

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ciencias y Humanidades



Exposición a monóxido de carbono
en vendedores de la economía informal
de la ciudad de Guatemala

José Adán Ralón Araneda

Guatemala

2009

Exposición a monóxido de carbono
en vendedores de la economía informal
de la ciudad de Guatemala

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ciencias y Humanidades



Exposición a monóxido de carbono
en vendedores de la economía informal
de la ciudad de Guatemala

Trabajo de investigación presentado por:

José Adán Ralón Araneda

para optar al grado académico de Licenciado en Química
Farmacéutica

Guatemala

2009

Vo. Bo.

Lda. Carolina Guzmán

Tribunal Examinado:

Lda. Carolina Guzmán

Dra. Sara Guerra de Aldana

Lic. Rolando López

Fecha de la aprobación del examen: Guatemala de 25 junio 2009

DEDICATORIA

Dedico este trabajo:

- A DIOS, por todas las bendiciones, obstáculos, atajos y metas alcanzadas durante el camino que culmino con este trabajo.
- A MI MADRE: Sonia Elizabeth Araneda Corado, por su apoyo en todo momento y amor incondicional.
- A MIS HERMANOS: Silvia Jeaneth, Sonia Anaidael y Geovanni Francisco, por su apoyo en todo momento y amor incondicional.
- A MIS TIOS: Francisco José Ralón Afre, Juan Luis y María Ibarra-Rivera, por su apoyo incondicional en mis pasos por la universidad.
- A MIS CUÑADOS: Edgar y Julio, por su apoyo.
- A MIS SOBRINITAS: Adriana María y María Jimena.
- A MIS AMIGOS Y AMIGAS, porque sé que siempre han estado a mi lado, echándome porras.

AGRADECIMIENTOS

- A la Licenciada. Carolina Guzmán por su apoyo y guía como asesora para la realización de este trabajo.
- A la Doctora Sara Guerra de Aldana, por su apoyo y guía como asesora para la realización de este trabajo.
- Al Licenciado Rolando López, por su apoyo en la realización de este trabajo.
- A las personas que aceptaron participar en este estudio.
- Al departamento de Toxicología, por apoyarme con en el análisis de las muestras.
- A la Sra. Ericka Marroquín y Sra. Sully Marroquín, por colaborar en la toma de muestras de sangre.

INDICE

	Página
Dedicatoria	v
Agradecimientos	vi
Lista de tablas	ix
Lista de gráficas	x
Resumen	xi
Capítulos	
I. Introducción	1
II. Marco conceptual	3
A. Antecedentes	3
B. Justificaciones	5
C. Planteamiento del problema	6
D. Alcances y límites	6
III. Marco teórico	7
A. Monóxido de carbono	7
B. Fuentes y niveles de monóxido de carbono en el medio ambiente	7
C. Distribución y transformación en el medio ambiente	8
D. Monitoreo de la exposición a monóxido de carbono	9
E. Toxicocinética y mecanismo de acción del monóxido de carbono	9
F. Efectos en la salud humana del monóxido de carbono	11
G. Tratamiento	14
H. Exposición laboral a CO	15
I. Límites de la exposición ocupacional	15
IV. Marco metodológico	18
A. Objetivos	18
B. Hipótesis	18
C. Variables	18
D. Población y muestra	19
E. Procedimiento	20
F. Diseño de investigación	21
G. Análisis estadístico	21
V. Marco operativo	22
A. Recabación y tratamiento de datos	22

	Página
B. Recursos	22
VI. Programa	25
VII. Resultados	26
VIII. Discusión	30
IX. Conclusiones	36
X. Recomendaciones	37
XI. Bibliografía	38
Anexo 1	40
Anexo 2	41
Anexo 3	46

Lista de tablas

Tabla	Página
1. Propiedades físicas del monóxido de carbono	7
2. Tiempo promedio de exposición a monóxido de carbono	8
3. Límites de exposición ocupacional para el monóxido de carbono alrededor del mundo	16
4. Datos generales de los sujetos encuestados	26
5. Frecuencia de los síntomas reportados por los encuestados después de la jornada de trabajo en orden descendente	26
6. Resultados de porcentaje de carboxihemoglobina en los sujetos participantes del punto 1 Avenida Petapa zona 12	27
7. Resultados de porcentaje de carboxihemoglobina en los sujetos participantes del punto 2 Zona 1	27
8. Resultados de porcentaje de carboxihemoglobina en los sujetos participantes del punto 3 Calzada San Juan zona 7	28
9. Resultados de porcentaje de carboxihemoglobina en los sujetos participantes del punto 4 Calzada Aguilar Batres zona 11	28
10. Resultados de pruebas estadísticas	29
11. Datos específicos de los participantes del punto 1	41
12. Datos específicos de los participantes del punto 2	42
13. Datos específicos de los participantes del punto 3	43
14. Datos específicos de los participantes del punto 4	44
15. Incidencia de síntomas relacionados a exposición a monóxido de carbono	45

Lista de gráficas

Gráfica	Página
1. Promedios de porcentaje de carboxihemoglobina encontrada en participantes en los puntos de muestreo	29
2. Puntos de muestreo del estudio en la ciudad de Guatemala	46

Resumen

El monóxido de carbono (CO) es un gas estable, inodoro, insípido, incoloro y no corrosivo que existe en la atmósfera terrestre. Se produce cuando se queman combustibles de forma incompleta o en concentraciones bajas de oxígeno. Los efectos del monóxido de carbono para la salud se deben fundamentalmente a la formación de carboxihemoglobina (COHb), que reduce la capacidad de transporte de oxígeno de la sangre. Las fuentes principales de emisión de monóxido de carbono provienen del transporte automotor, por un funcionamiento inadecuado de los motores.

Existen trabajadores que están expuestos a mayor riesgo que la población, en general, de sufrir intoxicaciones por monóxido de carbono y entre estos tenemos a los trabajadores de la economía informal. En este estudio se determinó el grado de exposición a monóxido de carbono por medio de la cuantificación de la carboxihemoglobina (COHb) en la mañana y en la tarde, en 20 vendedores de la economía informal ubicados en grupos de 5 personas en cuatro diferentes puntos de la ciudad de Guatemala con alta afluencia vehicular: la Calzada San Juan zona 7, zona 1, la Calzada Aguilar Batres zona 11 y Avenida Petapa zona 12. Se determinó que existe una alta exposición a monóxido de carbono en todos los puntos de muestreo; los niveles de carboxihemoglobina se encuentran entre 15% a 30% de saturación en las muestras de la mañana y entre 18% a 50% de saturación en las muestras de la tarde.

Además se determinó por medio de una entrevista, cuáles eran los síntomas de exposición crónica a monóxido de carbono que reportaban más frecuentemente las personas participantes del estudio, encontrándose que el sentido de la vista, el sistema nervioso y el cardiovascular son los más susceptibles a la exposición crónica de este gas.

I. Introducción

A. Monóxido de carbono

El monóxido de carbono (CO) es un gas tóxico, inodoro e incoloro (19). Se produce cuando se queman combustibles de forma incompleta. Con exposiciones continuas a monóxido de carbono puede comenzar a aparecer efectos ligeros sobre el estado de salud en general y a concentraciones elevadas pueden provocar la muerte. Los efectos del monóxido de carbono para la salud se deben fundamentalmente a la formación de carboxihemoglobina (COHb), que reduce la capacidad de transporte de oxígeno de la sangre (22).

B. Efectos en la salud por la exposición al monóxido de carbono

El monóxido de carbono tiene un mecanismo de acción único que lo distingue de los otros contaminantes del aire. A diferencia de la mayoría de los gases contaminantes, los cuales afectan las vías respiratorias, el CO pasa directamente de los pulmones al torrente sanguíneo; por su afinidad a la hemoglobina forma carboxihemoglobina (3).

Sintomatología de la intoxicación por monóxido de carbono:

1. Sistema nervioso: El cerebro es el órgano más sensible a la inhalación de CO. Un efecto del CO bien conocido, es el *síndrome neurológico tardío*. Los pacientes se recuperan después de una intoxicación grave durante un período de tiempo de varios días a un mes, posteriormente, comienzan con síntomas que pueden incluir trastornos en el área cognitiva (poca concentración, dificultades en el aprendizaje, pérdida de memoria), agnosia, apraxia, cambios en la personalidad, neuropatía periférica, ceguera cortical, incontinencia, convulsiones, alteraciones motoras e, incluso, demencia o psicosis (19).

2. Sistema cardiovascular: La manifestación principal de la intoxicación por CO es la disnea. El corazón se afecta rápidamente produciéndose arritmias, extrasístoles ventriculares, fibrilación auricular, bloqueo cardíaco e, incluso, cambios isquémicos. Los pacientes pueden referir cansancio con mínimos esfuerzos, dolor torácico y palpitaciones (19).

3. Aparato digestivo: Las náuseas, los vómitos, la diarrea y el dolor abdominal son síntomas frecuentes en pediatría (19).
4. Sistema muscular: El CO produce rhabdomiolisis que se puede manifestar con debilidad y dolor muscular (19).

Los efectos por la inhalación de CO varían según la concentración en el ambiente y la duración de la misma. En general, los síntomas de las exposiciones leves son cefalea, náuseas, vómitos y sensación de mareo. La exposición moderada causa también taquicardia, taquipnea, debilidad y ataxia. Las formas más graves producen síncope, convulsiones, hipotensión, coma y muerte (19).

Por lo tanto, en este trabajo se determinó la exposición a monóxido de carbono que sufren los vendedores de la economía informal por medio de cuantificación de la carboxihemoglobina sanguínea y la aparición de síntomas que ocasiona la exposición a este gas, en esta población de trabajadores.

II. Marco conceptual

A. Antecedentes del problema.

La fuente principal de emisiones de monóxido de carbono (CO) en la atmósfera de la ciudad de Guatemala, es la combustión de hidrocarburos en los motores de los vehículos que circulan a diario (22).

1. Estudios realizados en Guatemala

a. En el año 2005, Nufio, I. en el trabajo de tesis *ad gradum*, de Química Farmacéutica. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, *Determinación de niveles de contaminación producida por monóxido de carbono (CO) en trabajadores de parqueos en sótanos de edificios por vehículos automotores en la ciudad de Guatemala*, realizó monitoreos de la concentración del monóxido de carbono en los parqueos en sótanos de los edificios y determinó los niveles de carboxihemoglobina en los trabajadores de dichos parqueos; concluyó que los niveles de CO ambientales en los parqueos sobrepasan los límites permitidos por la OMS y los porcentajes de saturación de carboxihemoglobina de los trabajadores de los parqueos superan el 20%, por lo que sí existe riesgo de intoxicación crónica de origen profesional en los trabajadores de parqueos en sótanos de los edificios.

b. En el año 2002, Flores, C. en el trabajo de tesis *ad gradum*, de Químico Farmacéutico. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, *Evaluación de la calidad del aire en ambientes hospitalarios (por determinación de ozono y monóxido de carbono)*, realizó monitoreos de monóxido de carbono y ozono del aire en ambiente cerrados, concluyendo que en todos los puntos que fueron muestreados los niveles alcanzados se encontraron dentro del rango permitido.

c. En el año 1998, Argueta, W. en el trabajo de tesis *ad gradum*, de Química Farmacéutica. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, *Riesgo de intoxicación crónica por contaminación ambiental de monóxido de carbono*, realizó monitoreos de la concentración del monóxido de carbono en varios puntos de la ciudad de Guatemala y determinó los niveles de carboxihemoglobina en

vendedores ambulantes en las áreas cercanas a los puntos de muestreo ambiental, concluyendo que las personas que permanecen durante ocho horas donde existe contaminación ambiental de monóxido de carbono, aumentan los niveles de carboxihemoglobina en sangre

d. En el año 1997, Andraus, G. en el trabajo de tesis *ad gradum*, de Médico y Cirujano.

Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ciencias Médicas, *Efectos tóxicos del humo de automotores en vendedores callejeros de la ciudad capital : estudio en adultos, hombres y mujeres, expuestos de forma permanente en diferentes calles y avenidas de la ciudad de la capital de Guatemala, en el período de junio a julio de 1997*, concluyó que los síntomas más frecuentes del daño causado por el humo de automotores son los oculares y respiratorios, además indica que los vendedores callejeros presentan una menor capacidad pulmonar y que no hay diferencia en el daño en la función pulmonar entre los vendedores callejeros que tenían 15 años de laborar en comparación con los que tenían menos de 15 años.

e. En el año 1997, Castro, G. en trabajo de tesis *ad gradum*, de Química Farmacéutica.

Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, *Estandarización de métodos para la dosificación de monóxido de carbono en sangre*, compara 7 métodos para la determinación de monóxido de carbono en sangre, concluyendo que el método de Steware y Stolman, que es un método espectrofotométrico, es el mejor para determinar la dosificación de monóxido de carbono en sangre por su exactitud y precisión.

f. En el año 1990, Santizo, S. en trabajo de tesis *ad gradum*, de Médico y

Cirujano. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ciencias Médicas, *Carboxihemoglobina en el personal del cuerpo voluntario de Bomberos de la ciudad de Guatemala*, este estudio lo realizó por un mes en diferentes compañías de bomberos, concluyendo que el horario de trabajo que tiene la mayoría del personal del cuerpo de bomberos voluntarios influye considerablemente en el aumento de los niveles de carboxihemoglobina en la sangre.

2. Estudios realizados en el extranjero.

a. En el año 2005, Ponce et al, publicó en la Revista Medica Herediana de la Universidad Peruana de Cayetano Heredia, un estudio en el cual se determinó el

grado de contaminación por monóxido de carbono en corredores aficionados de áreas urbanas y su variación al correr en horarios de alto y bajo tránsito vehicular, encontrando que en el horario de alto tránsito vehicular había una variación de Carboxihemoglobina estadísticamente significativa (de 0,44% a 0,54%, $p=0,039$) entre los corredores; en el horario de bajo tránsito vehicular no se encontró variación de Carboxihemoglobina estadísticamente significativa (de 0,45% a 0,43%, $p=0,722$) y al comparar la variación de carboxihemoglobina de ambos horarios, la diferencia no fue estadísticamente significativa ($p=0,219$). Concluyendo que, a pesar que hubo una variación significativa en las concentraciones de carboxihemoglobina en los corredores, los valores de ésta se encontraron dentro de los límites permitidos.

b. En el año 1990, Pino M. y Hernández L. publicaron en la Revista Colombiana de Ciencias Químico Farmacéuticas, un estudio en el cual evaluó la exposición a monóxido de carbono de los habitantes de Bogotá, seleccionando 346 personas adultas, tomando 53 como grupo control y el resto a un grupo considerado particularmente como expuestos a monóxido de carbono en razón a su trabajo, como bomberos, conductores de buses, policías de tránsito y vigilantes de parqueos cerrados (fumadores y no fumadores), obteniendo que los conductores de buses, policías de tránsito y vigilantes de parqueos cerrado no fumadores después de 6 horas de trabajo tenían niveles de carboxihemoglobina de 4.1%, 3.5% y 5.6% respectivamente. Concluyendo que los individuos con concentraciones altas de carboxihemoglobina presentan sintomatología compatible con una intoxicación crónica por monóxido de carbono.

B. Justificaciones.

La ciudad de Guatemala cada día aumenta su urbanización y las personas que en ella habitan; esto genera que sus habitantes tengan que movilizarse a distancias considerables ya sea por transporte colectivo urbano/extraurbano o con vehículos propios. Esta necesidad de transporte hace que el parque vehicular de la ciudad aumente cada año; según datos de la municipalidad capitalina, en el año 2009 se unirían 100 mil vehículos más al parque vehicular que en los últimos años que se reporta cerca de 800 mil vehículos (23).

El aumento de la circulación de vehículos diariamente genera una subida en los niveles de los gases provenientes de la combustión de hidrocarburos, que en su mayoría es dióxido de carbono (CO_2) y por deficiencia de oxígeno se forma monóxido de carbono (CO) (22).

Al ser este gas altamente tóxico a exposiciones repetidas y continuas a altas concentraciones, las personas que se encuentran laborando como vendedores de la economía informal se encuentran en riesgo de sufrir intoxicaciones por CO que genera una combinación de hipoxia tisular y daño a nivel celular. Además, los síntomas clínicos de intoxicación por monóxido de carbono son inespecíficos y pueden simular los de una enfermedad viral u otras afecciones no relacionadas a la exposición de este gas (6), el diagnóstico diferencial de sobre exposición por CO de todo un grupo de vendedores de la economía informal, sin pruebas específicas de la saturación de carboxihemoglobina en sangre, es difícil.

C. Planteamiento del problema.

¿Cuál será el grado de exposición actual a monóxido de carbono (CO) de los vendedores de la economía informal ubicados en cuatro puntos de la ciudad de Guatemala, comparado con el determinado por la concentración de carboxihemoglobina sanguínea en 1998 por Argueta W.?

D. Alcances y limitantes del problema

1. Alcances

- a. Se determinó la relación entre los niveles de carboxihemoglobina en sangre de los vendedores de la economía informal y la jornada laboral.
- b. El estudio se realizó únicamente con personas que laboran toda la jornada laboral cerca de los puntos determinados en el área de la ciudad de Guatemala.
- c. No se estudió si la rotación continua del lugar de trabajo disminuye los niveles de carboxihemoglobina en sangre de las personas que participaron en el estudio.

2. Límites

- a. El estudio se restringió a los vendedores de la economía informal de la ciudad de Guatemala por ser una población expuesta a la contaminación producida por los vehículos automotores.
- b. El estudio es transversal por restricciones económicas y de tiempo.

III. Marco teórico

A. Monóxido de carbono

El monóxido de carbono (CO) es un gas diatómico estable, inodoro, insípido, incoloro y no corrosivo que existe en la atmósfera terrestre. Tiene una electricidad baja del momento dipolo (0.10 debye), una distancia interatómica (0.123 nm) y una gran energía de formación o fuerza de enlaces (2072 kJ/mol). Las propiedades generales del monóxido de carbono se dan en la Tabla 1 (22).

Tabla 1
Propiedades físicas del monóxido de carbono

Propiedad	Valor
Peso molecular	28.01
Punto crítico	-140 °C at 3495.7 kPa
Punto de fusión	-199 °C
Punto ebullición	-191.5 °C
Densidad	
a 0 °C, 101.3 kPa	1.250 g/litro
a 25 °C, 101.3 kPa	1.145 g/litro
Gravedad específica relativa al aire	0.967
Solubilidad en agua	
a 0 °C	3.54 ml/100 ml (44.3 ppm)
a 20 °C	2.32 ml/100 ml (29.0 ppm)
a 25 °C	2.14 ml/100 ml (26.8 ppm)
Limite explosivo en aire	12.5–74.2%

B. Fuentes y niveles de monóxido de carbono en el medio ambiente

Las fuentes principales de emisión de monóxido de carbono provienen del transporte automotor, por un funcionamiento inadecuado de los motores, se puede afirmar que el transporte contribuye en el 90% del peso total de monóxido de carbono en el aire en las grandes ciudades, los incendios producen grandes cantidades de CO que es el causante de asfixia en estos casos (3), calderas, estufas de gas y leña (19). Las fuentes menos habituales son la síntesis orgánica, especialmente fabricación de carbono de calcio y de metales carbónicos, los trabajos de corte y de oxicorte (3). Los vapores de cloruro de metileno se absorben fácilmente a través del pulmón y la piel y se transforman en CO en el hígado (19).

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS) los límites máximos permitidos de concentraciones ambientales de monóxido de carbono para horas de exposición como promedio, para que no se supere la concentración del 2,5% de carboxihemoglobina, incluso cuando una persona normal realice un ejercicio ligero o moderado son: (22) (3)

Tabla 2
Tiempo promedio de exposición a monóxido de carbono

Tiempo promedio de exposición	Concentración
15 minutos	100mg/m ³ 87 ppm
30 minutos	60 mg/m ³ 52 ppm
1 hora	29 mg/m ³ 26 ppm
8 horas	10mg/m ³ 9 ppm

C. Distribución y transformación en el medio ambiente

Las tendencias mundiales de la concentración de monóxido de carbono en la tropósfera indican una disminución a lo largo del último decenio. Las concentraciones básicas mundiales son del orden de 60-140 µg/m³ (50-120 ppm). Los niveles son más altos en el hemisferio norte que en el hemisferio sur. Los niveles son más altos en los meses de invierno y más bajos en los de verano. Alrededor del 60% del monóxido de carbono que se encuentra en la tropósfera de las zonas no urbanas es atribuible a actividades humanas, ya sea de forma directa a partir de procesos de combustión como indirecta a través de la oxidación de hidrocarburos y de metano que proceden de las actividades agrícolas, los vertederos y otras fuentes semejantes (22).

Las reacciones atmosféricas en las que interviene el monóxido de carbono pueden producir ozono en la tropósfera. En otras reacciones se puede reducir la concentración de radicales hidroxilo, factor fundamental en los ciclos de eliminación mundial de otros muchos gases traza naturales y antropogénicos, contribuyendo posiblemente de esta manera a modificar la química atmosférica y, en último término, al cambio del clima mundial (22).

D. Monitoreo de la exposición a monóxido de carbono

El monitoreo de la exposición a monóxido de carbono se puede realizar a través de biomarcadores y medición de concentraciones ambientales. Un biomarcador es un cambio o alteración, producido por la interacción de un contaminante con un sistema biológico o fisiológico y que pueden ser medidos en éste (18).

La carboxihemoglobina en sangre, es el biomarcador que refleja la dosis interna de monóxido de carbono en sangre. Refleja alteraciones en la estructura de la hemoglobina y en el proceso fisiológico de oxigenación celular y tisular (18). La American Conference Governmental Industrial Hygienist, fija el valor biológico tolerable para carboxihemoglobina en sangre en 3,5% (1). En general, se puede decir que los primeros síntomas suelen aparecer con niveles superiores al 5-10%; niveles por encima del 50-70% pueden producir la muerte (19).

E. Toxicocinética y mecanismo de acción del monóxido de carbono

1. Absorción. El monóxido de carbono se absorbe a través y únicamente por los pulmones, la concentración de carboxihemoglobina en la sangre dependerá en todo momento de varios factores (22):

a. El equilibrio con el aire ambiental; el contenido de carboxihemoglobina en la sangre dependerá fundamentalmente de las concentraciones de monóxido de carbono y de oxígeno inspirados.

b. Duración de la exposición

c. La ventilación pulmonar y la concentración de carboxihemoglobina originalmente presente antes de la inhalación del aire contaminado. (22)

d. El volumen respiratorio por minuto

e. Perfusión pulmonar (1). El intercambio de monóxido de carbono entre el aire que respiramos y el organismo humano está controlado por procesos tanto físicos (por ejemplo, transporte y difusión masivos) como fisiológicos (por ejemplo, ventilación alveolar y

rendimiento cardíaco) (22).

f. La concentración de carboxihemoglobina que probablemente se derivará de modalidades concretas (concentraciones, duración, etc.) de exposición externa al monóxido de carbono se puede calcular razonablemente bien utilizando la ecuación de Coburn-Foster-Kane (CFK) (22).

En 1965, Coburn, Forster y Kane desarrollaron una ecuación diferencial que describe la mayoría de variables fisiológicas que determinan la concentración de carboxihemoglobina en sangre (COHb) para la prueba de producción de monóxido de carbono endógeno. La ecuación aún se utiliza mucho hoy en día para predecir la concentración de carboxihemoglobina consecuente a la inhalación de monóxido de carbón, primero porque el modelo es robusto a los parámetros originales; segundo, el modelo puede ser relativamente fácil de adaptar para una aplicación especial (22).

Ecuación 1: ecuación de Cobun-Foster-Kane

$$VBd[COHb]/dt = V \dot{CO} - [COHb]cO_2/MB[O_2Hb] + PICO/B$$

En donde:

$$B = 1/DLCO + PL/V \dot{A}$$

y VB es el volumen de sangre en mililitros (5500 ml), [COHb] representa mililitros de monóxido de carbono por mililitros de sangre, $V \dot{CO}$ son los mililitros por minuto de la producción endógena de monóxido de carbono (0.007 ml/min), PcO_2 es el promedio de las presiones parciales de oxígeno en los capilares de los pulmones en mmHg (100 mmHg), M es la relación de afinidad de Haldane, [O₂Hb] representa los mililitros de oxígeno por mililitro de sangre (la máxima capacidad de oxigenación de la sangre es 0.2), PICO es la presión parcial del monóxido de carbono inhalado en el aire en mmHg, DLCO es la capacidad de difusión pulmonar del monóxido de carbono en mililitros por minutos por mmHg (30 ml/min per mmHg), PL es la presión de los gases secos en los pulmones en mmHg (713 mmHg) y $V \dot{A}$ es la relación de la ventilación alveolar en mililitros por minutos (6000 ml/min) (22).

Bajo el supuesto que [O₂Hb] es constante la ecuación 1 es lineal. En este caso la ecuación se restringe a niveles bajos de carboxihemoglobina. Para valores mayores, el incremento de la reducción de oxihemoglobina a carboxihemoglobina se debe tomar en cuenta (22).

2. Mecanismo de acción. El monóxido de carbono pasa fácilmente de los pulmones a la corriente sanguínea, en este proceso el monóxido de carbono y el oxígeno compiten por unirse a la hemoglobina en los glóbulos rojos, formando carboxihemoglobina y oxihemoglobina (O_2Hb), respectivamente. La unión del monóxido de carbono a la hemoglobina, que produce carboxihemoglobina y reduce la capacidad de transporte de oxígeno de la sangre, parece ser el principal mecanismo de acción que desencadena la inducción de los efectos tóxicos de la exposición a concentraciones bajas de monóxido de carbono (22).

3. Distribución. La hemoglobina tiene una afinidad por el CO entre 220 y 270 veces superior que por el oxígeno. Esta unión es reversible y depende de las concentraciones parciales de CO y O_2 (22).

Además de su reacción con la hemoglobina, el monóxido de carbono se combina con la mioglobina, los citocromos y las enzimas metálicas, como la citocromo C oxidasa y el citocromo P-450. No se conoce completamente la influencia de estas reacciones en la salud, aunque probablemente sea menos importante con los niveles de exposición del medio ambiente que la que tiene la reacción del gas con la hemoglobina (22).

4. Eliminación. El proceso de eliminación del CO es igual al proceso de absorción por la disociación que existe entre éste y la hemoglobina. La semivida de eliminación plasmática de la carboxihemoglobina en condiciones de ventilación normales es de 3 – 4 horas. Mediante la administración de oxígeno hiperbárico se reduce este tiempo a 15 – 20 minutos (3).

F. Efectos en la salud humana del monóxido de carbono

La importancia para la salud del monóxido de carbono presente en el aire ambiente, se debe fundamentalmente al hecho de que se une mediante un enlace fuerte a la molécula de la hemoglobina para formar carboxihemoglobina, que limita la capacidad de transporte de oxígeno de la sangre. La presencia de la carboxihemoglobina altera también la disociación de la oxihemoglobina, de manera que la distribución de oxígeno a los tejidos se reduce ulteriormente. La afinidad de la hemoglobina humana por el monóxido de carbono es alrededor de 240 veces superior a la del oxígeno, y las proporciones de carboxihemoglobina y oxihemoglobina que se forman en la sangre dependen en gran medida de la presión parcial del monóxido de carbono y

del oxígeno (22).

La preocupación acerca de los posibles efectos de la exposición a monóxido de carbono para la salud se ha expuesto en amplios estudios, tanto en seres humanos, como con diversas especies de animales. Mediante una serie de protocolos experimentales se ha obtenido abundante información sobre la toxicidad del monóxido de carbono, sus efectos directos en la sangre y en otros tejidos y las manifestaciones de estos efectos en forma de cambios en el funcionamiento de los órganos (22).

1. Efectos cardiovasculares. En adultos jóvenes sanos se ha observado claramente una menor absorción de oxígeno y la consiguiente disminución de la capacidad de trabajo en condiciones de ejercicio máximo a partir de una concentración de carboxihemoglobina del 5,0%, y en varios estudios se ha detectado una pequeña disminución en la capacidad de trabajo con concentraciones de carboxihemoglobina de sólo 2.3% - 4.3% (22).

Los niveles de exposición a monóxido de carbono más comunes en el ambiente son motivo de preocupación por el agravamiento de los síntomas de angina durante el ejercicio que tiene probabilidad de presentarse en un segmento de la población en general. Este grupo, formado por los enfermos con angina crónica, está considerado actualmente el de mayor riesgo sensible a los efectos de la exposición al monóxido de carbono, basándose en las pruebas de agravamiento de la angina cuando se exponen a concentraciones de carboxihemoglobina del 2,9%-4,5% (22).

La posibilidad de que el monóxido de carbono fomente cambios significativos en el metabolismo de los lípidos que puedan acelerar la aterosclerosis solamente se indica en un pequeño número de estudios. Es probable que el monóxido de carbono inhiba la agregación de las plaquetas más que fomentarla. En general se dispone de pocos datos que indiquen que probablemente se produciría un efecto teratogénico por la exposición en poblaciones humanas con las concentraciones de monóxido de carbono que normalmente se encuentra en el medio ambiente (22).

2. Efectos pulmonares agudos. La exposición ocupacional o accidental a los productos de combustión y la pirólisis, particularmente en espacios cerrados, pueden producir una disminución aguda de la función pulmonar si las concentraciones de carboxihemoglobina son

altas. Sin embargo, es difícil separar los efectos potenciales del monóxido de carbono de los correspondientes a otras sustancias del humo y los gases de escape irritantes del aparato respiratorio (22).

3. Efectos cerebrovasculares y en el neurocomportamiento. En gran parte de las investigaciones realizadas con un 5% de carboxihemoglobina no se observó ningún efecto, incluso cuando intervenían comportamientos semejantes a los afectados en estudios con concentraciones más altas de carboxihemoglobina, teniendo en cuenta las pruebas empíricas, se puede decir que las concentraciones de carboxihemoglobina superiores o iguales al 5% pueden producir una disminución de la función del neurocomportamiento. Sin embargo, no se puede afirmar con seguridad que los niveles de carboxihemoglobina inferiores al 5% no tengan ningún efecto (22).

4. Adaptación. Las únicas pruebas de compensación a corto o largo plazo del aumento de la concentración de carboxihemoglobina en la sangre o de la adaptación a él son indirectas. Los datos de animales de experimentación indican que el aumento de la concentración de carboxihemoglobina produce respuestas fisiológicas que tienden a contrarrestar otros efectos nocivos de la exposición a monóxido de carbono. Dichas respuestas son: 1) aumento del flujo de sangre coronaria, 2) aumento del flujo de sangre cerebral, 3) aumento de la hemoglobina mediante una mayor hematopoyesis y 4) mayor consumo de oxígeno en los músculos (22).

Las respuestas compensatorias a corto plazo en el flujo sanguíneo o el consumo de oxígeno pueden no ser completas, o incluso pueden no existir en ciertas personas. La consecuencia es que en algunos casos de trastornos cardiacos se altera el mecanismo compensatorio a corto plazo (22).

5. Intoxicación crónica a monóxido de carbono. La intoxicación crónica tiene lugar porque la carboxihemoglobina, una vez formada, es bastante estable, de modo que, con una exposición persistente de bajo grado, puede acumularse en la sangre con concentraciones potencialmente mortales (10); además induce la aparición de fenómenos adaptativos como el aumento de glóbulos rojos, el volumen sanguíneo y el tamaño del corazón (8). Genera una hipoxia de desarrollo lento que puede inducir, de una manera insidiosa, alteraciones isquémicas generalizadas en el sistema nervioso central, que son especialmente llamativas en

lo núcleos basales y lenticular (10) y focos de desmielinización (13); así como ocasionar un daño duradero en el cerebro como consecuencia de una esclerosis en el tejido nervioso blanco, denominada leucoencefalopatía (4). Además se muestra la persistencia de carboxihemoglobina entre el 2% y el 15% de saturación (20).

6. Los síntomas más frecuentes son: astenia, cefalea y vértigos, a cuyo conjunto pueden asociarse problemas digestivos, palpitaciones y angustia. Se encuentra relacionado con problemas cardiovasculares (20) porque el CO favorece el depósito de colesterol en las paredes arteriales, y sobre todo en las arterias coronarias, en las personas las dosis de CO que afectan generalmente son muy bajas, produciendo efectos graves a partir de un 10% de saturación de carboxihemoglobina, generando sobre todo agravamiento en la angina de pecho (17), además puede someter al corazón a un mayor esfuerzo y aumentar la probabilidad de sufrir un ataque cardíaco (9).

G. Tratamiento

Debe sacarse de inmediato al sujeto del medio contaminado y la terapéutica específica es la administración de oxígeno. Al respirar el aire normal se producirá una depuración del 50% de monóxido de carbono en la sangre en 5 horas. La administración de oxígeno al 100% al nivel del mar reducirá el 50% de la carboxihemoglobina en 3 – 4 horas. El uso de oxígeno al 95% y dióxido de carbono al 5% acelerará la oxigenación en gran medida al reducir el pH de la sangre (16).

1. Oxígeno hiperbárico. La administración de oxígeno al 100% y 2-3 atmósferas de presión reduce la vida media de la COHb hasta 20-30 minutos (19). No existe, en la actualidad, suficiente evidencia científica para afirmar que el tratamiento con oxígeno hiperbárico disminuya la mortalidad y las secuelas neurológicas en pacientes pediátricos. Sin embargo, muchos expertos continúan recomendando su utilización con las mismas indicaciones que en adultos:

- Pacientes asintomáticos con niveles de COHB por encima del 25%.
- Enfermos sintomáticos con independencia del nivel de COHB: coma, pérdida transitoria del nivel de conciencia, signos de isquemia en el electrocardiograma, signos neurológicos y alteraciones en las pruebas neuropsiquiátricas (19).

H. Exposición laboral a CO

Existen trabajadores que están expuestos a mayor riesgo que la población en general de sufrir intoxicaciones por monóxido de carbono; entre estos tenemos a los empleados de garaje, los policías de tránsito, los bomberos, los empleados de garitas, los empleados de aeropuertos, los soldadores, los maquinistas de trenes, los pilotos de autobuses y automóviles, los mecánicos, vendedores callejeros y los mineros de carbón (16).

I. Límites de la exposición ocupacional

Actualmente en varios países se consideran tres diferentes límites de exposición ocupacional al monóxido de carbono (22) Los más comunes son:

- El promedio de las concentraciones permisibles a la exposición en 8 horas de un día de trabajo (Time weighted average, TWA)
- El promedio de las concentraciones permisibles a la exposición a corto plazo, generalmente de 15 minutos (Short-term exposure limit, STEL)
- Las concentraciones máxima admitida que no podrá superarse (límite máximo). (22)

En la Tabla 3 se enumeran los límites de exposición ocupacional para algunos países alrededor del mundo.

Una concentración de la TWA 29 mg/m³ (25 ppm), ha sido recomendado por la American Conference Governmental Industrial Hygienist (ACGIH) para el monóxido de carbono desde 1991. Este límite ha sido probablemente adoptado por otros países (22).

Tabla 3**Límites de exposición ocupacional para el monóxido de carbono alrededor del mundo**

	TWA		STEL		Límite máximo	
	mg/m ³	ppm	mg/m ³	ppm	mg/m ³	ppm
Austria	33	30	–	–	–	–
Bélgica	55	50	–	–	–	–
Brasil	43	39	–	–	–	–
Bulgaria	20	–	–	–	–	–
Chile	44	40	–	–	–	–
China, R. P. de	30	–	–	–	–	–
China (Taiwán)	55	50	–	–	–	–
Checoslovaquia	30	–	–	–	150	–
Dinamarca	40	35	–	–	–	–
Egipto	–	100	–	–	–	–
Finlandia	55	50	85	75	–	–
Francia	–	50	–	–	–	–
Holanda	55	50	–	–	–	–
Hungría	20	–	100	–	–	–
India	55	50	440	400	–	–
Indonesia	115	100	–	–	–	–
Italia	55	50	–	–	–	–
Japón	55	50	–	–	–	–
México	55	50	–	–	–	–
Polonia	20	–	–	–	–	–
Rumania	30	–	50	–	–	–
Suecia	40	35	120	100	–	–
Suiza	33	30	–	–	–	–
Reino Unido	55	50	440	400	–	–
USA	–	25	–	400	–	200
USSR	33	30	–	–	20	–
Venezuela	55	50	–	–	440	400
Yugoslavia	58	50	–	–	–	–

Aunque el límite máximo y el STELS no se indique expresamente, la norma general aconseja que los niveles de exposición podrán superar a tres veces el TWA en no más de 30

minutos durante un día de trabajo, y en ningún caso deben de exceder de cinco veces el TWA (22).

Además del monitoreo ambiental se puede utilizar biomarcadores para evaluar la exposición, la susceptibilidad y los primeros efectos al monóxido de carbono. La carboxihemoglobina es un biomarcador ampliamente aceptado de la exposición al monóxido de carbono. La ACGIH ha propuesto un nivel de carboxihemoglobina del 3,5%, como más probable que alcanzado por un no fumador al final de una exposición de 8 horas a 29 mg de monóxido de carbono/m³ (25 ppm). El límite de tolerancia biológica (MTD), recomendado es del 5% de carboxihemoglobina, que corresponde a un nivel de monóxido de carbono TWA de 34 mg/m³ (30 ppm) (22).

IV. Marco metodológico

A. Objetivos.

1. General

- a. Determinar el grado de exposición a monóxido de carbono en los vendedores de la economía informal que se encuentran en distintas partes de la ciudad de Guatemala.
- b. Proponer estrategias para mejorar las condiciones de salud e higiene ocupacional de los vendedores de la economía informal.
- c. Elaborar un diagnóstico general de los niveles de carboxihemoglobina en sangre de los vendedores de la economía informal de la ciudad de Guatemala.

2. Específicos

- a. Cuantificar los niveles de carboxihemoglobina en vendedores de la economía informal de la ciudad de Guatemala.
- b. Determinar si existe relación entre el lugar de trabajo de los vendedores de la economía informal y el aumento de los niveles de carboxihemoglobina en sangre.
- c. Determinar la frecuencia e intensidad en que los vendedores de la economía informal presentan de síntomas relacionados a la exposición de monóxido de carbono.
- d. Comparar los resultados obtenidos en el estudio realizado en 1998 por Argueta W. en el trabajo “Riesgos de intoxicación crónica por contaminación ambiental de monóxido de carbono”.

B. Hipótesis.

Existe una relación directa y proporcional entre el lugar de trabajo y los niveles de carboxihemoglobina mayores al 10% de saturación en sangre de vendedores de la economía informal de la ciudad de Guatemala.

C. Variables.

1. Variables Independientes

- a. Lugar de trabajo del sujeto de prueba
- b. Horario de trabajo del sujeto de prueba

2. Variables Dependientes

- a. Niveles de exposición a monóxido de carbono de los vendedores de la economía informal.

D. Población y muestra.

1. Universo de trabajo o población meta. Personas que laboran como vendedores de la economía informal en la ciudad de Guatemala cerca de los 4 puntos de muestreo correspondientes al programa Monitoreo de Aire de la Universidad de San Carlos de Guatemala que se encuentran en:

- Avenida Petapa entre 30 y 35 calle zona 12
- 9ª. Avenida y 10ª. Calle zona 1
- Calzada San Juan entre 10ª. y 15 avenida zona 7
- Calzada Aguilar Batres entre 25 y 35 calle zona 11

2. Muestra (población accesible):

a. Selección de los sujetos. Se seleccionaron a 20 sujetos de 18 a 50 años, que laboran como vendedores de la economía informal en los puntos indicados en inciso D.1. Para cada punto se muestrearon a 5 individuos que participaron llenando una boleta de consentimiento informado (anexo 1).

Criterios de exclusión:

- 1) Trabajadores con daño hepático
- 2) Trabajadores con anomalías en el sistema hematopoyético
- 3) Fumadores activos
- 4) Trabajadores con enfermedades en el sistema respiratorio
- 5) Menores de 18 años y mayores de 55 años.
- 6) Mujeres embarazadas o en periodo de lactancia. Trabajadores que con menos de un (1) año de laborar como vendedores de la economía informal en

la ciudad de Guatemala.

b. Muestra a analizar. La sangre (5mL de sangre) de las personas que laboran en como vendedores de la economía informal, que desearon colaborar con el estudio y cumplieron con los criterios del inciso anterior.

E. Procedimiento.

1. Toma y recolección de muestra

a. Puntos de muestreo

Se seleccionaron 04 puntos de muestreo ubicados en:

- 1) Avenida Petapa entre 30 y 35 calle zona 12
- 2) 9^a. Avenida y 10^a. Calle zona 1
- 3) Calzada San Juan entre 10^a. y 15 avenida zona 7
- 4) Calzada Aguilar Batres entre 25 y 35 calle zona 11

b. Las muestras se recolectaron al inicio y al final de la jornada de trabajo.

1) Se toman aproximadamente 5mL de sangre venosa con anticoagulante (heparina) de personas que laboran por lo menos 6 horas en la vía pública, evitando la formación de burbujas o la entrada de aire al tubo vacutainer.

- 2) El tubo se rotula y transporta en una rejilla en la oscuridad a 4°C. al laboratorio para su procesamiento

2. Análisis de las muestras. Las muestras se procesaron según el método seguido por Argueta W. en 1998.

a. Preparación de reactivos: Hidróxido de amonio 0.1%

- 1) Medir exactamente 14.3 mL de hidróxido de amonio concentrado (28 – 29% NH₃ en agua).
- 2) Disolver en un litro de agua.
- 3) Diluir hasta 4 litros con agua.

b. Determinación espectrofotométrica de carboxihemoglobina en sangre:

- 1) Diluir aproximadamente 0.1mL de sangre con 20ml de solución de hidróxido de amonio al 0.1%.
- 2) Adicionar aproximadamente 20mg de ditionito de sodio sólido, para reducir cualquier oxihemoglobina a hemoglobina.
- 3) Leer las absorbancias inmediatamente en celdas de 1cm. con agua como blanco a 538nm (máxima absorbancia de carboxihemoglobina) y 578nm (punto isobéptico de la carboxihemoglobina y hemoglobina).

4) Cálculos:

$$\text{Saturación de Hb por CO (\%)} = \frac{1.43 * D_{538\text{nm}} - 1.30 * D_{578\text{nm}}}{D_{578\text{nm}}} * 100$$

F. Diseño de investigación.

1. Tipo de estudio

- a. De acuerdo a su finalidad: analítico
- b. De acuerdo a su dirección temporal: transversal
- c. De acuerdo a la cronología de los hechos: prospectivo

2. Diseño metodológico: Estudio experimental controlado aleatorio.

3. Diseño del muestreo. Se muestrearon a los vendedores de la economía informal que se encuentran en los 04 puntos de muestreo correspondientes al programa Monitoreo de Aire de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Para determinar la relación entre el aumento de los niveles de carboxihemoglobina y el lugar de trabajo, se llevó a cabo una comparación entre la diferencia en el grado de saturación de carboxihemoglobina de la muestra tomada en la mañana y la muestra tomada en la tarde de los vendedores de la economía informal que se encuentran en los diferentes puntos de muestreo.

Para determinar la frecuencia e intensidad en que los vendedores de la economía informal sufren de síntomas relacionados a la exposición a monóxido de carbono, se analizó la información que proporcionen junto a la boleta de consentimiento informado.

G. Análisis estadístico.

Se determinó el grado de exposición a monóxido de carbono por estimación de la media de los niveles de carboxihemoglobina encontrados en las personas muestreadas en cada punto de muestreo.

La interpretación se realizó por estadística descriptiva entre el nivel medio de carboxihemoglobina encontrado y las condiciones en que fue realizada la toma de muestra.

V. Marco operativo

A. Recabación y tratamiento de los datos.

De acuerdo a la estadística descriptiva se realizó la prueba X^2 de Bartlett (Ji cuadrado de Bartlett) a los datos de las muestras tomadas en la mañana y las muestras tomadas en la tarde para demostrar la no homogeneidad de varianzas con una probabilidad de 0.05.

X² de Bartlett

$$X^2_{\text{Bartlett}} = \frac{\left[\ln \frac{\sum \sigma^2 (n-1)}{\Sigma (n-1)} \right] \Sigma (n-1) - \Sigma \ln \sigma^2 (n-1)}{1 + \frac{K+1}{3(K-1)(N-K)}} \quad (\text{Ecuación 2})$$

Calculo grados de libertad

$$gl = K - 1 \quad (\text{Ecuación 3})$$

Para determinar si existe diferencia significativa entre las muestras tomadas en la mañana y las muestras tomadas en la tarde del grupo de participantes, se usó la prueba t student-Welch para dos muestras independientes con varianzas no homogéneas a un nivel de significancia de 0.05.

Calculo grados de libertad

$$gl = \frac{\left(\frac{\sigma_1^2}{n_1} + \frac{\sigma_2^2}{n_2} \right)^2}{\frac{\left(\frac{\sigma_1^2}{n_1-1} \right)^2}{n_1} + \frac{\left(\frac{\sigma_2^2}{n_2-1} \right)^2}{n_2}} - 2 \quad (\text{Ecuación 5})$$

t Student-Welch

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{n_1} + \frac{\sigma_2^2}{n_2}}} \quad (\text{Ecuación 6})$$

B. Recursos.

1. Recursos humanos

- a. Autor: José Adán Ralón Araneda
- b. Asesora: Lda. Carolina Guzmán, Departamento de Toxicología de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia de la Universidad de San Carlos de Guatemala.
- c. Revisora: Dra. Sara de Aldana, Médico Clínica Municipal. Programa de Atención Integral a los empleados municipales.
- d. Técnicos: Sra. Erika Marroquín

2. Recursos materiales.

a. Equipo

- 1) Espectrofotómetro UV-Vis Génesis 10 UV
- 2) Balanza Analítica ($\pm 0.001g$) Shimadzu
- 3) Refrigerador
- 4) Hielera

b. Materiales

- 1) Tubos para sangre de 5 cc con heparina
- 2) Jeringas con agujas hipodérmicas de 5cc.
- 3) Liga de 50 cm
- 4) Alcohol 95%
- 5) Algodón
- 6) Gradilla para tubos

c. Cristalería de laboratorio.

- 1) Vasos de precipitado de 1000 mL
- 2) Vasos de precipitado de 250 mL
- 3) Vasos de precipitado de 50 mL
- 4) Balón aforado de 1000 mL
- 5) Probeta de 25 mL
- 6) Varilla de agitación
- 7) Tubos de ensayo
- 8) Pipeta serológica de 10 ml
- 9) Pinza

d. Reactivos

- 10) Hidróxido de amonio 0.1%
- 11) Ditionito de sodio en polvo
- 12) Agua

3. Lugares donde se llevó a cabo la investigación. Se seleccionaron 04 puntos de muestreo ubicados en:

- a. En Avenida Petapa entre 30 y 35 calle zona 12

- b. 9ª. Avenida y 10ª. Calle zona 1
- c. Calzada San Juan entre 10ª. y 15 avenida zona 7
- d. Calzada Aguilar Batres entre 25 y 35 calle zona 11

4. Recursos institucionales.

- a. Biblioteca de la Universidad del Valle de Guatemala
- b. Biblioteca de la Universidad de San Carlos de Guatemala
- c. Departamento de Toxicología. Centro de Información y Asesoría Toxicológica.
Universidad de San Carlos de Guatemala.

VI. Programa

Actividades	Duración	Meses			
		febrero	marzo	abril	mayo
1. Revisión bibliográfica	2 semanas	febrero 23 – marzo 6			
2. Elaboración del plan de investigación	6 semanas		marzo 9 – abril 19		
3. Presentación del protocolo	1 semanas			Abril 21 – abril 24	
4. Muestreo y obtención de resultados	1 semana				mayo 4 – mayo 8
5. Análisis de resultados	1 semana				mayo 11 – mayo 15
6. Elaboración del informe de investigación	1 semana				mayo 11 – mayo 15

VII. Resultados

Tabla 4
Datos generales de los sujetos encuestados

Datos	Hombres	Mujeres
Número de participantes	14	8
Rango de edades (años)	53 - 18	45 - 18
Rango de peso (libras)	115 - 170	110 - 150
Rango de estatura (metros)	1.60 - 1.70	1.40 - 1.70
Rango de horas de trabajo al día	09 - 13	09 - 12
Promedio de horas de trabajo al día	10.6	10.2
Promedio de % de saturación de COHb en la mañana	20.39%	21.44%
Promedio de % de saturación de COHb en la tarde	22.47%	20.51%

*Dos de las personas encuestadas no participaron en el estudio porque no cumplían con los criterios de la sección D.2

Tabla 5
Frecuencia de los síntomas reportados por los encuestados después de la jornada de trabajo en orden descendente

Síntoma	Número de participantes que reportaron el síntoma	Mayor frecuencia
Visión borrosa	11	Mensual
Dolor de cabeza	10	Mensual
Palpitaciones en las sienas	10	Mensual
Debilidad	10	Diario y mensual
Ardor de ojos	9	Diario
Tensión en la frente	8	Mensual
Tos	7	Mensual
Dolor muscular	7	Diario y semanal
palpitaciones	6	Mensual
Dificultad para respirar	4	Mensual
Nauseas	3	Mensual
dolor torácico	2	Mensual
Diarrea	2	Mensual
Vómitos	0	No reportado

Tabla 6
Resultados de porcentaje de carboxihemoglobina en los sujetos participantes del punto
1 Avenida Petapa zona 12

Sujeto	Sexo	%	%	Diferencia
		Carboxihemoglobina (mañana)	Carboxihemoglobina (tarde)	
Sujeto 1	Masculino	18.52	19.23	0.71
Sujeto 2	Masculino	19.41	19.98	0.57
Sujeto 3	Masculino	19.51	20.53	1.02
Sujeto 4	Masculino	19.00	18.06	-0.94
Sujeto 5	Femenino	21.36	19.48	-1.88
Promedio		19.56	19.46	-0.10
Desviación estándar		1.08	0.93	1.25

Tabla 7
Resultados de porcentaje de carboxihemoglobina en los sujetos participantes del punto
2 Zona 1

Sujeto	Sexo	%	%	Diferencia
		Carboxihemoglobina (mañana)	Carboxihemoglobina (tarde)	
Sujeto 1	Femenino	24.30	20.40	-3.90
Sujeto 2	Femenino	20.20	20.00	-0.20
Sujeto 3	Femenino	20.90	20.89	-0.01
Sujeto 4	Femenino	20.83	21.35	0.52
Sujeto 5	Masculino	21.15	21.08	-0.07
Promedio		21.48	20.74	-0.73
Desviación estándar		1.62	0.54	1.79

Tabla 8
Resultados de porcentaje de carboxihemoglobina en los sujetos participantes del punto
3 Calzada San Juan zona 7

Sujeto	Sexo	%	%	Diferencia
		Carboxihemoglobina (mañana)	Carboxihemoglobina (tarde)	
Sujeto 1	Masculino	18.37	20.67	2.30
Sujeto 2	Masculino	25.07	22.16	-2.91
Sujeto 3	Masculino	19.64	19.97	0.33
Sujeto 4	Masculino	30.16	20.15	-10.01
Sujeto 5	Masculino	19.62	19.18	-0.44
Promedio		22.57	20.43	-2.15
Desviación estándar		4.97	1.11	4.78

Tabla 9
Resultados de porcentaje de carboxihemoglobina en los sujetos participantes del punto
4 Calzada Aguilar Batres zona 11

Sujeto	Sexo	%	%	Diferencia
		Carboxihemoglobina (mañana)	Carboxihemoglobina (tarde)	
Sujeto 1	Masculino	20.51	50.51	30.00
Sujeto 2	Masculino	15.00	21.09	6.09
Sujeto 3	Femenino	20.34	21.09	0.75
Sujeto 4	Femenino	22.14	20.35	-1.79
Sujeto 5	Masculino	19.06	19.5	0.44
Promedio		19.41	26.51	7.10
Desviación estándar		2.70	13.43	13.13

Gráfica 1

Promedios de porcentaje de carboxihemoglobina encontrada en participantes en los puntos de muestreo

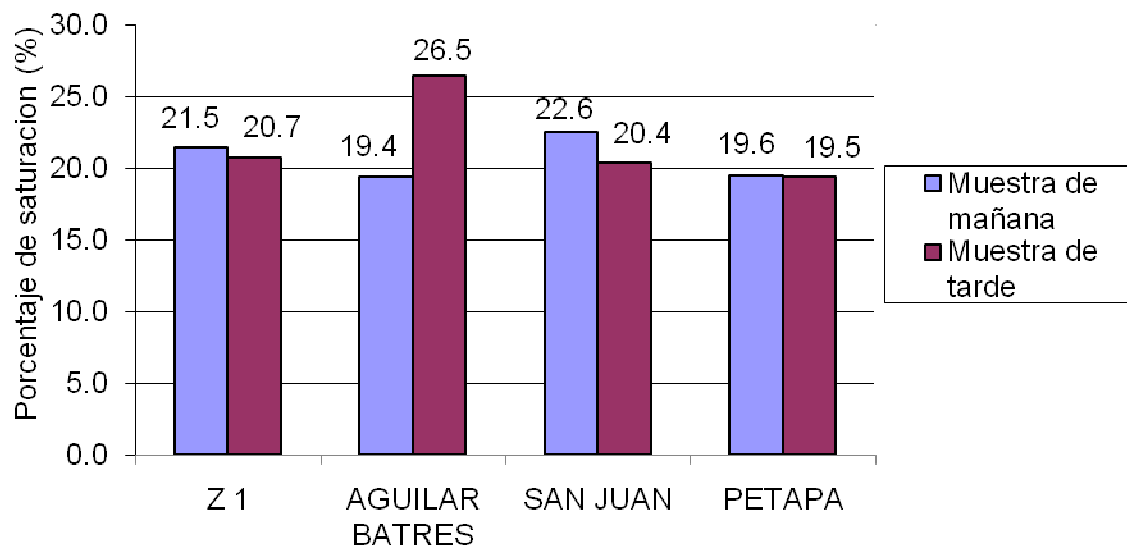


Tabla 10

Resultados de pruebas estadísticas

	Valor	Grados libertad	Valor crítico	Interpretación
X ² de Bartlett	10.93	1	3.841	Las varianzas no son homogéneas y por lo tanto hay variación entre las muestras de la mañana y la tarde
t student-Welch	0.615	25	1.708	Existe significancia estadística entre todas las muestra tomadas en la mañana y todas las muestras tomadas en la tarde

VIII. Discusión

En la Tabla 1 se puede observar que las personas encuestadas y en su mayoría participantes en el estudio conformaban un grupo heterogéneo, bastante representativo de la población de vendedores de la economía informal de la ciudad de Guatemala. Lo más representativo es que en hombres y mujeres las horas de trabajo diario en promedio son casi las mismas cerca de 10.5 horas, con un horario de trabajo aproximado de 7 u 8 am. a las 6 ó 9 pm, es decir que estas personas se encuentran expuestas por su trabajo a los horarios de mayor tráfico vehicular, lo cual les afecta por los gases que emiten los vehículos.

A las personas encuestadas se les preguntó cuáles eran los síntomas por exposición a monóxido de carbono (CO) que presentaban y con qué frecuencia los padecían, en la Tabla 2 se muestra en orden descendente la incidencia que estos fueron reportados. Como se puede observar el padecimiento más reportado es la visión borrosa, el cual reportan que lo sufren en su mayoría aproximadamente mensualmente.

Si los síntomas de la Tabla 2 se reagruparan por sistemas, se demuestra que el sentido de la vista es el más afectado porque el ardor de ojos ocupa el quinto lugar de incidencia y la visión borrosa el primer lugar; el segundo sistema en el cual se observa que las personas sufren más padecimientos por la exposición a CO es el sistema nervioso porque el dolor de cabeza y las palpitaciones en las sienes se encuentran en tercer y cuarto lugar respectivamente y la tensión en la frente ocupa el quinto lugar en incidencia; el tercer sistema más afectado es el cardiovascular, porque la debilidad ocupa el segundo lugar de incidencia, las palpitaciones y el dolor torácico ocupan el noveno y el doceavo lugar respectivamente. Por último los sistemas menos afectados son el sistema respiratorio, el sistema muscular y el gastrointestinal. Estos síntomas encontrados en las personas coinciden en su mayoría con los valores de carboxihemoglobina encontrados en sangre. A pesar que el contaminante estudiado es un gas, los participantes no reportaron los padecimientos respiratorios como el principal problema y los daños en el sistema respiratorio no eran evidentes, por lo que no se puede descartar que los daños en este sistema y en los otros, sean en un grado menor a los que se reportaron con mayor frecuencia, porque no se realizaron pruebas de diagnóstico específicas para determinar el daño causado por el contaminante en cada uno de los sistemas, ya que el objetivo principal es la cuantificación de carboxihemoglobina en sangre.

Un factor importante para la interpretación de los resultados de la Tabla 2 es que la mayoría de personas que participaron en el estudio llevan mucho tiempo trabajando en el mismo lugar en las mismas condiciones, por lo que los síntomas que reportan padecer se encuentran perfectamente correlacionados con los de una exposición crónica al CO, porque en su mayoría sufren problemas en el sistema nervioso por el daño degenerativo que este gas ocasiona en el sistema nervioso central a concentraciones de saturación de COHb cerca al 10%.

A las personas se les realizó extracción de sangre para la determinación de carboxihemoglobina (COHb) sanguínea, se encontraban distribuidos en cuatro grupos en zonas de alta afluencia vehicular diaria en diferentes puntos de la ciudad de Guatemala.

En la Tabla 3 se observan los valores de saturación de carboxihemoglobina de las personas a quienes se hizo la muestra en la avenida Petapa, en tres de las cinco personas analizadas se observa un aumento en la concentración de COHb, pero el aumento no es muy alto aproximadamente un 1% en saturación. Las otras dos personas mostraron una disminución en la concentración de carboxihemoglobina en la muestra de la mañana respecto a la muestra de la tarde en un caso la disminución es menor al 1% pero en el otro caso la saturación disminuye sobre 1.8%. En este grupo de personas, la saturación de carboxihemoglobina promedio no superó el 20% en las muestras tomadas en la mañana y en la tarde, pero los síntomas más reportados son los relacionados con el sentido de la vista, el sistema nervioso y cardiovascular. Al comparar los resultados obtenidos con los reportados por Argueta W. en 1998 en las personas que laboraban en este punto, los niveles de contaminación en esta población han aumentado drásticamente, porque para 1998 el 100% de las personas muestreadas en la mañana presentaban niveles de COHb no detectables y el 99% de las personas en la tarde presentaban niveles menores al 15%, mientras que en este caso se encontró que en la mañana y en la tarde los niveles superaban el 18% de saturación.

En la Tabla 4 se observan los valores de saturación de carboxihemoglobina de las personas muestreadas en la zona 1, en cuatro de las cinco personas se observa una disminución de los niveles de carboxihemoglobina en los análisis tomados en la tarde respecto a los de la mañana, aunque en tres casos la diferencia es menor al 1%. En el cuarto caso se obtuvo una diferencia alta cerca del 4%, todos estos sujetos laboraban en el mismo punto, es decir que en el ambiente de este lugar disminuyen los valores de CO ambientales, a la persona

que le disminuyeron los niveles cerca de un 4%, la muestra de la mañana fue la más alta del grupo, posiblemente esta persona estuvo en un ambiente con niveles de monóxido de carbono mayores que el resto de personas antes de llegar a su lugar de trabajo y al llegar a un ambiente con menor contaminación depuró el gas inhalado a un grado en el que mantuviera un equilibrio entre los niveles ambientales y los nivel sanguíneo. La persona a la que le aumentaron los niveles de COHb se encontraba a una cuadra del grupo que le disminuyó los niveles, el aumento que sufrió fue menor al 1%. En general se puede decir que en este grupo de personas los niveles de COHb en la mañana y en la tarde se mantuvieron cerca del 21% de saturación, notando que los niveles se mantienen constantes durante la mayor parte de la jornada laboral, además este grupo reporta en su mayoría síntomas relacionados a la exposición de monóxido de carbono en el sentido de la vista, en el sistema nervioso y en el sistema cardiovascular. Al comparar los resultados con los del estudio de 1998 de Argueta W., también se demuestra, como en el punto de muestreo anterior, que los niveles de contaminación de la población que trabaja en este sector han aumentado; porque en 1998 al 50% de los muestreados en la mañana tenían niveles de COHb no detectables y el otro 50% tenían niveles menores al 6% de saturación; y en la tarde todos presentaron niveles menores al 10% de saturación, mientras que en las mediciones actuales en la mañana y en la tarde los niveles de COHb de todos los participantes se encontraban por arriba del 20% de saturación.

En la Tabla 5 se presentan los niveles de COHb en las personas muestreadas en la Calzada San Juan zona 7, se observa una variación considerable en los niveles de COHb entre los participantes, en dos de los participantes se observa un aumento de los niveles de carboxihemoglobina, en uno se observó un aumento del 2.30% respecto a la muestra de la mañana, esto se pudo haber debido a que el participante inició con el nivel de carboxihemoglobina más bajo observado para este grupo (18.37% COHb) y por la contaminación de los vehículos el nivel en la tarde aumentó a 20.67%, el cual se encuentra cerca de la media de los valores encontrados en la tarde, la otra persona mostró un aumento de 0.33%, el cual no es significativo. Los otros tres participantes en este grupo mostraron una disminución de los niveles de COHb, en una persona se observó una disminución de un 10% de COHb en la tarde, esto se pudo haber dado porque la profesión de esta persona es mecánico automotriz por lo cual se encuentra en contacto directo con las emisiones de los vehículos, por lo que previo a la toma de la mañana pudo trabajar en un carro y contaminarse con altas cantidades de CO e ir durante el día depurando el gas de su organismo, otro sujeto mostró una disminución del 2.91% de COHb esta persona, también por su trabajo, se

encuentra en contacto directo con las emisiones de los vehículos porque es lavador de autos y la disminución de COHb se puede justificar de forma similar al caso anterior, la tercer persona presentó disminución de 0.44% en los niveles de COHb, el cual es bastante bajo para ser significativo individualmente.

Al realizar la comparación de este grupo de personas con los resultados del trabajo de Argueta W. en 1998, se observa una gran diferencias en los resultados, porque hace diez años aproximadamente en las muestras realizadas en la mañana el 100% de los participantes mostraron niveles de COHb no detectables, mientras que actualmente en el grupo de personas muestreadas en este punto se observa un nivel superior al 19% de saturación. En las tomas realizadas en la tarde hace diez años los participantes mostraron niveles de COHb desde no detectables hasta al 10% de saturación, mientras que en la actualidad en los participantes se detectó una saturación de COHb cerca del 20%, se vuelve a evidenciar, como en los otros dos puntos que el riesgo laboral de sufrir una intoxicación por CO de los vendedores de la economía informal ha ido en aumento en los últimos diez años, ya que se encontró que los valores de saturación de COHb aumentaron aproximadamente al doble de los encontrado por Argueta W. para este punto de la ciudad.

En la Tabla 6 se presentan los niveles de COHb de las personas participantes en el estudio que se encontraban en la Calzada Aguilar Batres; en este grupo de personas se concluyó que cuatro personas presentaron un aumento de los niveles de COHb, dos personas (sujeto 1 y sujeto 2) mostraron un aumento alto en los niveles 30% y 6.09% respectivamente, esto se debió a que estas personas por su profesión se encuentran expuestas a otra fuente de emisión de CO, porque ambos son vendedores de hotdog, los que preparan con carbón, es por ello que los valores de COHb en la tarde se encuentra muy elevados, de hasta un 50% de saturación. El aumento de las otras dos personas en los valores de COHb fue menor a un 1%. En este grupo también se reportan síntomas por exposición a CO relacionados al sentido de la vista, al sistema nervioso y cardiovascular. Al comparar nuevamente los resultados de Argueta W. en 1998, se evidencia nuevamente que el riesgo de intoxicación por CO de los vendedores de la economía informal ha aumentado en los últimos diez años, porque para la muestra tomada en la mañana por Argueta W. los niveles de COHb para el 100% de los participantes en este punto del estudio no fue detectable y para la tarde, el 90% de los participantes no fue detectable y el 10% tenían una saturación entre 0 – 1.9% de COHb; mientras que en la actualidad todos los participantes en la mañana tenían una saturación entre el 15% al 20% de

COHb y en la tarde entre el 20% y el 50% de saturación, esto implica un aumento de aproximadamente de 17% en la saturación de COHb en la mañana y de 35% en la saturación de COHb en la tarde para las personas de este punto de la ciudad.

En general, en todos los puntos de muestreos hay riesgo de sufrir una sobre exposición al CO de los vendedores de la economía informal, porque en la mayoría de participantes se encontraron niveles de COHb entre el 15 al 20% de saturación en la mañana y en la tarde, lo cual se puede deber a que el ambiente durante toda la jornada de trabajo se encuentra con una concentración de CO similar. Es importante mencionar que en todos los participantes del estudio se encontraron niveles elevados de COHb en las muestras recogidas en la mañana, esto se pudo deber a que en la hora en que se realizaron las tomas fueron tomadas (8:00 – 10:00 am.), las personas fueron expuestas a altas concentraciones de CO provenientes del tráfico matutino al trasladarse de su vivienda a su lugar de trabajo o al instalarse en su puesto de venta. Un punto que no se preguntó a los participantes es el tipo de estufa que tenían en casa, porque si ésta era de carbón se puede deducir que la contaminación detectada en sangre en la mañana, es proveniente de la estufa.

Se observó, que en general, los niveles de COHb de las muestras recogidas en la tarde se encontraban por debajo a los niveles de la mañana, esta variación se pudo deber a que en el horario en que las muestras fueron recolectadas (2:00 a 4:00 pm) la densidad vehicular era baja, no mostrando el efecto de la alta densidad vehicular que se crea en la ciudad a partir de la 16:30 hrs., por lo que las personas que sufrieron una disminución en los niveles de COHb en la tarde eran quienes habían iniciado el proceso de depuración del CO al encontrarse en un ambiente menos contaminado. En todos los casos los valores aceptados de COHb por la OMS que es de 2.5% de saturación fueron sobrepasados en gran manera.

Para determinar si las muestras tomadas en la mañana estaban relacionadas con las de la tarde, se realizó la prueba χ^2 de Barlett, la cual demostró que ambos grupos tenían una independencia estadística con una probabilidad de 95%, por lo que las variaciones en los valores se deben al método de análisis y al fenómeno estudiado y no son variaciones introducidas por el investigador. Para determinar si la diferencia entre este grupo de datos es significativa se llevó a cabo la prueba de T student-welch para muestras independientes con varianzas no homogéneas, demostrándose que la diferencia encontrada entre los grupos de datos es significativa a 0.05 de significancia.

Entre las variantes del estudio se encontró que el 35% de los participantes eran mujeres las cuales en promedio presentaron una saturación de COHb en la mañana de 21.44% y en la tarde la saturación promedio bajó a 20.51%, comparados con los valores promedio de saturación de los hombres que en la mañana fue de 20.39% y en la tarde fue de 22.47%. La diferencia entre el grado de saturación de COHb entre hombres y mujeres en la mañana, se le puede atribuir a las condiciones de vivienda, como el cocinar con leña, o vivir en una zona contaminada, ya que hombres y mujeres fueron expuestos a la misma contaminación por el mismo tiempo. En la tarde se observó que el grupo de mujeres sufrieron una disminución de los niveles de COHb, al contrario de los hombres que sufrieron un aumento en promedio de 2.08% de saturación, lo cual se puede relacionar porque los hombres poseen generalmente un índice de masa muscular mayor que las mujeres.

IX. Conclusiones

- A. Existe una alta exposición a monóxido de carbono en los vendedores de la economía informal que se encuentran en distintas partes de la ciudad de Guatemala. Los niveles de carboxihemoglobina encontrados en la mañana son de 15% al 30% de saturación y en la tarde se encontraron niveles entre el 18% al 50% de saturación.

- B. En todos los puntos muestreados de la ciudad de Guatemala se encontró aumento aproximadamente del 20% de saturación de carboxihemoglobina en los trabajadores de ese sector en la mañana y de 21% de saturación en la tarde.

- C. Los sistemas que se ven más afectados por la exposición a monóxido de carbono en los vendedores de la economía informal son: el sentido de la vista, el sistema nervioso y el sistema cardiovascular. Todas las personas en los distintos puntos muestreados en la ciudad de Guatemala sufren de síntomas relacionados a la exposición crónica a monóxido de carbono, evidenciado porque la mayoría de síntomas reportados corresponden al sistema nervioso.

- D. Existe un aumento superior al 10% en los valores de saturación de carboxihemoglobina entre las personas que participaron en este estudio y el realizado en 1998 por Argueta W., evidenciando que el riesgo laboral de sufrir una intoxicación por CO de los vendedores de la economía informal ha aumentado en los últimos diez años.

X. Recomendaciones

- Es recomendable realizar una normativa para regular la emisión de gases contaminantes como el monóxido de carbono en vehículos automotores, para reducir los niveles ambientales de estos gases, restringiendo la circulación de vehículos automotores que emitan altas concentraciones de monóxido de carbono al ambiente.
- Generar opciones de transporte para la población de la ciudad que sean económicas, eficaces y seguras, para disminuir el parque vehicular que transita a diario por la ciudad.
- Realizar un estudio similar en personas que no se encuentren en riesgo de contaminación por monóxido de carbono para determinar el grado de exposición en el resto de la población de la ciudad.
- Realizar estudios de diagnóstico más específicos para determinar el grado del daño causado en el sentido de la vista, el sistema nervioso, el sistema respiratorio y el sistema cardiovascular, por el monóxido de carbono en la población de vendedores de la economía informal de la ciudad de Guatemala. Algunas de las pruebas a realizar podrían ser los rayos X, espirometrias, estudios de volúmenes pulmonares, prueba de esfuerzo cardiopulmonar, exámenes neurológicos, electrocardiogramas y potenciales evocados visuales.
- Realizar estudios similares varias veces al año con más participantes para determinar en qué época del año existe una mayor contaminación por monóxido de carbono, pero manteniendo un estricto control en las actividades de los participantes para determinar evidenciar qué fuente de contaminación es la que más afecta en los niveles de carboxihemoglobina.
- Realizar pláticas informativas en los vendedores de la economía informal en las que se les instruya sobre los problemas relacionados a la exposición a los gases provenientes de los vehículos automotores e informarles las formas con las que pueden disminuir sus efectos nocivos.
- Promover el uso de mascarillas adecuadas para la contaminación en los vendedores de la economía informal.

XI. Bibliografía

1. American Conference Governmental Industrial Hygienist. 2001. *TLVs and BEIs*. 6th Edición. Cincinnati, Ohio.
2. Andraus, Gahdda. 1997. *Efectos tóxicos del humo de automotores en vendedores callejeros de la ciudad capital: estudio en adultos, hombres y mujeres, expuestos de forma permanente en diferentes calles y avenidas de la ciudad de la capital de Guatemala, en el período de junio a julio de 1997*. Tesis Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. 47 págs.
3. Argueta, Waleska. 1998. *Riesgo de intoxicación crónica por contaminación ambiental de monóxido de carbono*. Tesis Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. 38 págs.
4. Bello Gutiérrez, José y A. López. 2001. *Fundamentos de Ciencia Toxicológica*. Ediciones Díaz de Santos. 368 páginas
5. Castro, Genny. 1997. *Estandarización de métodos para la dosificación de monóxido de carbono en sangre*. Tesis Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. 50 págs.
6. Ernst, Armin; J. D. Zibrak. 1998. "Carbon Monoxide Poisoning" *The New England Journal of Medicine*. 339 (22): 1603-1608
7. Flores, César. 2002. *Evaluación de la calidad del aire en ambientes hospitalarios (por determinación de ozono y monóxido de carbono)*. Tesis Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. 53 págs.
8. Frías Osuna, Antonio. 2000. *Salud Pública y Educación para la salud*. Publicado por Elsevier España. 440 páginas.
9. Hill, John William y D. Kolb. 2000. *Química para el nuevo Milenio*. 8a. Edición. 677 páginas.
10. Kumar, Vinay; A. Abbas, N. Fausto, R. Mitchell. 2008. *Robbins patología humana*. 8ª. Edición, España. 956 páginas.
11. Nufio, Indira. 2005. *Determinación de niveles de contaminación producidos por monóxido de carbono (CO) en trabajadores de parqueos en sótanos de edificios por vehículos automotores en la ciudad de Guatemala*. Tesis Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. 123 págs.
12. Ostle, Bernard. 1968. *Estadística aplicada, técnicas de la estadística moderna, cuando y donde aplicarlas*. Editorial Limusa-Wiley, S.A. Págs. 131-183

13. Pardo Mindán, F. J. 1998. *Compendio de anatomía patológica*. Pocket Guide of Pathologic Anatomy. España. 733 páginas.
14. Pino, Mercedes y L. Hernández. 1990. "Determinación de niveles sanguíneos de carboxihemoglobina como función de la exposición al monóxido de carbono en la ciudad de Bogotá" *Revista Colombiana de Ciencias Químico Farmacéuticas*. [Colombia]. 18: 21 – 27.
15. Ponce, Rafael *et al.* 2005. "Variación del nivel de carboxihemoglobina en corredores aficionados en ambientes con tránsito de vehículos motorizados en el distrito de San Isidro" *Revista Medica Herediana* [Peru]. 16 (4): 266 – 272
16. Santizo Coloma, Sergio Leonel. 1990. *Carboxihemoglobina en el personal del cuerpo voluntario de Bomberos de la ciudad de Guatemala*. Tesis Universidad de San Carlos. Guatemala, Guatemala. 55 págs.
17. Seoáñez Calvo; M. Bellas, P. Seoáñez. 2002. *Tratado de la contaminación atmosférica*. Publicado por Mundi-Prensa Libros. España. 1112 páginas.
18. Téllez, Jairo; A. Rodríguez y A. Fajardo. 2006. "Contaminación por Monóxido de Carbono: un Problema de Salud Ambiental". *Revista de Salud Pública*. [Colombia] 8 (1): 108 – 117
19. Torre Espí, M. de la; Molina Cabañero, J. C. "Capítulo 22 Intoxicaciones por monóxido de carbono". 2008. *Manual de intoxicaciones en pediatría*. España. Sociedad Española de Urgencias de Pediatría. Págs. 259 - 268
20. Valtueña, José A. 2002. *Enciclopedia de la ecología y la salud*. Asociación Publicadora Interamericana (APIA). 416 páginas
21. Weaver, Lindell K. 2009. "Carbon Monoxide Poisoning" *The New England Journal of Medicine*. 360 (12): 1217 – 1225

Referencias de internet.

22. Environmental Health Criteria 213 *Carbon Monoxide* (Second Edition). World Health Organization. Geneva, 1999. Disponible en:
http://whqlibdoc.who.int/ehc/WHO_EHC_213.pdf consultado 13 marzo 2009.
23. Guatemala. 2009. Municipalidad de Guatemala. *Aumenta el parque vehicular en la metrópoli*. Disponible en:
http://www.muniguate.com/index.php?option=com_content&view=article&id=2202:vialidadmetropoli&catid=64:temas Consultado el 08 de marzo del 2009.

ANEXO 1



Universidad del Valle de Guatemala
Departamento de Química Farmacéutica

CUESTIONARIO DE CONSENTIMIENTO INFORMADO

Los datos del presente cuestionario serán confidenciales y se utilizarán para seleccionar a los participantes del estudio *Exposición a monóxido de carbono en vendedores de la economía informal de la ciudad de Guatemala*. Su colaboración es de suma importancia para la realización de dicho estudio. No existe ningún riesgo de contraer alguna enfermedad al participar.

Fecha: _____ No. de muestra: _____

1. Datos generales

Nombre: _____ Edad: _____
Sexo: _____ Dirección: _____
Peso: _____ Altura: _____

2. Hábitos tóxicos

Fuma: Sí ___ No ___
Cuántos cigarrillos al día: _____ semana: _____ mes: _____
Ingiere bebidas alcohólicas: Sí ___ No ___
Otros hábitos tóxicos: _____

3. Hábitos de trabajo

Lugar de trabajo: _____
Ocupación: _____
Tiempo de laborar: _____
Horas diarias de trabajo: _____

4. Condiciones generales de salud

Marcar con un X las condiciones de salud que correspondan a su estado actual

Hepatitis	<input type="checkbox"/>	Bronquitis	<input type="checkbox"/>
Cirrosis	<input type="checkbox"/>	Asma	<input type="checkbox"/>
Daño hepático	<input type="checkbox"/>	Problemas cardiacos	<input type="checkbox"/>
Anemias	<input type="checkbox"/>	Gripe	<input type="checkbox"/>
Embarazo	<input type="checkbox"/>		

Otros _____
Medicamentos que utiliza actualmente: _____

5. Al final de la jornada de trabajo usted ¿siente alguno de los siguientes síntomas?

Síntomas	Sí/No	Frecuencia		
		Diario	Semanal	Mensual
Tensión en la frente				
Dolor de cabeza				
Palpitaciones en las sienas				
Visión borrosa				
Ardor de ojos				
Debilidad				
dolor torácico				
palpitaciones				
Nauseas				
Vómitos				
Diarrea				
Dolor muscular				
Dificultad para respirar				
Tos				

Estoy dispuesto a participar en el estudio *Exposición a monóxido de carbono en vendedores de la economía informal de la ciudad de Guatemala* donando para este fin 5.0 mL de sangre en la mañana y en la tarde.

Firma de aceptación

Tabla 11

Datos específicos de los participantes del punto 1

NO.	Sexo	Edad	Dirección	Peso (libras)	Altura (metros)	Lugar de trabajo	Ocupación	Tiempo de laborar (años)	Horario de trabajo diario	%COHb en la mañana	% COHb en la tarde
1	M	39 años	Z.6 Guatemala	165	1.65	Avenida Petapa y 24 calle	Vendedor de comida	2	6 am - 5 pm	18.52	19.23
2	M	32 años	Guajitos	170	1.65	Avenida Petapa y 30 calle	Vendedor de golosinas	10	6 am - 7pm	19.41	19.98
3	M	33 años	Fraijanes	161	1.69	Avenida Petapa y 30 calle	Vendedor de comida	15	6 am - 7pm	19.51	20.53
4	M	35 años	z.3 Guatemala	130	1.57	Avenida Petapa y 30 calle	Vendedor de comida	1	6 am - 7pm	19.00	18.06
5	M	33 años	z. 13 Guatemala	110	1.58	Avenida Petapa y 30 calle	Vendedora de comida	1	5 am - 5pm	21.36	19.48

Anexo 2

Tabla 12

Datos específicos de los participantes del punto 2

NO.	Sexo	Edad	Dirección	Peso (libras)	Altura (metros)	Lugar de trabajo	Ocupación	Tiempo de laborar (años)	Horario de trabajo diario	%COHb en la mañana	% COHb en la tarde
1	F	32 años	Z.1 Guatemala	130	1.5	9a. Calle y 9a.avenid a zona 1	Vendedora	5	9 am - 6 pm	24.30	20.40
2	F	37 años	Z. 3 Guatemala	150	1.44	9a. Calle y 9a.avenid a zona 1	Vendedora de plastico	25	8 am - 7 pm	20.20	20.00
3	F	37 años	Z. 6 Guatemala	135	1.72	9a. Calle y 9a.avenid a zona 1	Vendedora de plastico	2	9 am - 7 pm	20.90	20.89
4	F	45 años	Z. 13 Guatemala	120	1.55	10a. Calle y 9a. Avenida zona 1	Vendedora	20	6 am - 5 pm	20.83	21.35
5	M	41 años	Z.1 Guatemala	167	1.61	9a. Calle y 9a.avenid a zona 1	vendedor	36	8 am - 8 pm	21.15	21.08

Tabla 13

Datos específicos de los participantes del punto 3

NO.	Sexo	Edad	Dirección	Peso (libras)	Altura (metros)	Lugar de trabajo	Ocupación	Tiempo de laborar (años)	Horario de trabajo diario	%COHb en la mañana	% COHb en la tarde
1	M	52 años	San Pedro Sacatepequez	130	1.57	Cal. San Juan y 12 avenida	Operador de Sierra en Aserradero	18	7 am - 4pm	18.37	20.67
2	M	25 años	z. 6 Mixco	160	1.7	Cal. San Juan y 12 avenida	Lavador de carros	4	8 am - 5:30 pm	25.07	22.16
3	M	18 años	Z.4 Mixco	130	1.65	Cal. San Juan y 12 avenida	Mecánico	1	8:30 am - 5 pm	19.64	19.97
4	M	34 años	Escuintla	150	1.61	Cal. San Juan y 12 avenida	Mecánico	20	8:30 am - 5 pm	30.16	20.15
5	M	19 años	Chimaltenango	130	1.65	Cal. San Juan y 12 avenida	Soldador	11	8 am - 5 pm	19.62	19.18

Tabla 14

Datos específicos de los participantes del punto 4

NO.	Sexo	Edad	Dirección	Peso (libras)	Altura (metros)	Lugar de trabajo	Ocupación	Tiempo de laborar (años)	Horario de trabajo diario	%COHb en la mañana	% COHb en la tarde
1	M	25 años	Villa Nueva	110	1.58	Aguilar Batres y 32 calle	Vendedor de comida	1	7 am -4 pm	20.51	50.51
2	M	30 años	Villa Hermosa	140	1.6	Aguilar Batres y 32 calle	Vendedor de comida	10	7 am -4 pm	15.00	21.09
3	F	18 años	Villa Lobos	130	1.55	Aguilar Batres y 32 calle	Vendedora de comida	2	05:30 am - 3:30 pm	20.34	21.09
4	F	53 años	Z. 10 Mixco	120	1.42	Aguilar Batres y 28 calle	Vendedora de comida	10	9 am -6 pm	22.14	20.35
5	M	52 años	Z.7 Guatemala	140	1.6	Aguilar Batres y 26 calle	Vendedor de Golosinas	20	5 am -6 pm	19.06	19.5

Tabla 15
 Incidencia de síntomas relacionados a exposición a monóxido de carbono

Síntoma	No. Personas que lo reportan	Incidencia de casos reportados		
		Diario	Semanal	Mensual
Visión borrosa	11	1	2	8
Debilidad	10	4	2	4
Dolor de cabeza	10	2	1	7
Palpitaciones en las sienes	10	2	1	7
Ardor de ojos	9	5	1	3
Tensión en la frente	8	1	2	5
Dolor muscular	7	3	3	1
Tos	8	0	1	7
palpitaciones	6	1	0	5
Dificultad para respirar	4	1	1	2
Nauseas	3	0	0	3
dolor torácico	2	0	0	2
Diarrea	2	0	0	2
Vómitos	0	0	0	0

Anexo 3
Gráfica 2
Puntos de muestreo del estudio en la ciudad de Guatemala

