model for Source Apportionment. *Journal of American Pollution Control Association* 1988; 38(7): 901-906.
14. Torvela, H.; P. Romppainen; S. Leppavvori. *Sens. Actuators* 1988; 14(1): 19-25.

15. Castillo Polanco. O.J.; J.A. Montes de Oca; I.E. Almánzar. Intoxicación por Monóxido de Carbono en Agentes de Tránsito en Santo Domingo. Tesis de Grado para optar por el título de Doctor en Medicina Universidad Autónoma de Santo Domingo, 1987.
16. Arias Veras, M.A.; D. Zorrilla Sosa; E.A. Ramírez Pérez. Intoxicación por Monóxido de Carbono en Buhoneros. Tesis para optar por el título de Doctor en Medicina. Universidad Autónoma de Santo Domingo, 1987.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Instituto Tecnológico de Santo Domingo (INTEC), el financiamiento de esta investigación; así como a los estudiantes Mohamed Reza Mizair, Annie Gisselle Lora y Elizabeth Lora por su contribución en la realización de las mediciones.