

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUA TEMALA
FACULTAD DE CIENCIAS MEDICAS

"INTOXICACION POR MONOXIDO DE CARBONO"

"DETERMINACION DE NIVELES DE MONOXIDO
DE CARBONO EN AMBIENTE, EN AREAS
URBANAS DE LA CIUDAD DE GUA TEMALA"

TESIS

Presentada a la Junta Directiva de la
Facultad de Ciencias Médicas de la
Universidad de San Carlos de Guatemala

POR

OTTO LEONEL MOGOLLON BETETA

En el Acto de su Investidura de

MEDICO Y CIRUJANO

CONTENIDO

INTRODUCCION

DEFINICION Y ANALISIS DEL PROBLEMA

JUSTIFICACION

OBJETIVOS

REVISION BIBLIOGRAFICA

MATERIAL Y METODOS

PRESENTACION DE RESULTADOS

DISCUSION Y ANALISIS DEL PROBLEMA

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

RESUMEN

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

INTRODUCCION

En la actualidad, la contaminación ambiental ha tomado gran proporción dentro del área urbana, puesto que el tránsito es mas denso día a día, originando asi gases tóxicos siendo el Monóxido de carbono uno de los elementos que se encuentran en altas concentraciones en la atmósfera.

Es de esta manera, que tiene importancia conocer el daño que origina en forma directa en el humano y desde el punto de vista ambiental; puesto que se constituye en vehículo de problemas patogenos, ya que el hombre pasa a formar parte depositaria de enfermedades que afectan su salud.

El objetivo principal de esta investigación es demostrar que existen concentraciones elevadas de monóxido de carbono, en lugares donde circulan grandes cantidades de vehículos automotores de combustión interna, así también en interiores con uso de leña y carbón.

Este estudio fue realizado durante los meses de - Agosto y Septiembre de 1984 en el que se tomaron mues tras de aire atmosférico en áreas urbanas de la ciudad de Guatemala, en un número de 65 muestras en total, utilizando un analizador de gases (ORSA T); en determinadas horas y así efectuando lecturas de concentraciones de Monóxido de Carbono. En atmosferas de ambientes contaminados.

DEFINICION Y ANALISIS DEL PROBLEMA

Desde hace algunas décadas ha sido tema de discusión o investigación en los grandes centros urbanos del mundo la contaminación ambiental. Existe consenso general en afirmar que la contaminación es el resultado del crecimiento demográfico, del desarrollo tecnológico, de los hábitos de consumo de la población, y de la insuficiencia de los sistemas político-administrativos para corregir los problemas de los derechos y la destrucción constante de la naturaleza.

La contaminación ha sido definida con cualquier tipo de deterioro del entorno. La actividad humana introduce progresivamente sustancias nocivas en el medio, que en la medida que aumentan ponen en peligro la salud y la vida del hombre. Y por consiguiente su bienestar y recursos de un modo directo o indirecto.

Al decir que existe contaminación hablaremos específicamente de concentraciones tóxicas de monóxido de carbono en el área urbana, lo que motivó por medio de este trabajo una determinación de los niveles de dicho gas en el medio ambiente.

Sabido es que los vehículos automotores, la forma deficiente de combustión e incineración de residuos, desechos industriales, consumo de cigarrillos, plantas industriales etc. lanzan al aire gases y partículas de diversa naturaleza entre las principales sustancias nocivas están: el monóxido de carbono (CO), el anhídrido carbónico (CO₂), anhídrido sulfuroso, polvo sedimentable, polvo en suspensión, compuestos de fluor etc. Todos es

J U S T I F I C A C I O N

tos contaminantes producen efectos directos o indirectos en la población humana de una localidad dada. Específicamente la producida por la combustión interna cuya circulación aumenta día tras día, con los productores de CO, gas altamente tóxico, responsable de grados variables de intoxicación en la población expuesta, tales como choferes, dependientes que laboran en áreas de congestiónamiento de tránsito, estacionamientos de carros etc. Otro productor de este gas, cuya intoxicación puede llegar a ser letal es el cigarrillo; el consumo de cigarrillos por la población es extremadamente grande, los clubs nocturnos, restaurantes, salas de juego, etc. son centros de altas concentraciones de CO. Concentraciones bajas como de 0.01% pueden ser letales en fumadores; que a la vez padezcan de enfermedad coronaria debido a la predisposición que las mismas tienen por el CO. (19)

Guatemala, cuyo crecimiento de vehículos es cada día mayor, sin que la vía pública mejore en esa proporción, es un país que tiende a convertirse en verdadero centro de contaminación ambiental, toda vez que no existen normas que regulen y hagan expedito el tránsito por la ciudad (evitando congestiónamientos) y controles que aseguren el funcionamiento adecuado de vehículos automotores que impidan la contaminación del ambiente.

El presente estudio trata de enfocar el grado de contaminación ambiental en las áreas urbanas de la Ciudad de Guatemala, donde el tráfico de vehículos automotores es intenso, lo que ocasiona un elevado porcentaje de monóxido de carbono con niveles tóxicos en el ambiente y en el humano. -

Por lo tanto es necesario analizar las concentraciones de CO en atmósfera para demostrar el daño y la importancia de la actual contaminación, y asimismo tomar medidas adecuadas que coadyuven a limitar la constante inhalación de altas concentraciones de CO.

De este problema existen criterios muy superficiales en nuestro medio, por lo que es imperativo profundizar sobre la contaminación por monóxido de carbono, midiendo las concentraciones de este gas en el medio, como también sus complicaciones; y tomando en cuenta que en los últimos tiempos la contaminación ambiental es elevada al grado que representa un riesgo para la población, principalmente en el área urbana.

En consecuencia se investigó en forma más amplia el proceso de contaminación ambiental por CO; para que este nuevo conocimiento ayude a tomar medidas de control del daño en nuestro país, tomando como resultado el establecimiento de medidas específicas de prevención y tratamiento de aquellos casos que alcancen grados elevados de intoxicación por monóxido de carbono.

OBJETIVOS

1. Determinar niveles de Monóxido de carbono en medio ambiente localizando áreas de contaminación elevada.
2. Comparar áreas urbanas con intenso o mayor cantidad de tráfico automotor y áreas de menor tráfico.
3. Evaluar ambientes aislados, hospitales o lugares posibles de contaminación ambiental por concentraciones de Monóxido de Carbono. -

MONOXIDO DE CARBONO:

El monóxido de carbono es un producto de la combustión incompleta de materiales que contienen carbono, es un gas incoloro, inodoro e insipido, ligeramente menos denso que el aire. De ordinario se produce en las máquinas de combustión interna, talleres de reparación de automóviles, para aquellos que dirigen el tránsito de automóviles, en las grandes ciudades, o los que trabajan con soldadura de arco. (8).

Los incidentes más corrientes de envenamiento por monóxido de carbono (CO) resultan de la exposición a los productos generados por la combustión incompleta de los materiales, carbón húmedo y gas de los pantanos y más recientemente debido a la expulsión poco cuidadosa de los gases de escape de los motores, de combustión interna. (27)

Las concentraciones naturales básicas de monóxido de carbono son bajas (0.01 a 0.9 mg/m³ ó 0.01 a 0.8 ppm). Las concentraciones en las zonas urbanas se relacionan estrechamente con la densidad del tránsito automotor y con el clima y varían mucho según la hora y la distancia a que se encuentran las fuentes. (27-16)

El monóxido de carbono es producido por descomposición de materia orgánica, por supuesto en menor cantidad que las concentraciones del automóvil y del cigarrillo. (6)

1. FUENTES ARTIFICIALES DE MONOXIDO DE CARBONO

Las principales fuentes de monóxido de carbono son:

- 1.1. Vehículos de motor.
- 1.2. Refrigeradoras y calentadores de gas, carbón, aceite o petróleo defectuoso.
- 1.3. Estufas.
- 1.4. Uso de leña y carbón.
- 1.5. Cigarrillos.
- 1.6. Incendios.
- 1.7. Hornos de Carbón.
- 1.8. Explosiones de minas.
- 1.9. Combustión de máquinas. (9)

2. - LUGARES DE ALTAS CONCENTRACIONES DE MONOXIDO DE CARBONO

- 2.1. Estacionamiento de carros.
- 2.2. Clubs nocturnos.
- 2.3. Garages cerrados.
- 2.4. Congestionamiento de tránsito.
- 2.5. Cuartos cerrados usando carbón (para cocinar o planchar) (9)

3. - EFECTOS EN EL HOMBRE

Recientemente se ha dedicado mucha atención a los posibles efectos sobre las funciones y estructura del organismo causado por exposiciones al monóxido de carbono que produce concentraciones de carboxihemoglobina del 10% o menos. El monóxido de carbono actúa fundamentalmente al interferir en el transporte de oxígeno y como el sistema central es más sensible a la hipoxia que otros sistemas y aparatos del organismo, se han efectuado numerosos estudios del deterioro de la vigilancia, la percepción y la realización de tareas delicadas después de la exposición a concentraciones tan bajas de monóxido de carbono que no producen síntomas o signos clínicos. (16)

En la ciudad de Puebla México, se determinaron niveles de carboxihemoglobina con el objeto de conocer el grado de contaminación ambiental por monóxido de carbono en zonas de la ciudad donde existen el tráfico de vehículos de combustión interna es intenso y donde existen cantidades elevadas de gases procedentes de dichos vehículos. Se encontró que las personas que durante varias horas desempeñaban trabajo en contaminadas tiene niveles de carboxihemoglobina (x-1.65%) varias veces mayores que las personas que habitan en áreas rurales no contaminadas (x-0.43%). Se hallaron cifras aún más elevadas en choferes que conducían vehículos dedicados al transporte urbano (x-1.85%). Todos estos valores se elevaron en forma importante en los mismos grupos de personas, cuando en ellas existía el hábito de fumar. (22)

En DENVER-COLORADO. Se estuvo evaluando el

tráfico urbano y las concentraciones de monóxido de carbono durante 8 horas alternadas de trabajo utilizando tres parámetros primero 98-8 horas tiempo verdadero de promedio de aire soplado, como muestra de una zona (personal-Dosímetro). Segundo Muestras alternadas de trabajo antes y después de soplar monóxido de carbono y tercero 8 horas de promedio en movimiento de monóxido de carbono en ambiente durante los meses de otoño e invierno, correlacionando entre dosimetrías personales, carboxihemoglobina de lectura de medición en el aire, encontrando un aumento significativo de los niveles de carboxihemoglobina a que la exposición ocupacional por tráfico automotor. (12)

El consumo de cigarrillos y de la contaminación ambiental de la atmósfera urbana sobre las concentraciones sanguíneas de carboxihemoglobina en pequeños grupos de fumadores de las calles de Amsterdam y Rotterdam durante períodos de algunas horas, indican que el consumo de tabaco era el factor más importante y que la interacción era probablemente editiva. (15)

Particularmente durante el frío invierno, se investigó una oculta epidemia de envenenamiento por monóxido de carbono en el hospital central municipal del Bronx, New York, complicando cuatro incidentes separados en 12 pacientes, estos pacientes estando en condiciones iniciales de diagnosticar como otra neumonía atípica, infarto al miocardio, colestitis, epilepsia o enfermedad viral. (7)

El número de personas potencialmente expuestas a monóxido de carbono en el medio ambiente que laboran es grande, que otros muchos agentes físicos o químicos. (21)

4. DOSIS TOXICAS

Una presión de monóxido de carbono de 0.7mmHG (o sea una concentración de aproximadamente 0.1 por 100) es mortal. (19)

Normalmente no existe monóxido de carbono en el aire atmosférico; siendo la composición del aire de 20.96% de oxígeno, 0.04% de CO₂ y 79% de Nitrógeno; en cambio el aire expirado es de 79% de nitrógeno 15% de oxígeno y 5% de CO₂ por lo tanto cerca de la cuarta parte de oxígeno del aire inspirado pasa a la sangre y es reemplazado en el aire inspirado por cantidad de CO₂ que abandona la sangre. (9)

La afinidad de este gas por la hemoglobina es 200 veces mayor que la del oxígeno y por esta circunstancia causa hipoxia. (4)

La presión de monóxido de carbono de solamente 0.5mm HG en los alveolos, o sea, 210 veces menor que las del oxígeno alveolar, lo que permite que el monóxido de carbono compita en mejores condiciones con el oxígeno para combinarse con la hemoglobina, y origina que la mitad de la hemoglobina de la sangre se combine con el monóxido de carbono y en lugar de hacerlo con el oxígeno. (9)

5. FISIOPATOLOGIA

Como el monóxido de carbono solo existe en forma gaseosa la única puerta de entrada importante es

el aparato respiratorio. El gas difunde a través de la membrana alveolar en cantidad proporcional al gradiente de presión establecido entre la sangre y el aire alveolar. (3)

FORMULA:

$CO + hb \rightleftharpoons COhb$. (Carboxihemoglobina) (3)

El transporte de oxígeno por la sangre de los pulmones a los tejidos, se debe principalmente a la capacidad que tienen la hemoglobina de combinarse de manera reversible con el oxígeno. (10)

5.1 ABSORCION EN LOS PULMONES:

El revestimiento epitelial pulmonar, es muy delgado posee una gran superficie y es altamente vascular. Las sustancias absorbidas con más rapidez son los gases y aerosoles que tienen partículas de tamaño pequeño y un elevado coeficiente de partición de lipido a grada. (15)

5.2 EXPOSICION POR INHALACION

La inhalación tiene particular importancia en la exposición ocupacional y en la exposición de concomitantes atmosféricos en el curso de las sustancias transportadas por el aire; el pulmón es el primer órgano que las sustancias químicas encuentran y constituye una de las primeras líneas de defensa del organismo que puede

ejercer efecto directo sobre los pulmones o ser absorbidos por la circulación general de la sangre que pasa del pulmón al corazón y luego a la circulación periférica, que puede transportar agentes directamente a otros órganos sin pasar por el proceso de desintoxicación del hígado. (15)

Las concentraciones de carboxihemoglobina al estar en sangre depende sobre todo de la concentración de monóxido de carbono en la atmósfera ambiental, lo alveolar y por lo consiguiente a la tensión arterial de oxígeno, la duración de exposición y el volumen de ventilación del sujeto. (23)

Diversos investigadores tienen asociada la alta incidencia de enfermedades cardíacas y muerte súbita entre fumadores con exposición ocupacional a monóxido de carbono. (20)

Es importante comprender que ya sea, el monóxido de carbono o la nicotina del cigarro como otros constituyentes del mismo son responsables del exceso de enfermedades coronarias del corazón de fumadores. (20)

Los elevados niveles de carboxihemoglobina en la circulación acelera con fuerza la isquemia del miocardio o infarto al miocardio y embolia pulmonar en fumadores con enfermedad arterial coronaria. (26)

La elevación de carboxihemoglobina en niveles y cambios serológicos de enzimas, incluye una elevación de Creatinina fosfoquinasa (CPK) activa, sugestiva de daño al miocardio, en más números de ritmos ectópicos en respuesta al stress, a la norepinefrina y en la apa

rición de lesiones focales microscópicas en el miocardio. (26)

Es atractivo considerar lo más importante de la adversidad de la población particularmente de los posibles efectos del sistema respiratorio porque es el primer sistema inspirador del aire. (28)

El monóxido de carbono también interfiere con el sistema citocrónico a nivel intra-celular. Es por eso que el envenenamiento de CO puede conducir a angina, arritmias, cambios en el EKG y daños miocárdicos en pacientes con enfermedades fundamentalmente cardiovasculares. (24)

Pacientes con angina de pecho revelaron dolor angular poco después de fumar, subsiguientemente a ejercicios, al menos por dos razones:

1. - La nicotina aumenta la demanda de oxígeno al miocardio
2. - Disminuye oxígeno y transportando carboxihemoglobina al miocardio. (2)

Mientras que el paciente con múltiple embolia pulmonar y otros peligrosos factores, la carboxihemoglobina ha sido reportada.

El órgano más sensible a la deficiencia de oxígeno es el cerebro y no es sorprendente un gran número de complicaciones en S.N.C. pueden desarrollarse.

La hipoxia del nervio coclear puede producir una

fuerte pérdida de la audición central con la curva audiométrica en forma de U, así también la función vestibular se encuentra involucrada, lo que se manifiesta por náuseas, vómitos y mareos. (23)

De los tejidos intoxicados por CO son los que tienen más alto índice metabólico. Estos son: el corazón, el ganglio basal del cerebro y otros tejidos nerviosos y ejercen envenenamiento directo al sistema citocrómico. (17)

El envenenamiento por CO en niños es poco común, aunque recibe escasa atención en la literatura pediátrica. (30)

6. - MEDIO AMBIENTE Y CANCER

La opinión científica actual, tal como fue registrada en 1976 en el informe anual del Centro Internacional de Investigaciones sobre el cáncer, Lyon, Francia, concede gran importancia, principalmente para los países desarrollados, a la epidemiología de cáncer y a la carcinogénesis ambiental, el centro afirma que "se reconoce al cáncer como el riesgo crónico más importante de la contaminación ambiental".

También a medida que el tiempo pasa puede esperarse que más y más países se industrialicen y aumenten concomitantemente el número de sustancias carcinogénicas y mutagénicas en el medio ambiente. (29)

Las bacterias fecales tienen capacidad de consumir monóxido de carbono bajo condiciones de incubación

anaeróbicas y a la habilidad de la flora de liberar CO bajo condiciones de incubación aeróbicas. (1)

El monóxido de carbono al ser medido en la sangre (% carboxihemoglobina) y espacio alveolar (ppm. monóxido de carbón) después fue similar al fumador de cigarrillos (espectrofotometro/respirometro.) (13)

7. CONCENTRACIONES DE MONOXIDO DE CARBONO EN AMBIENTE

Durante varios años se han medido las concentraciones de monóxido de carbono en la atmósfera de muchas zonas urbanas grandes. Si bien ahora se cuenta con un conjunto considerable de datos, aún no es posible medir adecuadamente la exposición total del hombre al monóxido de carbono. Esa evaluación resulta difícil por la extrema variabilidad temporal y espacial de las concentraciones del gas y por el escaso número de estaciones de vigilancia de cada zona urbana. Sin embargo la información disponible proporciona algunas indicaciones acerca de los patrones y tendencia de las concentraciones urbanas de monóxido de carbono. (16)

En las zonas urbanas, las concentraciones por lo general se ajustan a un patrón diurno muy definido y, a pesar de la influencia de factores tales como la ubicación y las condiciones meteorológicas, sus valores corresponden estrechamente a la intensidad del tránsito de vehículos automotores. Así mismo aún cuando la forma del tránsito exacta de la curva que representa la variación temporal las concentraciones de CO durante un día, varía según la situación, comúnmente muestra dos

valores máximos que corresponden a las horas de mayor densidad del tránsito en la mañana y en la tarde. En general, se detecta un valor máximo inicialmente entre las siete y las nueve de la mañana, que coinciden con el denso tráfico de la mañana, y otro en las últimas horas de la tarde. En cualquier sitio, las concentraciones de monóxido de carbono proveniente del tránsito de vehículos automotores depende de las siguientes variables específicas: a) número de vehículos en funcionamiento b) características de los motores de esos vehículos (capacidad, gasolina o diesel, empleo de dispositivos reguladores de emisiones); (temperatura en tanto que afecte la eficacia del funcionamiento o del motor). Otras variables de carácter más general son las condiciones meteorológicas (incluidas las velocidades y dirección del viento y gradientes de la temperatura); y la configuración del sitio (forma y altura de los edificios, ancho de la calle etc.). Normalmente se informan las concentraciones medias medidas en ocho horas. Se ha usado ese tiempo para obtener el promedio porque transcurren entre cuatro y doce horas antes que las concentraciones de carboxihemoglobina en el cuerpo humano alcancen el equilibrio con las concentraciones ambientales de monóxido de carbono. (16)

8. METABOLISMO

Los factores esenciales que determinan las concentraciones final de carboxihemoglobina son: La cantidad de Monóxido de carbono inhalado; la ventilación alveolar en reposo y duración del ejercicio; la producción de monóxido de carbono endógeno; el volumen de sangre; la presión barométrica y la capacidad de difu-

ción relativa de los pulmones. El índice de difusión desde los alveólos y la fijación del monóxido de carbono a la hemoglobina en los elementos que limitan el índice de absorción por la sangre. (16)

9. PRODUCCION ENDOGENA DE MONOXIDO DE CARBONO

El monóxido de carbono se puede producir en forma endógena a partir del catabolismo de las cadenas de pirrol, que se origina en hemoglobina, la mioglobina, los citocromos y otros pigmentos que contiene hem. El catabolismo del hem. es la principal fuente de producción endógena de monóxido de carbono, pero investigaciones in vitro realizadas recientemente indican otras fuentes endógenas, por ejemplo la peroxidación de lípidos (Wolff y Bidlack, 1976). (16)

Se estima que la concentración de carbohiemoglobina endógena en el hombre es de 0.1 a 1.0% aproximadamente. Se ha comprobado el aumento de la producción endógena de monóxido de carbono en casos de anemia hemolítica (Coburn et al. 1966), y puede esperarse ese aumento cuando existen hematomas o después de la exposición a ciertas sustancias químicas tóxicas que causan hemólisis. El hígado es probablemente la principal fuente de monóxido de carbono endógeno, como consecuencia del aumento de los citocromos inducidos por ciertos fármacos (Coburn, 1, 1970). Así mismo, la médula ósea puede convertirse en una fuente importante de monóxido de carbono en hemopatías, tales como la anemia sideroblástica, que se caracteriza por la ineficiencia de la eritropoyesis (White 1970). En los neonatos -

pueden encontrarse concentraciones elevadas de monóxido de carbono endógeno y lo mismo sucede en las mujeres durante la fase progestérmica del ciclo menstrual (Delivoria-Papadopolos et al. 1970; Longo, 1970) y aún más durante el embarazo. Otra causa importante del aumento de la carboxihemoglobina es la exposición a varios hidrocarburos derivados del metano. (16)

10. PROCEDIMIENTOS PARA MEDIR EL MONOXIDO DE CARBONO PRESENTE EN LA ATMOSFERA

Son tres los procedimientos usados comúnmente para la determinación ordinaria del monóxido de carbono presente en el aire; el presente análisis continuo basado en la espectroscopía de absorción de infrarrojos no dispersados (IRND) el análisis continuo (semicontinuo) en que se emplean técnicas de cromatografía de gases, y un método semicuantitativo con tubos detectores.

Otros procedimientos incluyen la oxidación catalítica, el análisis electroquímico, el desplazamiento del mercurio y la técnica de isótopos dobles (OMS 1, 1976). (16)

En el método de IRND, la radiación infrarroja se divide en dos rayos que pasan a través de una célula de referencia de la de muestreo, respectivamente. El monóxido de carbono que se introduce en la célula de muestreo absorbe la radiación en la banda característica centrada en los 4.67 y hace que el detector emita una señal de salida proporcional a la concentración de monóxido de carbono que haya en la célula de muestreo. Varios fabricantes ofrecen analizadores de IRND en forma de

instrumentos automáticos de funcionamiento continuo. Los instrumentos de buena calidad tienen un límite de detección de alrededor de $1\text{mg}/\text{m}^3$ (0.87 ppm). El dióxido de carbono y el vapor de agua interfieren en la medición, pero hay diversas técnicas que permiten minimizar esa interferencia. (16)

En los métodos cromatográficos, se separa primero el monóxido de carbono y los hidrocarburos, luego se lo reduce por catálisis a metano y se lo hace pasar por un detector de ionización de llama, cuya señal de salida es proporcional a la concentración de monóxido de carbono presente en la muestra de aire. La escala de medición más frecuente en los instrumentos de fabricación comercial permite medir concentraciones de 1 a $350\text{mg}/\text{m}^3$ (1 a 300 ppm), pero hay otros que pueden medir concentraciones de alrededor de 0.02 a $1,00\text{mg}/\text{m}^3$ (0,017 a 0.87 ppm). La cromatografía de gases es un procedimiento muy adecuado cuando hay que medir concentraciones bajas de monóxido de carbono con un alto grado de especificidad.

El método del tubo detector es muy sensible y puede emplearse para medir concentraciones superiores a $5\text{mg}/\text{m}^3$ se hace pasar al aire a través de tubos especialmente fabricados que contiene una sustancia química de color cuando hay monóxido de carbono y que permite estimar las concentraciones. En un manual publicados por la OMS (OMS, 1, 1976), se analiza en forma más detallada las ventajas y limitaciones de los tubos detectores. Un procedimiento muy conocido es el que se basa en la medición del aumento de temperatura causando por la oxidación catalítica del CO. El límite de detección es de $1\text{mg}/\text{m}^3$ aproximadamente. La mayoría

de los hidrocarburos interfieren en la medición, por lo que debe ser eliminados (NAS/NRC, 1977). La sensibilidad puede no ser siempre suficiente cuando se trata de mediciones atmosféricas. (16)

Los analizadores electroquímicos (Hersch, 1964, 1966) se basan en que el monóxido de carbono libera yodo del pentóxido de yodo (a 150°C) además dióxido de selenio, ácido crómico y ácido fosfórico. Y luego ese yodo liberado se reduce en el cátodo de una celda galvánica. La corriente que se genera una salida de la concentración de monóxido de carbono presente en la muestra de aire. (25-16)

Un método mucho más sensible es el que se basa en la reducción de óxido de mercurio (II) por el monóxido de carbono, a una temperatura de 170 a 210°C . El vapor de mercurio generado durante esta reacción se determina mediante la espectrofotometría de absorción a 253.7mg . Este procedimiento, con las modificaciones de Seiler y Junge (1970), tiene un límite de detección de unos $3\mu\text{g}/\text{m}^3$. (16)

La leve diferencia entre los aspectos de fluorescencia del ^{16}CO y el ^{18}CO se usan en la determinación del monóxido de carbono mediante el llamado método de fluorescencia de isótopos dobles. Se disponen de instrumentos basados en este principio, con escalas para medir concentraciones de 0 a $20\text{mg}/\text{m}^3$ (0 a $17,5\text{ppm}$) y de 0 a $200\text{mg}/\text{m}^3$ (0 a 175ppm), con un límite de detección de unos $0.2\text{mg}/\text{m}^3$ (0.17ppm). La presencia de otros contaminantes causa muy poca interferencia (McClatchie et al. 1972). Los posibles mecanismos de excitación de la resonancia Raman, de estas vibraciones

están discutidas en términos de interacción Fe (CO). -
(14-16)

La técnica de calibración es parte importante de todo procedimiento para medir el monóxido de carbono. Hay muchas publicaciones que tratan este tema y la Deutsche Industrienormen Ausschuss (DIN) y la Organización Internacional de Normalización (OIN) tienen grupos especiales encargados de establecer normas de calibración adecuados. (16)

11. DETERMINACION DE MONOXIDO DE CARBONO EN SANGRE

La carboxihemoglobina de la sangre puede determinarse satisfactoriamente en una muestra de sangre venosa, que debe tomarse en un recipiente cerrado que contenga un anticoagulante, las muestras se pueden conservar varios días antes del procedimiento o análisis si se mantienen frías (4° C). Se puede determinar espectrofotométricamente (OXIMETRÖ) para CO. También se utilizan reactivos como amoníacos al 25%, ditionito de sodio, agua destilada, pipetas con la sangre, centrifuga. (11-16)

12. INTOXICACION POR INHALACION DE MONOXIDO DE CARBONO

12.1 TIPOS DE INTOXICACION

12.1.1. Intoxicación aguda.

12.1.2. Intoxicación crónica.

12.1.1. INTOXICACION AGUDA

SINTOMATOLOGIA

a). 1er Período

Se manifiesta por: cefálea constructiva de las sienas, latidos de los temporales, vértigos, sumbidos en los oídos, somnolencia, impotencia muscular, disminución de la agudeza visual, y auditiva a veces alucinaciones.

La impotencia muscular se manifiesta particularmente por paresia de los miembros inferiores que pueden llegar hasta la parálisis; en este momento el individuo todavía conserva la conciencia. (5)

b) 2do Período

Después de los sistemas anunciados anteriormente el sujeto entra en coma el cuál será más rápido en aparecer según la mayor concentración del tóxico en el ambiente. En otros casos se observa antes de la muerte, respiración irregular, tipo Cheyne-Stoke, acompañado de cianosis, arritmias, hipotensión, convulsiones, vómitos y diarreas. (5)

c) 3er Período

El intoxicado recupera gradualmente la conciencia quedándole algunos trastornos psíquicos y nerviosos, algunos inmediatos como la confusión mental y la amnesia, el primero desaparece en 48 horas el segundo puede per

durar por varios meses, las secuelas tardías, consisten en polineuritis, parálisis de origen medular, trastornos de la sensibilidad, neuralgias, especialmente ciática, y del trigémino, seudocorea y parkinsonismo. Pacientes pueden tener movimientos distorcionados con el daño en el ganglio basal. Como también ataxia cerebelosa y alteraciones en la personalidad y función cognoscitiva con recuperación variable. (5)

12.1.2 INTOXICACION CRONICA

Se observa palidez, cansancio, anorexia, dispepsia, enflaquecimiento, trastornos de la vista, dolor de cabeza, vértigos, trastornos del equilibrio, hay cambios de carácter se manifiesta por irritabilidad, emotividad, melancolía, a veces manifestaciones histeriformes. - Esto provocado por la inhalación repetida durante largos períodos de atmósferas conteniendo concentraciones de monóxido de carbono demasiado débiles. (5)

13. TRATAMIENTO

El paciente debe de ser alejado inmediatamente de la atmósfera contaminada. Está indicado el tratamiento de urgencia y hospitalización en caso de pérdida de la conciencia, sin importar que tan breve haya sido. La respiración, debe de ser mantenida por cualquier medio posible con aire puro, (oxígeno puro a 3 atmosferas)

si no responde en 1 hora utilizar diuréticos y corticosteroides por edema pulmonar y cerebral. El empleo de mezclas de 95 por 100 de oxígeno y 5 por 100 de bioxido de carbono acelera la oxigenación.

14. PRONOSTICO

Los pacientes que no llegan hasta el coma, generalmente se recuperarán sin secuelas permanentes. Si la hipertermia, el choque o la hipoxia aguda, comprobada por pruebas de laboratorio, y que persistan por 2 días después de la intoxicación es el pronóstico grave. (3)

MATERIAL Y METODOS

MATERIALES

Para la medición de concentraciones de monóxido de carbono en atmósfera contaminadas se realizó por medio del analizador de gases llamado "ORSAT". Siendo el método de absorción, que generalmente supone la medición del cambio de volumen de un reactivo, como consecuencia de la reacción con monóxido de carbono que forma el complejo. La absorción se logra por medio de este aparato, en el que se burbujea el monóxido de carbono a través de una cámara en la que se encuentra el absorbente que en este caso es el Cloruro Cuproso, que forma el complejo $\text{Cu}_2\text{Cl}_2\text{CO} + 4\text{H}_2\text{O}$ en disolución ácida o básica.

La ventaja de la absorimetría reside en la facilidad con que se hace pasar el aire o el gas que contenga CO a través del aparato y la rapidez con que se puede medir la diferencia del volumen de la disolución absorbente. (27)

COMPONENTES DEL ANALIZADOR DE GASES "ORSAT"

El ORSAT consta de las siguientes partes:

- 1.- Caja de envoltura (metal de 17"1/16 por 4.1/8 pulgadas)
- 2.- Bomba aspiradora y filtro con caucho.

- 3.- Bureta de lectura de vidrio con capacidad de 50 cc. y un rango de porcentaje de 20.
- 4.- Tres cámaras con pipetas de vidrio, donde se coloca el absorbente (cámara # 1 -CO₂, cámara # 2 = O₂, y cámara # 3 = CO)
- 5.- Válvulas de salida.
- 6.- Llave o grifo con tres vías de salida.
- 7.- Una botella de vidrio que se une a la bureta por medio de un hule negro.
- 8.- Saco de hule.

TECNICA USADA PARA LA TOMA DE LA MUESTRA

Se aplica el absorbente, en el caso particular del Monóxido de Carbono, se utilizó la cámara # 3 con el químico que es el cloruro cuproso, nivelandolo hasta la línea roja del cuello de la pipeta.

Posteriormente para la toma de la muestra del gas se llena la botella de vidrio que va unida en el extremo inferior de la bureta utilizando agua, luego se nivela la marca del Cero de la bureta, colocando o manteniendo la llave en posición # 1, posteriormente se inicia la entrada del gas, para el cuál se necesita introducirlo con oprimir la bomba de hule unas 6 a 8 veces, así sera en viado a la bureta.

Para la lectura se necesita llevar la botella de vi-

drio con agua, hacia arriba, para que el gas burbujee en la bureta, al subirla aproximadamente la llave se co loca en posición # 2, (al soltar la presión ligeramente - del tubo, permite subir el agua en la botella).

Cuando se alcanza el nivel desde cero exactamente hay que sujetar la botella y colocar el grifo o llave en posición # 3, al llegar el gas medido a la curva de la su perficie de la bureta, se fija la medida con el nivel del agua de la botella y la bureta.

Posteriormente se abre la válvula de la pipeta de CO unas 3 a 4 vueltas a la izquierda. El gas dentro de la pipeta empuja el agua que sube por encima de la bure ta y el fluído de la pipeta sube.

Detener el líquido de el nivel de la botella de modo que llegue o esté igual en la bureta, de tal manera - que la presión del gas revele la presión atmosférica.

Vigilar el nivel de la bureta y el de la botella y re gistrar la lectura del porcentaje de Monóxido de carbono.

El procedimiento resulta práctico y sencillo que dura aproximadamente una duración de 2 a 3 minutos al tomar la muestra. (18)

MÉTODOS

MUESTRA:

NATURALLEZA: Aire Atmosférico

LUGAR:

Se realizó, tomas de muestras de concentraciones de Monóxido de Carbono en atmósfera; en diferentes puntos de la ciudad de Guatemala. La medición se efectuó en áreas donde existe mayor circulación de vehículos automotores de combustión interna.

HORA:

Se tomaron muestras de aire, para determinar las concentraciones de monóxido de carbono existentes, en diferentes horas del día, dependiendo de la intensidad del tráfico.

Para determinar, cuáles eran las vías de mayor tráfico, se utilizó el estudio hecho por la Municipalidad de Guatemala, sobre el conteo de tráfico llevado a cabo durante el año de 1983 y que registra los lugares de mayor tránsito de vehículos. (8)

Esta información; está clasificada por la Dirección General de Caminos de la siguiente manera: Automóviles, Pick-up, Camiones de 6 ruedas o más llantas, Camión-Remolque, Microbuses, Autobuses, Motocicletas.

En estos lugares se colocaron estaciones de con-

teo de tráfico y velocidad con radar, en días hábiles (lunes, martes, miércoles, jueves); en un total de 39 estaciones, evaluadas durante el año 1983 en programas trimestrales y con tomas de lectura de 24 horas de duración cada 2 días de la semana para cada trimestre, durante todo el año, (Municipalidad de Guatemala Planificación, Transporte y Comunicación), "Tránsito en la ciudad de Guatemala". (8)

Con estos datos se procedió a las tomas de muestras de aire, en 39 lugares o vías de mayor flujo automotriz y 6 vías al azar que complementó un total de 45 vías de tránsito evaluadas.

La cantidad de circulación a evaluar se dividió en 3 grupos:

De 10,000 a 13,000 vehículos c/24 horas = CIRCULACION LEVE

De 14,000 a 29,000 vehículos c/24 horas = CIRCULACION MODERADA

De 30,000 a 63,000 vehículos c/24 horas = CIRCULACION INTENSA

Se tomaron cuarenta y cinco muestras en sitios de mayor circulación automotriz, dentro del área urbana y situados en las diferentes zonas de la ciudad de Guatemala.

Diez muestras en Hospitales y Sanatorios, ligados a lugares o vías de tránsito de mayor circulación automotriz; y diez muestras en lugares con utilización de leña o carbón, constituidos en ambientes cerrados (cocinas).

Para la recopilación de datos se utilizó los siguientes parámetros:

1.- Cantidad de vehículos circulando: (Las muestras se tomaron dependiendo del flujo de tránsito que circulaba a la medición de concentraciones de monóxido de carbono)

1.1.- LEVE : (15 minutos antes de la toma de 20 vehículos)
(15 minutos después de la toma de 20 vehículos)

1.2.- MODERADA: (15 minutos antes de la toma de 35 vehículos)
(15 minutos después de la toma de 35 vehículos)

1.3.- INTENSA: (15 minutos antes de la toma de 50 vehículos)
(15 minutos después de la toma de 50 vehículos)

2.- Horas de toma de la muestra: (se tomaron las muestras en estos períodos de hora, porque son los horarios en que circulan mayor cantidad de vehículos).

2.1 07.00 a 09.00 horas.

2.2 11.00 a 15.00 horas.

2.3 18.00 a 19.00 horas.

3.- Condición atmosférica:

3.1 Día claro no lluvioso.

4.- Muestras en ambientes cerrados:

4.1 Tipo de combustión (leña o carbón)

4.2 Tipos de ventilación:

a.- SIN VENTILACION: (puerta, ventanas cerradas)

b.- LEVE VENTILACION: (Puertas y ventanas abiertas)

c.- ADECUADA VENTILACION: (Ambiente completamente ventilado)

4.3 Tiempo de exposición al combustible usado:

5.- Cantidad de concentraciones de monóxido encontrado:

5.1 MONOXIDO DE CARBONO (CO) _____%

PRESENTACION DE RESULTADOS

CUADRO 1

DETERMINACION DE NIVELES DE MONOXIDOS DE CARBONO EN AMBIENTE EN AREAS URBANAS DE GUATEMALA - AGOSTO-SEPTIEMBRE, 1984

No.	UBICACION	ZONA	HORA	CIRCULACION LEVE	CIRCULACION MODERADA	CIRCULACION INTENSA	% CO
1	5a. Av. 13 y 14 calles	1	12.00	-	-	-	10.3
2	6a. Av. 12 y 13 calles	1	12.15	-	-	-	13.3
3	4a. Av. 15 y 16 calles	1	12.30	-	-	-	16.4
4	2a. Calle 5a y 6a. Av.	1	7.00	-	-	-	5.2
5	9a. Calle 5a. y 6a. Av.	1	7.30	-	-	-	7.1
6	12 Av. 11 y 12 Calles	1	18.05	-	-	-	6.
7	Av. Elena 6a. y 7a. Calles	1	8.00	-	-	-	10.4
8	Calle Martí 7a. Avenida	2	12.00	-	-	-	12.
9	Calle Martí 10a. Avenida	2	12.30	-	-	-	13.2
10	Av. Cementerio 21 y 22 Calles.	3	18.00	-	-	-	7.
11	7a. Av. Fte. Estadio Municip.	3	9.00	-	-	-	5.
12	26. calle 14 y 15 avenidas	5	13.00	-	-	-	4.4
13	27 Calle 14 y 15 avenidas	5	14.00	-	-	-	7.3
14	Puente de la Asunción	5	18.30	-	-	-	8.2
15	Calzada JoséMilla y V.25 Av.	6	12.00	-	-	-	11.
16	15. Av. 17 y 18 Calles	6	14.05	-	-	-	3.
17	Anillo Periferico Col.Villa L	7	7.30	-	-	-	4.1
18	Calzada Roosevelt Pas.INCAP	7	18.00	-	-	-	12.3
19	Calz.Sn. Juan 19 y 23 Aven.	7	8.45	-	-	-	3.4
20	Calz.Sn.Juan C.Com.Mons.	7	18.10	-	-	-	11.4
21	Av. Bolivar 38 y 39 Calles	8	8.00	-	-	-	9.4
22	Av. Bolivar 28 y 29 Calles	8	12.45	-	-	-	5.3
23	Av.Sta. Cecilia 29 y 30 C.	8	14:00	-	-	-	4.4
24	12 Calle 2a. y 3a. Avenidas	9	18.40	-	-	-	3.2

No.	UBICACION	ZONA	HORA	CIRCULACION LEVE	CIRCULACION MODERADA	CIRCULACION INTENSA	% CO
25	12 Avenida 1a. Ca. Marisc. Cruz.	10	12.20		-		4.1
26	Carret. Panam. 22 y 23 Av.	10	12.30		-		2.1
27	Av. Reforma 3a. y 3a. Av.	10	9.00	-			3.
28	Calle Real de la Villa. 13 y 14.	10	14.40	-			3.2
29	18 Calle 1a. y 2a. Av.	10	8.00		-		2.
30	19 C. 2a. y 3a. Avenidas	10	8.45		-		-
31	Calz. Roosevelt. 21. y 23. Av.	11	18.20			-	5.2
32	Calz. Roosevelt. 46 y 47 Av.	11	18.45			-	3.4
33	Anillo Periferico Canal 3	11	14.20		-		2.3
34	Calz. Aguilar Batres 14 C.	11	12.10			-	4.4
35	Calz. Aguilar Batres 19 Calle	12	12.40		-		3.2
36	Calz. Aguilar Batres 32 Calle	12	14.00		-		3.1
37	Calz. Aguilar Batres 34 Calle	12	14.50	-			4.
38	Av. Petapa 17 y 18 Calle	12	7.00		-		6.2
39	Av. Petapa 44 Calle IRIRA	12	7.55			-	4.1
40	Boulevard Liberación Recup. IGSS	12	12.50		-		12.
41	" " Trauma. IGSS	12	14.00			-	11.4
42	" " Av. Reforma 7.C.	13	18.00		-		2.2
43	Av. Hincapie Garita Pol. Nac.	13	9.00	-			1.
44	Av. Las Americas 4a. y 5a. C.	13/14	8.05	-			2.2
45	Boulevard Vist. Hermosa 16 y 17	15	12.20		-		4.1

.... Este cuadro representa los distintos sitios donde se efectuaron toma de muestras, en vías de mayor flujo de vehiculos automotores, donde se detectaron concentraciones de monóxido de Carbono por medio del analizador de gases ORSAT.

CUADRO 2

DETERMINACION DE NIVELES DE MONOXIDO DE CARBONO EN AMBIENTE, EN AREAS URBANAS DE LA CIUDAD DE GUATEMALA. AGOSTO-SEPTIEMBRE 1984.

No.	UBICACION	ZONA	HORA	% CO
1	Hosp. Sn. Rafael., S.A. 16 C. 2-42	1	8.10	4.
2	Sanatorio Español 4a. Av. 14-64	1	12.20	8.
3	Médica Guatemalteca 3a. Av. 9-34	1	11.45	7.2
4	Inst. G. de Psicología e Ipsonis Clínica 9a. Calle 3-41	1	12.30	5.
5	Sanatorio Hermano Pedro 17. Av. 23-49	11	18.00	---
6	Sanatorio Sn. M. de Porres 27 C. 20-46	5	9.00	---
7	Hospital Los Arcos 6a. Av. 20-28	10	14.30	---
8	Hosp. Recuperación IGSS B. Lib.	12	12.30	9.2
9	Patronato Antialcohólico 23 C. 18-08	12	7.50	6.5
10	Hosp. de Día Itzamná Calz. Roosevelt	7	13.00	---

Fuente: Muestras tomadas durante el día en Hospitales y Sanatorios ligados a lugares o vías de mayor cantidad de tránsito automotriz.

CUADRO 3

DETERMINACION DE NIVELES DE MONOXIDO DE CARBONO EN AMBIENTE EN AREAS URBANAS DE LA CIUDAD DE GUATEMALA. AGOSTO-SEPTIEMBRE 1984. SEGUN LA INTENSIDAD DEL TRAFICO EN NUMERO Y PORCENTAJE.

CIRCULACION	No. DE VEHICULOS	No. DE MUESTRAS	PORCENTAJE
LEVE	20	9	20 %
MODERADA	35	20	44.44%
INTENSA	50	16	35.55%
TOTALES		45	100%

FUENTE: EVALUACION DE LA CANTIDAD DE VEHICULOS AUTOMOTRICES CIRCULANDO EN VIAS DE MAYOR TRANSITO, AL TOMAR LA MUESTRA DE MONOXIDO DE CARBONO.

CUADRO 4

DETERMINACION DE NIVELES DE MONOXIDO DE CARBONO EN AMBIENTE EN AREAS URBANAS DE LA CIUDAD DE GUATEMALA, DE MAYOR CIRCULACION AUTOMOTRIZ SEGUN HORA EN NUMERO Y PORCENTAJE -AGOSTO - SEPTIEMBRE 1984.

HORAS	VEHICULOS CIRCULANDO No. DE MUESTRAS	PORCENTAJE
7.00 - 9.00	17	30.90 %
12.00 - 15.00	28	50.90 %
18.00 - 19.00	10	18.18 %
TOTALES	55	100 %

FUENTE: HORAS EN QUE SE TOMARON LAS MUESTRAS DE CONCENTRACIONES DE MONOXIDO DE CARBONO EN VIAS DE MAYOR CIRCULACION AUTOMOTRIZ Y HOSPITALES, SANATORIOS LIGADOS A LUGARES DE MAYOR TRANSITO.

CUADRO 5

DETERMINACION DE NIVELES DE MONOXIDO DE CARBONO EN AMBIENTE, EN AREAS URBANAS DE LA CIUDAD DE GUATEMALA. SEGUN ZONAS EN NUMERO Y PORCENTAJE - AGOSTO SEPTIEMBRE - 1984

ZONAS	No. DE MUESTRAS	PORCENTAJE
1	11	20.00 %
2	2	3.63 %
3	2	3.63 %
5	4	7.27 %
6	2	3.63 %
7	5	9.09 %
8	3	5.45 %
9	1	1.81 %
10	7	12.72 %
11	5	9.09 %
12	8	14.54 %
13	3	5.45 %
14	1	1.81 %
15	1	1.81 %
TOTALES	55	100 %

FUENTE: EVALUACION DEL No. TOTAL DE ZONAS DONDE SE MIDIERON CONCENTRACIONES DE MONOXIDO DE CARBONO.

CUADRO No. 6

DETERMINACION DE NIVELES DE MONOXIDO DE CARBONO EN AMBIENTE, EN AREAS URBANAS DE LA CIUDAD DE GUATEMALA. AGOSTO-SEPTIEMBRE 1984

No.	LEÑA	CARBON	SIN VENT.	VENTILAC. LEVE	VENTILAC. ADECUADA	TIEMPO	% CO
1	-	-	-	-	-	2 horas	5.2
2	-	-	-	-	-	4 horas	11.3
3	-	-	-	-	-	3.30 H.	3.
4	-	-	-	-	-	4 horas	13.
5	-	-	-	-	-	3 horas	10.4
6	-	-	-	-	-	3 horas	11.2
7	-	-	-	-	-	2 horas	-
8	-	-	-	-	-	3 horas	9.
9	-	-	-	-	-	2.30 H.	5.
10	-	-	-	-	-	3 horas	2.3

SIN VENTILACION: (puertas, ventanas cerradas).
 LEVE VENTILACION: (Puertas, ventanas abiertas).
 ADECUADA VENTILACION: (ambiente completamente ventilado).
 TIEMPO: (exposición al combustible usado).

FUENTE: Lugares de utilización de leña o carbón Ambientes Cerrados (Cocinas) = Este tipo de interiores fueron específicamente "tortillerías"

CUADRO No. 7

DETERMINACION DE NIVELES DE MONOXIDO DE CARBONO EN AMBIENTE, EN AMBIENTES CERRADOS (COCINAS) DEL AREA URBANA DE LA CIUDAD DE GUATEMALA. SEGUN TIPO DE VENTILACION POR NUMERO Y PORCENTAJE AGOSTO- SEPTIEMBRE 1984.

TIPO DE AMBIENTES	No.	PORCENTAJE
SIN VENTILACION	6	60 %
LEVE VENTILACION	3	30 %
ADECUADA VENTILACION	1	10 %
TOTALES	10	100 %

FUENTE: EVALUACION DE AMBIENTES CERRADO (COCINAS) CON TOMA DE MUESTRA A LA MEDICION DE CONCENTRACIONES DE MONOXIDO DE CARBONO.

DISCUSION Y ANALISIS DEL PROBLEMA

De los lugares que se evaluaron las tomas de muestras indican el grado de contaminación ambiental por monóxido de carbono, (CO); éstas fueron realizadas dentro del área urbana.

Al analizar los resultados obtenidos de las 65 muestras tomadas en diferentes vías y lugares, se pudo apreciar concentraciones de monóxido de carbono en un 90.76% de las tomas de lectura y únicamente el 9.3 % fueron negativos, pues no se encontraron concentraciones del gas.

De los niveles de CO que se encontraron se observan algunas diferencias que merecen ser analizadas e interpretadas a la luz de ciertos criterios; el cuadro No. 1 pone en evidencia resultados obtenidos extremadamente bajos de contaminación en sitios de tráfico intenso o viceversa, resultados elevados en sitios de circulación leve de vehículos. De los niveles bajos observamos por ejemplo las Muestras No. 6, Cuadro No. 1; este sitio demuestra que a pesar de estar localizado en un lugar donde el tráfico es intenso, el valor que se reporta es relativamente bajo; esto en relación con el de ciertos valores de circulación intensa los que sí nos demuestran niveles elevados.

El valor que representó el anterior sitio fue del 6%, similar al de ciertas vías donde la circulación era leve y que oscilaban entre 1 a 5.4%.

Ante estas diferencias es pernitante indicar que

existieron factores que incidieron en el resultado, tales como: Que al tomar la muestra únicamente circulaban automóviles livianos y no existió en ese momento ningún tipo de congestión; así mismo la velocidad del viento y dirección (de norte a sur) era muy marcada y por lo tanto permitieron la fácil desaparición del gas en el medio.

A los anteriores factores se pueden agregar otros fenómenos importantes como lo son: Que la intensidad del tráfico varía con la hora, como también la forma y altura de los edificios, anchura de las calles y características de los motores de los vehículos. (16)

Estas variables intervinieron para que los resultados en las muestras fueran altas o bajas de concentraciones de monóxido de carbono al momento de hacer la lectura de los niveles.

Sin embargo, existieron lugares donde por ejemplo no habían edificios, y que a pesar de ello sí se encontraron concentraciones altas como en el caso de las MUESTRAS 8, 15, 18, 20, 21; con valores que van desde 7% a 16.4%. Pero este fenómeno secundario se debió a que la cantidad de vehículos era muy intenso y el congestionamiento era muy marcado, además circulaban en esos momentos toda clase de vehículos, tales como: camionetas, microbuses, etc., que como es sabido forman parte de los mayores productores de altas concentraciones de CO, amén del problema de un mal sistema de escapes y sin ningún control de emisiones que presentan. (Cuadro No. 1)

Hay que hacer énfasis, que el sector o área más

afectada, fue en su mayoría la zona 1, que representa el pico de elevación más alto en relación a altas concentraciones de CO, como en el caso del valor del No. 3 que representó un 16.4% siendo el nivel más alto de las concentraciones encontradas. La razón de este valor tan alto, consiste en que los factores antes mencionados se presentaron en su totalidad como: edificios, intensidad del tráfico, (notable congestión), la hora, y la anchura de las calles.

También se encontró que en una de las 45 vías de mayor tráfico de la ciudad, no se registró ningún valor, es decir ningún nivel de concentraciones de CO; siendo este el sitio No. 30, pero como ya se expuso las variables que pueden existir. Además la hora en que fue tomada esta muestra (8.45), tendía a disminuir la cantidad de vehículos circulando y la estructura de los edificios permite que en el medio ambiente exista mayor fluidez de ventilación. (Cuadro No. 1)

Al observar las tres categorías de concentración o densidad de vehículos circulando, en el que se utilizó como parámetros de evaluación, estos dependieron del flujo de tránsito circulando en el momento de la medición, para ellos los clasificamos de la siguiente manera y sus valores fueron así: Leve con un 20%, moderado con 44.44%, e intenso con 35.55%. Estos valores en los que se puede notar que el moderado representa el más alto, quizás por el tipo de vehículos (tipo liviano) y sin constituir congestión a la hora de tomar la muestra. (Cuadro No. 3)

De las 10 muestras que se evaluaron en lugares o sitios ligados a vías de mayor circulación automotriz, -

como en el caso de Hospitales o Sanatorios; únicamente el 60% presentó niveles de concentraciones de monóxido de carbono y en el cual, se puede notar que cuatro de los valores más altos fueron los número 2, 3, 8 y 9, con porcentaje de 8%, 7.2%, 9.2% y 6.2% respectivamente.

Estos valores, están ligados íntimamente a factores de ubicación e intensidad de tráfico y a las horas de la toma de la muestra, pues por ejemplo el # 8, con 9.2%, que resultó ser la concentración más elevada, debido a que a su alrededor se localiza una de las vías de mayor circulación automotriz, originando que la contaminación sea elevada. Ahora con relación al 40% restante que no presentó valores positivos, la circulación era muy leve, además la hora no fue la de mayor tráfico, lo que contribuyó a que no se encontraran concentraciones de CO en el medio ambiente. (Cuadro No. 2)

Con relación a la Hora de la toma de la muestra, las horas de 11.00 a 15.00 representó una de las de mayor tráfico automotriz con 50.90%. (Cuadro No. 4)

En relación a las áreas o vías de mayor circulación de automóviles de combustión interna donde se encontraron concentraciones elevadas de monóxido de carbono, observamos las siguientes zonas: 1= 20%, 7=9.09%, 12 = 14.54%, 5= 7.27%, 8= 5.45%, 2= 3.63% y 6=3.63%. Además se nota que las zonas 1 y 12, representaron las zonas de mayor evaluación de muestras e incluso el número de áreas restantes representaron valores más bajos. (Cuadro No. 5)

Cuando se inició la evaluación de interiores o am-

bientes cerrados (cocinas), se tomaron como principales parámetros en la medición de concentraciones de CO; el tipo de ventilación en los que se incluyeron los criterios de inadecuada, leve y adecuada, (con cierto tiempo de exposición). Al efectuar las mediciones de las muestras, se observó el tipo de combustible usado, de esta manera el 10% representó el uso de carbón.

Con los resultados obtenidos se demuestra (cuadro No. 6) que el parámetro que representó el mayor porcentaje es el caso de AMBIENTES SIN VENTILACION (60%) de concentraciones positivas, esto se le atribuye a una mala calidad del ambiente; este problema resulta porque los interiores son muy pequeños. En nuestro medio la vivienda del Sector de familias de escasos recursos económicos es totalmente inadecuada, no solo por el tipo de construcción sino por el área geográfica donde viven y el número de miembros con que cuentan.

De los valores donde las concentraciones fueron encontradas las muestras siguientes 1, 2, 4, 6, 8, 9, con niveles de 5.2%, 11.3%, 13% y 5% respectivamente. Estos representaron en su mayoría los picos más altos y con variación de exposición, ocasionando altas concentraciones de monóxido de carbono.

Al observar el parámetro de leve ventilación, solamente uno de los valores fue marcadamente alto que representa el No. 1 con 10.4%. Esto se debió específicamente, a que la cantidad de combustible usado era mayor que el de los 9 restantes interiores y esto a pesar de existir regular ventilación.

También fue evaluada una cocina con adecuada ven

tilación y con uso de carbón, pero con valores negativos, ya que no existían concentraciones de monóxido de carbono, esto lo podemos atribuir a que su buena ventilación permitió la entrada de corrientes de aire en el medio que dispararon con facilidad el gas.

Dentro de lo que se registró en el cuadro No. 7, nos proporciona el dato de que en los ambientes interiores, de cocinas se comprueba que el 60% de los lugares evaluados, eran deficientes con relación a los de una buena y adecuada ventilación.

CONCLUSIONES

En el presente estudio, sobre la contaminación ambiental por Monóxido de Carbono demuestra:

- 1.- Normalmente no debería de existir lecturas positivas en el aparato del ORSAT; pero de un total de 65 muestras que se tomaron, el 90.76% revela que existen concentraciones de dicho gas, en niveles no aceptados dentro del área urbana de la ciudad de Guatemala.
- 2.- El índice de concentraciones de Monóxido de Carbono encontradas implican un grave riesgo dentro de lo que constituye la salud ambiental y por ende peligro de problemas de salud en el individuo.
- 3.- Que la cantidad de tráfico circulante es elevado, y por consiguiente ocasiona un alto porcentaje de contaminación ambiental por Monóxido de Carbono.
- 4.- Que en las zonas del área urbana con mayor índice de concentraciones de Monóxido de Carbono, (Con 11 muestras evaluadas), fue el de la zona 1, que representa el 10% esto tomando en cuenta el tipo de estructura de sus calles y edificios.
- 5.- Las horas evaluadas para las tomas de las muestras, fueron: cuando existe mayor cantidad de tránsito automotriz de combustión interna, ya que éstos son los mayores productores de concentraciones altas de monóxido de carbono.

- 6.- Que los Hospitales o Sanatorios ubicados en vías de densa circulación automotriz de el 60%, en algunos de ellos se encontró concentraciones de Monóxido de Carbono, muy elevadas, principalmente donde existe mayor flujo de tránsito, y que están completamente ligados o relacionados a las vías de circulación automotriz.
- 7.- Al realizar las mediciones en ambientes interiores, encontramos que en un 90% de los lugares, - existían concentraciones de Monóxido de Carbono, y que por lo tanto el 60% era deficiente, ya que no existía una adecuada ventilación.
- 8.- Que en las áreas urbanas, existen sitios o vías con mayor concentración de Monóxido de Carbono; como por ejemplo la zona 1 que representó uno de los valores más altos 16.4% y que en los lugares con menor cantidad de circulación, existen valores muy bajos como lo es la zona 13, que en uno de los sitios donde se tomó muestra representó el valor más bajo, siendo de 1%.

RECOMENDACIONES

- 1.- Efectuar estudios y planificación de control, dispuestas a realizar medidas para combatir la contaminación ambiental.
- 2.- Realizar medidas de vigilancia epidemiológica de la atmósfera, para proteger a la población en general.
- 3.- Evaluar más a profundidad, los daños que origina, la exposición al Monóxido de Carbono, para orientar a la población del peligro existente.
- 4.- Iniciar un adecuado control de vehículos, puesto que en la actualidad existe un alto porcentaje del mismo con muy deficiente sistema de escapes, lo que origina un alto grado de contaminación ambiental. Control y ordenamiento del tráfico de vehículos, toda vez que existen muchos lugares de congestionamiento.
- 5.- Promover con más intensidad programas de Salud Ambiental por parte de las autoridades encargadas de el bienestar social.
- 6.- Efectuar programas de orientación a personas que laboran en interiores, en el cual existe el uso de leña y carbón enfocando la necesidad de tener una buena ventilación en el ambiente donde laboran, como método para prevenir problemas de Intoxicación por Monóxido de Carbono.

RESUMEN

El presente estudio efectuado en el período de agosto a septiembre de 1984, se realizó con el propósito de analizar hasta qué grado la contaminación por Monóxido de Carbono existía en el aire atmosférico de las áreas urbanas de la Ciudad de Guatemala.

Para la realización de las lecturas en atmósfera se utilizaron tomas de muestras en vías de mayor circulación automotriz, por automotores de combustión interna, en un total de 65 muestras que en su total representaron el 90.76% de lecturas positivas, es decir se encontraron concentraciones de Monóxido de Carbono en ambiente.

Estas muestras se dividieron de la siguiente manera: a) 45 tomas en vías con mayor flujo automotriz, en diferentes zonas de la ciudad, lo cual demostraron que existen valores o concentraciones altas; observándose se en 17 vías del área urbana donde las lecturas oscilan del 5% hasta el 16.4%; b) 10 muestras en hospitales y sanatorios ligados a las anteriores vías de tráfico, donde se encontraron valores altos y con niveles que fueron de 6.5% a 9.2%, siendo representativas para 4 hospitales; c) 10 muestras evaluadas en ambientes cerrados o interiores, en el cual se utiliza leña o carbón, siendo cocinas (tortillerías), en los que se comprobaron que existían niveles elevados con valores desde 5.2% hasta 13% que representaron 5 cocinas del total de las muestras tomadas.

Al observar todos estos datos se hace notar que las concentraciones en las zonas urbanas se relacionan íntimamente con la cantidad del tránsito automotor y la combustión incompleta por el uso de leña y carbón, demostrando así que los valores encontrados sí pueden ocasionar daño al medio ambiente y principalmente al humano.

Es importante enfatizar que con valores del 5% o menos de Monóxido de Carbono medidos por el analizador de gases ORSAT en ambiente, son ya considerados como niveles tóxicos lo que como consecuencia son dañinos para la salud. (18)

Los valores proporcionados en este trabajo, demuestran que en la actualidad se encuentran producciones elevadas de Monóxido de Carbono en ambiente del área urbana de la Ciudad; por lo que se pretende que con este tipo de estudio, que son escasos en nuestro medio, sea desde ya un inicio de posteriores investigaciones, puesto que el análisis de los Resultados de este trabajo representa un valor importante, pues la mayoría de las cantidades son significativas, lo que representa en este caso el riesgo de que la contaminación ambiental actualmente es elevada, y que en nuestro medio desde ya representa daño en el ambiente de Guatemala.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Allen, S. Levine. et al. Metabolism of carbon monoxide by the colonic flora humans. **Gas-troenterology** 1982 May 5; 83(4):633-7
2. Aronow, W. S. Effect of non-nicotine cigarettes - an carbon monoxide on angina. **Circulation** 1980 Feb; 61(2):262-5
3. Beeson, P. B. y W. McDermonntt. Intoxicación - por monóxido de carbono. **En su: Tratado de medicina interna de Cecil Loeb.** 14 ed. México, Interamericana, 1977. t. 1 (pp. 75-77)
4. Correa, P. et al. Monóxido de carbono. **En su: Texto de patología.** 2 ed. México, Prensa Médica, 1975. 1162p. (pp. 771)
5. Carrillo, A. Monóxido de Carbono. **En su: Lecciones de medicina forense y toxicología.** Guatemala, Universitaria, 3 ed. 1981. 353p. (pp. 273-276)
6. Eisenbud, M. et al. General discussion: Session II carbon monoxide. **Bull N y Acad Med** 1980 Nov-Dec; 56(9):829-34
7. Fisher, J. et al. Ocult carbon monoxide poisoning **Arch Intern Med** 1982 Jul; 142(7):1270-1
8. Guatemala, Municipalidad. Dirección de Planificación. Plan maestro de transporte. **Boletín de Tránsito.** 1983. 60p.

9. Guatemala. Universidad de San Carlos, Facultad de Ciencias Médicas. Fase II. **Intoxicación por monóxido de carbono** 1978. p.6 (mimeografiado)
10. Harper, H.A. **Manual de química fisiológica**. 5 ed. México, Manual Moderno, 1976. 653p. - (pp. 247-49)
11. Hinsber, L. et al. Carboxihemoglobina. **Clinical laboratory**. 12 ed. Darmstadt, E. Merck, 1970. 644p. (pp. 117-119)
12. Javara, J.W. et al. Carbon monoxide. Dosimetry in occupational exposures in Denver Colorado. **Arch Environ Health** 1980 Jul-Aug; 35(4): 198-204
13. Karnik, A.S. et al. Carbon monoxide kinetics following simulated cigarette smoking. **Arch Environ Health** 1980 May-Jun; 35(3):146-7
14. Motonari, Tsubaki. et al. Resonance raman investigation of carbonoxide banding in (CO) Hemoglobin and influence of the quaternary structure. **Biochemistry** 1982 Mar 16; 21(6):1132-40
15. Organización Mundial de la Salud. Principios y métodos para evaluar toxicidad de las sustancias químicas. Parte I. **Criterios de salud ambiental 6**, Washington, 1980. 287p. (Publicación Científica No. 402)

16. _____ . Monóxido de carbono. **Criterios de salud ambiental 13**. Washington, 1983. 135p. (Publicación Científica No. 455)
17. Roberts. R.M. Carbon monoxide poisoning and fire associated deaths. **Lancet** 1981 Oct 10; 2(8250):816
18. The Hays Corporation. **Series 621 gas analyzers hand orsat type**; Operating instructions and parts list. Michigan, Indiana. 16p.
19. Simonin, C. Intoxicación por monóxido de carbono. En su: **Tratado de medicina legal**. 2 ed. Barcelona, JIMS, 1966. 1162p. (pp. 532-535)
20. Sallojfee, Y, et al. Nicotine, carbon monoxide and hearth disease. **Lancet** 1981 Nov 7; 2(8254):1044-5
21. Stern, R.D. et al. Exposure of motor vehicle examiners to carbon monoxide; a historical prospective mortality study. **Arch Environ Health** 1981 Mar-Apr; 36(2):59-65
22. Soto, G. et al. Niveles de carboxihemoglobina en la población de Puebla y sus implicaciones. **Salud Pública México**. 1981 Julio-agosto; 23(4):399-403
23. Turino, G.M. Effect of carbon monoxide on the cardiorespiratory system. Carbon monoxide toxicity: Physiology and biochemistry. **Circulation** 1981 Jan; 63(1):253A-259A

24. Ted. W. Grace. *et al.* Subacute carbon monoxide poisoning. **JAMA** 1981 Oct 9; 246(15): -- 1968-1970
25. The United States Pharmacopeia. 19th rev. Official from July 1, 1975. Rockville, Md, United States Pharmacopeial Convention, 1974. - 824p. (pp. 729)
26. William C. Thomas. *et al.* The cardiotoxicity of carbon monoxide as a component of polymer pyrolysis smokes. **Toxicologic and Applied Pharmacology** 1982 May; 63(3):363-372
27. Warner, P. O. Monóxido de carbono. **Análisis de los contaminantes del aire**. 3 ed. Madrid, Paraninfo, 1981. 366p. (pp. 115-128)
28. Winkelstein, W. *et al.* Health effects of particulate pollution reappraising the evidence. **Am J Epidemiol** 1982 Mar; 115(3):471-5
29. Wolman, A. Salud y medio ambiente. **Bol of Sanit Panam** 1980 Oct; 89(4):283-95
30. Zimmerman, S.S. *et al.* Carbon monoxide poisoning. **Pediatrics** 1981 Aug; 68(2):215-24

Do Bo
E. S. S. S.

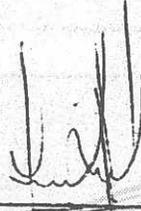
Universidad de San Carlos de Guatemala
FACULTAD DE CIENCIAS MEDICAS
OPCA — UNIDAD DE DOCUMENTACION

CENTRO DE INVESTIGACIONES DE LAS CIENCIAS

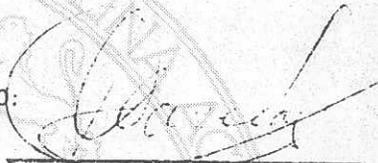
DE LA SALUD

(C I C S)

CONFORME:


Dr. Isaias Ponciano Gómez.
ASESOR.

SATISFECHO:

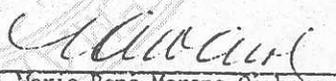

Dr. Edwin García Estrada
REVISOR.

Dr. Edwin García Estrada
Médico y Cirujano
CCL No. 2894

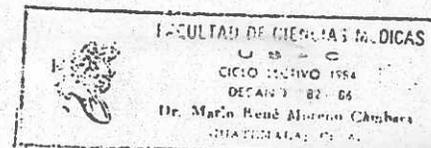
APROBADO:


DIRECTOR DEL CICS

IMPRIMASE:


Dr. Mario Rene Moreno Cambara
DECANO
FACULTAD DE CIENCIAS MEDICAS.
U S A C .

Guatemala, 22 de Noviembre de 1984



s conceptos expresados en este trabajo
n responsabilidad únicamente del Autor.
eglamento de Tesis, Artículo 44).