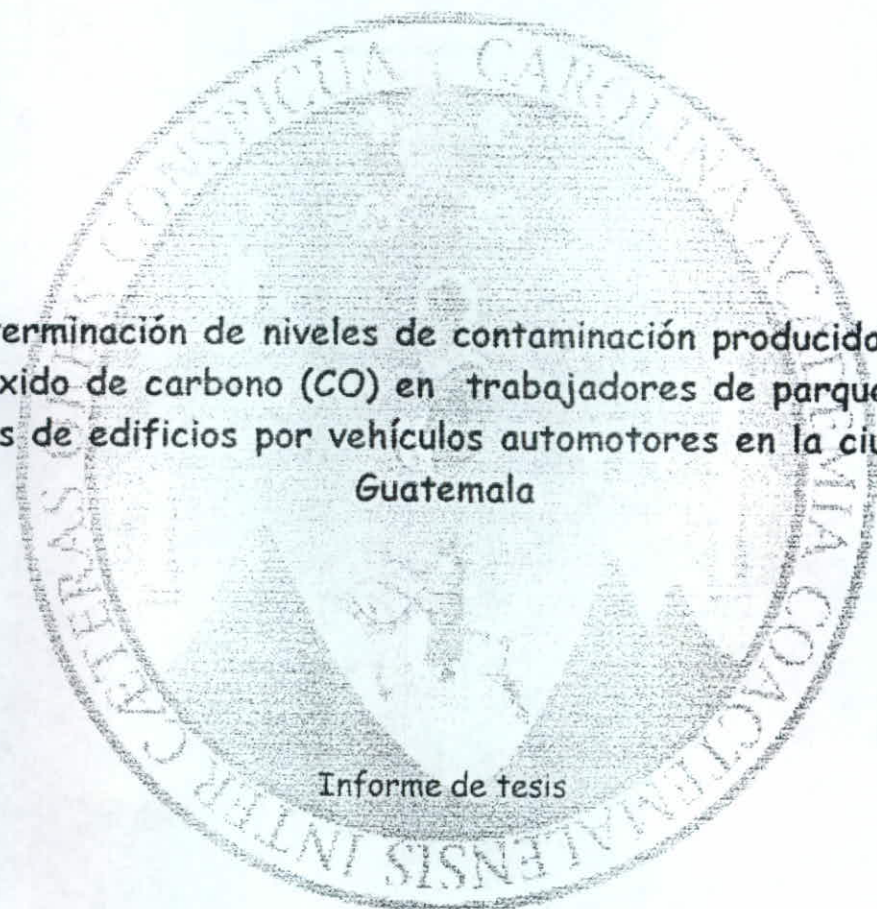


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA

The seal of the University of San Carlos of Guatemala is a circular emblem. It features a central shield with a cross and a book, surrounded by a wreath. The text "UNIVERSITAS SAN CAROLINIENSIS" is inscribed around the top inner edge, and "FUNDATA 1676" is at the bottom. The outer ring contains the text "UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA" and "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

Informe de tesis

Presentado por:  
Indira Guadalupe Nufio Martinez

Para optar al título de  
Química Farmacéutica

Guatemala, Julio 2005

DL  
06  
T(2333)

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y  
FARMACIA

DECANO	M.Sc. Gerardo Leonel Arroyo Catalán
SECRETARIO	Licda. Jannette Sandoval Madrid de Cardona
VOCAL I	Licda. Gloria Elizabeth Navas Escobedo
VOCAL II	Licda. Liliana Vides de Urizar
VOCAL III	Licda. Beatriz Eugenia Batres de Jiménez
VOCAL IV	Br. Roberto José Garnica Marroquín
VOCAL V	Br. Rodrigo José Vargas Rosales

## DEDICATORIA

### ACTO QUE DEDICO:

- A DIOS
- A LA VIRGEN MARIA
- A MI MADRE: *María Salomé Martínez Zelada*
- A MIS TIOS
- A MI FAMILIA
- A MIS CATEDRÁTICOS
- A MIS AMIGOS Y COMPAÑEROS

## AGRADECIMIENTOS

- A las administraciones de los 10 centros comerciales de la ciudad de Guatemala que permitieron realizar este estudio.
- A las personas que aceptaron participar en este estudio.
- A la licenciada Carolina Guzmán por la asesoría y apoyo brindado para la realización de este trabajo.
- Al licenciado Pablo Oliva por su coasesoría y colaboración en la realización del estudio.
- A la Escuela de Química por permitirme utilizar sus instalaciones para el análisis de muestras.
- Al programa de monitoreo de aire, por equipo prestado para el análisis de CO en el aire.
- Al departamento de toxicología, por brindarme cristalería y reactivos necesarios para la etapa experimental.
- Al departamento de Farmacia Industrial por permitirme utilizar sus instalaciones así como cristalería necesaria.
- Al Lic Elfego López por permitirme utilizar las instalaciones de la Universidad Del Valle de Guatemala para realizar un día de análisis de muestras.
- A los compañeras Químicas Biólogas, Ligia Quan, Isabel Gaitán, Carolina García y Karla Armas, por brindarme su colaboración en la toma de muestras de sangre.

## ÍNDICE.

	Página
1. RESUMEN -----	1
2. INTRODUCCIÓN-----	2
3. ANTECEDENTES (Monóxido de carbono) -----	5
3.1 <u>Generalidades</u> -----	5
Identidad-----	5
Propiedades Físicas y químicas-----	5
3.2 <u>Fuentes de Intoxicación</u> -----	6
3.2.1 <u>Combustiones incompletas</u> -----	6
3.2.1 <u>Gas del alumbrado</u> -----	7
3.2.3 <u>Gas de agua y gas pobre</u> -----	8
3.2.4 <u>Otras fuentes</u> -----	8
3.2.5 <u>Etiología medico - legal</u> -----	8
3.2.5.1 CRIMINAL-----	8
3.2.5.2 ACCIDENTAL-----	9
3.2.5.3 PROFESIONAL-----	10
3.3 <u>Toxicología del monóxido de carbono</u> -----	10
3.3.1 <u>Absorción</u> -----	10
3.3.2 <u>Destino y excreción</u> -----	11
3.3.3 <u>Fisiopatología</u> -----	11
3.3.4 <u>Mecanismo de daño por CO</u> -----	12
3.3.5 <u>Diagnostico</u> -----	12
3.3.6 <u>Clínica</u> -----	13
3.3.7 <u>Sintomatología</u> -----	14
3.3.7.1 INTOXICACIÓN SOBREALUDA-----	14
3.3.7.2 INTOXICACIÓN AGUDA-----	14
3.3.7.3 INTOXICACIÓN CRÓNICA-----	15
Cuadro No. 1: Síntomas de acuerdo con el porcentaje de saturación de la hemoglobina-----	16
Cuadro No. 2: Efectos para la salud humana asociada a bajos niveles de exposición de monóxido de carbono.-----	16
3.3.8 <u>Complicaciones y consecuencias (secuelas)</u> -----	17
3.3.8.1 COMPLICACIONES PULMONARES-----	17
3.3.8.2 COMPLICACIONES NEUROSIQUICAS-----	17
3.3.8.3 ANOMALIAS CARDIOVASCULARES.-----	18
Esquema No.1 Consecuencias cardiovasculares-----	19

3.3.9 <u>Dosis Tóxica</u> -----	20
Cuadro No. 3: Niveles esperados de COHb en individuos dedicados a diferentes tipos de trabajo.-----	20
Cuadro No. 4: Concentraciones normales de COHb y ejemplo de concentraciones resultantes de exposición a CO en el ambiente y en el lugar de trabajo.-----	21
3.3.10 <u>Tratamiento</u> -----	21
3.3.10.1 OXIGENO NORMOBÁRICO-----	21
3.3.10.2 OXIGENO HIPERBARICO-----	22
3.3.10.3 TRATAMIENTO DE EMERGENCIA -----	22
3.3.10.4 TRATAMIENTO SINTOMATICO-----	22
3.3.11 <u>Pronóstico</u> -----	23
3.3.12 <u>Prevención</u> -----	23
3.4 <u>Monitoreo del Aire</u> -----	24
3.4.1 <u>Diagnostico del aire en Guatemala</u> -----	25
3.4.1.1 FACTORES SOCIOCULTURALES Y ECONOMICOS	27
3.4.2 <u>Normas de calidad</u> -----	29
Cuadro No. 5: Efecto del CO por metro cúbico de aire-----	31
Cuadro No. 6: Concentraciones típicas de contenido en interiores-----	31
3.4.3 <u>Limites de exposición</u> -----	31
3.5 <u>Cuantificación del CO atmosférico</u> -----	32
3.5.1 <u>Espectrofotometría Infrarrojo</u> -----	32
3.5.2 <u>Cromatografía de Gases</u> -----	34
3.5.3 <u>Método de análisis volumétrico de presión constante</u> -----	34
3.6 <u>Cuantificación de la Carboxihemoglobina</u> -----	34
3.7 <u>Estudios realizados en Guatemala</u> -----	36
3.8 <u>Legislación relacionada</u> -----	37
3.8.1 <u>Constitución política de la Republica de Guatemala</u> -----	37
3.8.1.1 SECCIÓN SÉPTIMA: SALUD, SEGURIDAD Y ASISTENCIA SOCIAL-----	37
3.8.1.2 SECCIÓN OCTAVA: TRABAJO-----	38
3.8.2 <u>Código de Salud y su Reforma</u> -----	38
4. <u>JUSTIFICACIÓN</u> -----	40
5. <u>OBJETIVOS</u> -----	41
6. <u>HIPÓTESIS</u> -----	42
7. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u> -----	43
7.1 <u>Universo y muestra</u> -----	43

7.2	<u>Materiales y equipo</u> -----	43
7.3	<u>Cristalería</u> -----	44
7.4	<u>Reactivos</u> -----	45
7.5	<u>Métodos</u> -----	45
7.6	<u>Preparación de los reactivos</u> -----	47
7.7	<u>Diseño de Investigación</u> -----	47
7.8	<u>Análisis e interpretación de resultados</u> -----	47
8.	RESULTADOS-----	49
9.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS-----	59
10.	CONCLUSIONES-----	70
11.	RECOMENDACIONES-----	71
11.1	<u>Generales del estudio</u> -----	71
11.2	<u>Al Visitante de centros comerciales</u> -----	71
11.3	<u>Al Ministerio de Ambiente y Recursos naturales y al Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social (MSPAS)</u> -----	71
11.4	<u>Al Instituto guatemalteco de seguridad social (IGSS) y Ministerio de Trabajo</u> -----	72
11.5	<u>Al Patrono: Agencias de Seguridad</u> -----	72
11.6	<u>A centros comerciales con parqueos en sótanos</u> -----	73
11.7	<u>Al personal que trabaja en parqueos en sótanos</u> -----	73
11.8	<u>A la Universidad de San Carlos de Guatemala</u> -----	74
12.	REFERENCIAS-----	75
13.	BIBLIOGRAFÍA-----	79
14.	ANEXOS-----	80
	No. 1: Encuesta.-----	81
	No. 2: Carta para pedir autorización de muestrear en los centros comerciales.-----	82
	No. 3: Glosario.-----	83
	No. 4: Métodos para la detección de CO.-----	85
	No. 5: Artículo No. 1: Intoxicación por CO en el embarazo.-----	98
	No. 6: Artículo No. 2: El CO reduce la hiperplasia de la íntima.-----	107
	No. 7: Tabla del IMC.-----	109
	No. 8: Figura No. 1: Equipo de Detección usado para monitorear el CO.-----	110
	No. 9: Figura No. 2: Equipo Espectrofotométrico usado para detección de COHb.-----	113
	No. 10: Tablas de resultados individuales por centro comercial.-----	114
	No. 11: Tablas de relación sexo, fumadores y no fumadores.-----	121
	No. 12: Graficas relación sexo, fumadores y no fumadores.-----	122

## 1. RESUMEN

El propósito del presente trabajo fue determinar si existe riesgo para los trabajadores que laboran en sótanos de parqueos al exponerse a concentraciones de monóxido de carbono perjudiciales para la salud.

Para llevar a cabo dicho trabajo de investigación, se procedió a muestrear por medio de un equipo de monitoreo de CO en el aire de 10 centros comerciales ubicados en la ciudad capital que tuvieran parqueo subterráneo, y que quisieron participar, localizados específicamente en las zonas 1, 4, 7, 10, 11, 12, y 15 de esta ciudad, además se tomaron muestras de sangre de los trabajadores para medir el % de saturación promedio de Carboxihemoglobina (COHb), sin embargo en 2 centros comerciales no se realizaron mediciones de saturación de COHb debido a políticas de la empresa.

El CO en el aire se midió por medio de un monitor con sensor infrarrojo con aplicación específica para el gas en estudio que se colocó 8 horas continuas y los datos se registraron en un graficador, que muestra en forma de picos las concentraciones en el ambiente en ppm. El método de detección de COHb, se realizó por espectrofotometría UV - Visible leyendo las absorbancias de las muestras de sangre a los 2 puntos isobéticos de carboxihemoglobina (538 nm) y hemoglobina (578nm), estas fueron recolectadas en los trabajadores a las 6 de la tarde, cuando las concentraciones de CO en el ambiente son mayores.

El estudio se llevó a cabo durante 6 meses los fines de semana, asumiendo que son los días en que la concurrencia de vehículos en estos edificios es mayor.



La mayoría de las personas que participaron en el estudio, fueron agentes de seguridad, siendo en total 60 muestras, 8 mujeres y 52 hombres, estas personas firmaron un consentimiento y completaron una encuesta para determinar las condiciones para participar.

Los resultados demostraron que en 3 de los centros comerciales muestreados se superó el límite permitido de concentración de monóxido de carbono en el aire para una exposición de 8 horas, mientras que en los 10 centros comerciales el porcentaje de saturación promedio de carboxihemoglobina obtenida en los trabajadores superó el 10%, valor mínimo para manifestar síntomas relacionados por la exposición crónica al CO.

Por lo que se puede decir que las concentraciones presentes de monóxido de carbono en centros comerciales que tienen parqueo subterráneos si presentan un riesgo para la salud de los trabajadores.

## 2. INTRODUCCIÓN

El monóxido de carbono (CO), en la ciudad de Guatemala es uno de los principales contaminantes atmosféricos, que tienen la capacidad de afectar la salud de los individuos, se sabe que esta contaminación se produce principalmente por la combustión incompleta del carbono de los combustibles. Aproximadamente dos terceras partes del CO de la atmósfera es producido por los motores de combustión interna, de los vehículos de motor de gasolina (1,2,3).

La intoxicación por monóxido de carbono es una importante causa de morbilidad a nivel mundial, sin embargo en Guatemala no existen parámetros para el control de emisiones provenientes de automotores vehiculares, dado que el Acuerdo Gubernativo 14-97 para el Control de Emisiones de los Vehículos automotores, que los contenía, fue derogado en diciembre de 1998. El proyecto con una nueva reglamentación se encuentra aún pendiente de promulgación.

El monóxido de carbono es nocivo para la salud, pues su toxicidad se le atribuye en gran medida a su alta afinidad con hemo proteínas  $Fe^{2+}$  transportadoras de oxígeno como la hemoglobina y la mioglobina, así las altas exposiciones pueden provocar envenenamiento agudo; el coma o colapso y envenenamiento crónico; afecciones del corazón, cerebro y sistema nervioso central hasta llegar a la muerte (3).

Es así que en la ciudad de Guatemala debido a la creciente urbanización se hace necesario el uso de parqueos subterráneos en edificios para conservar el orden, seguridad y sustituir el espacio que no hay en las calles.

En los sótanos de edificios se encuentran personas que laboran en diferentes oficios, como personal de seguridad, de mantenimiento, entre otros, y son ellos los que se encuentran más expuestos ya que laboran en jornadas de hasta 24 horas y no reciben

alguna protección o recomendaciones necesarias para evitar o disminuir el riesgo de contaminación y que pueden llegar a manifestar ciertos síntomas asociados directamente, pero debido a la falta de información acerca del monóxido de carbono pasan desapercibidos.

Con el presente trabajo se determina los niveles de contaminación causados por el monóxido de carbono en los sótanos de los edificios de centros comerciales, a través de un monitoreo de la presencia de este gas en dichos centros, así como el análisis de la concentración de carboxihemoglobina en sangre, de las personas que laboran en estos sitios en jornadas de al menos 4 horas.

### 3. ANTECEDENTES

#### MONÓXIDO DE CARBONO

##### 3.1. Generalidades

El monóxido de carbono es un gas incoloro, inodoro e insípido, ligeramente menos denso que el aire; comúnmente formado de la combustión incompleta de combustibles y productos que contienen átomos de carbono. Se presenta además en procesos industriales y biológicos.

Reacción de formación de monóxido de carbono por la combustión de hidrocarburos:



##### Identidad

Formula química	CO
Masa molecular relativa	28,01
Nombre químico	Monóxido de carbono
Sinónimos comunes	Monóxido de carbono

##### Propiedades físicas y químicas

Punto crítico	140,2 °C a 34,5 atm
Punto de fusión	205,1 °C
Densidad relativa	1,250 g/l a 0°C 1 atm. 1,145 g/l a 25 °C 1 atm.
Punto de ebullición	191,5 °C
Peso específico	0,967 respecto del aire
Solubilidad en agua	3,54 ml/100 ml a 0 °C 1 atm 2,14 ml/100 ml a 25 °C 1 atm 1,83 ml/100 ml a 37 °C 1 atm

(4,5,6)

La importancia que posee el monóxido de carbono para la salud, como contaminante atmosférico, es el fuerte enlace de coordinación con el átomo de hierro del complejo

protoheme de la hemoglobina (HbCO), sustancia que disminuye la capacidad en la sangre de transportar oxígeno. La presencia de carboxihemoglobina en la sangre altera la disociación de oxihemoglobina, disminuyendo la provisión de oxígeno a los tejidos.

La afinidad de la hemoglobina con el monóxido de carbono es de aproximadamente 240 veces superior a su afinidad con el oxígeno; las proporciones en que se encuentran la carboxihemoglobina y oxihemoglobina en la sangre obedecen en parte a las presiones parciales de monóxido de carbono y de oxígeno.

A pesar de ser un gas tóxico muy frecuente en el medio industrial, es una forma de intoxicación habitual en el ámbito doméstico, aunque se ha conseguido disminuir con el uso de otras energías. Así se ha cambiado el gas ciudad con un contenido en CO del 9% por el gas natural, el cual carece en su composición de CO (7,8).

### 3.2 Fuentes de intoxicación:

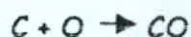
Desde un punto de vista toxicológico interesan tres fuentes de producción de monóxido de carbono:

#### 3.2.1 Combustiones incompletas:

La combustión de la materia orgánica da lugar a la formación de anhídrido carbónico, gracias a la oxidación del carbono:



Pero, sucede a veces que el aporte de oxígeno es insuficiente para oxidar por completo el carbono (combustión incompleta), con lo que se forma monóxido de carbono:



Otras veces se produce la reducción del anhídrido carbónico procedente de la combustión completa del carbono, perdiendo un átomo de oxígeno. Esto ocurre cuando

los gases de la combustión inciden sobre una superficie amplia y fría, o cuando entra en combustión una gruesa capa de combustible (carbón, por ejemplo) de modo que los gases desprendidos en la capa inferior pasan por las capas superiores, calientes, pero no en combustión.

Las principales materias carbonosas, origen de monóxido de carbono al arder con un aporte insuficiente de oxígeno, son las siguientes:

- a. Combustibles sólidos: carbón mineral y vegetal, madera, leña, serrín, etc.
- b. Combustibles líquidos: hidrocarburos derivados del petróleo: gasolina, fuel-oil, gas-oil, gas natural, gases licuados (propano o butano), etc.
- c. Explosivos
- d. Tabaco: Aunque la combustión del tabaco no contribuye de forma apreciable a aumentar la contaminación de CO de la atmósfera, los grandes fumadores están gravemente expuestos a los efectos tóxicos del gas.

### 3.2.2 Gas del alumbrado:

El gas del alumbrado, o gas industrial, se obtiene por la destilación seca del carbón de hulla, que se transforma en coque. El gas producido sufre un proceso de depuración para eliminar la mayor parte de las impurezas tóxicas (ácido sulfhídrico, amoníaco, benceno, alquitranes, sulfocianuros y otros derivados cianicos, etc) y se almacena en grandes gasómetros en donde alcanza la suficiente presión para ser distribuido por la ciudad a través de un sistema de tuberías.

Los efectos tóxicos del gas del alumbrado corresponden de forma exclusiva al óxido de carbono, por lo que se ha propuesto someterlo a un proceso de detoxificación que lo elimine.

### 3.2.3 Gas de agua y gas pobre:

Son combustibles artificiales que se utilizan en circunstancias de penuria energética. El primero se obtiene proyectando agua pulverizada sobre carbón incandescente y el segundo, inyectando aire a través de una gruesa capa de carbón al rojo. En el primer caso se obtiene una mezcla gaseosa de CO y H<sub>2</sub> en partes equivalentes; en el segundo la mezcla compuesta por CO y N, junto a menores cantidades de CO<sub>2</sub> y algo de H<sub>2</sub>. La elevada proporción de monóxido de estos productos gaseosos explica su elevada toxicidad.

### 3.2.4 Otras fuentes:

Diversas operaciones industriales generan cantidades elevadas de óxido de carbono, por lo que pueden ser origen de intoxicaciones profesionales: fabricación de metanol sintético y de otros compuesto orgánicos a partir del CO; manufactura de carburos; pirolisis u oxidación de lubricantes en compresores de aire, etc.

### 3.2.5. Etiología médico legal:

#### 3.2.5.1 CRIMINAL:

Los envenenamientos criminales por el monóxido de carbono son muy raros. Tan solo se conocen algunos casos bajo la forma de suicidios colectivos, en los que el criminal induce a otra u otras personas a provocarse la muerte en grupo, tomando él, sin embargo sus precauciones para resistir los efectos del tóxico hasta la llegada de los salvadores. El riesgo que ello representa explica su rareza.

#### 3.2.5.2 SUICIDA:

La intoxicación suicida por este gas ha sido, y sigue siendo, muy frecuente. Se recurre a cualquiera de las fuentes de producción monóxido de carbono:

- a. Los braseros, encendidos incompletamente y dejados dentro de la habitación.

- b. El gas del alumbrado, cuya espita se deja abierta por la noche.
- c. Los motores de explosión: lo más habitual es poner en marcha el motor del automóvil dentro del recinto cerrado en que suele guardarse (cabinas), aunque hay algún caso en que se ha llevado a cabo al aire libre, acostándose bajo el carro y respirando directamente los gases del tubo de escape.

#### 3.2.5.3. ACCIDENTAL:

Es, con mucho, la variedad más frecuente de la intoxicación oxicarbonada. Las circunstancias en que ocurre son muy diversas y pueden estar en relación con las tres fuentes de desprendimiento de gas tóxico.

- a. Como resultado de una combustión incompleta:

Ocurre cuando los medios de calefacción (estufas, braseros, chimeneas) tienen un tipo de defecto por cualquier razón; en los calentadores de baño a gas en que el mechero arde defectuosamente, y cuando la toma de aire es insuficiente en los hornillos de cocina; las estufas del gas butano con el quemador sucio, por lo que la combustión no se realiza completamente, pudiesen ser muy peligrosas, como demuestra la abundante casuística al respecto. En los incendios, gran parte de las víctimas fallecen por esta intoxicación. En los hornos de cal y yeso se producen todos los años varias intoxicaciones mortales entre los vagabundos que, en las noches invernales, se refugian a su amparo para combatir el frío. Los gases de escape de motores de explosión contiene de un 5 a un 15 % de  $CO$ , por lo que son posibles las intoxicaciones, sobre todo en los garajes pequeños y sin ventilación, y más especialmente en invierno, en que durante los primeros momentos de la puesta en marcha deben cerrarse la toma de aire, por lo que aumenta notablemente la concentración en  $CO$  de los gases de la combustión. Finalmente, en las explosiones se producen considerablemente cantidades de  $CO$ , que pueden ser origen de intoxicaciones si tiene lugar en espacios confinados.



- b. El mal funcionamiento de los aparatos alimentados con este combustible (cocinas, estufas, calentadores):

Es también origen de intoxicaciones, puesto que su combustión incompleta genera igualmente CO. Lo mismo puede decirse del gas pobre o de agua (9).

#### 3.2.5.4. PROFESIONAL:

Las intoxicaciones oxicarbonadas accidentales adquieren la categoría de profesionales cuando son el resultado del trabajo que se realiza en determinadas profesiones u oficios. Así sucede para los mineros cuando la intoxicación se debe a los gases producido en las explosiones de grisú.

Son profesiones en la que este riesgo adquiere particularmente relieve las siguientes: chóferes de camiones o turismos que conducen por prolongados periodos de tiempo; fogoneros de locomotoras y navío; trabajadores que deben permanecer gran número de horas en túneles por los que circulan trenes o automóviles; bomberos; trabajadores de altos hornos; cocineras, etc. Se desprenden también importantes cantidades de CO, produciendo riesgo profesional en la soldadura autógena con soplete oxi. acetilénico y en las operaciones de electrólisis a altas temperaturas en electrodos de carbón. (7,9)

### 3.3 Toxicología del monóxido de carbono

#### 3.3.1 Absorción

El monóxido de carbono carece de características organolépticas por lo que la víctima no puede percatarse de su presencia en la atmósfera. Su única vía de absorción es la respiratoria, y a través del pulmón tiene una difusividad superior a la del oxígeno o del dióxido de carbono. Los factores que regulan la velocidad de absorción son la relación superficie pulmonar/masa corporal, el volumen respiratorio/minuto, la perfusión pulmonar, y el gradiente de concentración de CO entre el aire alveolar y la sangre alveolar. Al aumentar cualquiera de estos factores, la velocidad de absorción

aumenta (10).

### 3.3.2 Destino y excreción:

La carboxihemoglobina se disocia y el CO es eliminado a través de los pulmones, casi totalmente, siendo una pequeña parte oxidada a O<sub>2</sub>.

La carboxihemoglobina es estable si no hay respiración activa y por lo tanto es detectable después de la muerte.

Igualmente unida a la mioglobina forma carboxihemoglobina que es también estable y puede encontrarse después de la muerte.

Dada la capacidad de disociación que tiene el CO cuando existe respiración activa, se discute la existencia de intoxicación crónica con el CO. Se dice que la unión como COHb en el organismo es de 8 horas lo cual da la posibilidad de acumulación en un mismo periodo de exposición (5).

### 3.3.3. Fisiopatología:

El monóxido de carbono es un gas tóxico no irritante inodoro, incoloro que se absorbe fácilmente por los pulmones, de donde pasa a la sangre que lo lleva a todos los órganos y sistemas. La cantidad de gas absorbida depende de la ventilación minuto, duración de la exposición y la concentración relativa de monóxido de carbono y oxígeno en el ambiente. La mayoría del CO es eliminado como tal y <1% se convierte en CO<sub>2</sub>. Se une a proteínas (Hb, mioglobina y citocromos) y <1% circula disuelto.

El CO es un veneno sanguíneo que actúa combinándose con la hemoglobina formando carboxihemoglobina, inapta para el transporte de oxígeno.  $O_2Hb + CO \rightarrow COHb + O_2$ . La reversibilidad está en función de las tensiones parciales que los dos gases tienen en la atmósfera.

La afinidad de Hb por CO es 200-250 veces mayor que por O<sub>2</sub>. Esto disminuye la entrega de O<sub>2</sub> a los tejidos y conduce a hipoxia celular.(6,7,9)

#### 3.3.4. Mecanismos de daño por CO:

- Hipoxia celular causada por formación de carboxihemoglobina.
- Desplazamiento hacia la izquierda de la curva de la oxihemoglobina.
- Citotoxicidad directa en la cual el CO interfiere con la utilización molecular del oxígeno y producción de ATP.
- El monóxido de carbono se une a la hemoglobina.
- Se une a varias enzimas del complejo P-450.
- Estaría involucrado en estrés oxidativo lo cual queda demostrado por el aumento de los niveles de catecolaminas y especies reactivas de oxígeno.
- Activación de neutrófilos y peroxidación lipídica en el cerebro.
- Se produce una interacción con las plaquetas con el depósito de peroxinitrato que lleva al daño vascular.
- Apoptosis que ha sido descrito en experimentos con ratas.

El CO inhibe el citocromo P-450 y ocurre que atmósferas con solo 2 por ciento de CO, bloquean in vivo la hidroxilación de la anilina y la desmetilación oxidativa de la Amidopirina (6).

Los síntomas son inespecíficos. La intoxicación por CO ha sido llamada la "cefalea de invierno".

Los casos leves pueden simular cuadros virales como una influenza. Y los cuadros graves se presentan con compromiso neurológico y cardiovascular. Los signos clásicos de labios color cereza, cianosis y hemorragia retinal sólo en 2 a 3% de los casos. (6,7,8,9,11).

#### 3.3.5 Diagnóstico

Lo más importante es la alta sospecha clínica especialmente durante el invierno. Los estudios de laboratorio recomendado comprende:

➤ Glicemia:

Debe descartarse hipoglicemia como causa de compromiso de conciencia

➤ Concentración plasmática de carboxihemoglobina (COHb):

No existe diferencia significativa entre sangre venosa y arterial. La concentración plasmática de COHb no siempre se correlaciona bien con la severidad de la intoxicación.

➤ Gases arteriales

➤ Lactato: marcador de daño tisular

➤ ECG: (Electrocardiograma)

En busca de alteraciones isquémicas. Se ha visto que puede desarrollarse isquemia miocárdica por CO en pacientes con arterias coronarias normales.

➤ Estudios de imágenes (TAC, Tomografía axial computarizada, y RNM, Resonancia magnética nuclear):

No existe evidencia que avale su rol en la intoxicación por CO y sólo se recomiendan como herramienta de diagnóstico diferencial (8).

### 3.3.6 Clínica

#### ANATOMIA PATOLÓGICA:

##### a. Examen externo:

- Coloración rosada de la piel que da al cadáver un aspecto "de vida".
- Livideces muy extensas y de color rojo cereza.
- Livideces paradójicas en algunos casos.

##### b. Examen interno:

Los signos generales de las asfixias ( fluidez de la sangre, congestión visceral generalizada), y rasgos peculiares:

- Sangre más fluida de lo normal y de color rojo carmín intenso.
- Todos los órganos presentan un tinte acarminado; que es también

evidente en mucosas.

- Pulmones: edema acarminado (espuma sanguinolenta de color rojo carmín) (8).

### 3.3.7 Sintomatología:

La sintomatología se puede dividir en:

- Forma fulminante: El intoxicado cae, presentando convulsiones y muerte inmediata.
- Forma lenta o crónica.

#### 3.3.7.1. INTOXICACIÓN SOBREGUDA:

Coma, convulsiones y muerte.

#### 3.3.7.2 INTOXICACIÓN AGUDA :

En el cuadro lento se pueden observar tres periodos:

- a. Precomatoso, hay cefalea (latidos en los temporales), calor, náuseas, malestar general, vómitos, dejadez y astenia. Son características de este periodo las parésias parálisis de los miembros inferiores, la somnolencia, las alucinaciones (acufesno, escotomas) y la insensibilidad.
- b. Comatoso, el paciente tiene la conciencia abolida, los reflejos ausentes, respiración y pulso débiles (este parece abolido, del tipo Cheyne-Stokes). También puede presentar convulsiones, pero son raras y acompañadas a veces (otras no) trismus, midriasis. En la piel se observan manchas rosadas diseminadas que pueden durar de dos a ocho días. Alteraciones en el electrocardiograma y en el electroencefalograma. Dura de 2 a 3 días y si el sujeto sobrevive, el pronóstico es grave cuando se presenta coma hipertérmico.

- c. Postcomatoso, si sobrevive el paciente hay recuperación lenta, que dura varios días: presenta cefalea, confusión mental, amnesia (a veces lacunar), anorexia y glucosuria transitoria; este período dura poco tiempo, dejando paso a las secuelas: Edema rojo y duro de la piel, neumonía, alteraciones nerviosas; parálisis, neuritis, delirios.

### 3.3.7.3. INTOXICACIÓN CRÓNICA:

No debe confundirse la sintomatología persistente después de una intoxicación aguda con una genuina intoxicación crónica, explicable porque el óxido de carbono, además de sus efectos anoxiantes, poseen una acción tóxica general por interferencia en los procesos metabólicos celulares, al bloquear el fermento respiratorio de Warburg y los citocromos.

El síndrome crónico resulta de la inhalación durante períodos de tiempo prolongados de dosis reducida de CO. Tiene siempre carácter profesional, si exceptuamos las pequeñas cantidades de gas que inhalan al fumar. Se caracteriza por la siguiente tríada sintomática: Cefalea, vértigos y astenia, a la que se le añaden a menudo manifestaciones dispépticas y poliglobulia.

La máxima concentración tolerable en los ambientes de trabajo es de 50 ppm (50 cm<sup>3</sup> de gas en 1 m<sup>3</sup> de aire).

En las intoxicaciones crónicas se encuentran en la sangre valores de CO superiores a 0.5 cm<sup>3</sup> %, que es el límite máximo normal, generalmente las cifras son sensiblemente más altas, lo que las diferencia de gases de escape de motores, en los que se suelen encontrar cifras solo ligeramente por encima de los valores normales (5,8,9).

Cuadro No. 1: Síntomas de acuerdo con el porcentaje de saturación de hemoglobina

Porcentaje de saturación (%)	Síntomas
0.0-10	No se perciben.
10-20	Sensación de opresión en la frente, a veces cefalea.
20-30	Cefalea, golpeteos en las sienes.
30-40	Intensa cefalea, debilidad, vértigo, oscurecimiento de la visión, náuseas, vómito, colapso.
40-50	Se intensifican los síntomas anteriores se aumenta la predisposición al colapso y al síncope. Taquicardia y polipnea.
50-60	Síncope, taquicardia, polipnea, coma con convulsiones intermitentes.
60-70	Síntomas anteriores más acción depresora sobre el corazón y la circulación. Puede producirse la muerte.
70-80	Pulso débil y respiración lenta. Muerte.

Fuente: (8)

Cuadro No. 2: Efectos para la salud humana asociados a bajos niveles de exposición de monóxido de carbono

Concentración de Carboxihemoglobina (%)	Efectos
2.3-4.3	Disminución estadísticamente significativa (3-7%) en relación entre el tiempo de trabajo y el agotamiento en hombres jóvenes sanos bajo ejercicio.
2.9-4.5	Disminución estadísticamente significativa de la capacidad de ejercicio físico (e.d. reducción de la duración del ejercicio antes de la presencia de dolor) en pacientes con angina de pecho y de aumento de la duración de los ataques de angina.
5-5.5	Disminución estadísticamente significativa del consumo máximo de oxígeno y del tiempo de ejercicio en adultos jóvenes sanos durante ejercicio extenuante.
<5	Decremento no estadísticamente significativos en el estado de vigilancia después de la exposición a monóxido de carbono
5-7.6	Alteración estadísticamente significativa de las tareas de vigilia en individuos experimentales sanos.
5-17	Disminución estadísticamente significativa de la percepción visual, destreza manual, habilidad para aprender, o funcionamiento en tareas, sensoriomotoras complejas (ej. conducir automóvil).
7-20	Decremento estadísticamente significativo en el consumo máximo de oxígeno durante el ejercicio extenuante en hombres sanos.

Fuente: (3,12,13)

### 3.3.8. Complicaciones y consecuencias (secuelas)

En la piel se presentan edema precoz y duradero, de color rojo y doloroso exantema: erupciones vesiculosas o ampollosas (precoces también)

#### 3.3.8.1. COMPLICACIONES PULMONARES:

Las propias del coma, o sea, congestión basal, neumonía, etc.

#### 3.3.8.2. COMPLICACIONES NEUROPSÍQUICAS:

Son la neuritis periféricas, las lesiones centrales (parálisis de pares craneanos, hemiplejias, síndrome extrapiramidal), edema cerebral (observado en varios casos tratadas y que puede ser tardío), confusión mental y estupor.

Otras secuelas son trastornos endocrinos (diabetes), anemia perniciosa e infartos del miocardio (7,8).

La exposición al CO también puede afectar directamente al feto a causa del déficit de oxígeno sin elevación del nivel de COHb en la sangre fetal. Durante la exposición a altos niveles de CO, la hemoglobina de la madre libera con mayor dificultad el oxígeno, con la consiguiente disminución de la presión de oxígeno en la placenta y por lo tanto también en la sangre fetal. Las investigaciones se han enfocado principalmente a los efectos del tabaquismo durante el embarazo.

Los efectos principales consisten en una disminución del peso al nacer y retraso en el desarrollo (3).

En resumen, los niveles promedio de carboxihemoglobina en la población general se encuentran alrededor de 1.2 -1.5% (en fumadores alrededor de 3-4%). Por abajo del 10% de COHb se han identificado principalmente efectos cardiovasculares y neuroconductuales (3).



### 3.3.8.3. ANORMALIDADES CARDIOVASCULARES:

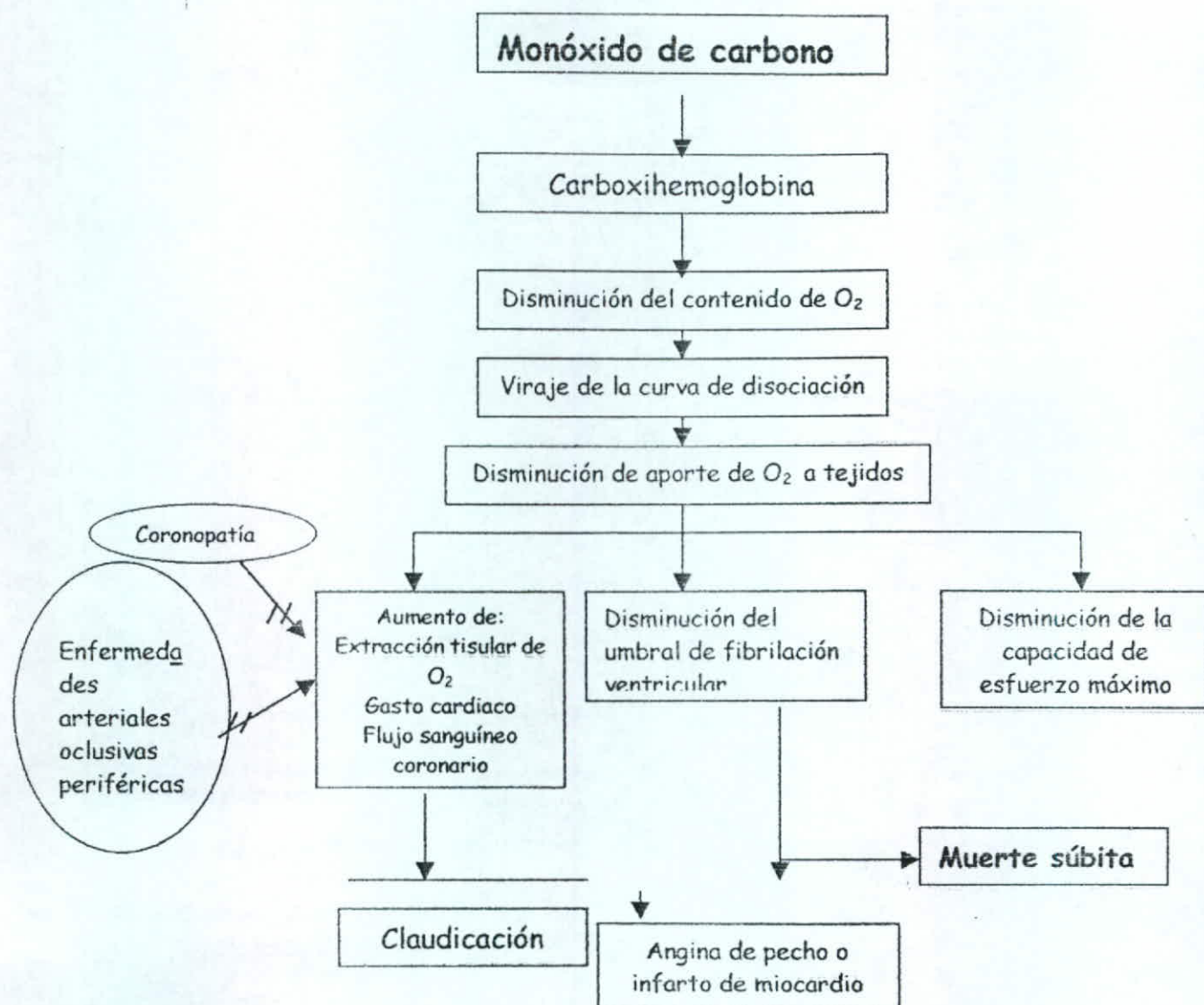
La exposición a este gas puede reducir la capacidad de esfuerzo máximo en trabajadores sanos; si agrava la angina de pecho, claudicación intermitente, enfermedad pulmonar obstructiva crónica; asimismo empeora o produce arritmias cardíacas, Las intoxicaciones agudas pueden causar infarto del miocardio o muerte súbita; la exposición crónica a elevadas concentraciones de monóxido de carbono puede causar cardiomiopatía congestiva.

#### ➤ Patogénesis:

La exposición continua a monóxido de carbono provoca aumento de masa celular eritrocitaria en respuesta a hipoxia tisular crónica e incremento de la viscosidad sanguínea, que podría contribuir a los fenómenos cardíaco agudos.

La coronopatía o enfermedad oclusiva arterial periférica evita (// ) el aumento compensatorio usual de flujo sanguíneo coronario o arterial periférico, que causa síntomas de insuficiencia arterial. (Esquema No.1)

Esquema No.1: Consecuencias cardiovasculares de exposición a monóxido de carbono



Fuente (7).

### 3.3.9. Dosis Tóxica

Es variable, si embargo para establecer el grado de toxicidad se puede usar la fórmula de Henderson: Tiempo ( en horas) por concentración (en partes de CO) por 10.000 (de aire).

$P < 3 =$  No hay efectos.

$P < 6 =$  Cefalea y lascitud.

$P < 9 =$  lo anterior más vómitos.

$P < 15$  ó más = mortal.

Hay que tener en cuenta el ejercicio que realiza el sujeto; ya que al aumentar éste aumenta el volumen de aire por minuto y por tanto entra más monóxido de carbono.

(3,58,11)

Cuadro No. 3: Niveles esperados de carboxihemoglobina en individuos dedicados a diferentes tipos de trabajo

Concentración de monóxido de carbono		Tiempo de exposición	Nivel esperado en COHb para los individuos ocupados en:		
ppm	Mg/m <sup>3</sup>		Trabajo sedentario	Trabajo ligero	Trabajo pesado
100	115	15 min.	1.2	2.0	2.8
50	57	30 min.	1.1	1.9	2.6
25	29	1 hora	1.1	1.7	2.2
10	11.5	8 horas	1.5	1.7	1.7

Fuente (3): OMS, 1987d

Cuadro No. 4: Concentraciones normales de carboxihemoglobina y ejemplos de concentraciones resultantes de exposición a monóxido de carbono en el ambiente y en el lugar de trabajo

Fuente de Monóxido de Carbono	Concentración de carboxihemoglobina	
	Promedio (%)	Límites (%)
Metabolismo endógeno (Concentración normal)*	0.5	...
Exposición ambiental Contaminación del aire	2	1.5 a 2.5
Tabaquismo	6	3 a 15
Exposición laboral (No fumadores) Trabajadores de fundición	4	2 a 9
Mecánicos	5	...
Empleados de estacionamiento	7	...

Fuente 7.

\*En general el monóxido de carbono se forma como producto del metabolismo de hemoglobina. Las concentraciones endógenas pueden ser más altas si hay aumento en el recambio de hemoglobina (7).

### 3.3.10. Tratamiento:

El tratamiento se basa en la premisa que la unión del CO con la Hb es reversible y éste puede ser desplazado con dosis altas de oxígeno; se ha determinado que la vida media de la COHb es de 4,5 hrs. con FIO<sub>2</sub> ambiental, de 2,5 horas con O<sub>2</sub> al 100% y de 25 minutos con O<sub>2</sub> hiperbárico a 3 bar. La oxigenoterapia debe realizarse siempre, ya sea con oxígeno normo o hiperbárico, pues no existe evidencia que sustente el manejo de estos pacientes sin O<sub>2</sub>.

#### 3.3.10.1 OXÍGENO NORMOBÁRICO:

Oxígeno al 100% vía máscara facial (sin bolsa de recirculación) debe iniciarse apenas se sospecha el diagnóstico de intoxicación por CO, en pacientes sin indicación de O<sub>2</sub> hiperbárico. Se recomienda mantenerlo por un mínimo de 6 horas. En caso de

persistencia de sintomatología pese a este tratamiento, debe considerarse la derivación a oxigenoterapia hiperbárica.

### 3.3.10.2. OXÍGENO HIPERBÁRICO:

Las indicaciones más aceptadas de cámara de oxígeno hiperbárica son: pérdida de conciencia transitoria o permanente (la más frecuente), alteraciones neurológicas y cognitivas, evidencia electrocardiográfica de isquemia miocárdica, COHb >20%, embarazo.

Existe evidencia que apoya que el O<sub>2</sub> hiperbárico reduce la concentración de radicales libres, a diferencia del O<sub>2</sub> normobárico, que no la afecta.. Además, varios trabajos han mostrado que el O<sub>2</sub> hiperbárico disminuye la incidencia de secuelas tardía. y acortaría el tiempo de recuperación, aún en pacientes que no presentan compromiso de conciencia Sin embargo en pacientes adultos con intoxicación aguda por monóxido de carbono fallaron en demostrar una reducción significativa en la prevalencia de síntomas neurológicos un mes después del tratamiento con oxígeno hiperbárico (8,11).

### 3.3.9.10. TRATAMIENTO DE EMERGENCIA:

- Separar al sujeto de la atmósfera contaminada.
- Respiración artificial con oxígeno a presión, incluso en cámara hiperbárica.
- Exanguinotransfusión
- Medidas especiales y sintomáticas.

### 3.3.10.4 TRATAMIENTO SINTOMÁTICO:

Estimulantes cardiacos, estimulantes respiratorios, aplicación de vitamina B<sub>2</sub>. Combatir el edema cerebral con dexametasona, urea, manitol y sueros glucosados hipertónicos, vía IV y utilizar antibiótico terapia profiláctica: adecuar el equilibrio ácido básico y electrolítico.

Los trastornos celulares se tratarán mediante administración de diversos preparados de sostenimiento a los sistemas de oxido-reducción; así como el citocromo C en concentraciones de 60-120 mgs/ días IV previo al test de tolerancia.

La vitamina C en altas dosis, fraccionada o disuelta en soluciones parenterales (3-6 grs. /día para adultos y 0.5-2grs para niños) tiende a reemplazar transitoriamente aquellos sistemas enzimáticos cuyo grupo prostético aparece inhibido por el monóxido de carbono.

Se recomienda tomar electrocardiograma; la intoxicación afecta el segmento ST (pequeñas hemorragias, focos de necrosis del miocardio, lesión capilar asfíxica).

En los análisis de laboratorio clínico se ha encontrado leucocitosis (20.000), con desviación a la izquierda y aumento de glicemia (4,6, 9,13).

#### 3.3.10. Pronóstico:

Es usual la recuperación completa después de intoxicación leve a moderada con CO sin complicación cardiaca, como infarto al miocardio. En particular, si ocurre envenenamiento grave con coma, suelen quedar anormalidades neurológicas permanentes que varían desde trastornos psiquiátricos sutiles y también disfunción motora o cognoscitiva aparente hasta estados vegetativos. Los hallazgos anormales de TC cerebral (por ejemplo, lesiones de los ganglios basales o materia blanca periventricular) predicen un mal pronóstico neurológico (7).

#### 3.3.12. Prevención:

Se debe vigilar las concentraciones de CO si hay fuentes de combustión o de calderas en los sitios de trabajo. El valor límite del umbral para 8 horas de trabajo es de 25 ppm, que al final de una jornada de trabajo de ocho horas resulta en una concentración de carboxihemoglobina de 2 a 3%. Esta concentración es bien tolerada por personas sanas, sin embargo puede alterar la función de personas con cardiopatía o enfermedad crónica pulmonar. El lugar de trabajo puede vigilarse con facilidad a través de un

medidor portátil de monóxido de carbono; la vigilancia biológica de trabajadores incluye medición, ya sea de la concentración de carboxihemoglobina sanguínea, o la concentración de monóxido de carbono espirado, que es directamente proporcional a la concentración de carboxihemoglobina; se deben anticipar concentraciones altas de monóxido de carbono en fumadores (7).

### 3.4 Monitoreo del aire

Se define como monitoreo atmosférico a todas las metodologías diseñadas para muestrear, analizar y procesar en forma continua las concentraciones de sustancias o de contaminantes presentes en el aire en un lugar establecido y durante un tiempo determinado.

Su importancia radica en que son indispensables para:

- a) Formular los estándares de calidad de aire,
- b) Llevar a cabo estudios epidemiológicos que relacionen los efectos de las concentraciones de los contaminantes con los daños en la salud,
- c) Especificar tipos y fuentes emisoras,
- d) Llevar a cabo estrategias de control y políticas de fuentes emisoras, y
- e) Desarrollar programas racionales para el manejo de calidad del aire, se requiere de una base de datos que aporte información para la realización de todos estos estudios la cual se genera a partir del monitoreo (14).

Desde 1977, diversas entidades ambientalistas encabezadas por analistas químicos, se han preocupado por la calidad del aire tanto en el interior de viviendas como en espacios abiertos al medir la presencia de sustancias contaminantes tales como dióxido de carbono, partículas en suspensión, ozono, compuestos orgánicos volátiles y aerosoles biológicos (3,16), además se determinaron los tipos y niveles de contaminantes en interiores y que pueden encontrarse en asentamientos urbanos de países industrializados (16).

### 3.4.1 Diagnóstico del aire en Guatemala.

El estado ambiental del recurso aire. Por iniciativa de la Fundación Suiza para el Desarrollo Técnico Swisscontact y la Escuela de Química de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia de la Universidad de San Carlos de Guatemala, en el año 1994, se inició un programa de evaluación de la calidad del aire de la ciudad de Guatemala, con el fin de cuantificar la presencia de los siguientes contaminantes primarios y secundarios, derivados de los anteriores. Se consideraron como contaminantes primarios: Monóxido de carbono, Dióxido de nitrógeno, partículas en suspensión, ozono.

El monóxido de carbono se mide en la ciudad de Guatemala desde 1995 reportándose valores que hasta el momento no sobrepasan el límite referido de 9 ppm.

Los contaminantes que se evalúan son:

- partículas totales en suspensión (TPS)
- partículas totales en suspensión en su fracción respirable (PM 10)
- dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>)
- monóxido de carbono (CO) y
- ozono (O<sub>3</sub>).

Las estaciones de muestreo son puntos importantes en la ciudad de Guatemala:

- |                      |                                    |
|----------------------|------------------------------------|
| 1. Avenida Petapa,   | Estaciones de zonas residenciales: |
| 2. Trébol,           | 5. Centro Histórico,               |
| 3. Calzada San Juan, | 6. USAC,                           |
| 4. INCAP,            | 7. INSIVUMEH                       |



Los resultados obtenidos en este tipo de estudio, confirman la presencia de contaminantes detectados por las estaciones de muestreo; su presencia indica que de no considerar las medidas apropiadas para su control, la cantidad de dichos contaminantes puede incrementarse en los próximos años (3).

Estos estudios que se realizan año con año desde su inicio en 1994 (18) y al comparar los datos encontrados con el reporte del año 2003, se discute que todos los contaminantes están en mayores proporciones, y sobrepasa el límite sugerido por la Organización Mundial de la Salud, OMS, lo cual significa un incremento en los daños de la salud de las personas, animales y plantas así como daños a materiales y monumentos históricos.

La Organización Mundial de la Salud (OMS), estima que más de un 30% de los nuevos edificios tiene problemas relacionados con las quejas de los ocupantes y con ausentismos, baja productividad, lo cual tiene considerables impactos económicos (5,19).

Datos epidemiológicos indican que existen efectos adversos a la salud humana, por la contaminación en espacios cerrados generados por la ocupación simple y por las actividades del trabajo diario. Se establece que uno de los más serios problemas sobre la calidad del aire interno, tanto de viviendas como edificios, se genera por una inadecuada ventilación (3,6).

En Centro América, las condiciones climáticas provocan que un reducido porcentaje de los edificios utilice ventilación artificial, también incide en esta preferencia los altos costos energéticos para mantener sistemas de ventilación artificial permanente.

Cinco contaminantes constituyen cerca del 98% de las sustancias que invaden el aire, estas son: monóxido de carbono (52%) óxidos de azufre (18%), hidrocarburos (12%) partículas (10%) y óxidos de nitrógeno (6%) (3,16,17,18).

El diagnóstico de la gestión del recurso aire (Diagnóstico de la Condición Ambiental del Sector Aire en Guatemala, Proyecto SIGA/SICA-CCAD, 1999), expresa que el crecimiento acelerado, en las últimas décadas, del desarrollo urbano y del parque automotor e industrial han causado que la contaminación del aire sea un problema

creciente.

El incremento de las actividades antropogénicas ha dado como resultado la pérdida del balance de los elementos y compuestos del aire. Para un adecuado mantenimiento del aire es necesario un balance a gran escala de las diversas actividades productivas del hombre, que mitigue la emisión creciente de gases que dañan la salud, provocan el efecto invernadero y destruyen la capa de ozono.

De acuerdo con el estudio realizado por CONAMA se pueden señalar como causas principales de la contaminación del aire las siguientes:

- El crecimiento acelerado y desordenado de la ciudad capital y otras ciudades.
- El aumento de la presión sobre los recursos naturales y los ecosistemas.
- La carencia de un conocimiento exacto de la situación actual de nuestros recursos y de la importancia que tienen en el bienestar de cada individuo.

Así, la contaminación atmosférica está muy relacionada con nuestro estilo de vida, aunado a la falta de conocimiento sobre el resultado de las decisiones y acciones pasadas, actuales y futuras. La contaminación atmosférica tiene uno de sus principales orígenes en el aumento desmedido en el uso de las fuentes de energía, principalmente de los combustibles fósiles; aunado a una legislación inadecuada para el uso apropiado y racional de dichos combustibles.

#### 3.4.1.2. FACTORES SOCIOCULTURALES Y ECONÓMICOS:

El ritmo de urbanización, que hace que cada año se añadan 35 000 vehículos automotores a los 780,000 que ya circulan en el país. Muchas veces esos vehículos no llenan las normas mínimas ambientales.

Falta de una planificación urbana y de circulación de vehículos que cada día se prolonguen más las horas pico del tránsito, con el consecuente calentamiento de motores y la mayor emisión de humo negro.

La ausencia de una reglamentación para la zonificación de áreas industriales hace que más del 70% de las industrias se encuentren situadas en áreas residenciales o comerciales de alta densidad poblacional.

➤ La necesidad del usar gasolina sin plomo se debe a dos razones básicas:

a. Se elimina el elemento Plomo, que es un contaminante muy tóxico.

b. Permite el uso de catalizadores, que es la única forma conocida hoy en día de controlar, al mismo tiempo, las emisiones de hidrocarburos no quemados (HC), monóxido de carbono (CO) y óxidos de nitrógeno (NOx).

En 1993 las fuentes móviles (vehículos) generaron más de 1200 toneladas métricas de monóxido de carbono. Ese mismo año las industrias produjeron en la misma zona más de 1000 toneladas métricas de dióxido de azufre. (15)

Lo mismo puede decirse de los niveles de contaminación por monóxido de carbono, que se redujeron de 11 ppm en 1995 a 3 ppm en 1998. El promedio anual admitido es de 9 ppm.

Pocos estudios se tienen de la contaminación en el país debida a fuentes industriales, algunos estudios señalan que en la zona norte de la ciudad las fuentes vehiculares contribuyen fundamentalmente con óxidos de nitrógeno, monóxido de carbono e hidrocarburos no quemados.

La legislación actual es inadecuada, y no fomenta el uso apropiado y racional de los combustibles. El 95% de la contaminación del aire proviene de combustibles fósiles. Los automóviles aportan 40% de óxidos de nitrógeno, 50% de hidrocarburos no quemados, 90% de monóxido de carbono y 90% de plomo.

En Guatemala no existen parámetros para el control de emisiones provenientes de automóviles vehiculares, dado que el Acuerdo Gubernativo 14-97 para el Control de Emisiones de los Vehículos automotores, que los contenía, fue derogado en diciembre de 1998. El proyecto con una nueva reglamentación se encuentra pendiente de promulgación.

Los lineamientos estratégicos formulados para la gestión ambiental del aire son:

Las instituciones CONAMA, COMACIG, Departamento de Tránsito, INSIVUMEH, MAGA, CONRED, ASOREMA, MSPAS, MEM, universidades, DCE, MINEDUC y Gremiales

deben integrar una instancia reguladora encargada de identificar los sectores relacionados con el deterioro del aire y formular, por consenso, el esquema de gestión ambiental de este.

El Departamento de Control de Emisiones de Gases de CONAMA, ahora que ha elaborado en consenso con los diferentes sectores involucrados en la gestión ambiental del aire un Reglamento de Control de Emisión de Gases, debe promover su puesta en vigencia.

La política del Gobierno debe ser el fortalecimiento del sistema de gestión ambiental del aire y de los servicios ambientales dirigidos a mantener a Guatemala como un sumidero neto de carbono. Asimismo, debe consolidar el Consejo Nacional de Cambio Climático, CNCC; y la Oficina de Implementación Conjunta, OGIC; promover el uso creciente de vehículos y fuentes fijas más limpias y castigar a aquellos emisores obsoletos y muy contaminantes, después de una intensa concientización ciudadana.

CONAMA, en consenso con los sectores productivos y sociales del país, debe establecer un plan de ordenamiento territorial en el cual se separen las áreas industriales de las residenciales y se mantenga el rediseño vial y se dé fluidez al tránsito.

Deben ser apoyadas las entidades de la iniciativa privada relacionadas con la gestión ambiental del aire, tales como la Comisión de Ambiente de la Cámara de Industria, COMACIG; el Centro de Tecnología Limpia, El Sistema de Calidad y las Comisiones Ambientales de los Gremios de Guatemala, asociados en las Cámaras financieras, industriales y comerciales (15).

### 3.4.2 Normas de la calidad.

#### ➤ Control de la calidad del aire en interiores:

La mayoría de las normas de la calidad del aire en interiores para contaminantes son planteadas para los ambientes ocupacionales; estas normas tienen como base la protección de trabajadores sanos expuestos a concentraciones de tiempo ponderado, menores que, o iguales a niveles especificados de hasta 8 horas/día, y 40 horas/semana.

Estas normas no son satisfactorias para su aplicación general debido a que no protegen a la población susceptible y están limitadas a 40 horas/semana.

Por lo general, la calidad aceptable del aire para ambientes no ocupacionales se basa en las normas de calidad del aire exterior o en las velocidades especificadas para ventilación interior (16).

Durante un día de trabajo, en atmósferas cerradas dónde hay fumadores, los no fumadores pueden tener concentraciones de nicotina en la sangre, equivalentes a fumar de 1 a 10 cigarros.

Siendo considerado el monóxido de carbono, el modelo de calidad del aire es de 9ppm (partes por millón) y que la concentración máxima permitida en el aire urbano es de 30ppm. En las ciudades con índices altos de polución medioambiental, cuando se alcance, los 40ppm de monóxido de carbono se toman medidas para proteger y alertar a la población del problema. En las atmósferas de trabajo cerradas, la Organización Internacional del Trabajo (OIT), considera 50ppm, como la concentración máxima.

La carboxihemoglobina normalmente se encuentra en la sangre en niveles de 0,4% a 0,6%, podría llegar a 15% en los tabaquistas. En una atmósfera cerrada, con fumadores dónde la polución llega a 38ppm de monóxido de carbono, la concentración del carboxihemoglobina puede alcanzar 8% en la sangre de los fumadores pasivos.

Si el monóxido de carbono llega a 30ppm, para 8hs, la carboxihemoglobina en la sangre de los fumadores pasivos, es equivalente a haber fumado 5 cigarros.

Cuadro No.5: Efecto del CO por metro cúbico de aire

Partes de CO por metro cúbico de aire (PPM)	Efecto
100	Tolera durante varias horas
400-500	Puede ser inhalado durante una hora sin apreciable efecto.
600-700	Apreciables efectos si se inhala durante una hora.
1000-1200	Efectos desagradables pero no peligrosos, si se inhala durante una hora.
1500-2000	Peligroso si se inhala durante una hora.
Más de 4000	Fatal en menos de una hora de exposición.

Fuente 8.

Cuadro No.6: Concentraciones típicas de contaminantes en interiores

Contaminantes de interés	Concentración (tiempo de muestreo)	Localización
Monóxido de carbono CO	3.3 - 2.8 ppm 3.1 - 7.8 ppm (promedios estacionales de muestra de 12 h).	Oficinas, restaurantes, bares, locales, cocinas en casa con estufas de gas

Fuente 16.

### 3.4.3. Límites de Exposición:

➤ **ACGIH VUL:** (American Conference of Governmental Industrial Hygienists)

La Conferencia Americana de Higienistas Industriales Gubernamentales (ACGIH) ha asignado un valor de límite de umbral al monóxido de carbono (TLV) de 25 ppm (29 mg/m<sup>3</sup>) como un TWA durante un día laborable normal de 8 horas y una semana laboral de 40 horas.

➤ **OSHA LPE:** Occupational Safety and Health Administration

La actual Administración de Salud y Seguridad Ocupacional establece el límite de la exposición permisible (PEL) para el monóxido de carbono de 50 partes por millón (ppm).

➤ NIOSH LRE: The National Institute for Occupational Safety and Health

El Instituto Nacional para la Seguridad y Salud Ocupacional (NIOSH) ha establecido un límite de la exposición recomendado (REL) para el monóxido de carbono de 35 ppm (40 mg/m<sup>3</sup>) para 8 horas TWA y 200 ppm (229 mg/m<sup>3</sup>) para lugares bajo techo. (7)

➤ OMS: Organización mundial de la Salud

La OMS ha establecido no más de 9 ppm en un tiempo de exposición de 8 horas.

### 3.5 Cuantificación del monóxido de carbono atmosférico:

Para la cuantificación de monóxido de carbono en el aire se encuentran dos métodos estandarizados:

3.5.1 Espectrofotómetro infrarrojo no dispersivo: se utilizan las concentraciones de CO que se encuentren por arriba de 6 mg/m<sup>3</sup>. Los instrumentos tienen la capacidad de medir el rango aproximado de 0-60 mg/ m<sup>3</sup>, el cual es el rango comúnmente utilizado para medir el CO en aire urbano(20).

➤ Analizador Infrarrojo.

Principio de operación del Sensor Infrarrojo Ambiente CO Monitor Modelo APMA-350E: la detección y medición de monóxido de carbono en el modelo APMA- 350E, se basa en la absorción de radiación infrarrojo (IR) por parte de moléculas de CO en longitudes de onda alrededor de los 4.7 micrones. En la práctica, el modelo APMA-350E, utiliza un elemento calentado con alta energía para generar una banda ancha de luz infrarroja. La luz pasa a través de un filtro de gas en forma de anillo giratorio que hace que el rayo de luz pase alternamente a través de una celda de gas llena de nitrógeno (celda de medición), y una celda llena de una mezcla de CO / nitrógeno (celda de referencia). Esta alternación ocurre a una tasa de 30 ciclos / seg. que hace que el rayo de luz esté modulado en pulsos de referencia y medición. Durante un pulso de referencia, el CO del

filtro de gas en anillo descompone eficazmente el rayo de toda la energía IR en longitudes de onda donde el CO puede absorber. Como resultado se obtiene un rayo que no es afectado por el CO en la celda de muestra. Durante el pulso de medición, el nitrógeno del filtro de gas no afecta el rayo, que subsecuentemente puede alternarse con cualquier CO en la celda de muestra (32).

El anillo del filtro de gas también cuenta con una marca óptica que se superpone a una modulación de 360 ciclos / seg. Luz / oscuridad en el rayo IR. Esta modulación de alta frecuencia se incluye para maximizar la función del detector de señal a ruido.

Después del anillo de filtro de gas, el rayo IR entra la celda de muestra de paso múltiple. Esta celda usa ópticas plegadas para generar una longitud de paso de absorción de 16 metros para lograr sensibilidad máxima.

Luego de excitar la celda de muestra, el rayo pasa por un filtro de interferencia de paso de banda para limitar la luz a la longitud de onda que se necesita. Por último, el rayo golpea el detector que es un foto-conductor sólido enfriado termoelectricamente.

Este detector, junto con su pre-amplificador y su suministro de voltaje contiene la señal luminosa en una señal de voltaje modulada. La salida del detector es desmodulada electrónicamente para crear dos voltajes DC, CO Medición y CO referencia.

Estos voltajes son proporcionales a la intensidad de la luz que recibe el detector durante los pulsos de medición y referencia, respectivamente (32).

#### Especificaciones:

Principio:	Infrarrojo no dispersivo
Aplicación:	CO en aire ambiental
Rango:	De 0 a 10/20/50/100 ppm
Ruido:	0.2 ppm
L.D.L:	0.4 ppm



Tiempo de respuesta:	60 seg.
Despliegue de datos:	Tablero con medidor digital para la lectura directa de la concentración en unidades de ppm.
Temperatura ambiental:	De 0 a 40°C.
Poder:	100/115/220 V AC, 50 o 60 Hz
Dimensiones:	221 (H) x 430 (W) x 550 (D) mm.
Peso:	Aproximadamente 20 Kg.

3.5.2 *Cromatografía de gases: Se usa para mediciones de CO en concentraciones menores de 6 mg/m<sup>3</sup> (20).*

3.5.3 *Método análisis volumétrico de presión constante (21).*

### 3.6. Quantificación de la Carboxihemoglobina:

Entre los métodos para cuantificar carboxihemoglobina se encuentran:

- 3.6.1 *Método de Hartrige (10,22)*
- 3.6.2 *Whiterhead y Worthington (10,22)*
- 3.6.3 *Método de Gettler y Freimuth (23)*
- 3.6.4 *Método de la Deoxihemoglobina (10,24)*
- 3.6.5 *Método de Sayers y Yant (10,24)*
- 3.6.6 *Método de Roughton (10,24)*
- 3.6.7 *Método de Collison. Cromatografía de Gases (10,25).*
- 3.6.8 *Método espectrofotométrico de Baselt RC (26)*
- 3.6.9 *Método de Stewart y Stolman: Microdifusión y Espectrofotometría (26)*
- 3.6.10 *Método alternativo por titulación, para CO en sangre, utilizando Celda Conway (26).*
- 3.6.11 *Método para determinar Carboxihemoglobina por Espectrofotometría visible (26)*
- 3.6.12 *Método Espectrofotométrico de SALT (26)*

3.6.13 Método de Bauer, por Microdifusión (26)

3.6.14 Otros métodos específicos (7,11,27,28)

➤ Espectrofotometría de absorción de radiación ultravioleta y visible.

La espectroscopía de absorción es una de las metodologías más útiles de que dispone el químico para análisis cuantitativo; las características más importantes de los métodos espectrofotométricos y fotométricos son:

- Gran aplicación
- Alta sensibilidad
- Selectividad de moderada a alta,
- Precisión
- Facilidad y
- Comodidad.

La absorción de radiación ultravioleta UV y visible por una especie, puede considerarse como un proceso en dos etapas, la primera de las cuales corresponde a la excitación de las partículas.

Este estado de excitación tiene un tiempo muy breve y desaparece a través de algunos de los diferentes procesos de relajación. La absorción de radiación ultravioleta y visible de longitud de onda más larga se restringe a un número limitado de grupos funcionales llamados grupos cromóforos que contienen electrones de valencia con energías de excitación relativamente bajas.

Los electrones que contribuyen a las características de absorción de una molécula orgánica son : 1) los que participan directamente en la formación de enlaces entre átomos y se asocian así con más de un átomo; 2) electrones exteriores no enlazados o no compartidos, situados principalmente en átomos como oxígeno, halógenos, azufre y nitrógeno (27).

### 3.7. Estudios realizados en Guatemala:

- El laboratorio de Monitoreo del Aire de la Escuela de Química de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, de la Universidad de San Carlos de Guatemala, ha realizado mediciones de monóxido de carbono del aire presente en la ciudad de Guatemala desde el año 1994 a la fecha (17).
- Escobedo, M, en el año 1984, en trabajo de tesis *ad gradum* de Médico y cirujano. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ciencias Médicas, realizó el estudio "Exposición al monóxido de carbono de origen automotor"; realizado en vías poco transitadas de la ciudad, determinando los niveles de carboxihemoglobina, sin embargo no determino las concentraciones ambientales en dichas vías (29).
- Veras M, En el año 1986 en el trabajo de tesis *ad gradum* de Médico y Cirujano. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ciencias Médicas, realizó el estudio "Carboxihemoglobinemia en tortilleras de la ciudad de Guatemala expuestas al monóxido de carbono", estudio descriptivo de los niveles de contaminación en 42 trabajadoras de tortillería que utilizan leña como combustible (30).
- Santizo, S. En el año 1990, en el trabajo de tesis *ad gradum*, de Médico y Cirujano. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ciencias Médicas, realizó el estudio "Carboxihemoglobina en el personal del cuerpo voluntario de Bomberos de la ciudad de Guatemala", este estudio lo realizó por un mes (31).
- Castro Mavros, J. en el año 1997, en el trabajo de tesis *ad gradum*, de Química Farmacéutica. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de ciencias Químicas y Farmacia, realizó el estudio "Estandarización de métodos para la dosificación de monóxido de carbono en sangre", donde compara 7 métodos para la

determinación, y concluye que el método de Stewart y Stolman es un método espectrofotométrico con el cual se puede dosificar con exactitud y precisión el monóxido de carbono.(26)

- Argueta Chacón, W. En el año 1998 en el trabajo de tesis *ad gradum* de Química Farmacéutica. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, realizó el estudio "Riesgo de Intoxicación crónica por contaminación ambiental de monóxido de carbono ", estudio que monitorea el aire en cinco puntos de la ciudad de Guatemala, y determina los niveles de Carboxihemoglobina en vendedores ambulantes de áreas cercanas a dichos puntos, no habiéndose encontrando riesgo de intoxicación crónica (10).
- Flores López, C. A. En el año 2002 en el trabajo de tesis *ad gradum* de Química Farmacéutica. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de ciencias Químicas y Farmacia, realizó el estudio "Evaluación de la calidad del aire en ambientes hospitalarios ( por determinación de ozono y monóxido de carbono)". Estudio en que se realiza un monitoreo de monóxido de carbono del aire en ambientes cerrados sin embargo los niveles alcanzados se encontraron dentro del rango permitido (32).

### 3.8. Legislación relacionada:

#### 3.8.1 Constitución Política de la Republica de Guatemala:

##### 3.8.1.1. SECCIÓN SÉPTIMA: Salud, seguridad y asistencia social:

- Artículo 93: Derecho a la salud.

El goce de la salud es derecho fundamental del ser humano, sin discriminación alguna.

- Artículo 94: Obligación del Estado, sobre salud y asistencia social.

El Estado velará por la salud y la asistencia social de todos los habitantes. Desarrollará, a través de sus instituciones, acciones de prevención, promoción, recuperación, rehabilitación, coordinación y las complementarias pertinentes a fin de procurarles el más completo bienestar físico, mental y social.

➤ Artículo 95: La salud, bien público.

La salud de los habitantes de la Nación es un bien público. Todas las personas e instituciones están obligadas a velar por su conservación y restablecimiento

### 3.8.1.2. SECCIÓN OCTAVA: Trabajo.

➤ Artículo 102: Derechos sociales mínimos de la legislación del trabajo.

g) La jornada ordinaria de trabajo efectivo diurno no puede exceder de ocho horas diarias de trabajo, ni de cuarenta y cuatro horas a la semana, equivalentes a cuarentena y ocho horas para los efectos exclusivos del pago del salario. La jornada ordinaria de trabajo efectivo nocturno no puede exceder de seis horas diarias, ni de treinta y seis a la semana. La jornada ordinaria de trabajo efectivo mixto no puede exceder de siete horas diarias, ni de cuarenta y dos a la semana. Todo trabajo efectivamente realizado fuera de las jornadas ordinarias, constituye jornada extraordinaria y debe ser remunerada como tal. La ley determinará las situaciones excepción muy calificadas en las que no son aplicables las disposiciones relativas a las jornadas de trabajo. (35)

### 3.8.2. Código de Salud y su Reforma:

LIBRO II: DE LAS ACCIONES DE SALUD

TITULO I: De las acciones de promoción y prevención

CAPITULO II: de los estilos de vida saludables

➤ Artículo 44: Salud ocupacional

El estado a través del Instituto Guatemalteco de Seguridad Social, el Ministerio de Trabajo y Previsión Social y demás instituciones del sector, dentro del ámbito de su competencia, con la colaboración de las empresas públicas y privadas, desarrollaran

acciones tendientes a conseguir ambientes saludables y seguros en el trabajo para la prevención de enfermedades ocupacionales, atención de las necesidades específicas de los trabajadores y acciones en el trabajo.

CAPITULO IV: Salud y ambiente

SECCIÓN I: Calidad Ambiental

➤ Artículo 70: Vigilancia de la calidad ambiental.

El Ministerio de Salud, la Comisión Nacional del Medio Ambiente, las Municipalidades, y la comunidad organizada, establecerán un sistema de vigilancia de la calidad ambiental sustentando en los límites permisibles de exposición.

➤ Artículo 74: Evaluación de impacto ambiental y salud.

El Ministerio de Salud, la comisión Nacional del Medio Ambiente y las Municipalidades establecerán los criterios para la realización de estudios de evaluación de impacto ambiental, orientados a determinar las medidas de prevención y de mitigación necesarias, para reducir riesgos potenciales a la salud derivados de desequilibrios en la calidad ambiental producto de la realización de obras o procesos de desarrollo industrial, agrícola, pecuario, turístico, forestal y pesquero(36).

#### 4. JUSTIFICACIÓN

Con la creciente urbanización de la ciudad de Guatemala, el congestionamiento vehicular y los grandes costos de las medidas de control, se ha hecho necesario la construcción de parqueos en sótanos de edificios de centros comerciales. Tomando en cuenta que una de las principales fuentes de emisión de monóxido de carbono  $CO$  de la atmósfera son los motores de combustión interna de los vehículos de motor de gasolina y que en estas áreas de sótano la circulación de aire es limitada, la determinación de la concentración de monóxido de carbono y los valores de carboxihemoglobina son de vital importancia para detectar los parqueos en los que los trabajadores expuestos corren riesgo de intoxicaciones por  $CO$ , lo cual permitirá mejorar las condiciones de trabajo y salud por medio de estrategias de control.

## 5. OBJETIVOS

### 5.1 Objetivo general :

Determinar si existe contaminación por monóxido de carbono en parqueos en sótanos de centros comerciales en la ciudad de Guatemala, por vehículos automotores.

### 5.2 Objetivos específicos:

5.2.1 Determinar y cuantificar los niveles de monóxido de carbono en el aire de los parqueos en sótanos de edificios de centros comerciales de la ciudad de Guatemala.

5.2.2 Determinar y cuantificar los niveles de carboxihemoglobina en sangre de las personas que laboran en parqueos de sótanos de edificios de centros comerciales en la ciudad de Guatemala.

5.2.3 Determinar si existe riesgo de intoxicación en los trabajadores, de acuerdo a los niveles de monóxido de carbono encontrados en sangre.

5.2.4 Proponer estrategias para mejorar las condiciones de salud e higiene ocupacional de los trabajadores de sótanos de edificios de centros comerciales.



## 6. HIPOTESIS

Los parqueos en sótanos de centros comerciales presentan concentraciones de monóxido de carbono que representan un riesgo para la salud de los trabajadores expuestos.

## 7. MATERIALES Y MÉTODOS

### 7.1 Universo y muestra

#### 7.1.1 Universo:

7.1.1.1 Personas que laboran en parqueos de sótanos de edificios de centros comerciales de la ciudad de Guatemala.

7.1.1.2 Aire presente en los parqueos en sótanos de edificios de centros comerciales de la ciudad de Guatemala.

#### 7.1.2 Muestra:

7.1.2.1 AIRE: volumen muestreado por el monitor de monóxido de carbono en edificios con parqueos en sótanos de centros comerciales de la ciudad de Guatemala que acepten participar en el estudio. Todas las tomas de muestra se realizarán a una altura de 1.50 metros del nivel del suelo.

7.1.2.2 SANGRE : 5 ml de sangre de personas que laboren en parqueos en sótanos de centros comerciales de la ciudad de Guatemala, que acepten participar.

### 7.2 Materiales y equipo

#### 7.2.1 Equipo

##### 7.2.1.1 MEDICIÓN DE CO EN EL AIRE:

No.	Equipo	Especificaciones	Cantidad
1	Sensor Infrarrojo HORIBA Ambient CO monitor	Modelo APMA-350E	1

## 7.2.1.2.DETERMINACIÓN DE CARBOXIHEMOGLOBINA:

No.	Equipo	Especificaciones	Cantidad
1	Espectrofotómetro	Spectronic Cary 50	1
2	Balanzas	Analítica +/- 0.001 gr	1
3	Refrigerador	-5°C	1

7.2.2 Materiales

## 7.2.2.1 DETERMINACIÓN DE CARBOXIHEMOGLOBINA:

No.	Equipo	Especificaciones	Cantidad
1	Tubos Vacutainer	5 cc	100
2	Agujas hipodérmicas	Para Vacutainer	100
3	Camisa para tubo	Para Vacutainer	1
4	Marcador rotulador	Permanente	2
5	Liga	50 cm	1
6	Alcohol	95%	500 ml
7	Algodón	libra	1
8	Hielera	70 x 50 cm	1
9	Rejillas	Para tubo vacutainer	2
10	Manguera	De hule 0.5*20 cm	4

7.3. Cristalería

No.	Equipo	Especificaciones	Cantidad
1	Vaso de precipitado	1000 ml	1
2	Balón aforado	1000 ml	1
3	Varilla de agitación	25 cm de largo	1
4	Pipeta serológica	20 x 1.5 cm	2
5	Beackers	250 ml	5
6	Beackers	50 ml	10
7	Probeta	25 ml	3
8	Tubos de ensayo	5 ml. Con tapón	40
9	Frascos volumétricos	Diferente capacidad	15
10	Pipeta	1 ml	10
11	Pinza	Acero inoxidable	1
12	Termómetro	Rango de temperatura -10° C a 150°C	1

#### 7.4 Reactivos:

No.	1.1 Equipo	Especificaciones	Cantidad
1	1.2 Agua destilada	Para análisis	20 litros
2	Hidróxido de amonio al 0.1%	Grado analítico	8 litros
3	Ditionito de sodio sólido	Grado analítico	10 gramos

Parte del equipo y cristalería fue proporcionado por el Laboratorio de Monitoreo del aire de la Escuela de Química, así como equipo y reactivos proporcionados por el Laboratorio de Toxicología, Departamento de Toxicología de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

#### 7.5 Método:

##### 7.5.1 Análisis de Carboxihemoglobina en sangre:

###### 7.5.1.1. SELECCIÓN DE LOS SUJETOS:

Se seleccionan sujetos que laboren en parques en sótanos de cada centro comercial, que trabajen mínimo 4 horas y que estén dispuestos a participar.

Se excluyen trabajadores con daño hepático, anomalías en el sistema hematopoyético y enfermedades pulmonares (10).

###### 7.5.1.2. TOMA Y RECOLECCIÓN DE MUESTRA:

Se toman aproximadamente 5 ml de sangre venosa con anticoagulante (heparina) de personas que laboran al menos 4 horas, evitando la formación de burbujas o la entrada de aire a la jeringa. El recipiente a utilizar para la conservación de la muestra debe estar escrupulosamente limpio, seco y cerrado en forma hermética.

Se rotula con el número de muestra y lugar de recolección y se transporta en una rejilla en la oscuridad a 4°C (10,11, 23).

La muestra se recolecta durante la jornada de trabajo por la tarde, cuando se ha demostrado según estudios anteriores que las concentraciones se encuentran en mayor proporción (10).

Cada individuo llena un cuestionario de consentimiento para participar en el estudio. (anexo 1).

### 7.5.1.3 ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS:

-Determinación espectrofotométrica de la carboxihemoglobina en sangre:

Diluir aproximadamente 0.1 ml de sangre (sin centrifugar) con 20 ml de solución de Hidróxido de amonio al 0.1 %. Adicionar aproximadamente 20 mg de ditionito de sodio sólido, para reducir cualquier oxihemoglobina a hemoglobina. Leer las absorbancias inmediatamente en celdas de 1 cm.

Con agua como blanco a 538 nm (máxima absorbancia de carboxihemoglobina) y 578 nm (punto isobéptico de la carboxihemoglobina y hemoglobina).

Para los cálculos se utiliza la siguiente fórmula:

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

Cada muestra de sangre se analiza por triplicado (10).

## 7.5.2 Análisis de Monóxido de carbono en aire:

### 7.5.2.1 TOMA DE MUESTRA:

Se coloca el Monitor de monóxido de carbono, calibrado cada vez que se utilice, a una altura aproximada de 1.50 mts, por un tiempo aproximado de 8 horas, en los lugares donde se cree que las personas se encuentran durante su jornada de trabajo, y tomando en cuenta las consideraciones descritas el manual de funcionamiento del equipo (34).

#### 7.5.2.2. ANÁLISIS DE LA MUESTRAS:

Luego de obtener las lecturas, mediante un graficador, de una jornada de trabajo, se realiza un promedio de las lecturas por hora y se elabora un curva que demuestre el comportamiento de la sustancia.

#### 7.6 Preparación de los reactivos:

##### Hidróxido de amonio al 0.1%:

Medir exactamente 4.44 ml de hidróxido de amonio concentrado (28-29 NH<sub>3</sub> en agua), disolver en un litro de agua y diluir hasta 4 litros (10).

#### 7.7 Diseño de la investigación:

##### 7.7.1 Tipo de estudio: Prospectivo y Descriptivo.

##### 7.7.2 Diseño metodológico: Experimental

7.7.3. Diseño del muestreo: Se muestrea centros comerciales con parqueos en sótanos de la ciudad de Guatemala y en ellos personas que trabajen como mínimo 4 horas, diarias consecutivas.

7.7.4. Consideraciones Bioéticas: El estudio se realiza a voluntarios que firman una carta de consentimiento, considerando el tratado de Bioética de Helsinki.

#### 7.8 Análisis de los resultados:

##### 7.8.1 Análisis estadístico:

Se determina la concentración media de carboxihemoglobina encontrada en las personas muestreadas, por centro comercial, así como la media de las concentraciones de monóxido de carbono medida en ppm, en el área en que trabajan dichas personas.

### 7.8.2 Interpretación:

Comparación con los valores de referencia de las carboxihemoglobina. Comparación con los valores de referencia de concentración de monóxido de carbono en interiores.

## 8. RESULTADOS

Tabla No. 1

Resultados Generales por Centro comercial muestreado en la Ciudad de Guatemala con parqueo subterráneo.

Centro comercial	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total
Conc. Promedio de CO (ppm)	12.36	5.78	2.54	8	5.94	6.22	0.8	10.19	3.63	9	X= 6.44ppm
Conc. Min. de CO (ppm)	1.25	0.2	0.15	0.75	0.5	0.1	0.8	0.25	0.05	1.8	
Conc. Máx de CO (ppm)	19.5	10.1	8.6	19	38.5	20	9.1	44.75	16.5	19.9	
% de COHb promedio	nm	27.14	20.3	27.03	23.27	21.34	nm	19.64	22.78	22.54	X= 23.01
% de COHb Min.	nm	22.32	15.23	17.58	21.27	-	nm	9.84	22.61	20.82	
% de COHb Max.	nm	3.56	23.92	39.17	25.27	21.34	nm	24.67	22.95	26.03	
Personas muestreadas	nm	15	14	15	4	1	nm	7	2	5	63
No. Hombres	nm	12	11	14	3	1	nm	7	2	5	55
No Mujeres	nm	3	3	1	1	0	nm	0	0	0	8
Tiempo de muestreo en horas	8.5	5	5.5	10	7.5	7.66	7.75	5.75	6.17	7.5	
Zona del Centro comercial	11	11	4	10	1	7	10	7	15	12	

nm= No muestreado

X = Medio o Promedio

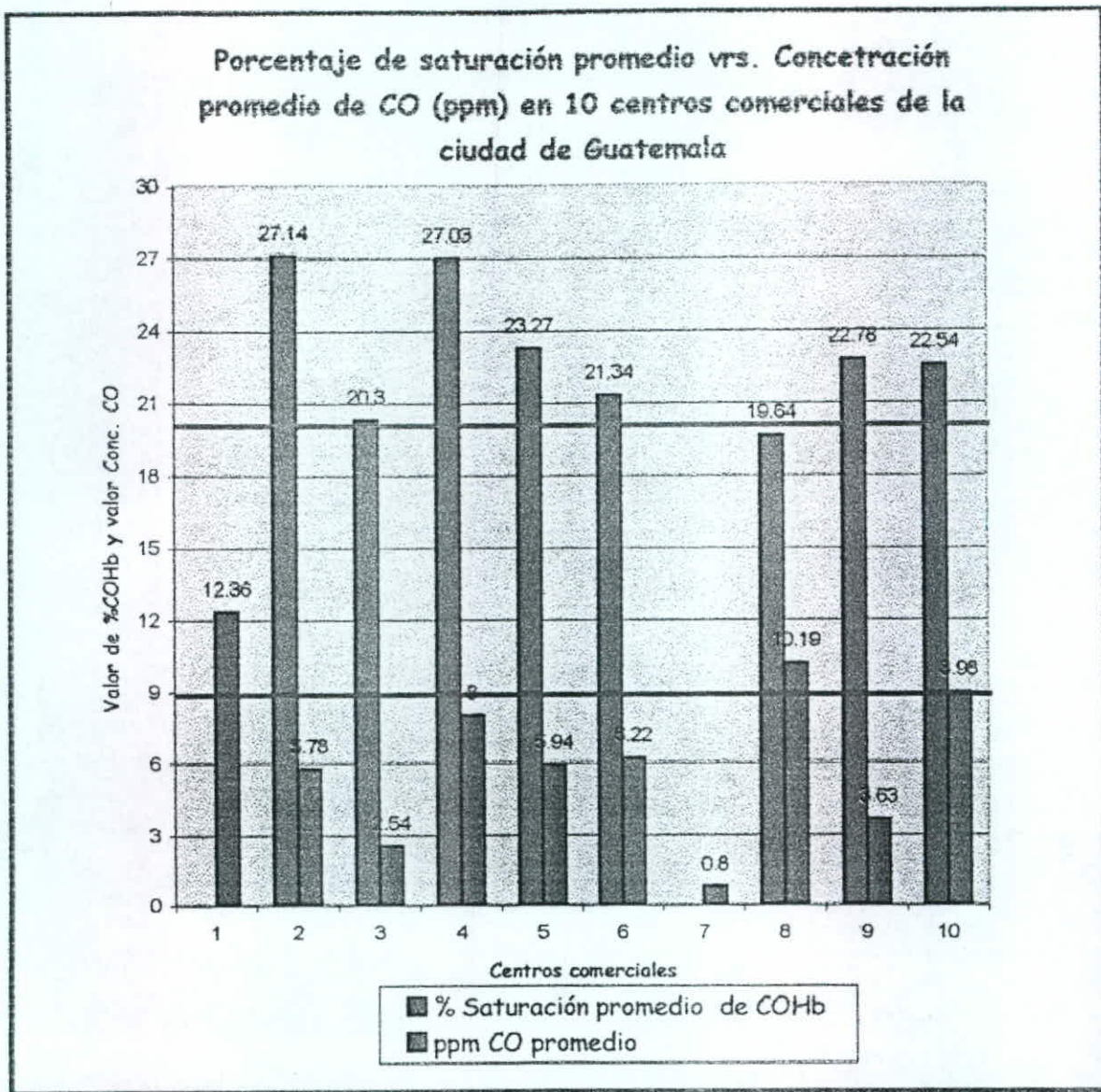
Tabla No.2

Resultados de porcentaje de carboxihemoglobina clasificados en rangos

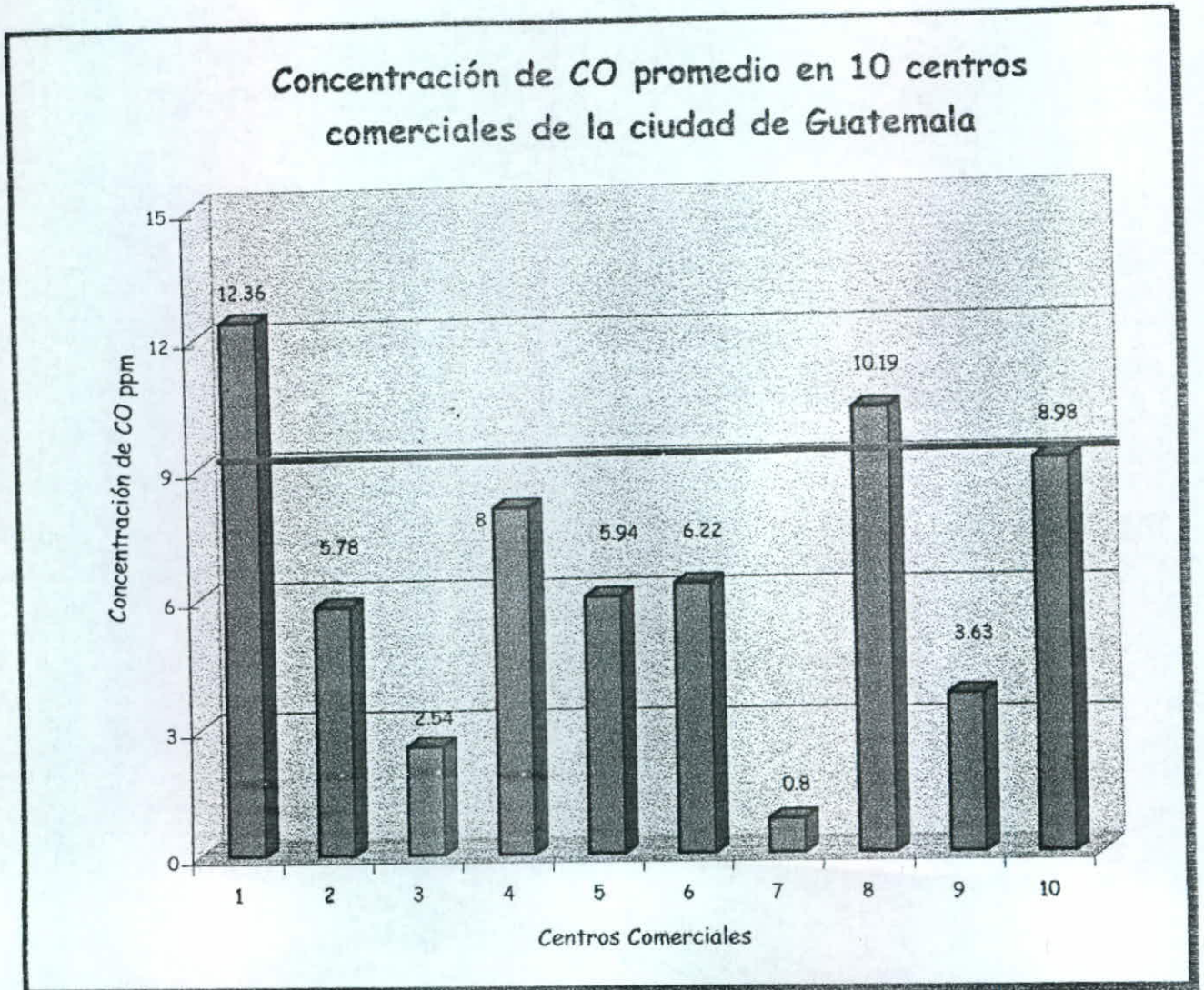
Rango de % de COHb	Numero de sujetos	%
0-10	1	1.7
10-20	8	12.7
20-30	52	86.7



Grafico No.1



Gráfica No. 2



Gráfica No. 3

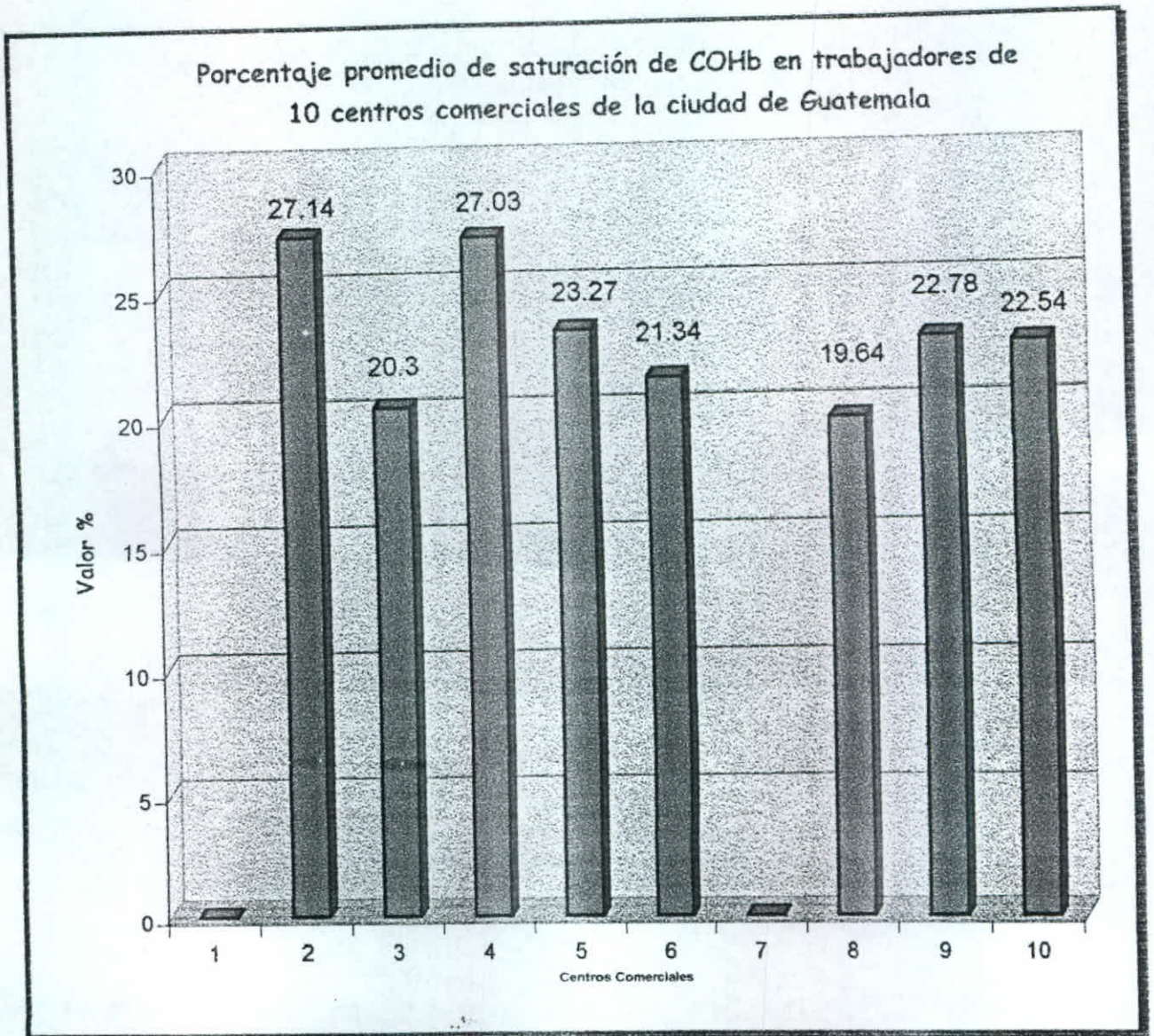
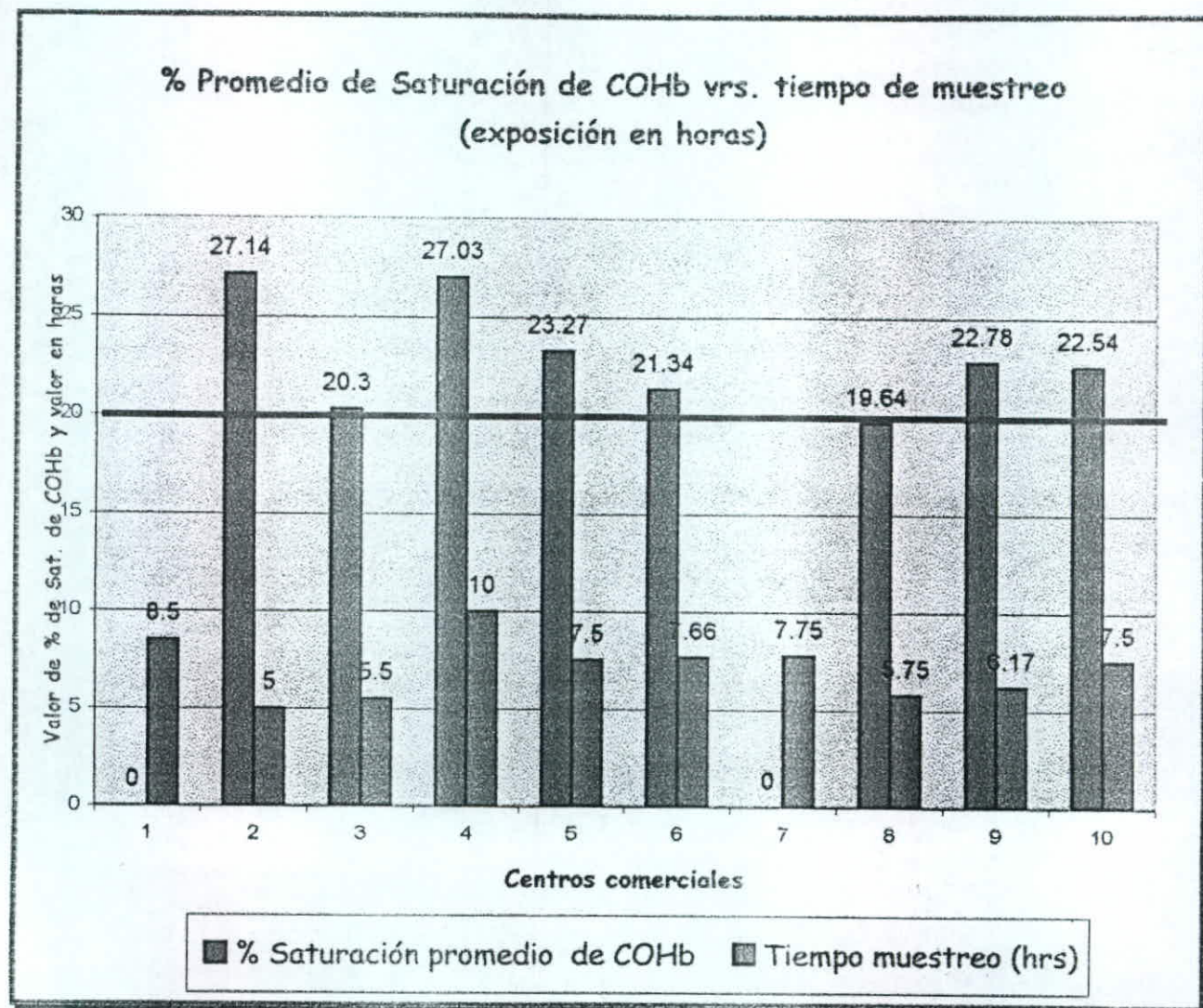


Grafico No. 4



Gráfica No. 5

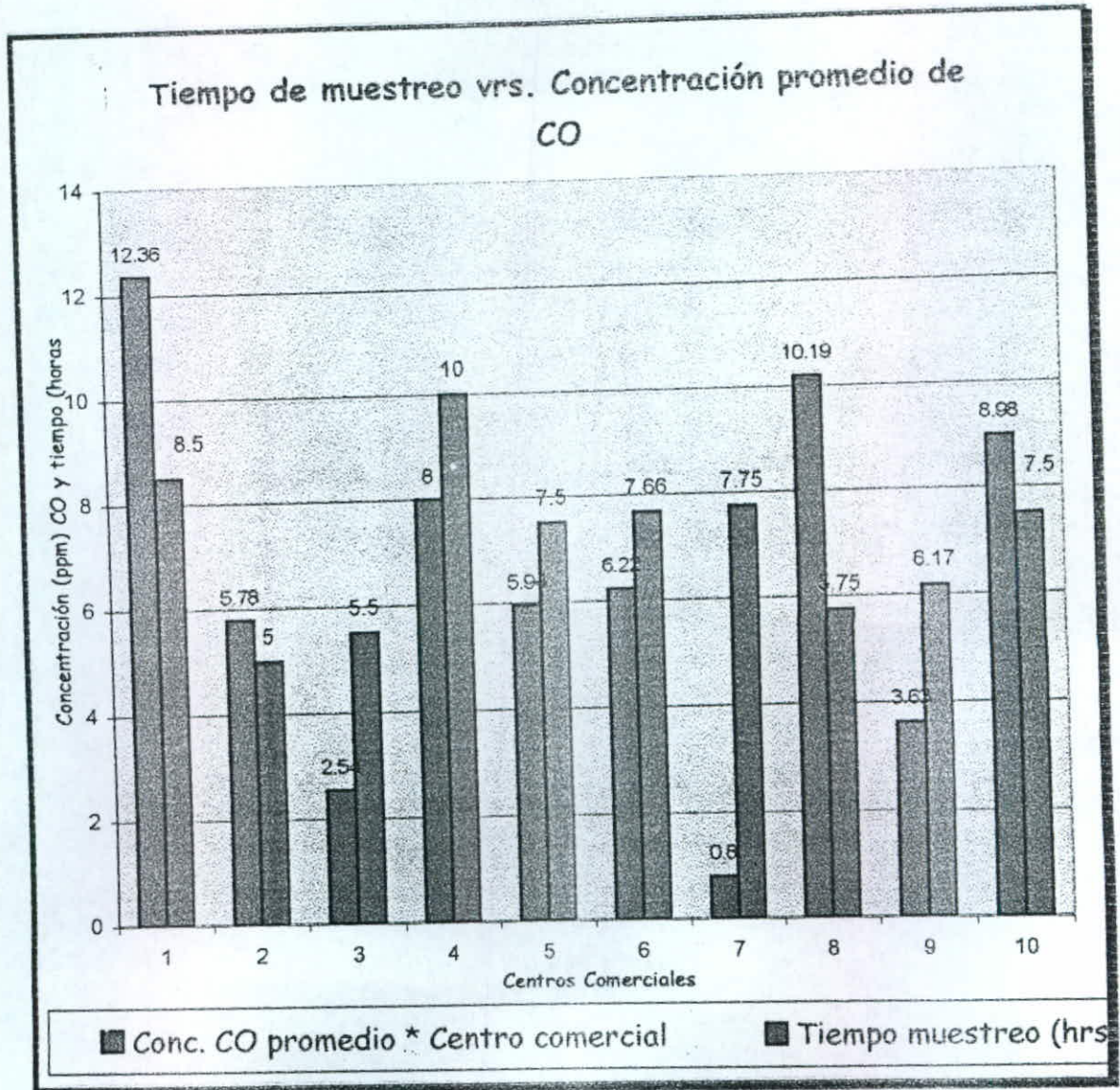


Gráfico No. 6

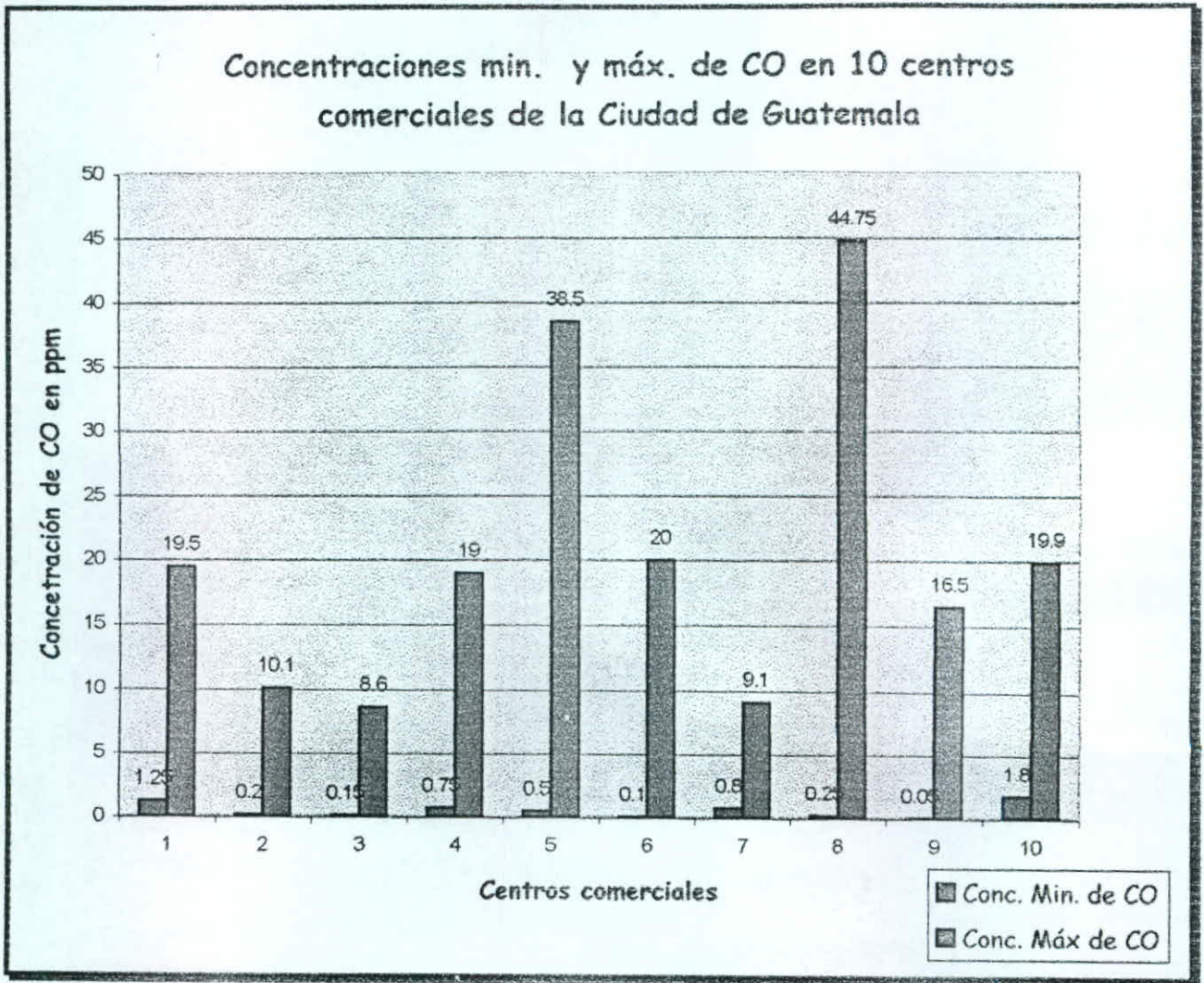


Gráfico No. 7

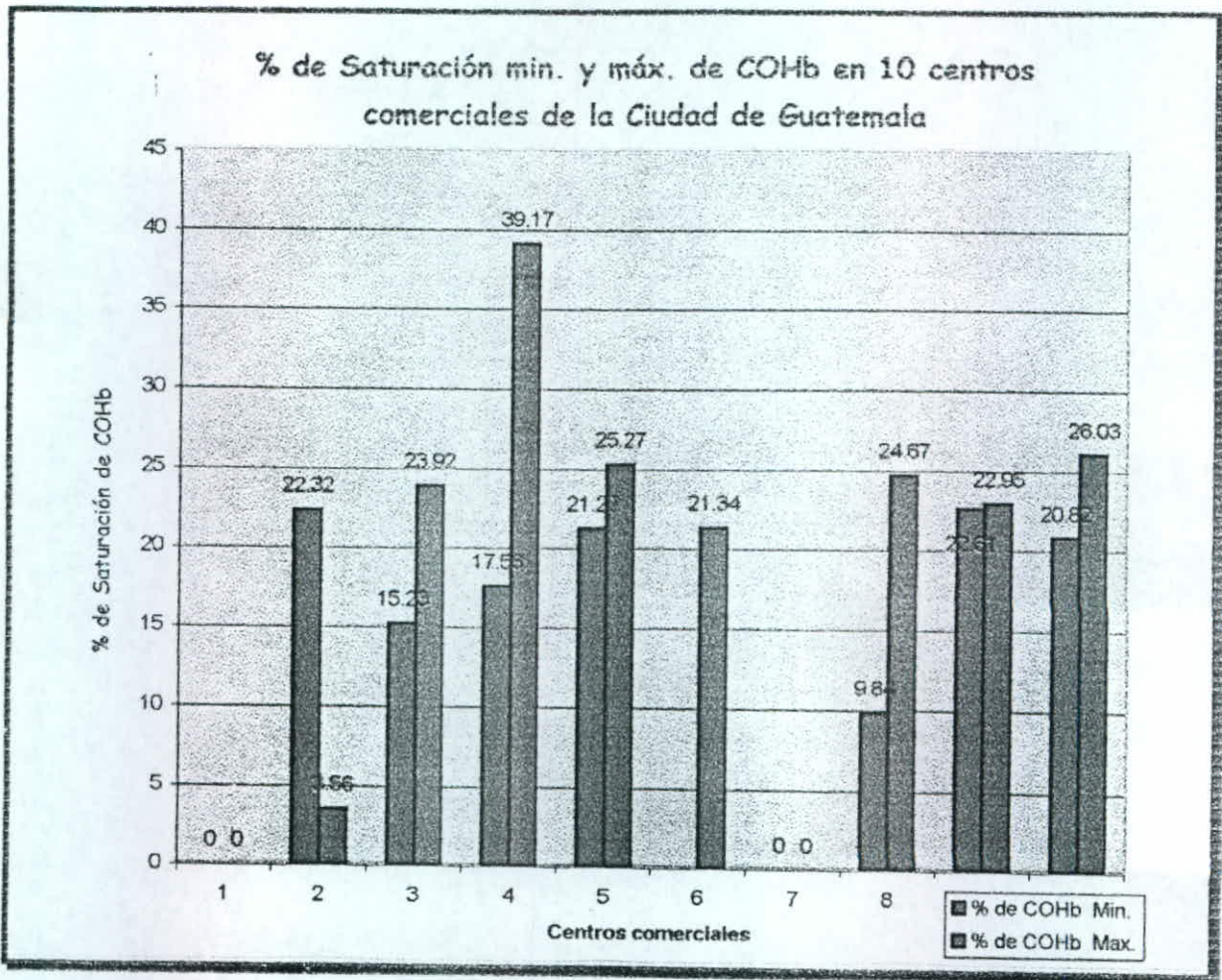


Gráfico No. 8

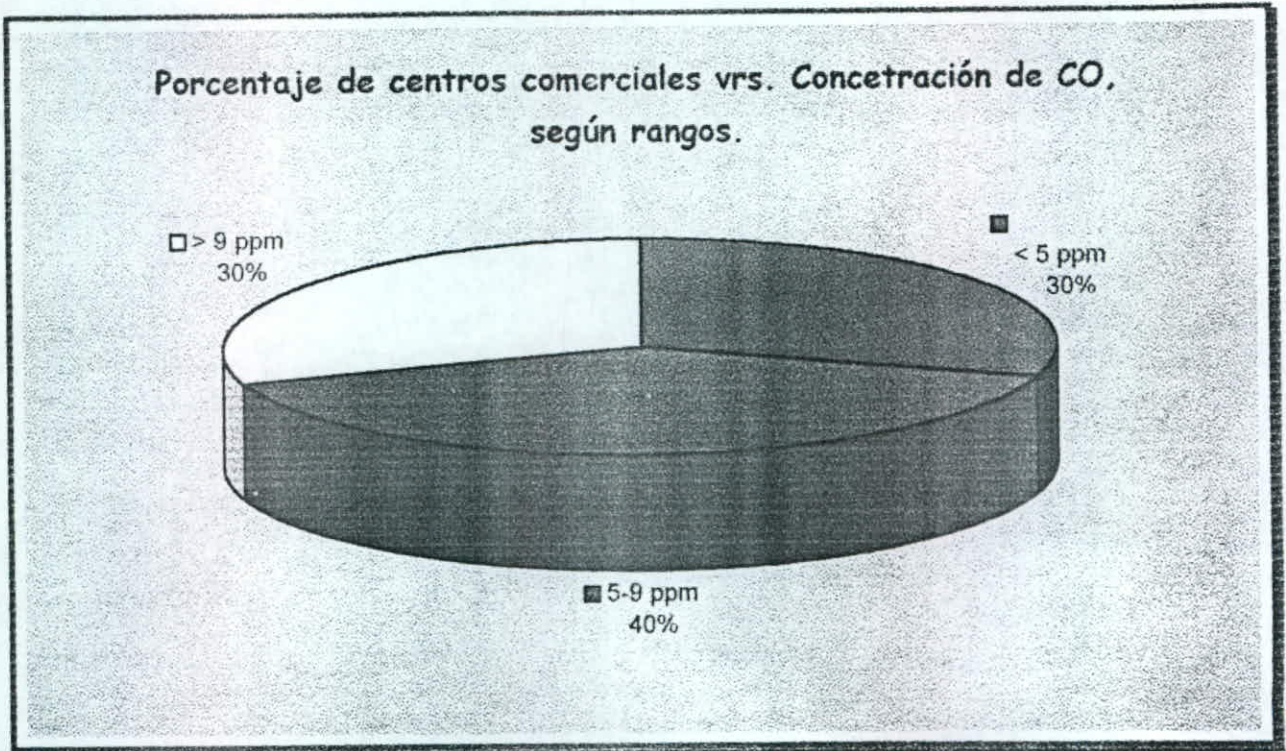
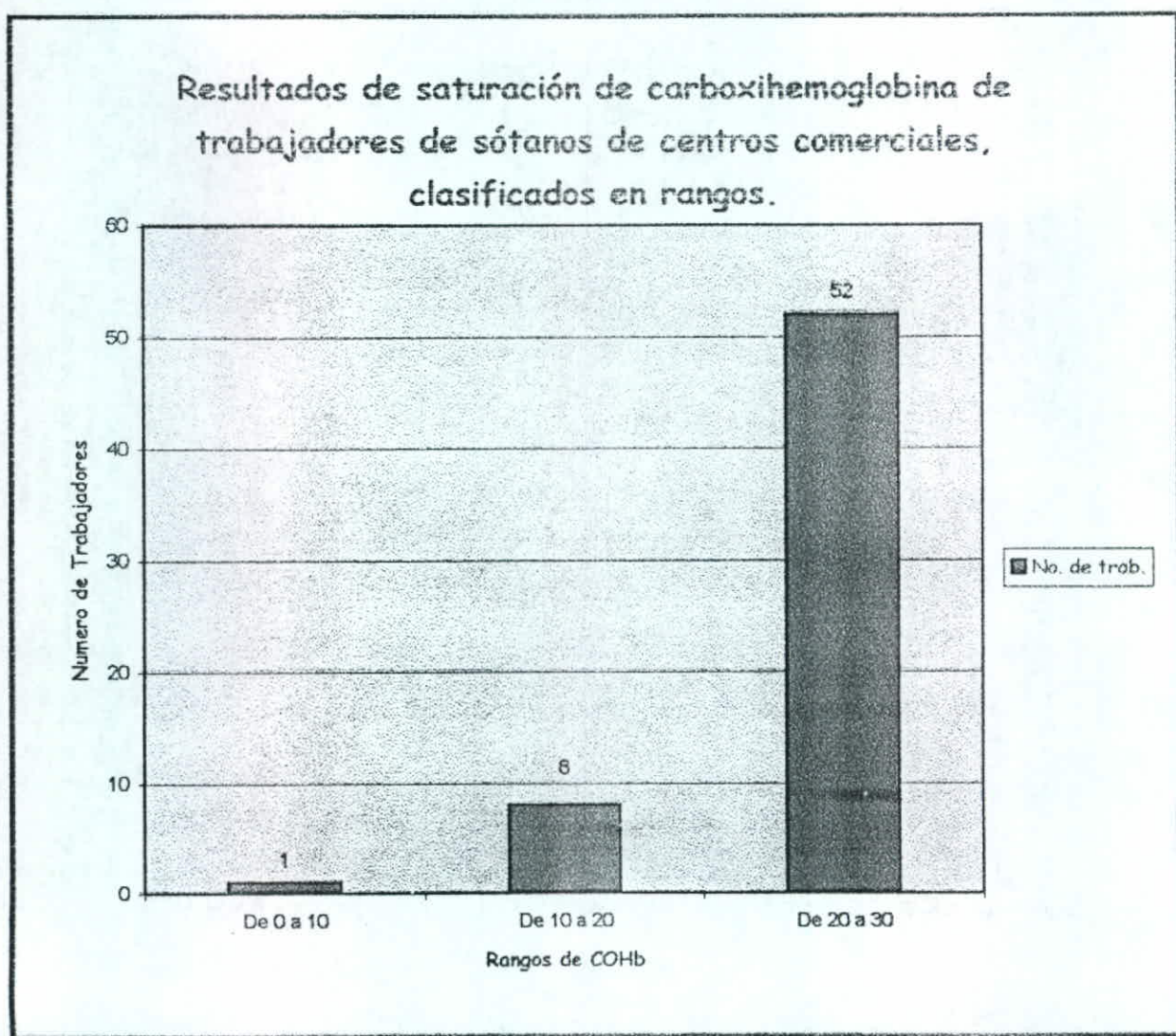




Gráfico No. 9



## 9. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La ciudad de Guatemala debido a su industrialización y crecimiento económico y en pos de una sociedad de consumismo alberga alrededor de unos 70 edificios registrados como centros comerciales, de los cuales solo aproximadamente 15 poseen parqueos subterráneos por lo cual se pidió la participación de estos 15 en el estudio, sin embargo debido a políticas particulares de cada empresa solo 10 centros comerciales accedieron a participar y de estos últimos 2 no permitieron que sus trabajadores accedieran a donar sangre para medir los valores de carboxihemoglobina, por lo que de estos solo se refiere los resultados en cuanto a valores de CO como se observa en la Tabla de resultados numero 1. Se tomaron 63 muestras en total de sangre descartando 3 por dar valores fuera del promedio.

Según los resultados obtenidos luego de 4 meses de muestreo como se observa en la tabla de resultados No. 1 y como se muestra en la Gráfica No. 1, el centro comercial numero 1, obtuvo una concentración promedio que sobrepasa los límites permitidos por la OMS de 9 ppm en un tiempo de 8 horas de muestreo, obteniendo una concentración de 12.36 ppm; sin embargo este fue uno de los comerciales que no permitió hacer el estudio en las personas que laboran en el edificio, aún así se debe tomar medidas adecuadas (se enlistaron en las recomendaciones), ya que este parqueo alberga una gran cantidad de vehículos y posee alrededor de 5 trabajadores por piso, además dentro de las instalaciones del edificio se encuentran salas de cines, las cuales son muy frecuentadas y cada vez que hay un estreno de una película, la capacidad del parqueo se completa, por lo que los trabajadores inhalan concentraciones de CO que podrían afectar sus salud, tomando en cuenta que no se mantienen fijos en un lugar determinado, sino que se mantienen rodeando el área, caminando, en bicicleta o en unos mini carros eléctricos, esta actividad permite que el consumo de oxígeno sea mayor y por lo tanto más CO. El centro comercial se encuentra en la zona 11 de la ciudad, sobre una de las calles más transitadas del país y los rodean otros centros comerciales, los cuales también son muy frecuentados.

En el centro comercial número 2, se registra un valor de 5.78 ppm de CO, por lo que no supera los valores permitidos por la OMS, sin embargo el valor promedio registrado de saturación de COHb, en el personal fue de 27.14%, esto puede deberse a diversos factores pues el equipo fue colocado cerca de una de las salidas del parqueo, y lo más conveniente es que esté alejado, pues la medición puede verse afectada por la contaminación del ambiente, además que las instalaciones tienen un ala con ventilación natural. El personal si puede estar contaminado ya que el estudio solo se realizó en el primer piso del parqueo y éste cuenta con 3 pisos de sótano, por lo cual las personas muestreadas trabajan en los distintos pisos, y se pudo observar que el personal muestreado del piso 3, registra valores más altos de COHb, además que entre los oficios del personal, habían agentes de seguridad y lava carros, estos últimos con jornadas de trabajo de 4 a 6 horas, sin embargo fueron tomados en cuenta para el estudio, para hacer una comparación, se lograron muestrear 15 personas, en las que se encuentran 12 hombres y 3 mujeres, de éstos 10 de los muestreados fuman, y como se sabe el tabaco incrementa los valores de COHb, ya que los fumadores inhalan cerca de 4000 sustancias químicas en cada bocanada de humo producto de la combustión del cigarrillo, y una de ellas es el CO, produciendo niveles elevados de CO en el aire espirado, reportados entre 8.42 y 18.5 ppm, y éstos obtuvieron un valor promedio de 28.34% de COHb en comparación de los no fumadores de 24.67% de COHb. Ambos grupos, según la encuesta, manifiestan en su mayoría, dolor de cabeza, que es un síntoma asociado a valores de % de saturación que van de 20 a 30% según lo descrito por la bibliografía. La edad de los trabajadores en este centro comercial no se relaciona directamente con los valores de COHb, obtenidos, sin embargo es un factor de riesgo que va asociado con la toxicidad crónica del individuo, por lo que debería de informarse a este personal, ya que coincide además que las personas que tienen 45 y 46 años presentan sobrepeso (este fue determinado según el IMC, índice de masa corporal, que relaciona el peso corporal con la altura) y valores más altos de COHb a pesar de pasar menos tiempo en el comercial, pero realizan una actividad más exhaustiva (lava carros), por lo que su consumo de oxígeno es mayor, aumentando la velocidad de absorción de CO debido a la

relación entre la superficie pulmonar y la masa corporal, el volumen respiratorio por minuto y perfusión pulmonar.

Otra persona expuesta de riesgo, es una mujer embarazada con 5 meses de gestación, agente de seguridad que labora en el tercer piso del parqueo, obtuvo un valor de saturación de COHb de 22.32%, elevando el riesgo de contaminación para el feto, ya que es afin al CO asimilando en gran parte el gas (Anexo No. 5). Además algunas personas manifiestan molestias al visitar este centro comercial, al ingresar a estas instalaciones, pues alberga una gran cantidad de carros por piso, y es uno de los centros comerciales concurridos por la localización dentro de la ciudad capital, sin embargo según manifestaban los encuestados la concurrencia en el día de muestreo, relativamente era normal para fin de semana.

En el centro comercial numero 3, tampoco se supera los niveles permitidos por la OMS, ya que se obtuvo un valor de 2.54 ppm de CO, sin embargo al igual que el centro comercial numero 2, obtuvo un valor de 20.30% de saturación de COHb, que corresponde a la manifestación de dolor de cabeza, entre lo más común. Se muestrearon 14 personas dentro de los que se encontraban Agentes de Seguridad, y trabajadores de un restaurante ubicado en el sótano, de los cuales 8 fuman y 6 no lo hacen; el centro comercial solo cuenta con un sótano, lo particular de este centro comercial es que a pesar que 3 personas de las muestreadas trabajan en el comedor, las cuales están en contacto con la parrilla de cocina, no presentan valores tan elevados; su jornada de trabajo es de ocho horas y la persona que menos tiempo tenía de trabajar era de 3 meses.

La concurrencia del Centro comercial es mediana, según los trabajadores, ya que cuentan que debido al supermercado que aloja, su máxima concurrencia ocurre en los fines de semana que coinciden con el fin de mes y un poco menos, el acabo de quincena. Este edificio tiene 3 pisos de comerciales y 7 piso de oficinas. El día de muestreo había mucho viento, por lo que donde estaba situado el equipo y la corriente de aire pudo ser un factor determinante para no registrar valores de CO mayores, además tiene un ala de ventilación natural.

En el centro comercial numero 4, se obtuvo una concentración promedio de CO de 8 ppm, muy cercano a limite permitido por la OMS (9 ppm), y un valor de saturación de COHb promedio de 27.03%. Este centro comercial fue el que registro valores de saturación más altos, debido a que éste no posee ningún tipo de ventilación y las personas que laboran dentro de sus instalaciones, están confinados a estas. Cuenta con 3 sótanos, por lo que las personas que fueron muestreadas eran de los diversos pisos, coincidiendo que las personas que laboran en el tercer piso, se encuentran mas expuestas manifestando niveles superiores de COHb, aunque la concurrencia de carros es menor, la acumulación del gas es mayor, sin embargo el equipo de monitoreo se coloco en el primer sótano, el centro comercial posee 3 pisos y su concurrencia es normal, ya que cuenta con un supermercado reconocido, y cines, por lo que el comportamiento es similar, al del centro comercial numero 2, además alberga en su interior una gran cantidad de vehículos.

En el centro comercial numero 5, ubicado en la zona 1, del Centro Histórico de la ciudad, se obtuvo un valor de 5.94 ppm de CO, que no supera el limite permitido y un valor de 23.27% de saturación de COHb, que es un valor suficiente para manifestar síntomas reportados, las personas muestreadas fueron únicamente 3, que son las que regularmente se mantienen en el parqueo; uno de ellos se mantiene en la garita de cobro, y la otra es la persona encargada de lavar carros, se asume que la persona que lava carros obtuviera un valor de COHb mayor, sin embargo como se ha visto, el sobrepeso es un factor de riesgo, ya que éstos tienen la capacidad de absorber una mayor cantidad de CO, por lo que explica que a pesar de estar por menos tiempo expuesto al contaminante (jornada laboral de 4 horas) obtuvo un valor mas alto de saturación influyendo además que ha fumado. Las personas muestreadas registran síntomas leves de toxicidad al CO, sobre todo dolor de cabeza, que coincide con los valores de COHb obtenidos. La capacidad del parqueo es poca, ya que posee 52 puestos para carros; este edificio no tiene ningún tipo de ventilación natural, tiene 2 piso de comerciales y 3 pisos de oficinas, la concurrencia es baja en fines de semana, explican los encuestados, ya que su mayor afluencia es debido a las oficinas, entre semana.

En el centro comercial No.6, ubicado sobre la calzada Roosevelt, se obtuvo un valor de 6.22 ppm de CO y en la única persona muestreada un valor de saturación de COHb de 21.4%, ya que este parqueo, tiene la política de dejar el carro por su cuenta y riesgo, el parqueo es gratuito, por lo que no necesita más personal. Su concurrencia es moderada, y tiene la capacidad de albergar 86 carros, pero el día de muestreo el parqueo no registró mucho movimiento vehicular, según el agente de seguridad muestreado, la mayor concurrencia se registra los días miércoles por la promoción de cine. Hay 2 locales comerciales y la oficina de administración en las instalaciones del sótano, pero las personas no accedieron a participar en el estudio. La persona que fue estudiada, refería poseer un estado de salud normal, pero a pesar de ello, siempre se retira del turno con dolor de cabeza, sobre todo los días miércoles, a pesar del corto tiempo de laborar en el sótano, ya que de acuerdo a política del comercial, rotan a otros sitios de vigilancia dentro del mismo edificio. El edificio posee 1 sótano y los locales de cine se encuentran en el mismo.

En el centro comercial No. 7, ubicado en la zona 10 de esta ciudad, se muestra las condiciones ideales en las que se debería encontrar un parqueo, ya que el valor promedio registrado de CO fue de 0.8 ppm, lastimosamente este fue el otro centro comercial, que no permitió la toma de muestra de sangre a sus trabajadores, sin embargo en una entrevista oral, éstos no llegan a manifestar síntomas de contaminación por CO. El parqueo es amplio, tiene capacidad para 300 puestos de carros, además hay locales comerciales como clínica veterinaria, venta de flores entre otros, sin embargo se mantiene un ambiente ventilado, ya que el edificio se encuentra construido sobre una base elevada del parqueo. La concurrencia es regular, según lo manifestado por algunos trabajadores, sobre todo en fines de semana que coinciden con fin de mes. Los trabajadores que velan por la entrada y salida de vehículos, rotan de acuerdo a las demandas de clientes, pues no pertenecen a alguna agencia de seguridad en particular como en los otros centros comerciales, sino que son parte del personal regular del Comercial.

En el centro comercial No.8, ubicado en la zona 7, junto con otros comerciales de la ciudad muy visitados, obtuvo valores de CO promedio de 10.19 ppm, por lo que supera el valor permitido por la OMS, y un valor de saturación promedio de COHb de 19.64%, que está próximo a manifestar síntomas de intoxicación.

A pesar que fueron 7 personas muestreadas solo 2 de ellas se encontraban laborando en el parqueo, pero surgió interés particular de parte del Administrador del Centro comercial que todos los agentes de seguridad se sometieran al estudio para encontrar relación con el desempeño de cada uno de ellos y los síntomas que decían padecer mientras se encontraban en el parqueo, pues manifestaban que debido al turno laboral cada 3 días rotan por el parqueo en un turno de 12 horas; debido a ello es que el promedio de COHb fue menor a comparación de otros centros comerciales. Cuatro de las personas muestreadas fuman; tiene un promedio de 20.15% de COHb, mientras que los que no fuman tiene un promedio de 18.97%. Según los encuestados los problemas de salud, atacan mas en la época navideña, pues la concurrencia aumenta significativamente, al extremo que la visión dentro del parqueo se nubla por la cantidad de emisión de gas de parte de los carros. El edificio tiene 4 pisos de comerciales, especialmente de ropa, y solo un sótano de parqueo, sin ventilación natural, y tiene capacidad para 80 vehículos. En general, las personas que laboran como agentes de seguridad, no tienen menos de 4 meses de trabajar para el comercial en las condiciones antes mencionadas.

En el centro comercial No. 9, ubicado en la zona 15 de esta ciudad Capital, se registró un valor promedio de CO de 3.63 ppm, que fue el segundo en registrar un valor tan bajo de CO, en comparación a los demás centro comerciales, sin embargo se obtuvo un valor de saturación de COHb promedio de 22.78%, que es lo suficientemente alto para que los trabajadores manifiesten síntomas debido a la exposición al CO. Únicamente se muestrearon a dos personas que laboran en un taller de llaves situado de manera informal en el comercial, ya que los 2, agentes de seguridad que se encontraban laborando en el parqueo, no quisieron participar en el estudio, además también se ubica en el parqueo un minisupermercado, pero tampoco quisieron participar. El parqueo tiene capacidad para estacionar de 70 a 80

vehículos, pero su concurrencia es regular, ya que el edificio solo cuenta con 3 pisos de locales comerciales, algunos de los encuestados que laboran, refieren que el flujo es mayor en navidad, sin embargo el parqueo, cumple con la demanda de clientes. El parqueo no tiene ninguna ventilación natural sin embargo en el único piso de parqueo tiene 3 puertas para su acceso, que brindan una ventilación necesaria. Los valores registrados de COHb, pueden deberse a que a pesar de que se ventila el lugar, las personas están situadas en un lugar donde todos los vehículos pasan emitiendo los vapores del escape y llegan a manifestar los síntomas correspondientes. El espacio es muy reducido, incluyendo otros factores como el cigarrillo y el sobrepeso que son factores que contribuyen a la absorción.

En el centro comercial No. 10, ubicado sobre la calzada Petapa, registró un valor promedio de 9 ppm de CO, que se encuentra justamente en el límite, permitido por la OMS, y un valor promedio de saturación de 22.54% de COHb. Se muestrearon 5 personas, dentro de las cuales 3 de ellos fuman y se obtienen valores de COHb de 22.81% y los que no fuman un valor de 22.14%, siempre encontrándose un diferencia mínima, pero significativa, ya que siempre los fumadores registran valores mayores que los no fumadores. El edificio cuenta con 3 pisos de locales comerciales y solo un piso de parqueo que puede albergar hasta 300 carros, según lo referían este es un centro comercial visitado debido a su ubicación y a las instalaciones que posee, entretenimiento (cines), almacenes de ropa y un supermercado, que son los que en su mayoría son factores que atraen a la población.

En el parqueo se encuentran laborando 3 personas constantemente, agentes de seguridad, uno que se encuentra en la entrada (garita de control) y otros 2 que rotan ya sea a pie o en bicicleta, para dar un mejor servicio; el equipo se colocó en un punto de muestreo adecuado ya que no permitió interferencias ambientales. Estos trabajadores si reportan síntomas, sobre todo dolor de cabeza, que coinciden con los valores de COHb obtenidos.



Entre algunas de las variables que se manejaron en el estudio se considera importantes tomar en cuenta, los factores microclimáticos del área, ya que la velocidad del viento y la profundidad de la atmósfera determina la forma de dispersión de los contaminantes, además la cantidad de gas absorbida depende de la ventilación, duración de la exposición y la concentración relativa de monóxido de carbono y oxígeno del ambiente.

También las muestras en cada centro comercial no se obtuvieron en las mismas condiciones de temperatura, presión, humedad relativa, hacinamiento, (conurrencia de carros y tráfico) y velocidad de flujo debido a las condiciones específicas de cada día de muestreo. El estudio se desarrolló en el periodo de Febrero a Junio del 2004, por lo que se considera época de verano, y las últimas mediciones Mayo y Junio entrando la temporada de invierno, por lo que las condiciones ambientales eran diferentes. Se trató que las muestras se tomaran en el mismo intervalo de tiempo, 8 horas de estudio, a las 6 de la tarde, se colectaban las muestras de sangre, y se realizaba fines de semana, viernes, sábado y domingo, dependiendo el día autorizado por la administración del Centro comercial. Las administraciones de cada centro comercial, influyeron en la limitación de definir los sitios de muestreo así como el número de muestreo, en ocasiones iba en contra de sus políticas.

Debido a que las instalaciones de los parqueos de cada centro comercial eran diferentes, se presentaron algunos problemas técnicos como conexiones para adaptar el equipo de monitoreo de aire pues no todas las áreas poseen tomacorriente, lo que impedía que el estudio empezara siempre a la misma hora y terminara de la misma forma, esto también limitó la altura a la cual se colocaba el equipo y la distancia prudencial para evitar alguna interferencia en la detección del CO.

Los centros comerciales No. 2, 5,6, y 8 se encuentran ubicados en la calzada Roosevelt, Petapa y en el centro histórico de la ciudad, respectivamente, son puntos con un elevado flujo vehicular, y donde se han detectado niveles de monóxido de carbono en el aire que ponen en riesgo la salud, resultando en acumulaciones de concentraciones bajas a medianas de CO en ambientes cerrados como lo son los sótanos de edificios.

Entre los factores individuales de cada sujeto de estudio se pueden mencionar, el Género: Mujer y Hombre: como se puede observar en la tabla No.1 que muestra un resumen de los valores obtenidos tanto de carboxihemoglobina y de CO dada por ppm, el personal femenino (Anexo No. 11) era un numero menor, pero a pesar de ello cuando se comparan los valores promedio entre hombres que fue el 88% de la muestra y mujeres siendo el 12% se observa que hay una diferencia promedio de 4.63% de porcentaje de saturación de carboxihemoglobina entre cada grupo.

Entre las variantes del estudio se encontró que el 58% de las personas muestreadas fumaban, mientras que el 42% no lo hacían, sin embargo se tomaron ambos grupos, ya que en cada centro comercial la muestra hubiera sido insignificante para poder hacer una conclusión de hallar riesgo de contaminación o determinar si presentaban algún signo de intoxicación ya sea aguda o convertirse en crónica.

Sin embargo las diferencias entre fumadores y no fumadores fue del 2.3% que según lo que reporta la bibliografía se debe a que el CO es generado por la combustión del cigarrillo provocando que inhiba durante días la respiración celular, lo que supone una anoxia relativa.

También la exposición indirecta o involuntaria, fumadores pasivos, se ha comprobado presentan valores de niveles de CO mayores de otros que no lo son, por lo que una pregunta de la encuesta debió ser, si alguien más de la casa fumaba, pues es otro factor de riesgo para presentar un intoxicación crónica, ya que las corriente secundaria que emite el cigarrillo se difunde con facilidad en el ambiente sobre todo en recintos poco ventilados, consiguiendo una concentración elevada que puede penetrar en el aparato respiratorio del fumador pasivo.

Además se debió incluir las condiciones de vivienda, para saber si era otro factor indirecto, (pisos de tierra, zona contaminada, cocinar con leña), para descartar que fuera directamente un toxicidad causada por el ambiente laboral, (vehículos automotores) la toxicidad presentada. (exposición crónica).

En cuanto al peso, como se sabe es un factor de riesgo, ya que a mayor IMC, la absorción de CO aumenta; esto se reflejó ya que los trabajadores que presentaban sobrepeso u obesidad, tenían niveles de carboxihemoglobina ligeramente mayores que los demás trabajadores.

Además se puede relacionar la diferencia de % de saturación COHb entre trabajadores hombres y mujeres es de 4.63%, esto debido a que los hombres poseen un índice muscular mayor. ya que el 13 % de personas muestreadas son Mujeres y el 87% son hombres.

También se tuvo que haber incluido en la encuesta, si realizaba algún tipo de actividad física (deporte) pues se reconoce que estas personas necesitan un aporte mayor de oxígeno y por lo tanto se ha demostrado que la absorción del contaminante es proporcional a la actividad física que realiza, ya que el 90% de las personas muestreadas son agentes de seguridad se asumió que tienen una profesión sedentaria, para poder comparar con la tabla correspondiente.

Ninguno de los sujetos muestreados reportó manifestar algún padecimiento crónico, que pudiera predisponer la toxicidad o agravar por lo que se asume que todo estado de salud anormal se deberá a la exposición al contaminante.

Otra variable importante se refiere a la exposición de 8 horas, que va de acuerdo a su jornada laboral, que en algunos casos era mayor a esta (jornadas de 12 x 12 horas), lo que incrementa el riesgo de toxicidad, pues dada la capacidad de disociación que tiene el CO cuando existe respiración activa, se discute la existencia de intoxicación crónica con el CO.

Así también, el tiempo de trabajar para el centro comercial, si es corto no implica una menor contaminación pues en personas muestreadas con poco tiempo de laborar para el centro comercial, presentaban valores similares a los que llevaban incluso 3 años de laborar para el mismo edificio y en las mismas condiciones de trabajo, horario y puesto.

Como se puede observar en la gráfica No. 8, el 40% de los centros comerciales se encuentran en el rango de valores de CO de 5 a 9 ppm, por lo que estos se encuentran cerca de alcanzar los valores permitidos por la OMS.

Se obtuvo un valor promedio de monóxido de carbono en centros comerciales en la ciudad de Guatemala de 6.44 ppm y un promedio de saturación de carboxihemoglobina en 60 trabajadores de 23 %, donde el 87% presentan valores de saturación de carboxihemoglobina arriba del 20%, que significa que manifiestan síntomas asociados a la exposición crónica al contaminante, representando un 92% de los encuestados, por lo que se considera personal de riesgo y se debe implementar medidas de precaución, como instalar ventiladores apropiados para evitar la acumulación de las emisiones de los vehículos automotores en estas áreas, el uso de mascarillas, entre otras recomendaciones que se enuncian a continuación, sin embargo debido a las razones expuestas, las condiciones que cada edificio tiene son diferentes, como el número de espacios para estacionar los vehículos por centro comercial, entre otros factores ya descritos, por lo que no se puede afirmar que la contaminación de los trabajadores sea únicamente de origen automotor, ya que solo 3 de los 10 centros comerciales obtuvieron valores que superan lo permitido por la OMS para concentraciones de CO en el ambiente, es así que los resultados no pueden traspolarse a otras poblaciones (otros edificios), por lo que se definió como un estudio descriptivo.

## 10. CONCLUSIONES

- 10.1 Existe contaminación por monóxido de carbono en parqueos en sótanos de centros comerciales en la ciudad de Guatemala proveniente de vehículos automotores.
- 10.2 Los niveles de monóxido de carbono en el aire en tres de diez centros comerciales muestreados sobrepasan el límite de 9 ppm permitido por la OMS.
- 10.3 En la determinación de niveles de contaminación en sangre de los trabajadores de sótanos de centros comerciales, se obtuvieron, en la mayoría de los trabajadores porcentajes de saturación de carboxihemoglobina que superan el 20%.
- 10.4 De acuerdo a los niveles de saturación de carboxihemoglobina encontrados, sí existe riesgo de intoxicación crónica de origen profesional en los trabajadores de parqueos de centros comerciales, lo cual tiene relación directa con los síntomas manifestados en la entrevista por la mayoría de trabajadores, no existiendo diferencia observable entre los resultados obtenidos en las diferentes jornadas de trabajo, tiempo de laborar para el centro comercial y la edad de las personas que laboran en parqueos subterráneos. En unos pocos trabajadores pasan desapercibidos los síntomas, pues al exponerse a concentraciones mínimas de CO por tiempos prolongados se convierte en una tolerancia al contaminante.
- 10.5 Es necesario aplicar una serie de medidas de protección física para los trabajadores y de emitir y promulgar leyes que los apoyen cuando se expongan a condiciones de trabajo que pongan en riesgo su salud.

## 11. RECOMENDACIONES

### 11.1 Generales del estudio:

- 11.1.1 Tomar las muestras de sangre en los trabajadores y evaluar el ambiente en los parqueos subterráneos al menos 3 veces, en cada lugar de muestreo.
- 11.1.2 Estandarizar la entrevista tomando en cuenta, actividad física que realiza, condiciones de vivienda (Uso de leña para cocinar, entre otros) y si pueden ser fumadores pasivos.
- 11.1.3 En aquellos centros comerciales o edificios en general que posean más de un piso subterráneo el estudio se tendrá que realizar en cada uno de ellos.
- 11.1.4 Realizar el estudio en el mes de diciembre (navidad y año nuevo) para poder correlacionar los datos en cuanto a la concurrencia del centro comercial.
- 11.1.5 Motivar la colaboración por parte del personal de edificios para participar en este tipo de estudios que ayudan a mejorar las condiciones de trabajo y salud.

### 11.2 Al Visitante de centros comerciales:

- 11.2.1 Apagar el motor de los vehículos inmediatamente después de estacionarse, ya que cuando un vehículo se estaciona y se mantiene encendido, genera una mayor contaminación aunque el periodo de tiempo sea corto.
- 11.2.2 Procurar cumplir con normas ambientales internacionales para el control de emisiones provenientes de vehículos automotores, manteniendo los motores en buenas condiciones.

### 11.3 Al Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales y al Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social (MSPAS):

- 11.3.1 Proponer la creación de una ley de calidad de aire, y la norma respectiva ante la Comisión Guatemalteca de Normas (COGUANOR).
- 11.3.2 Insistir ante el Congreso de la Republica en la promulgación de la ley de control de emisiones provenientes de vehículos automotores que esta pendiente, desde que fue derogado el Acuerdo Gubernativo 14-97 en Diciembre de 1998.

- 11.3.3 Prohibir la circulación de vehículos cuyos motores emitan altas concentraciones de CO que contaminan el ambiente y perjudican la salud.
- 11.3.4 Crear un sistema de revisión periódica de vehículos automotores al otorgar o renovar calcomanías o placas que autorizan la circulación de los vehículos y crear el sistema de sanciones para quienes no cumplan con dicha prohibición.
- 11.3.5 Contar con cámaras hiperbáricas e implementar en los hospitales método de cuantificación de carboxihemoglobina para proceder a tratamiento e pacientes intoxicados por CO.
- 11.3.6 Exigir a las empresas privadas la realización de estudios de contaminación del ambiente por CO en ambientes cerrados, como parqueos subterráneos con el propósito de velar por la salud de los trabajadores.

#### 11.4. Al Instituto Guatemalteco de Seguridad Social (IGSS) y Ministerio de Trabajo

- 11.4.1 Supervisar que los patronos cumplan con brindar la protección a los trabajadores (mascarilla) de parqueos subterráneos de centros comerciales.
- 11.4.2 Exigir a las empresas privadas y al Estado que en la inducción del personal se dé información acerca de los riesgos del consumo de tabaco dentro de sus instalaciones de trabajo.
- 11.4.3 Proporcionar suplementos de Vitamina C a trabajadores que laboran en parqueos subterráneos por su acción desinhibitoria de enzimas a las cuales afecta el CO.

#### 11.5 Agencias de Seguridad que contratan personal para laborar en parqueos subterráneos.

- 11.5.1 Realizar examen médico al personal para saber si padece de problemas cardíacos, diabetes o problemas serios respiratorios, para evitar agravar el cuadro clínico del trabajador, y si este fuera el caso no exponerlo a atmósferas contaminadas y así evitar incidir en problemas de ausentismos repetitivos y baja productividad.
- 11.5.2 Realizar exámenes de salud específicos para evidenciar la intoxicación crónica de tipo profesional causada por la exposición a monóxido de carbono.

11.5.3 En la inducción de personal hacer conciencia del ambiente laboral y del riesgo que se exponen si fuman dentro de las instalaciones de trabajo y no usan el equipo de protección (mascarilla).

11.5.4 Rotar al personal durante la jornada de trabajo para evitar 8 horas continuas de exposición a la contaminación por CO.

#### 11.6 A centros comerciales con parqueos ubicados en sótanos:

11.6.1 Tomar en cuenta el daño o molestia generada al visitante cuando entra a instalaciones con atmósferas contaminadas.

11.6.2 No contratar agencias de seguridad que no cumplan con los requisitos del personal.

11.6.3 Exigir la evaluación de salud antes de contratar al personal que laborará en el lugar.

11.6.4 Extintores en buenas condiciones

11.6.5 No colocar personal de riesgo, incluyendo a mujeres embarazadas en sótanos de parqueos.

11.6.6 Insistir en el equipo de protección y en los riesgos del consumo de tabaco.

11.6.7 Aquellos que sobrepasaron los límites permitidos por la OMS de concentraciones de CO, tomar medidas de control colocando equipo de ventilación.

11.6.8 Ya que la Jornada laboral se extiende en algunas ocasiones a más de 8 horas se sugiere la rotación de personal de seguridad, para que tiempo al cual se exponen a las concentraciones diarias altas de CO disminuya significativamente una toxicidad de origen profesional y el estado de salud general del personal mejore.

#### 11.7 Al personal que trabaja en parqueos en sótanos:

11.7.1 No fumar en los lugares de trabajo.

11.7.2 Usar equipo de protección especialmente mascarilla.

11.7.3 Ingerir vitamina C como medida de prevención en dosis de 3 gramos diarios.



### 11.8 A la Universidad de San Carlos de Guatemala:

Hacer uso de su iniciativa de ley para proponer al Organismo Legislativo, la emisión de una ley de "Condiciones Ambientales en lugares de trabajo". Esta ley deberá contemplar los siguientes artículos:

- Artículo: Todo lugar de trabajo debe mantener, por medios naturales o artificiales, una ventilación que contribuya a proporcionar condiciones ambientales confortables y que no causen molestias o perjudiquen la salud del trabajador.
- Artículo: Cuando existan agentes definidos de contaminación ambiental que pudieran ser perjudiciales para la salud del trabajador tales como aerosoles, humos, gases, vapores u otras emanaciones nocivas, se debe captar los contaminantes desprendidos en su origen e impedir su dispersión por el local de trabajo. Con todo, cualquiera sea el procedimiento de ventilación empleado se deberá evitar que la concentración ambiental de tales contaminantes dentro del recinto de trabajo exceda los límites permisibles vigentes.
- Artículo: Los locales de trabajo se diseñarán de forma que por cada trabajador se provea un volumen de 10 metros cúbicos de aire como mínimo, salvo que se justifique una renovación adecuada del aire por medios mecánicos. En este caso deberán recibir aire fresco y limpio a razón de 20 metros cúbicos por hora y por persona o una cantidad tal que provean 6 cambios por hora, como mínimo, pudiéndose alcanzar hasta los 60 cambios por hora, según sean las condiciones ambientales existentes, o en razón de la magnitud de la concentración de los contaminantes.
- Artículo: Los sistemas de ventilación empleados deberán proveer aberturas convenientemente distribuidas que permitan la entrada de aire fresco en reemplazo del extraído. La circulación del aire estará condicionada de tal modo que en las áreas ocupadas por los trabajadores la velocidad no exceda de un metro por segundo. (37)

## 12. REFERENCIAS

- 12.1. De Nevels, Noel. 1997. Ingeniería de control de la contaminación del aire. México. Editorial Mc-Graw Hill
- 12.2. Glynn Henry et. al. 1999. Ingeniería Ambiental. Segunda edición. México. Editorial Prentice Hall
- 12.3. Contaminación atmosférica causada por vehículos automotores. Consecuencias sanitarias y medidas para combatirlas. Dirección de Higiene del medio ambiente. Ginebra, Suiza. Centro Panamericano de Ecología. Programa de Salud y ambiente. OPS. OMS.
- 12.4. Merck. The Merck Index. 1989. Onceava edición. USA. Merck
- 12.5. Córdoba, D. Toxicología. 2000. Cuarta edición. Bogota Colombia. Editorial. Manual Moderno. Pág 313-315.
- 12.6. Repetto, M. 1997. Toxicología fundamental. Tercera edición. Madrid, España. Editorial Diaz Santos. Pág. 214
- 12.7. La Dou, J. 1999. Medicina Laboral y ambiental. Segunda edición. México. Editorial Manual Moderno.
- 12.8. Uribe González, C. 1989. Manual de toxicología clínica. Edit. Temis. Bogota Colombia.

- 12.9. Gisbert Calabuig, J.A, 1991. Medicina Legal y toxicología. Cuarta edición. Barcelona, España. Editorial Masson-Salvat.. Pág. 611-619.
- 12.10. Argueta Chacón, W. 1998. Riesgo de Intoxicación crónica por contaminación ambiental de monóxido de carbono. Tesis Licenciada en Química Farmacéutica. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de ciencias Químicas y Farmacia. Escuela de Química Farmacéutica
- 12.11. Leikin E. Parloucek's. 2002. Poisonig & Toxicology Hanbook. Tercera edición. Hudson Ohio. Editorial Lexi-comp. Inc. Pág 331-333, 932
- 12.12. Lindell, K. 1999. Carbon monoxide poisoning. *Critical Care Clinics*:15:2:297.
- 12.13. González, Marco Antonio, et al. 2002. Manual de Terapéutica, Fundamentos de Medicina. Corporación de Investigaciones Biológicas, Colombia.
- 12.14. Martinez A. P, Romieru I. 1997. Introducción al monitoreo atmosférico. México. Centro Panamericano de Ecología humana y Salud. División de Salud y ambiente. Organización Panamericana de la Salud. OMS,
- 12.15. Diagnóstico de la condición ambiental del aire, 1999. Guatemala, SIGA/SICA-CCAD-CEMAT.
- 12.16. Wadden, Richard. 1987. Contaminación del aire en interiores. México. Editorial Limusa.
- 12.17. Oliva Soto, P. 2003. Informe Anual 2003 Proyecto Monitoreo De la calidad del aire en la ciudad de Guatemala. USAC - Swisscontact.

12.18. Alfaro, Rosario A. T. Agosto 1998. Manual de laboratorio para determinar emisiones vehiculares en el ambiente. Swisscontact / Proeco. San Salvador.

12.19. Mencías Rodríguez, E. 2000. Manual de Toxicología Básica. Madrid, España. Editorial Diaz Santos. Pág 593-595.

12.20. Review of National ambient air Quality Objectives for carbon Monoxide Federal Provincial Advisory on air quality. April 1987. 1-39p. USA.

12.21. Lodge. Methods of air Sampling and analysis. 1989. Intersociety committee. Third Edition. USA. 296-311p

12.22. Lynch, Mathew, et al. 1989. Métodos de Laboratorio volumen 1. Segunda edición. Editorial Interamericana S.A. de C. V. México. 381-383

12.23. Manual de Bioquímica. 1996. Escuela de Química Biológica. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. Universidad de San Carlos de Guatemala. 36-43 p

12.24. Kolmer, et al. 1955. Métodos de Laboratorio. Editorial Interamericana, S.A. México. 1068-1070p

12.25. Stewart, et al. 1974. Carboxihemoglobin levels in American Blood Donor Jama, August 26, 1974. vol 229. No. 9

12.26. Castro M, G.D. 1997. "Estandarización de métodos para la dosificación de monóxido de carbono en sangre". Tesis Licenciado en Química Farmacéutica. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de ciencias Químicas y Farmacia. Escuela de Química Farmacéutica.

12.27. Foud, Delaney Y Ling. 2001. Clinical toxicology. Erickson, printed Cia, Lu, B. Sounder company.

12.28. Irving Sunshine. 1975. Metology for analitycal toxicology. Cleveland, USA. CRC

12.29. Escobedo Martínez, A. F. 1984. Exposición al monóxido de carbono de origen automotor en la ciudad de Guatemala, determinación de carboxihemoglobina en sangre de personas que laboran en comercios. Guatemala. Tesis Médico y Cirujano. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ciencias Médicas.

12.30. Veras M. 1986. Carboxihemoglobinemia en tortilleras de la ciudad de Guatemala expuestas al monóxido de carbono. Tesis Médico y Cirujano. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ciencias Médicas.

12.31. Santizo. M. 1990. Carboxihemoglobina en el personal del Cuerpo Voluntario de Bomberos en la Ciudad de Guatemala. Tesis Médico y Cirujano. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ciencias Médicas.

12.32. Flores López, C. A. 2002. Evaluación de la calidad del aire en ambientes hospitalarios ( por determinación de ozono y monóxido de carbono). Tesis Licenciado en Química Farmacéutica. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de ciencias Químicas y Farmacia. Escuela de Química Farmacéutica

12.33. Skoog, D. 1989. Análisis Instrumental. Segunda Edición. Editorial McGraw-Hill. México

12.34 .Instrution Manual for Ambient CO Monitor APMA - 350 E. May 1987. Kyoto Japón.

12.35. Constitución política de la Republica de Guatemala. 1985

12.36. Código de Salud y su Reforma. Decreto numero 90-97. Guatemala, C.A. 2003

12.37. DIARIO OFICIAL DE LA REPUBLICA DE CHILE. 29 De Abril De 2000. Ministerio De Salud. APRIERA REGLAMENTO SOBRE CONDICIONES SANITARIAS Y AMBIENTALES BASICAS EN LOS LUGARES DE TRABAJO.

Modificado por D.S. 201 DE 2001 Núm. 594.- Santiago, 15 de septiembre de 1999.

[http://colegioabogados.org/normas/reglamentos/Reg\\_Condiciones\\_Sanitarias\\_Ambientales-594.html](http://colegioabogados.org/normas/reglamentos/Reg_Condiciones_Sanitarias_Ambientales-594.html)

### 13. BIBLIOGRAFÍA

Páginas de Internet relacionadas con el tema:

13.1 . [http://www.biol.unlp.edu.ar/toxicologia/seminarios/parte\\_1/monoxido\\_carbono.html](http://www.biol.unlp.edu.ar/toxicologia/seminarios/parte_1/monoxido_carbono.html)

13.2 <http://www.mju.es/toxicologia/nemitat.htm>

13.3 <http://www.encolombia.com/medicina/neumologia/neumo13101-nivelesmonoxi2.htm>

13.4 <http://www.osha.org>

13.5 [http://docencianacional.tripod.com/primeros\\_auxilios/cap8.htm#carbo](http://docencianacional.tripod.com/primeros_auxilios/cap8.htm#carbo)

13.6 <http://www.viasalus.com/vs/B2P/cn/toxi/pages/x/x10/11.jsp>

13.7 [http://www.cngcorp.com/recent\\_news/carbon.html](http://www.cngcorp.com/recent_news/carbon.html)

13.8 <http://www.ambitoweb.com/servicios/salud/manual12.asp>

13.9 [http://www.cidlab.com.br/ex\\_descr/carboxihemoglobina.htm](http://www.cidlab.com.br/ex_descr/carboxihemoglobina.htm)

13.10 <http://www.cemat.org/ajaire.html>

13.11 . <http://www.imbiomed.com.mx/INER/INv10n1/espanol/Win71-2.html>

13.12 <http://www.geocities.com/medspain/sep00/toxic.htm>

13.13 . [http://www.usc.es/~spubl/bal\\_e.htm](http://www.usc.es/~spubl/bal_e.htm)

13.14 . <http://www.toxnet.com.br/toxicologia.html>

13.15 <http://www.urgencias-medicas.org/agentes/humo.htm>

13.16 <http://www.diariomedico.com/saludpublica/n180501.html>

# 14. Anexos

ANEXO No. 1

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
 FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA  
 ESCUELA DE QUÍMICA FARMACEUTICA

CUESTIONARIO DE CONSENTIMIENTOSwisscontact y El Laboratorio Toxicológico

Los datos del presente cuestionario serán confidenciales y se utilizarán para seleccionar a los participantes del estudio "Determinación de niveles de contaminación producida por monóxido de Carbono (CO) en trabajadores de parques en sótanos de Edificios por vehículos automotores en la ciudad de Guatemala". Su colaboración es de suma importancia para la realización de dicho estudio. No existe ningún riesgo de contraer enfermedades al participar.

Fecha: \_\_\_\_\_

No de muestra: \_\_\_\_\_

## 1. Datos generales:

Nombre: \_\_\_\_\_ Edad: \_\_\_\_\_

Sexo: \_\_\_\_\_ Dirección: \_\_\_\_\_

Peso: \_\_\_\_\_ Altura: \_\_\_\_\_

## 2. Hábitos Tóxicos

Fuma Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

Cuántos cigarrillos al día \_\_\_\_\_ Semana \_\_\_\_\_ Mes \_\_\_\_\_

Ingiere bebidas alcohólicas Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

Otros hábitos tóxicos: \_\_\_\_\_

## 3. Condiciones de trabajo:

Lugar de trabajo: \_\_\_\_\_

Sótano No. \_\_\_\_\_

Ocupación: \_\_\_\_\_

Tiempo de laborar para el Centro Comercial: \_\_\_\_\_

Jornada de trabajo: \_\_\_\_\_

Tiempo de laborar en el mismo trabajo: \_\_\_\_\_

## 4. Condiciones Generales de Salud:

Hepatitis \_\_\_\_\_ Cirrosis \_\_\_\_\_ Daño hepático \_\_\_\_\_

Anemias \_\_\_\_\_ Bronquitis \_\_\_\_\_ Infección general \_\_\_\_\_

Asterma \_\_\_\_\_ Problemas del Corazón \_\_\_\_\_

Gripe \_\_\_\_\_ Frecuencia \_\_\_\_\_

Otra \_\_\_\_\_

Medicamentos que utiliza actualmente: \_\_\_\_\_

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

	Leve	Moderado	Fuerte	Frecuencia
Tensión en la frente				
Dolor de cabeza				
Palpitaciones en las sienas				
Enrojecimiento de la cara				
Debilidad				
Mareos				
Visión borrosa				
Ardor de ojos				
Nauseas				
Vómitos				
Tos				
Otra				

Estoy dispuesto a participar en el estudio "Determinación de niveles de contaminación producida por monóxido de Carbono (CO) en trabajadores de parques en sótanos de Edificios por vehículos automotores en la ciudad de Guatemala", donando para este fin, 5 ml de sangre.

\_\_\_\_\_  
 Firma



ANEXO No. 2  
**CARTA PARA ADMINISTRADORES**  
**PARA AUTORIZACIÓN DE REALIZAR EL ESTUDIO**

Fecha

Nombre del Administrador o persona encargada de Autorizar el permiso.

Nombre del Centro Comercial

Respetable Señor:

De la manera mas atenta me dirijo a usted para solicitar su colaboración en la realización de mi trabajo de tesis titulada "Determinación de niveles de contaminación producida por monóxido de carbono en trabajadores de parqueos en sótanos de edificios por vehículos automotores en la ciudad de Guatemala", de la carrera de Química Farmacéutica de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala.

Dicha colaboración consiste en dos puntos:

1. Permiso para colocar un equipo de detección de contaminación por monóxido de carbono en las instalaciones de dicho centro comercial, una sola vez por un periodo de ocho horas.
2. Permitir la donación voluntaria de 5cc de sangre, una sola vez, por parte del personal de seguridad del parqueo. Para este punto previamente procedemos a descartar del estudio a las personas que tengan antecedentes que no favorezcan la medición mencionada y de acuerdo a las normas establecidas para este tipo de procedimientos.

Este trabajo de investigación cuenta con la asesoría del Departamento de Toxicología del Programa de Monitoreo de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia y al ser finalizado, me comprometo a presentarle los resultados y de ser necesario, sugerir los cambios que puedan realizarse en beneficio de las instalaciones del edificio y del los trabajadores.

Sin otro particular, agradezco de antemano el apoyo que puedan brindarme,

Respetuosamente,

Indira G. Nufio

Química Farmacéutica Carnet 199912884

Teléfono 22561473 Cel. 57504563

VoBo.

Licda. Carolina Guzmán

Asesora

Lic. Pablo Oliva

Asesor

ANEXO No. 3  
GLOSARIO

**Acufeno:**

Acusma. Alucinación acústica ruidos subjetivos.

**Astenia:**

Falta de fuerza, agotamiento tanto físico como psíquico.

**Cardiomiopatía:**

Nombre genérico de las enfermedades del corazón.

**Cefalea:**

Cefalgia violenta y tenaz. Cefalgia: dolor de cabeza. Sus causas frecuentes son la jaqueca y la tensión psicógena, y constituye un síntoma de numerosas enfermedades infecciosas y tumores cerebrales.

**Dispépticas:**

Alteración de la digestión.

**Escotomas:**

Síntoma de varias lesiones oculares, caracterizado por una mancha oscura o centellante, que cubre parte del campo visual. El que manifiesta con la falta de visión de una zona dicho campo, por insensibilidad de la parte correspondiente a la retina.

**Exanguinotransfusión**

Sustitución total o parcial de la sangre de un paciente por la de un individuo sano.

**Grisú**

Mezcla explosiva de metano y de aire que se desprende en las minas de carbón.

**Lasitud**

Cansancio, falta de vigor.

**Midriasis**

Dilatación o siminucón de la pupila.

**Parestesia:** Sensación o conjunto de sensaciones anormales, especialmente el hormigueo, adormecimiento do ardor que experimentan en la piel ciertos enfermos del sistema nervioso circulatorio.

**Paresias:**

Parálisis de los miembros inferiores

**Síncope:**

Perdida súbita y momentánea del conocimiento, acompañada de la no recepción de los latidos cardiacos y de la respiración.

**Trismus**

Trismo: Contracción espasmódica de los músculos masticadores, que provoca la imposibilidad de abrir la boca. Su causa más frecuente y conocida es el tétanos.

ANEXO No. 4  
MONÓXIDO DE CARBONO

Estudio Forense y Métodos Analíticos de Cuantificación y Detección

**Consideraciones generales en la analítica toxicológica**

El aspecto del cadáver y el color carminado de las vísceras constituyen manifestaciones propias de la intoxicación oxicarbonada aguda. Dicho color resulta visible en los órganos como cerebro, corazón, pulmones y musculatura voluntaria. En los casos en que el sujeto está vivo, la sangre deberá extraerse, a lo sumo hasta dos horas después de la exposición, puesto que gran parte del monóxido resulta eliminado por vía pulmonar. Para casos mortales, la muestra de sangre deberá extraerse lo más rápido posible antes que se inicien los procesos putrefactivos. Se ha demostrado que el monóxido de carbono no se absorbe post-mortem constituyendo su determinación un índice del contenido en el momento de la muerte. La carboxihemoglobina es un derivado muy estable y su presencia en sangre puede demostrarse después de la descomposición cadavérica así como en cadáveres sometidos a altas temperaturas. El color carminado típico de la carboxihemoglobina se observa en muestras de sangre cuando el porcentaje de saturación es del 30% o superior, distinguiéndose fácilmente de la oxihemoglobina o de la hemoglobina misma.

**Toma de muestra**

La recolección de la muestra de sangre debe ser obtenida por punción venosa con anticoagulante (heparina) evitando la formación de burbujas o la entrada de aire a la jeringa. Se recomienda obtener sangre del corazón o de las venas gruesas como la femoral. El recipiente a utilizar para la conservación de la muestra debe estar escrupulosamente limpio, seco y cerrado en forma hermética.

**Determinación analítica de carboxihemoglobina.**

La determinación cuantitativa de la carboxihemoglobina en sangre puede realizarse por métodos espectroscópicos que se basan en los diferentes espectros de absorción que presentan la carboxihemoglobina respecto de la hemoglobina. En todos ellos se realizan medidas de absorción a distintas longitudes de onda de diluciones adecuadas de la sangre en estudio. Estas longitudes de onda corresponden a los máximos, mínimos o puntos isobélicos de absorción de cada una de las especies de hemoglobina que coexisten en la muestra. Otra propiedad que es aprovechada por estos métodos es la gran estabilidad que presenta la carboxihemoglobina respecto de la oxihemoglobina frente a reactivos reductores o metahemoglobinizantes. A ojo desnudo, la sangre con alto contenido de carboxihemoglobina presenta un marcado tono carmín, mientras que la sangre con alto contenido de metahemoglobina es chocolate.

Algunos métodos además implican la medida de la absorción de la muestra a longitudes de onda que corresponden a puntos isobélicos de los espectros correspondientes a los efectos

de realizar correcciones a las relaciones encontradas para los máximos de absorción. Se describen a continuación ensayos de tipo cualitativos que presentan carácter práctico para su identificación.

#### a) Ensayo de dilución

El ensayo de dilución consiste en preparar soluciones sanguíneas al 1% de muestra a analizar y de sangre normal. Se observa simultáneamente ambos tubos de ensayo con luz natural difusa. La sangre normal presenta color rojo amarillento, mientras la muestra, si contiene carboxihemoglobina, presenta color carminado neto. Este ensayo es seguro y práctico. Este ensayo es estable con concentraciones de hemoglobina superiores al 20%.

#### b) Ensayo alcalino

Se basa en la mayor estabilidad de la carboxihemoglobina con respecto a la hemoglobina en similares condiciones alcalinas. En un tubo de ensayo colocar 3 a 4 gotas de la sangre a analizar y en otro tubo similar colocar igual número de gotas de sangre normal, agregar 15 ml de agua destilada y mezclar bien. Agregar a cada tubo 5 gotas de solución de hidróxido de sodio al 10% y mezclar bien. La sangre normal adquiere color castaño a castaño verdoso (hematina alcalina), mientras que la sangre oxicarbonada permanece inalterada (color carminado durante cierto tiempo). El ensayo ofrece un neto contraste y resulta positivo cuando la concentración de carboxihemoglobina es superior al 10%. La sangre fetal interfiere en este ensayo dado que última produce una transformación retardada frente al hidróxido de sodio

A continuación se describen diferentes métodos para la identificación y cuantificación de carboxihemoglobina en sangre: examen espectroscópico, espectrofotométrico, cromatografía gaseosa e infrarrojo.

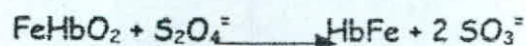
#### Identificación de carboxihemoglobina por el método espectroscópico

El examen espectroscópico se basa en la absorción selectiva que, a determinadas longitudes de onda del espectro visible, presentan la hemoglobina y sus derivados en diluciones convenientes.

Las soluciones de oxihemoglobina al 1-2% observadas al espectroscopio presentan características identificativas de aplicación práctica que, en la zona visible se destacan entre las rayas D y E del espectro. La carboxihemoglobina, en similar dilución presenta un espectro de absorción muy similar aunque desplazado en su posición con respecto a la oxihemoglobina.

La dilución de oxihemoglobina presenta dos bandas de absorción, cuyas posiciones son: banda  $\alpha$  (izquierda): 586-566 nm, banda  $\beta$  (derecha): 550-528 nm. Las bandas de la carboxihemoglobina presentan los siguientes límites: banda  $\alpha$ : 580-560 nm, banda  $\beta$ : 546-526 nm.

En los espectroscopios de bajo poder resolutivo esa diferencia es poco neta por lo que es necesario fijar la diferencia. Ello se hace volatilizando NaCl utilizando un mechero colocado frente a la abertura del colimador entre ésta y la solución sanguínea testigo. Al agregar ditionito de sodio ( $S_2O_4^{2-}$ ) la  $HbO_2$  es reducida, desapareciendo las bandas  $\alpha$  y  $\beta$  y se forma una banda ancha (Banda de Stokes) entre los 590 nm 540 nm más débil, mientras que la carboxihemoglobina no se modifica frente al tratamiento con el reductor.



Para la identificación de HbCO se fija la raya D del espectro de emisión de Na con un punto arbitrario de la escala. Luego, se prepara una solución al 1% de sangre oxigenada y se observa el espectro. Luego, se prepara una solución al 1% de sangre con HbCO y se observa el espectro. Se realizan mezclas de  $HbO_2$  y HbCO y se determina la mínima [COHb]. Se reduce la  $HbO_2$  con  $S_2O_4^{2-}$  y se observa el espectro. A continuación se coloca igual dilución de la sangre en estudio. Si se observan las mismas posiciones relativas de las bandas en los espectros, la sangre en examen no contiene carboxihemoglobina o su presencia está por debajo del índice de detección. En cambio, de contener carboxihemoglobina se observará un desplazamiento de ambas bandas hacia la región violeta del espectro. Al agregar el ditionito de sodio, la sangre normal presenta la banda de Stokes que cubre el espectro. La sangre carboxigenada no modifica las bandas originales. En los casos de elevado contenido de carboxihemoglobina como ocurre en los casos mortales, la diferenciación con el pigmento normal mediante el tratamiento reductor no ofrece inconveniente alguno, pero en los casos en que el sujeto intoxicado ha sido retirado del ambiente contaminado y sometido a tratamiento con oxígeno, la sangre puede acusar un menor tenor en carboxihemoglobina. Al tratar la dilución sanguínea con el ditionito, la oxihemoglobina prevalece, se reduce y la banda de Stokes cubre el espacio libre existente entre las dos bandas de la carboxihemoglobina que no resulta alterada por adición del reductor. La Fig. 1 presenta los espectros de absorción oxihemoglobina, hemoglobina reducida y carboxihemoglobina. La carboxihemoglobina deberá identificarse por otros procedimientos (microdifusión, extracción etc.).

En general se considera la sensibilidad de este método equivale a 3.2 ml de monóxido de carbono por 100 ml de sangre total. Entre las causas de error se encuentra la sangre alterada que pueda contener hematina alcalina la que al reducirse se transforma en hemocromógeno y su espectro puede confundirse con el de la carboxihemoglobina.

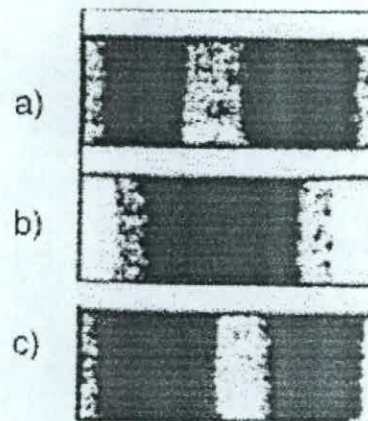


Fig. 1: Espectros de absorción de a) oxihemoglobina, b) hemoglobina reducida y c) carboxihemoglobina

#### Determinación cuantitativa de carboxihemoglobina Método espectrofotométrico

Algunos métodos espectrofotométricos emplean el sistema oxihemoglobina-carboxihemoglobina. El siguiente método se basa en el hecho que la sangre normal contiene varias formas de hemoglobina (la forma reducida, la forma oxidada, y pequeñas cantidades de metahemoglobina), y si un agente reductor como el ditionito de sodio es agregado a la sangre, la forma oxigenada y la metahemoglobina son cuantitativamente convertidas a la forma reducida la cual presenta un espectro como se presenta en la Fig. 2.

El monóxido de carbono presenta mayor afinidad por la hemoglobina que el oxígeno mientras que la carboxihemoglobina no es reducida por el ditionito de sodio. Así, la carboxihemoglobina permanece sin modificarse como se muestra en la curva A del espectro en la Fig. aún cuando se ha realizado un tratamiento con ditionito de sodio.

En la Fig. 2 se observa que la máxima diferencia de absorbancia para los espectros de carboxihemoglobina (A) y hemoglobina reducida (B) se presenta a 540 nm, mientras que 579 nm presenta la misma absorbancia (punto isobéptico). El porcentaje de saturación de monóxido de carbono en una muestra de sangre puede calcularse de la medida de la absorbancia a esa longitud de onda de la muestra saturada con monóxido de carbono (A), la muestra libre de monóxido de carbono (B) y la muestra sin tratar (C) luego de la reducción con ditionito de sodio.

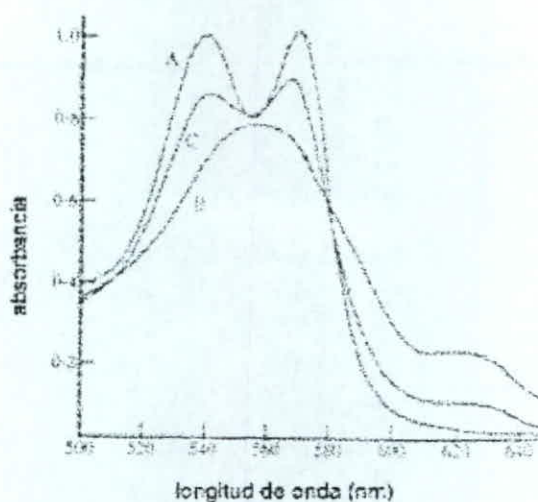


Fig. 2: Espectros de absorción de (A) carboxihemoglobina, (B) hemoglobina reducida y (C) muestra de sangre de paciente intoxicado con monóxido de carbono.

El método de Amenta (1963) y luego modificado por Heilmeyer trata la sangre con amoníaco diluido y determina la absorbancia a 575 nm, 560 nm y 498 nm. La relación obtenida es comparada con las soluciones patrones de oxihemoglobina y de carboxihemoglobina calculándose así el porcentaje de carboxihemoglobina

$$R = (A_{575} - A_{560}) / A_{498}$$

A 498 nm es el punto isosbético, los pequeños errores en el ajuste de la longitud de onda no afecta mayoritariamente las lecturas de absorbancia. Las longitudes de onda de 560 y 575 representan aproximadamente los puntos mínimos y máximos de la gráfica del espectro de absorción de la oxihemoglobina los que pueden ajustarse en las escalas de la mayoría de los espectrofotómetros.

El método propuesto por Curry, mide la absorción de diluciones similares de muestra a 514 nm (máximo para  $HbO_2$ ), 560 nm (mínimo para  $HbO_2$ ) y 576 nm (máximo para  $HbO_2$ ). El porcentaje de saturación de la muestra se obtiene a partir de los coeficientes  $A_{576}/A_{560}$  y  $A_{514}/A_{580}$ .

El método de Commins se separa la muestra en dos alícuotas, un de las cuales es tratada con un exceso de oxígeno para obtener un 100% de  $HbO_2$ . Luego se mide la absorbancia a 420 nm para ambas muestras que corresponde a un punto de máxima diferencia entre los espectros de  $HbO_2$  y  $HbCO$  y se compara luego con una curva patrón preparada con concentraciones conocidas de  $HbCO$ .



El método de Sanderson se basa en la existencia de un punto isobéptico para los espectros de la mHb y la HbCO en los 579nm. De esta manera, luego de diluir la sangre y tratarla con un adecuado reductor, se calcula la pendiente del espectro de la muestra problema alrededor de este punto por medidas a 575nm y 585nm.

El método propuesto por Panell (1981) corresponde a una modificación de Commins y no presenta el inconveniente de tener que trabajar con sangre fresca, pudiendo utilizarse entonces para muestras forenses existe un alto nivel de mHb y otros derivados modificados de la Hb que interfieren en los métodos anteriores. Utiliza como agente reductor el ditionito de sodio. En este método se realizan medidas respecto a la sangre oxigenada a 435nm, 421nm, 570nm y 620nm aplicándose la siguiente relación para la obtención del porcentaje de saturación de HbCO:

$$\%HbCO=100-F \frac{(A_{435} + A_{421})}{(A_{570} - A_{620})}$$

El valor de F se determina experimentalmente por mediciones realizadas sobre sangre saturada con oxígeno, es decir, con 0% de HbCO.

#### Determinación cuantitativa de carboxihemoglobina mediante separación física de la carboxihemoglobina de otras hemoglobinas

El método se basa en la alta resistencia relativa de HbCO al calor mientras que las otras formas de hemoglobina sufren coagulación. Esta técnica es simple de realizar y permite ser aplicada con resultados reproducibles si se mantienen estrictamente las condiciones indicadas: calentamiento a  $55 \pm 0.5^{\circ}C$  durante 5 minutos y pH  $5.05 \pm 0.05$ .

#### Reactivos

1. Buffer acetato. Mezclar 1 volumen de solución 1 (300 g de ácido acético glacial en 1 litro de agua destilada) mas 3 volúmenes de solución 2 (408 g de acetato de sodio  $CH_3COONa \cdot 3H_2O$  disuelto en 1 litro de agua). El pH no debe variar de  $5.05 \pm 0.05$ .
2. Antiespumante. Mezclar el antiespumante con agua al 1% y se agita vigorosamente con algunas perlas de vidrio.

#### Equipos

Baño termostático de agua a  $55 \pm 0.05^{\circ}C$   
 Centrífuga a 5000 rpm. Capacidad 4 o más tubos de 10-15 ml.  
 Espectrofotómetro UV visible

### Procedimiento

5 ml de sangre a analizar previamente homogenizada cuidadosamente se mezclan con 15 de agua destilada y 1 ml de antiespumante por inversión. La mitad de esta solución es separada en un tubo, rotulada y guardada en oscuridad. La otra mitad es saturada con CO durante 30 minutos asegurándose que el volumen de la solución sanguínea no cambie. Para cada una de las soluciones (la sin tratar y la tratada con CO) dos alícuotas de 1.0 ml son ubicadas en 4 tubos de centrífuga conteniendo 4.0 ml de buffer acetato. Después de mezclar por inmersión dos veces cada tubo, los tubos se ubican en un baño termostático de agua a  $55.0 \pm 0.5^\circ\text{C}$  exactamente por 5 minutos. Luego los tubos se enfrían en agua fría durante otros 5 minutos y centrifugados a 5000 rpm durante 5 minutos. Dos ml de cada uno de los cuatro sobrenadantes se diluyen con 10.0 ml de agua destilada y se mezclan 2 o 3 veces por inmersión en el tubo. Para la lectura se requieren tres cubetas: cubeta 1 (blanco) es llenada con agua destilada, cubeta 2 es llenada con la solución de sangre sin tratar y cubeta 3 con solución de sangre saturada con CO. La absorbancia de las dos soluciones se leen contra agua a 570 nm y 630 nm. Luego de la lectura, la cubeta 2 es vaciada y llenada con el duplicado de la solución de sangre sin tratar. La cubeta 3 también luego de la lectura es vaciada y llenada con el duplicado de la solución de sangre saturada con CO. De esta manera no se requiere enjuague. Se repite la lectura a 570 y 630 nm.

Los cálculos se realizan mediante la siguiente relación

$$\% \text{COHb} = \frac{(A_{570} / A_{630})_{\text{solución sin tratar}}}{(A_{570} - A_{630})_{\text{solución con CO}}} \cdot 100$$

Los valores duplicados no deben variar más de 2 a 3 % de saturación de COHb. Con valores de saturación de COHb menores a 20% dos tipos de dificultades pueden presentarse: primero, la lectura en el espectrofotómetro de muestra sin tratar es baja e incierta. Segundo, la coprecipitación de COHb con el precipitado de los derivados de hemoglobina puede ser un factor importante que tiende a disminuir la cantidad residual de COHb en el sobrenadante. El método arroja resultados reproducibles cuando la saturación de COHb es superior al 20%. Asimismo, el método es moderadamente sensible a los cambios que ocurren en la sangre luego del proceso postmortem.

### Cromatografía Gaseosa

La cromatografía gaseosa se considera una metodología universal para la determinación de compuestos con una presión de vapor lo suficientemente alta, por lo que en general se consideraría adecuada para tóxicos volátiles y gaseosos. Aún esto, la determinación de monóxido de carbono por CG presenta diversos inconvenientes que es necesario tomar en cuenta en el momento de optar o no por la utilización de esta metodología. Por un lado la elevada presión de vapor del monóxido de carbono requiere de columnas y/o de programas que sean capaces de separar al analito de los gases utilizados como carrier, helio o

nitrógeno generalmente y de otros gases que pudiesen coexistir con el CO como el CO<sub>2</sub>. Este inconveniente se subsana utilizando columnas capilares y programas de corrida cromatográfica que trabajan comenzando a temperaturas subambiente, típicamente a -20°C. Los equipos requeridos para estas condiciones cromatográficas son muy poco frecuentes en laboratorios de toxicología.

Por otro lado, la detección de la señal de monóxido de carbono a la salida de la columna CG se realiza mediante dos metodologías posibles. Una forma es la utilización de una post columna con un catalizador y condiciones de hidrogenación adecuadas para transformar al monóxido de carbono cuantitativamente en metano, luego de los cual este es medido por un detector común iónico de llama (FID). La otra forma es la utilización de un detector de conductividad térmica. Ni el detector de conductividad térmica, ni el catalizador post columna son elementos comunes en un laboratorio dedicado a la toxicología.

Finalmente, se ha reportado que la cromatografía gaseosa de monóxido de carbono tiene una adecuada respuesta señal / concentración sólo para niveles de monóxido por encima del 20% en sangre, de manera que no respondería bien para medidas en individuos con intoxicaciones subclínicas o para comparar individuos con niveles normales de CO en sangre.

#### Determinación cuantitativa de carboxihemoglobina por el método de Espectrofotometría infrarroja

En la determinación de monóxido de carbono en sangre y aire espirado, la espectrofotometría infrarroja confiere adecuada especificidad, condición que no presentan otros recursos analíticos depurados tales como cromatografía gaseosa. El procedimiento comienza con una extracción de los gases totales físicamente disueltos o combinados con la hemoglobina.

El monóxido de carbono presenta al infrarrojo dos picos de absorción a 2120 y 2170 cm<sup>-1</sup> (4.6-4.7 m) y no presenta otra absorción en el ámbito comprendido entre 700-4000 cm<sup>-1</sup>. Los gases que absorben en esta región del espectro y que por lo tanto interfieren, son el diazometano, cloruro de nitrosilo y propano que muy difícilmente pueden hallarse en muestras de sangre. El dióxido de carbono puede mostrar interferencias cuantitativas por su elevada concentración relativa aún si su absorción máxima difiere de la del monóxido de carbono. Estas interferencias quedan excluidas con la adopción de sistemas de compensación o filtros adecuados.

Los equipos permiten determinar monóxido de carbono en un rango de 0 a 1000 ppm. En el análisis de sangre, la espectrofotometría infrarroja utiliza un volumen total determinado de 1 a 5 ml. El mismo se trata con ferrricianuro ácido y los gases liberados se analizan en el espectrofotómetro infrarrojo.

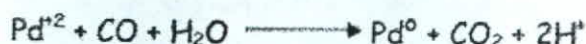
Para establecer el porcentaje de saturación o el coeficiente intoxicación debe saturarse otra fracción de la muestra con monóxido de carbono y analizarse en la misma forma, efectuando la pertinente corrección por el monóxido de carbono físicamente disuelto. Con adecuadas

modificaciones, la espectrofotometría infrarroja posibilita el registro continuo de monóxido de carbono en aire (detectores o registradores continuos).

Por otra parte, los ensayos en aire espirado permitieron revelar su presencia en forma inmediata así como después de 30 minutos de haber fumado un cigarrillo.

#### Determinación de monóxido de carbono en sangre por métodos químicos

Los métodos químicos emplean la cualidad del monóxido de carbono de reducir diversas sales metálicas oxidantes. Uno de los elementos metálicos de mayor aceptación lo constituye el paladio II. La propiedad reductora del monóxido de carbono se traduce en la siguiente forma:



Este principio se emplea de diversas formas, una de ellas es el método de Gettler y Freimuth y otra variante es el de microdifusión

#### MÉTODO DE GETTLER Y FREIMUTH

##### Determinación de monóxido de carbono en sangre por métodos químicos

Los métodos químicos emplean la propiedad del monóxido de carbono de reducir diversas sales metálicas oxidantes. Uno de los elementos metálicos más usados es el paladio II ( $\text{Pd}^{+2}$ ), lo cual puede verse en la siguiente reacción:



Este principio constituye la base de diversas metodologías tales como el método de Gettler y Freimuth y el de microdifusión.

#### Método de Microdifusión

Se basa en el poder reductor del monóxido de carbono, el cual al ponerse en contacto con una solución de  $\text{PdCl}_2$ , reacciona produciendo  $\text{Pd}^0$ . La reacción se realiza en cámaras de Conway que poseen en el compartimento externo la muestra de sangre y el agente liberador (ácido sulfúrico) y en el interno el agente atrapante ( $\text{PdCl}_2$ ). En este caso, se produce la captación y oxidación del monóxido de carbono, forzándose la remoción completa del mismo al cabo de un tiempo y temperatura determinados. El exceso de  $\text{PdCl}_2$  es valorado posteriormente con IK en presencia de goma arábiga.

#### TÉCNICA

##### Reactivos:

Solución de cloruro de paladio: disolver 0.222 g de cloruro de paladio en 25 ml. de ácido clorhídrico 0.01N y completar a 250 ml con ácido clorhídrico. Se prepara en el momento.

Acido sulfúrico 10% (P/V)

Goma arábica al 0.1%

Solución de yoduro de potasio al 15% (P/V)

### Equipos

Centrífuga a 5000 rpm.

Espectrofotómetro UV visible



Camara de Conway

### Procedimiento:

En el compartimiento interno de la cámara de Conway se colocan 0.5 ml de  $\text{PdCl}_2$  0.01N y en el externo en sectores separados, 0.25 ml de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  y 0.25 ml de la muestra (sangre entera). Se cubre con la tapa sellando con grasa siliconada, para evitar posibles pérdidas. A continuación, se mezcla la sangre con el ácido sulfúrico mediante un suave movimiento de rotación. Se deja difundir 1 hora a temperatura ambiente. La existencia de monóxido de carbono se evidencia en forma indirecta a través de la aparición de una pátina platina de paladio metálico en el compartimento interno.

Con una pipeta capilar se extrae la totalidad de la solución del compartimento interno ( $\text{Pd}^0$  y exceso de cloruro de paladio). Luego se centrifuga con el objeto de separar el precipitado de  $\text{Pd}^0$  y se transfiere 0.1 ml del sobrenadante a un matraz de 10 ml. En otro matraz de 10 ml, se coloca 0.1 ml de solución de  $\text{PdCl}_2$  0.01N (blanco). A cada matraz se agrega 1 ml de solución de goma arábica al 0.1% y 1 ml de IK al 15 %, se mezcla bien y se lleva a volumen. Se realiza la determinación de la densidad óptica a 500 nm llevando a cero con agua destilada. El exceso de ( $\text{Pd}^{2+}$ ) con el ion yoduro da lugar a la formación del complejo  $\text{I}_4\text{Pd}^{2+}$ . Luego se lee la absorbancia a 500 nm.

### Expresión de resultados

A partir de la lectura de absorbancia de la solución blanco, se calcula la concentración de CO en la muestra inicial.

$$\text{mgCO}\% = \frac{\text{Abs}_t - \text{Abs}_b}{\text{Abs}_t} \cdot 0.05335 \cdot 520$$

donde  $\text{Abs}_t$  y  $\text{Abs}_b$  representa la densidad óptica del blanco y la muestra desconocida, respectivamente. El resultado se expresa en ml % considerando el factor de conversión

correspondiente, el cual tiene en cuenta el  $PM_{CO}$ , el volumen que ocupa un gas en CNPT siendo el mismo 0.8 ml/mg.

A fin de lograr una adecuada interpretación de los resultados, es conveniente expresar los mismos como % de carboxihemoglobina.

Para ello, es necesario conocer el tenor de hemoglobina de la muestra y considerar que 1g de hemoglobina fija 1.34 ml de CO.

## INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

El monóxido de carbono es el producto endógeno del catabolismo del hemo con un valor de saturación de carboxihemoglobina entre 0.4 - 0.7%.

El valor promedio de carboxihemoglobina encontrada en sangre de individuos no fumadores que habitan zonas urbanas es del 1-2%. Dicho valor llega a 5-6% en individuos fumadores.

Los valores encontrados en los casos de envenenamiento fatales registrados representan valores superiores a 50% de saturación. En víctimas de incendios se han registrado niveles de carboxihemoglobina entre 25 - 85% con un valor medio de 59%. Sin embargo, también se ha informado que la carboxihemoglobina en víctimas de incendio puede no ser significativamente alta.

El monóxido de carbono liberado de la carboxihemoglobina por el ferrocianuro de potasio es arrastrado por aireación y pasado a través de un disco de papel sensibilizado con  $ClPd_2$ . El CO produce una mancha oscura sobre el papel de filtro debido a la reacción de del paladio que se reduce a  $Pd^0$ . Por comparación de la intensidad de la mancha con muestras patrones, se puede obtener una concentración aproximada a la cantidad de CO presente en la muestra.

### Reactivos

Solución de cloruro de paladio (0.5g de cloruro de paladio, 0.5 ml de clorhídrico concentrado se llevan a 50 ml con agua destilada.

Solución ferricianuro de potasio-saponina: Ferricianuro de potasio 32 g, saponina 0.8 g agua bidestilada 100 ml.

Solución de ácido láctico (D:1.20) y llevar a 100 ml

Solución de acetato de plomo al 10%

Alcohol caprílico

Solución de cloruro cuproso amoniacal

## Equipos

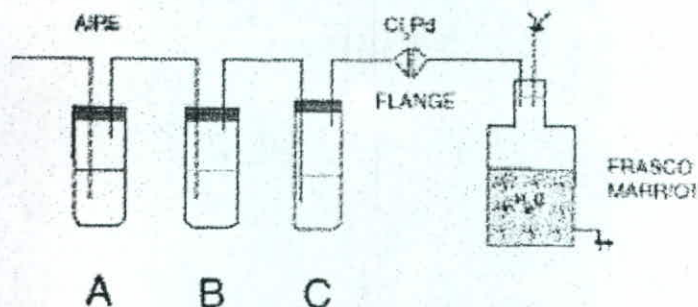


Fig. 3: Dispositivo empleado en la determinación de monóxido de carbono en sangre

Tres tubos de vidrio grueso con borde de 13 a 15 cm de largo y 2 cm diámetro.

Flange (dos discos de vidrio enfrentados para retención de papel de filtro)

Frasco de Mariotte

Pinzas de Hoffman

Perlas de vidrio

## Procedimiento

El dispositivo se presenta en la Figura 3. El tubo A contiene 5 ml de solución de cloruro cuproso amoniacal para retener monóxido de carbono del aire e interferencias del medio del laboratorio. El tubo B contiene 2.0 ml de sangre y se añaden 4 ml de ferricianuro-saponina y 2 ml de solución de ácido láctico junto con 2 gotas de alcohol caprílico. El tubo C contiene perlas de vidrio en cantidad que alcancen 4 cm de altura y 5 ml de acetato de plomo. Entre los discos del flange se coloca un disco de papel de filtro Whatman N° 3 cortado en forma circular humectado con la solución de cloruro de paladio y sujetado en forma segura mediante dos gomitas para lograr el cierre hermético. Se hace burbujear aire a través del dispositivo aflojando la llave del frasco de Mariotte. La velocidad de escurrimiento debe ser de 26 ml/minuto. Después de 15 minutos, se detiene el burbujeo y se retira el papel reactivo, se lava con agua destilada para eliminar el exceso de solución de cloruro de paladio y la mancha obtenida. Finalmente se compara con la escala tipo obteniéndose el grado de saturación de la sangre con respecto al monóxido de carbono.

La preparación de la escala se realiza saturando 10 ml de sangre oxalatada con un contenido de hemoglobina de 80%-90% con monóxido de carbono puro, el cual se obtiene por descomposición del formiato de sodio por acción del ácido sulfúrico concentrado. Se hace burbujear el gas en la muestra de sangre durante 15 minutos. Mezclando volúmenes iguales de la muestra saturada con sangre normal, se obtiene un grado de saturación equivalente al 50%, el cual se utiliza para la preparación de la escala mezclando diferentes volúmenes de sangre normal y sangre saturada con monóxido de carbono (Tabla 1). Cada muestra diluida en la forma expresada se somete al procedimiento señalado a fin de obtener las manchas testigo. La

preparación de manchas para grados de saturación mayores al 50% no es necesaria en la práctica debido a que nunca se alcanzan valores superiores al 50% de saturación. Dado que la capacidad de saturación de la sangre para el monóxido de carbono reside en el contenido de hemoglobina debe aplicarse el factor de corrección correspondiente para cada caso.

Tabla 1: Preparación de la escala de saturación de monóxido de carbono

Volumen de sangre con 50% saturación CO (ml)	Volumen de sangre normal (ml)	Porcentaje de saturación obtenido
4	1	40%
3	2	30%
2	3	20%
1	4	10%
1	5	5%

[http://www.biol.unlp.edu.ar/toxicologia/seminarios/parte\\_1/monoxido\\_carbono.html](http://www.biol.unlp.edu.ar/toxicologia/seminarios/parte_1/monoxido_carbono.html)



## ANEXO No. 5

### INTOXICACION POR MONOXIDO DE CARBONO EN EL EMBARAZO\*

Drs. *Cristián Pomes C.<sup>1</sup>, Nicanor Barrena M.<sup>2</sup>, Antonio Felmer A.<sup>2</sup>, César Pedreros P.<sup>3</sup>, Enrique Oyarzún E.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Departamento de Obstetricia y Ginecología. <sup>2</sup>Unidad de Baromedicina, Hospital del Trabajador.

<sup>3</sup>Centro de Información Toxicológica, Pontificia Universidad Católica de Chile.

#### RESUMEN

Se presenta un caso clínico de embarazo con intoxicación con monóxido de carbono, sus consecuencias y tratamiento.

**PALABRAS CLAVES:** *Intoxicación por Monóxido de Carbono y embarazo*

#### INTRODUCCION

La intoxicación por monóxido de Carbono (CO) durante el embarazo es una situación relativamente infrecuente. Sin embargo, ocasionalmente nos vemos enfrentados a casos de este tipo, como ocurrió en nuestra Maternidad hace poco tiempo. Ante esto, aparecen una serie de interrogantes, tanto en el médico como en la paciente, principalmente relacionadas con el pronóstico perinatal que implica la exposición *in utero* a este tóxico, y con las terapias disponibles para modificar sus efectos.

El siguiente artículo tiene como objetivo realizar, a partir de un caso clínico, una revisión acerca de este tema, con especial énfasis en la evidencia disponible sobre el uso de las diversas terapias en la embarazada, y sus resultados, en cuanto a morbilidad perinatal.

#### CASO CLINICO

Mujer de 26 años, primigesta (FUR: 03/12%01), que cursa embarazo único, fisiológico, hasta el 04/07/02 (EG: 30+2 semanas). En dicha oportunidad, consultó al Servicio de Urgencias de la Maternidad del Hospital Clínico de la Pontificia Universidad Católica de Chile, por episodios sincopal al término de una ducha habitual. Aparentemente, este compromiso de consciencia fue de pocos segundos de duración, luego de lo cual se incorporó sin problemas, pero con un estado nauseoso importante, y cefalea de moderada intensidad; no sufrió traumatismo de ningún tipo. Entre los antecedentes mórbidos, sólo destacaba alergia a la penicilina.

Al momento del ingreso, la paciente se encontraba en buenas condiciones generales, consciente y hemodinámicamente estable (FC: 90x', PA: 120/82; FR: 18x'), con cefalea leve, persistente. El examen físico general y segmentario eran normales, con mucosas rosadas y bien perfundidas; cianosis (-); exámenes cardiorrespiratorio y neurológico sin alteraciones. Al examen obstétrico, destacaba dinámica uterina frecuente y regular (7 CU/10'), de moderada intensidad, con relajación adecuada entre las contracciones. No se evidenció flujo genital ni metrorragia. En cuanto a la evaluación fetal, se apreciaba un feto activo, con frecuencia cardíaca fetal (FCF) de aproximadamente 160 lpm; PBF 6/8 (por falta de movimientos respiratorios), líquido amniótico (LA) normal.

Entre las hipótesis diagnósticas iniciales, se consideró la posibilidad de una intoxicación aguda por monóxido de carbono, por lo cual se solicitó una medición de carboxihemoglobina, cuyo valor fue de 20,1% (valor normal: < 1,5% en no fumadores, y hasta 5% en fumadores). Con la confirmación del diagnóstico, se ingresó inmediatamente a la paciente, iniciando oxigenoterapia normobárica al 100%, además de monitorización fetal electrónica continua. Simultáneamente, se hizo contacto con el Centro Toxicológico de la Pontificia Universidad Católica, quienes estuvieron de acuerdo con el equipo tratante en la necesidad de oxigenoterapia hiperbárica. La FCF se mantuvo dentro de rangos normales, y la dinámica uterina fue decreciendo paulatinamente. Una vez hecho el contacto, la paciente fue trasladada a la Unidad de Baromedicina del Hospital del Trabajador, donde fue sometida a una sesión de 70 minutos en cámara hiperbárica, a 2,5 atmósferas, sin incidentes. De regreso en el Hospital de la Pontificia Universidad Católica, la paciente fue hospitalizada en la Unidad de Embarazo Patológico. Al día siguiente, se realizó una nueva carboxihemoglobina, que fue de 0,7%; evaluación fetal: RBNE®, PBF 8/8, LA normal. Durante ese día, recibió una segunda sesión de terapia hiperbárica, sin incidentes. Nuevo control de carboxihemoglobina el 06/07 (dos días postingreso) mostró valor de 0,2%; unidad fetoplacentaria (UFP) estable. De acuerdo con su buena evolución, fue dada de alta.

La paciente continuó su control prenatal en el Centro Médico San Joaquín de la Pontificia Universidad Católica, con evolución favorable, a excepción de la aparición de una diabetes gestacional, que se controló adecuadamente con dieta.

A las 39+2 semanas, ingresó a la Maternidad del Hospital Clínico de la Pontificia Universidad Católica, con los diagnósticos de rotura prematura ovular (RPO) de término y trabajo de parto inicial. Este evolucionó dentro de los tiempos habituales.

Por expulsivo detenido, se realizó fórceps, sin incidentes, obteniéndose un recién nacido masculino, de 3.170 gramos y 50 cm, Apgar 8-9.

#### **Intoxicación por CO**

**Fuentes:** El CO es un gas inodoro e incoloro, derivado de la combustión incompleta de hidrocarburos. Las principales fuentes de CO se dividen en dos grandes grupos:

a) *Exógenas*: Dentro de estas toxemas, entre otras, las relacionadas con el ambiente laboral, el hogar (responsables de la mayoría de los episodios en embarazadas), y la contaminación ambiental. Merece mención especial:

- *Tabaquismo*: Importante fuente de exposición crónica a CO. El humo del cigarrillo contiene aproximadamente un 4% de este gas, y un cigarrillo fumado en 7-10 minutos libera alrededor de 40 ml de CO (1).

La carboxihemoglobina (COHb), que es la hemoglobina unida a CO, en un no fumador, es de 1-3%. Por el contrario, la carboxihemoglobina de un fumador puede alcanzar valores de incluso 10 a 15% (2).

b) *Endógenas*: Resulta del catabolismo de los pigmentos sanguíneos, principalmente la hemoglobina (75% de la producción).

El hombre produce normalmente 0,42 ml/h; en la mujer, en cambio, la tasa de síntesis varía, dependiendo de la fase del ciclo menstrual en la que se encuentre (1). De esta forma, la producción en la fase folicular es igual a la del hombre, duplicándose durante la fase lúteo (1). Este fenómeno, se postula, se debe a la acción inductora de la progesterona sobre el sistema enzimático hepático.

Durante el embarazo, la producción aumenta sustancialmente, cayendo rápidamente en el postparto. Las razones de esta alza son múltiples, destacando el rol de la progesterona, comentado anteriormente; el aumento de la masa eritrocitaria en el embarazo (da cuenta del 30-40% del aumento); y la producción fetal, que representa un 15% del alza y un 5% de la producción materna total (1).

### Fisiopatología

a) *Compartimento materno*: El CO ingresa al organismo principalmente por la vía inhalatoria, siendo fácilmente absorbido por los pulmones. Una vez en la sangre, sólo una pequeña fracción permanece libre en el plasma (< 1%); el resto se une a proteínas transportadoras de O<sub>2</sub>, principalmente hemoglobina. La afinidad de esta última por el CO es 200 a 250 veces mayor que por O<sub>2</sub> (2).

La consecuencia de esta unión competitiva es un desplazamiento hacia la izquierda de la curva de disociación de O<sub>2</sub>/Hb (Figura 1), con deterioro de la liberación de O<sub>2</sub> a nivel tisular e hipoxia celular secundaria.

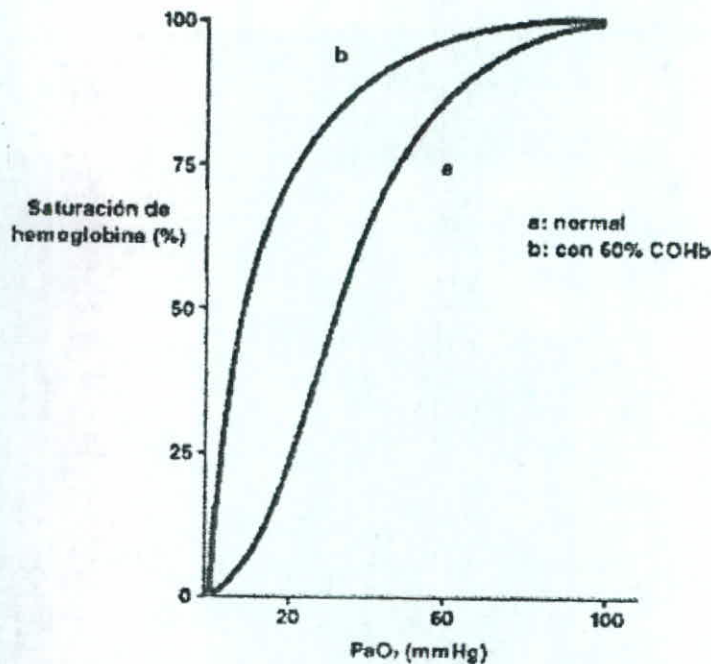


Figura  
1.

Tanto en intoxicación aguda grave como en exposición crónica a este tóxico, se produce su unión a la mioglobina tisular y a los citocromos a3 y P450. Este evento crea un reservorio, produciendo una intoxicación persistente, aún con oxigenoterapia.

Se han sugerido otros mecanismos para la toxicidad mediada por CO. Dentro de éstos se menciona, por ejemplo, el daño por reperfusión del sistema nervioso central (SNC), que sigue a la etapa aguda: la reoxigenación tisular facilita la producción de radicales libres de O<sub>2</sub> (2). Además, se ha visto que la exposición a CO causa peroxidación lipídica, llevando a desmielinización reversible del SNC (2). Por otra parte, en modelos animales en los que se han hecho transfusiones con sangre saturada de COHb, no se han reproducido las consecuencias clínicas esperadas, planteándose que la pequeña fracción de CO disuelta en plasma tendría un rol fisiopatológico importante (2). Por último, la perturbación de la actividad citocrómica también pudiese explicar ciertos efectos tóxicos del gas.

La eliminación también se produce a nivel pulmonar. Gran parte se elimina como gas no intercambiado; la alta concentración de O<sub>2</sub> alveolar favorece la disociación de la COHb, permitiendo que el CO libre sea exhalado, en una tasa dependiente de las presiones parciales de ambos gases. Menos del 1% es oxidado a CO<sub>2</sub> (2). En una intoxicación aguda breve, la vida media estimada del CO, en humanos, es de aproximadamente 4 horas con aire ambiental, 11/2 horas con O<sub>2</sub> puro a presión atmosférica, y 20 minutos con O<sub>2</sub> hiperbárico a 3 atmósferas (1).

b) *Compartimento feto-placentario*: El CO disuelto en el plasma materno atraviesa la barrera placentaria por difusión pasiva. Algunos autores, además, han propuesto la existencia de un mecanismo de difusión facilitada agregando (1).

La COHb fetal es de alrededor de un 0,7 a 2,5%, con un cociente COHb fetal/COHb materna de 0,6-1,6 (1).

En líneas generales, la concentración de COHb materna es levemente menor a la fetal; esta diferencia es prácticamente inexistente en no fumadoras, pero alcanza importante magnitud en fumadoras.

En modelos animales, expuestos aguda y crónicamente a CO, se ha estudiado el comportamiento de la COHb en el feto y la madre (1):

- Durante una intoxicación aguda, hay un rápido aumento de la COHb materna, con una disminución posterior lenta. En el feto, la COHb se incrementa lentamente, alcanzando la concentración materna en un lapso de 1 1/2 a 2 horas; luego, ésta sigue aumentando, hasta doblar el nivel materno.

- En una intoxicación crónica, durante las primeras 2 a 3 horas, se produce un aumento rápido de la COHb materna; posteriormente, la tasa de incremento se ententece, alcanzando un plateau en 7 a 8 horas. En tanto, la COHb fetal alcanza el nivel materno en 5-6 horas en animales, y en 14-24 horas en humanos. Se logra un estado de equilibrio en 36 a 48 horas, con una concentración de COHb fetal un 15-20% mayor que la materna.

La medición de COHb en cordón umbilical es imprecisa y peligrosa. A su vez, la COHb materna no constituye un reflejo adecuado de la COHb fetal, no permitiendo estimarla correctamente (1, 7, 12). La medición de COHb en sangre de cordón al nacer, podría ser de interés para evaluar la exposición fetal, en casos de intoxicación crónica, pero la hiperventilación materna durante el parto puede causar una caída de los niveles fetales.

### Clinica y diagnóstico

a) Madre: Los síntomas de intoxicación por CO son inespecíficos, con una amplia gama de diagnósticos diferenciales, lo cual lleva a un número importante de episodios no reconocidos. Por lo tanto, el diagnóstico requiere de un *alto índice de sospecha*, ante lo cual se debe solicitar, inmediatamente, nivel de COHb (la oximetría de pulso no distingue entre O<sub>2</sub> Hb y COHb). Realizado el diagnóstico, se deben practicar un examen neurológico y mental detallados. El cuadro clínico en su etapa aguda, deriva principalmente de las consecuencias de la hipoxia celular, y los mecanismos compensatorios secundarios. Los siguientes son los hallazgos más frecuentes (2): cefalea; mareos, vértigo; debilidad; náuseas, vómitos; alteraciones de consciencia (síncope, confusión); alteraciones visuales; angina; taquicardia; taquipnea; dolor abdominal; mioclonías, calambres.

La hipoxia y vasodilatación cerebral pueden llevar a convulsiones y edema cerebral. También se pueden producir edema pulmonar agudo y arritmias, especialmente en pacientes con enfermedad cardiopulmonar subyacente (2).

El cuadro clásico de labios intensamente rojos, cianosis y hemorragias retinales es raro (2). Lesiones eritemato-bulosas sobre las prominencias óseas pueden verse, pero no son, en ningún caso, patognomónicas de intoxicación por CO (2).

Es importante recordar que los niveles de COHb no se correlacionan bien con la severidad de los síntomas, en un gran número de casos (2, 7, 12).

En un porcentaje no despreciable de pacientes (10-30%), se producen síndromes neuropsiquiátricos de inicio tardío, posteriores a la aparente recuperación del episodio agudo de intoxicación por CO (rango de 3 a 240 días postexposición) (2, 4). Estos cuadros incluyen cambios cognitivos y de personalidad, síndrome parkinsoniano, psicosis, etc. La recuperación ocurre en el 50-75% de los afectados, dentro de un año (2).

b) Feto: En intoxicaciones agudas, el compromiso fetal es proporcional al grado de afectación materna (1, 8, 9, 12) asociándose con los niveles de COHb de ésta. En general, cuando la intoxicación es leve a moderada, los resultados perinatales son buenos (9). En cambio, en la exposición crónica, independiente de la magnitud de ésta, el feto puede resultar mucho más afectado que la madre (1).

El CO en el feto produce las mismas alteraciones sobre el transporte y la entrega de O<sub>2</sub> que en el adulto. Dos mecanismos principales son los responsables de la toxicidad del CO en el feto a saber:

-Hipoxia tisular.

-Acción directa del CO sobre las proteínas con grupo heme (ejemplo: citocromos).

También se ha visto que el CO induce mitosis en embriones de rata expuestos *in utero* (1).

Los efectos tóxicos del CO varían dependiendo del período gestacional en el cual ocurre la exposición:

**Período embrionario:** Hay evidencia suficiente para considerar al CO como un teratógeno (1, 8, 12). Hay tres áreas principales de daño:

-Sistema nervioso: Disgenesia telencefálica; alteraciones conductuales durante la infancia; reducción del volumen cerebeloso (modelos animales).

- Sistema locomotor: Agenesia de extremidades y malformaciones de manos y pies; displasia y luxación congénita de cadera; hipoplasia mandibular, con glosoptosis.

- Paladar hendido: La intoxicación con CO podría jugar un rol en paladar hendido asociado a tabaquismo.

**Período fetal:** Encefalopatía anóxica

La exposición a CO, también, puede llevar a restricción crecimiento intrauterino (RCIU) y restricción del crecimiento postnatal (1), así como a muerte fetal *in utero* (respecto a ésta, se sabe que el nivel crítico de COHb fetal es aproximadamente de 60%; clínicamente, el riesgo es altísimo cuando aparece algún grado de compromiso de conciencia materno) (1). Se ha sugerido una relación entre intoxicación por CO y síndrome de muerte súbita infantil (SMSI) (1); la asociación entre tabaquismo durante el embarazo y SMSI es conocida. Es probable que

la exposición a CO durante el embarazo afecte el desarrollo de los centros encefálicos de control respiratorio, que se tornarían, posteriormente, particularmente susceptibles a algunas toxas, como hipertermia e infecciones (1). Por último, se ha visto que el parto prematuro es más frecuente en pacientes intoxicadas por CO; se ha observado en ratas una disminución de

la inmunidad no específica, y el desarrollo de cardiomegalia a expensas de cavidades derechas causada por una hiperplasia miocárdica; también se han descrito efectos sobre canales de sodio de membrana, y retardo en la mielinización (1).

### Tratamiento

El tratamiento estándar en una intoxicación por CO implica retirar al paciente del sitio de exposición, administración de oxigenoterapia y medidas de soporte generales.

La racionalidad del uso de la oxigenoterapia se basa, como lo revisamos anteriormente, en que acorta la vida media de eliminación del CO, lo cual llega a su máxima expresión al usar O<sub>2</sub> al 100% a presiones mayores que la atmosférica, tratamiento conocido como Oxígeno hiperbárico (HBO). Esto ha llevado a su recomendación masiva como piedra angular en el tratamiento de esta intoxicación, particularmente aquellas graves.

Sin embargo, una revisión sistemática reciente, que comparó el uso de O<sub>2</sub> normobárico (NBO) versus hiperbárico, en población no embarazada, en cuanto a su capacidad de prevenir las alteraciones neurológicas tempranas y tardías secundarias a la exposición, no encontró diferencias estadísticamente significativas entre ambas terapias (4). Cabe destacar, sin embargo, que los trabajos son de regular calidad, y que para llegar a una conclusión adecuada, hace falta un ensayo de diseño también adecuado.

Actualmente, existen intentos por dar respuesta a esta inquietud. Weaver y cols, publicaron, a principios de octubre de este año, un estudio prospectivo, randomizado y doble ciego donde, a pacientes intoxicados por CO, sintomáticos, se les asignó a recibir NBO o HBO, en un esquema de tres sesiones, dentro de las primeras 24 horas. La investigación tuvo que detenerse precozmente, por la diferencia estadísticamente significativa a favor de la terapia con HBO, en cuanto a disminuir la incidencia de secuelas neurológicas a mediano (6 semanas) y largo (12 meses) plazo (3).

En cuanto a la utilidad y seguridad del HBO durante el embarazo, la literatura disponible es escasa, y no existen estudios clínicos randomizados, controlados doble ciego que la evalúen.

Respecto de su seguridad, se han visto, en modelos animales, efectos nocivos de la hiperoxia en fetos. Sin embargo, revisiones cuidadosas de estos estudios y experiencias clínicas en humanos indican que exposiciones breves a hiperoxigenación pueden ser bien toleradas por los fetos, en cualquier período de la gestación (7, 11).

En uno de los pocos estudios prospectivos disponibles, 44 pacientes embarazadas, con intoxicación aguda por CO, se sometieron precozmente a una terapia mixta, con HBO, inicialmente, y NBO, posteriormente, independiente de la severidad del cuadro y la edad gestacional. No hubo evidencias de que el HBO tuviese efectos deletéreos sobre los fetos (10).

Respecto de la superioridad del HBO versus NBO en cuanto a prevenir las complicaciones fetales de esta intoxicación, la evidencia bibliográfica se restringe a reportes de casos (5, 7), la mayoría con resultados perinatales positivos. Un estudio prospectivo, multicéntrico, que reunió 36 casos de exposición aguda al tóxico, sugirió que HBO podría disminuir la incidencia de secuelas fetales (9).

La intoxicación por CO, si bien infrecuente durante el embarazo, puede tener devastadoras consecuencias para el binomio madre-hijo. Su diagnóstico precoz es fundamental, y requiere un alto índice de sospecha.

En la actualidad, no disponemos de métodos seguros y eficaces para evaluar el grado de compromiso fetal, que incluye un amplio número de alteraciones, principalmente malformaciones y lesiones hipóxico-isquémicas cerebrales. Se sabe, sin embargo, que a mayor compromiso materno, mayor es el riesgo fetal.

En cuanto al tratamiento, si bien en población no embarazada no se ha demostrado fehacientemente que la terapia hiperbárica disminuya las secuelas neurológicas a corto y largo plazo (a pesar de que hay señales de que sí podría ser efectiva), parece ser que durante el embarazo, en intoxicaciones agudas graves, ésta sí tiene un rol cardinal en reducir la incidencia de complicaciones perinatales, aunque la magnitud de esto aún no se establece. Lo anterior no parece acompañarse de una mayor morbimortalidad por el uso de O<sub>2</sub> a altas presiones.

¿Por qué esta aparente diferencia de respuesta, entre el feto y el adulto, frente al HBO? Es una pregunta difícil de responder, pero algunas especulaciones, basadas en la fisiopatología, se podrían hacer. Como se mencionó reiteradamente en el artículo, en una intoxicación aguda grave, el CO no sólo causa hipoxia, sino que se une a otras proteínas corporales, entre ellas citocromos, vitales en múltiples procesos orgánicos. La depuración del tóxico desde estos sitios es más lenta, lo cual posibilita que actúen como reservorio, causando una intoxicación persistente, a pesar del tratamiento. Esto, junto con la perturbación de estas otras proteínas, podría ser responsable de una buena parte de las complicaciones persistentes y tardías, vistas en adultos.

El feto, en cambio, durante los primeros momentos postexposición, probablemente sea afectado principalmente por la hipoxia a la que es sometido por el deterioro del transporte y entrega de O<sub>2</sub> a nivel placentario, y no por la directa acción del CO en su organismo (cinética de CO más lenta y prolongada que la madre). Así, el HBO, al acelerar la tasa de disociación de la COHb materna, mejora este proceso de oxigenación útero-placentaria, disminuyendo el tiempo de exposición fetal a hipoxia severa y sus consecuencias.

A la luz de la última evidencia disponible, hay razones para pensar de que ambos, madre e hijo, se beneficiarían del HBO, y que la actual y aún vigente impresión de carencia de efectos positivos estadísticamente significativos en el adulto sólo descansa en la falta de estudios adecuados.



## BIBLIOGRAFIA

1. Aubard Y, Magne I: Carbon monoxide poisoning in pregnancy. *BJOG* 2000; 107(7): 833-8.
2. Ernest A, Zibrak J: Carbon monoxide poisoning. *N Engl J Med* 1998; 339(22): 1603-8.
3. Weaver L, Hopkins RO, Chan KJ *et al*: Hyperbaric oxygen for acute carbon monoxide poisoning. *N Engl J Med* 2002; 347(14): 1057-67.
4. Juurlink DN, Stanbrook MB, McGuigan MA: Hyperbaric oxygen for carbon monoxide poisoning. *Cochrane Database Syst Rev* 2000; 2.
5. Abboud P, Mansour G, Lebrun JM, Zejli S, Lepori M, Morville P: Acute carbon monoxide poisoning during pregnancy: 2 cases with different neonatal outcome. *J Gynecol Obstet Biol Reprod* 2001; 30(7 Pt 1): 708-11.
6. Silverman R, Montano J: Hyperbaric oxygen treatment during pregnancy in acute carbon monoxide poisoning: a case report. *J Reprod Med* 1997; 42: 309-11.
7. Gabrielli A, Layon AJ: Carbon monoxide intoxication during pregnancy: a case presentation and pathophysiologic discussion, with emphasis on molecular mechanism. *J Clin Anesth* 1995; 7(1): 82-7.
8. Hennequin Y, Blum D, Vamos E, Steppe M, Goedseels J, Cavatorta E: In utero carbon monoxide poisoning and multiple fetal abnormalities. *Lancet* 1993; 341: 240.
9. Koren G, Sharav T, Pastuszak A *et al*: A multicenter prospective study of fetal outcome following accidental poisoning in pregnancy. *Reprod Toxicol* 1991; 5: 397-403.
10. Elkharrat D, Raphael JC, Korach JM *et al*: Acute carbon monoxide intoxication and hyperbaric oxygen in pregnancy. *Intensive Care Med* 1991; 17(5): 289-92.
11. Van Hoesen KB, Camporesi EM, Moon RE, Hage ML, Piantadosi CA: Should hyperbaric oxygen be used to treat the pregnant patient for acute carbon monoxide poisoning? A case report and literature review. *JAMA* 1989; 261(7): 1039-43.
12. Caravati EM, Adams CJ, Joyce SM, Schafer NC: Fetal toxicity associated with maternal carbon monoxide poisoning. *Ann Emerg Med* 1988; 17(7): 714-7. rabajo recibido en marzo de 2003 y aceptado para publicación por el Comité Editor en mayo de 2003.

## ANEXO No. 6

### El monóxido de carbono reduce la hiperplasia de la íntima

La exposición de ratas a bajos niveles de monóxido de carbono antes de someterse a un trasplante de aorta previene la aterosclerosis asociada al rechazo crónico del órgano y además puede reducir la estenosis inducida por una angioplastia con balón en la carótida lesionada, según un estudio que se publicará en febrero en *Nature Medicine*.

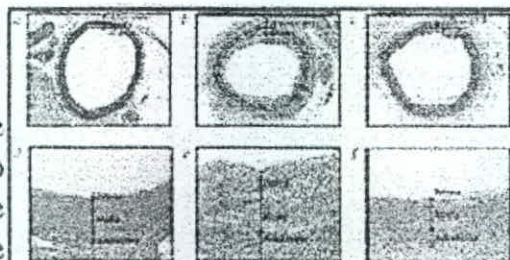
Para Leo Otterbein, de la División de Medicina Intensiva de la Universidad de Pittsburgh, los resultados del trabajo demuestran un destacado papel protector del monóxido de carbono en el daño vascular y sostienen su uso como agente terapéutico.

Los animales que recibieron injertos de aorta se expusieron a 250 partes por millón (ppm) de monóxido de carbono inmediatamente después del trasplante y durante los 56 días posteriores. En las ratas que presentaron lesiones en la porción de arteria en contacto con el balón se expusieron a la misma cantidad de monóxido de carbono una hora antes de la lesión; luego pasaron a una habitación con aire ambiental y permanecieron allí durante un periodo de dos semanas.

#### Comparación

Como controles, los investigadores trasplantaron segmentos de la aorta de diez ratas noruegas y ratas Lewis y no se expuso ninguna a monóxido de carbono. Las lesiones ateroscleróticas comenzaron a aparecer entre 20 y 30 días después y eran realmente significativas entre los 50 y 60 días. Las lesiones se caracterizaban por hiperplasia en la íntima y un aumento de las células lisas del músculo de la pared vascular y acumulación de leucocitos en la aorta trasplantada. Este proceso indica el inicio de la aterosclerosis y limita el éxito del trasplante y de las angioplastias en el hombre. En las ratas se ha comprobado que con la exposición al monóxido de carbono la hiperplasia de la íntima se reduce en un 61 por ciento.

En el segundo grupo de ratas, sus arterias carótidas desarrollaron hiperplasia de la íntima 14 días después de la lesión del balón. La hiperplasia de la íntima en las ratas expuestas al monóxido de carbono durante una hora antes de la aparición de la lesión principal se redujo un 74 por ciento en comparación con las ratas expuestas al aire ambiental.



#### Análisis de la íntima

Las imágenes corresponden al análisis inmunocitoquímico de los injertos de aorta 56 días después del trasplante y se pueden observar las diferencias existentes entre las ratas que recibieron monóxido de carbono y las que no lo hicieron, teniendo en cuenta el aumento de la íntima observado a través de diferentes análisis.

Los resultados del trabajo sugieren que el efecto protector del monóxido de carbono puede reducir la capacidad de infiltración o activación del leucocito y la proliferación celular del músculo. El monóxido de carbono puede ser de gran utilidad en una amplia variedad de enfermedades vasculares. El hecho de que una exposición a niveles bajos del monóxido de carbono pueda reducir la proliferación de la íntima sostiene su posible empleo en la clínica.

En el estudio no se han observado efectos negativos de la exposición de los animales al monóxido de carbono y, según ha indicado Otterbein, ya se han iniciado los trabajos en modelo de experimentación porcino que se ha sometido a una angioplastia, que es el paso previo para que comiencen los ensayos clínicos en el hombre.

Los autores del estudio han recordado que la hiperplasia de la íntima aparece después de un daño vascular, sobre todo una vez que se ha efectuado una angioplastia o un trasplante. Teniendo en cuenta los resultados, la administración de una cantidad moderada de monóxido de carbono puede reducir dicha hiperplasia sin que se hayan detectado efectos adversos que dificulten el procedimiento.

(Nature Medicine 2003; DOI: 10.1038/nm817).

## ANEXO No. 7

### Tabla de IMC

#### COMO SE DETERMINA EL SOBREPESO Y LA OBESIDAD

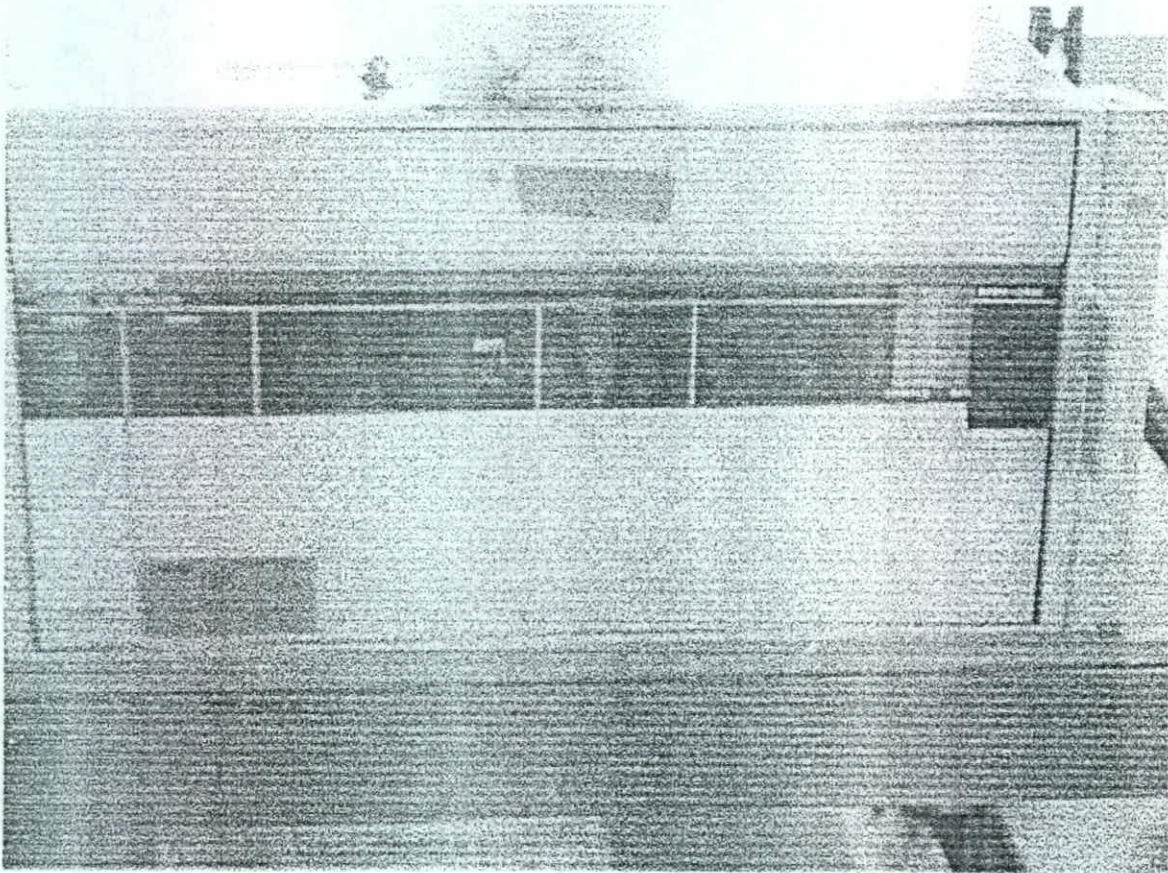
Una medida apropiada del nivel de sobrepeso u de obesidad es el Índice de Masa Corporal (IMC), que relaciona el peso corporal con la altura. El sobrepeso se presenta cuando la persona tiene al menos un 20% más de su peso ideal (IMC está arriba de 25). La obesidad se presenta cuando el peso está al menos un 30% arriba del peso ideal (IMC arriba de 30). Para facilitar la determinación de su IMC y darle una mejor idea sobre el estado de su peso, a continuación le presentamos la siguiente tabla. Para su correcta utilización siga las siguientes pautas:

- Utilice su estatura en Metros en la columna izquierda identificada como "Estatura en Metros" (Por ejemplo 1.64 Metros)
- Busque en la fila de arriba el peso que más se aproxime a su Peso en Libras (Por ejemplo 130 Libras)
- El dato en la que converja su Estatura en Metros y su Peso en Libras es su Índice de Masa Corporal (IMC) (Por ejemplo 1.64 Metros y 130 Libras el IMC es de 50)

Si el IMC es menor de 20 (20) su peso es demasiado bajo para su altura. Si el IMC se encuentra entre 25 y 30 (25-30) usted presenta sobrepeso. Si el IMC se encuentra arriba de 30 (30) usted presenta obesidad.

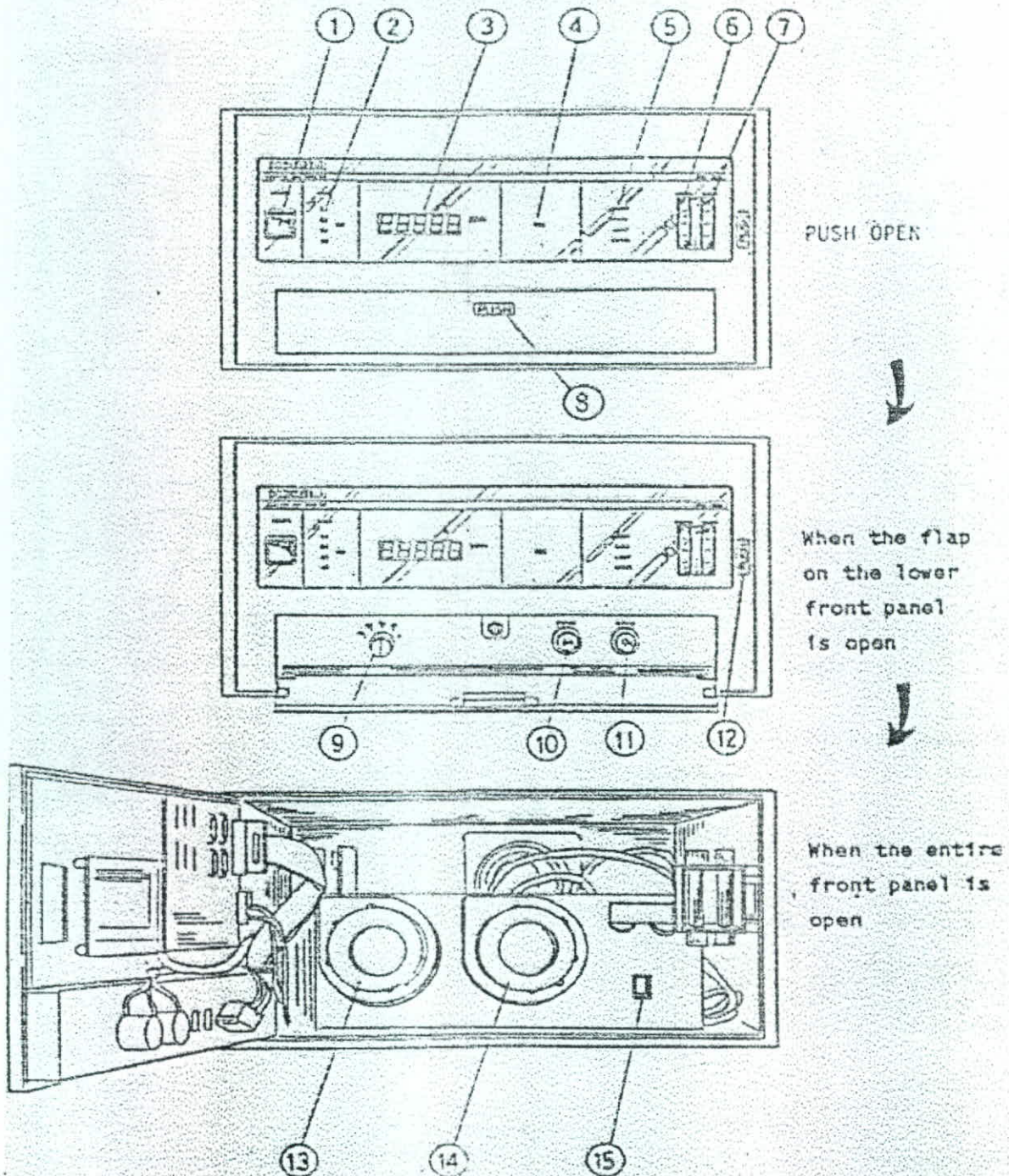
ESTATURA EN METROS	PESO EN LIBRAS																																				
	80	85	90	95	100	105	110	115	120	125	130	135	140	145	150	155	160	165	170	175	180	185	190	195	200	205	210	215	220	225	230	235	240	245	250		
1.50	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58		
1.55	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	
1.60	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62
1.65	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63
1.70	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64
1.75	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65
1.80	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66
1.85	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67
1.90	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68
1.95	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69
2.00	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70

La tabla muestra los cálculos para una persona que pesa 130 libras. Si usted quiere saber su Índice de Masa Corporal (IMC) para su altura y peso, simplemente busque su estatura en la columna de la izquierda y su peso en la fila de arriba. El número en la que converja su estatura y su peso es su Índice de Masa Corporal (IMC). Por ejemplo, si usted mide 1.64 metros y pesa 130 libras, su IMC es de 50. Si su IMC es menor de 20, su peso es demasiado bajo para su altura. Si su IMC está entre 25 y 30, usted tiene sobrepeso. Si su IMC es mayor de 30, usted tiene obesidad.

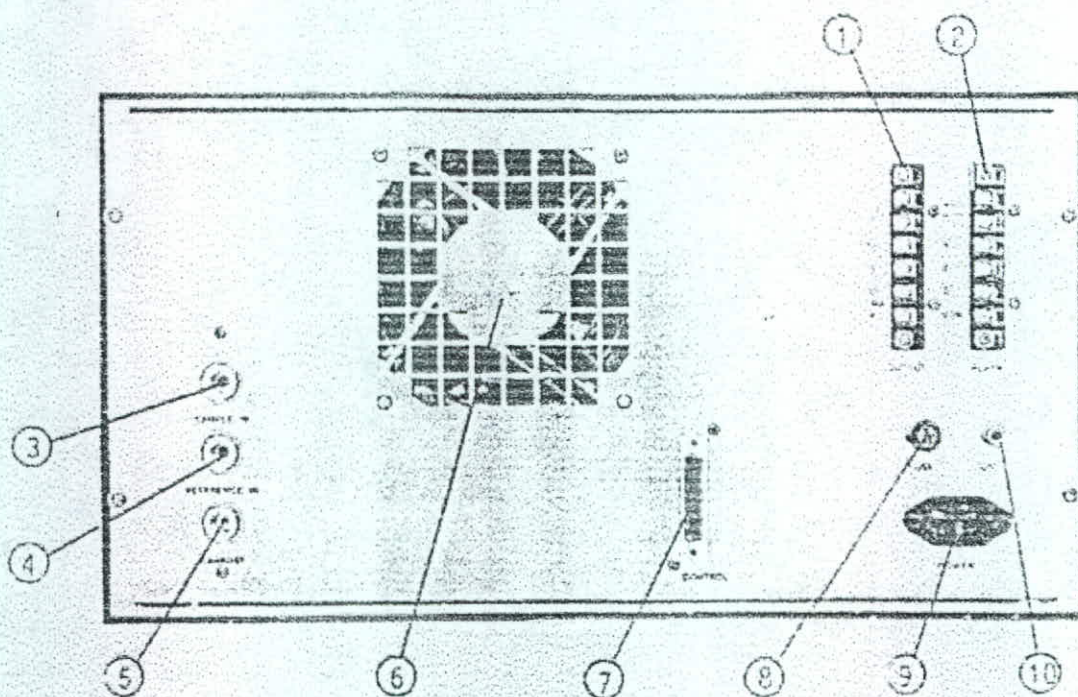
ANEXO No. 8**FIGURA No. 1**  
**EQUIPO DE DETECCIÓN AUTOMÁTICA DE MONÓXIDO DE CARBONO**

## 1.2 Descriptions of Components

## 1.2.1 Front panel



1.2.2 Rear panel

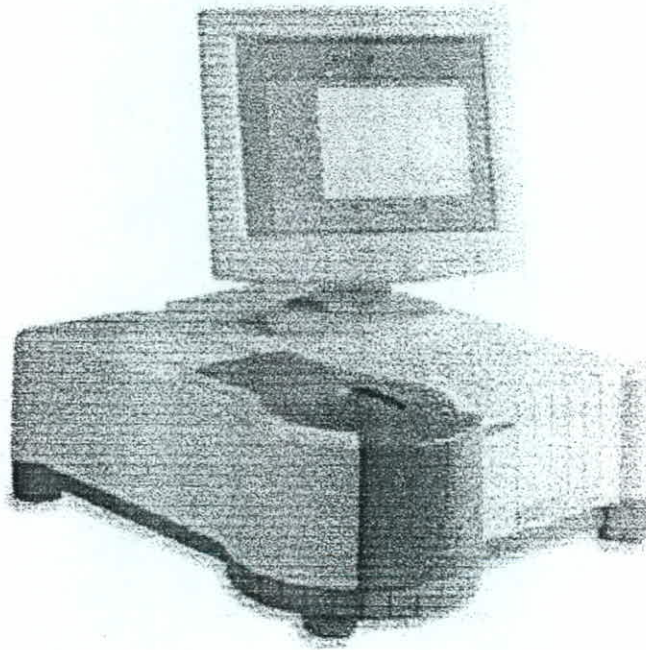


- |                               |   |
|-------------------------------|---|
| ① Output terminal board       | ⑦ Connector for external range control (Option) |
| ② Alarm output terminal board | ⑧ Fuse holder                                   |
| ③ Sample inlet                | ⑨ Power connector                               |
| ④ Reference inlet             | ⑩ Terminal for grounding                        |
| ⑤ Exhaust                     |   |
| ⑥ Fan                         |   |

ANEXO No. 9

## FIGURA No. 2

Espectrofotómetro de UV-VIS-NIR  
Espectrofotómetro de Ultra Violeta Visible - Modelo Cary 50





## ANEXOS No. 10

## Tabla No. 1

## RESULTADOS POR CENTRO COMERCIAL

Centro comercial	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total
No. personas que fuman	nm	10	8	7	2	0	nm	4	1	3	35
Hombres que fuman	nm	9	6	7	2	0	nm	4	1	3	32
Hombres que no fuman	nm	3	5	7	1	1	nm	3	1	2	23
Mujeres que fuman	nm	1	2	0	0	0	nm	0	0	0	3
Mujeres que no fuman	nm	2	1	1	1	0	nm	0	0	0	5
No. de carros					52	86	300	80	70-80	300	
Tiempo de muestreo en horas	8.5	5	5.5	10	7.5	7.66	7.75	5.75	6.17	7.5	
Zona del Centro comercial	11	11	4	10	1	7	10	11	15	12	

nm= No muestreado.

Tabla No. 2 Centro comercial No. 2

No.	Sexo	Edad	Ocupación	Peso lbs	Altura mts	Fuma	Tiempo de laborar para el edificio	% de CoHb	Hb	No. de s6tano	12 Síntomas
1	M	24	A.S	135	1.6	Si	1 mes	24.92	16.0		Visión borrosa
2	M	20	A.S	140	1.67	No	1 año y 10	31.81	16.3		Dolor de cabeza moderado, algunas veces, enfermedad venérea, dolor de estomago
3	M	19	A.S	117	1.58	Si	1 mes	26.75	16.3		No manifiesta, hace 2 días con gripe.
4	M	24	A.S(supervisor)	130	1.7	Si	3 años	23.05	16.7		Dolor de cabeza fuerte y enrojecimiento de la cara
5	M	30	A.S	162	1.65	Si	1 día	28.92	19.0		Visión borrosa por catarata
6	M	23	A.S	134	1.63	No	8 meses	29.39	17.0		Dolor de cabeza persistente, ardor de ojos por desvelo.
7	M	45	Lava carros	170	1.56	So	2 años	32.52	16.3		Le cuesta respirar a veces, gripe cada 15 días
8	F		A.S	118	1.52	No	6 meses	22.32	12.7		Embarazada(5 meses), ojos rojos por lo menos una vez por semana
9	M		A.S	120	1.6	Si	8 meses	33.56	17.0		Gripe cada 2 meses
10	M	46	Lava carros	180	1.61	No	2 semanas	23.36	16.0	1	No manifiesta
11	M	33	A.S	150	1.65	Si	1 mes		14.3	3	No manifiesta
12	F		A.S	125	1.57	Si		24.62	16.0		No manifiesta
13	M	33	A.S	135	1.65	No	1 año	24.75	16.3		Dolor de cabeza, por desvelo
14	F	20	A.S	160	1.42	No, hace 4 m	6 meses	27.85	14.3		Gripe cada 6 a 8 meses, dolor de cabeza y en las sienes
15	M	32	A.S	135	1.68	No	2 meses	25.89	14.3		Dolor de cabeza, ardor de ojos, nauseas por la mañana, por gastritis

Tabla No. 3 Centro Comercial No. 3

No.	Sexo	Edad	Ocupación	Peso lbs	Altura mts	Fuma	Tiempo de laborar	% de CoHb	HTC	Hb	No. de sófano	Síntomas
1	M		A.S	132	1.71	Si	1 mes	23.92	56	18.7	1	No manifiesta, dolor de cabeza cada 3 días, y tos 2 veces por semana
2	M	18	A.S	110	1.6	No	3 meses	17.38	53	17.7	1	Gripe 1 vez cada mes. Dolor de cabeza, visión borrosa.
3	M	19	A.S	120	1.65	No	1 mes	15.34	52	17.3	1	Dolor de cabeza casi todos los días, ojos rojos.
4	F	22	Chevere	117	1.55	Si	3 meses	15.23	44	14.7	1	Dolor de cabeza dos veces por semana, mareado dos días seguidos, sospecha de embarazo, ardor de ojos
5	F	25	Chevere	175	1.54	Si	1 año	11.86	46	15.3	1	Dolor de la frente para en medio, todos los días, tos y náusea acompañados en la mañana, ardor de ojos
6	M	33	A.S	155	1.71	No	1 mes	22.76	58	19.3	1	Mareos, tos cuando hay frío.
7	M	17	A.S	130	1.6	No	1 mes	22.48	49	16.3	1	Enrojecimiento de cara, dolor de cabeza leve, tos en la mañana ardor de ojos, con gripe, se le pelan los dedos.
8	M	26	A.S	145	1.61	Si	2 años	22.09	52	17.3	1	Dolor de cabeza una vez al mes, al correr se agita.
9	F	39	Chevere	130	1.53	No	2 años	23.58	44	14.7	1	Enrojecimiento de cara por calor, náuseas casi todos los días
10	M	20	Paiz, emparador	115	1.64	Si	1 año	24.57	44	14.7	0	Calor cuando baja al parqueo, ardor de ojos
11	M	40	Garita	146	1.63	Si	9 años	22.99	55	18.3	1	Dolor de cabeza leve, dolor en las sienas, Gripe 1 vez al año.
12	M	26	A.S de la entrada	160	1.67	Si	1 año	22.05	54	18.0	1	Hepatitis hace 5 años, dolor de ojos, mareado una vez al vez hace 2 meses
13	M	18	Paiz, paquetes	157	1.73	No	6 meses	22.88	51	17.0	0	Visión borrosa, le sale sangre de nariz seguido, gripe hace 2 semanas
14	F	41	Garita	190	1.75	Si	5 años	16.82	53	17.7	1	Ardor de ojos

Tabla No. 4 Centro Comercial No. 4

No.	Sexo	Edad	Ocupación	Peso lbs	Altura mts	Fuma	Tiempo de laborar	% de CoHb	HTC	Hb	No. de sófano	Síntomas
1	M	30	A.S.(supervisor)	155	1.76	No	9 años	33.25	49	16.3	supervisor	Dolor de cabeza, enrojecimiento de cara cada 2 días, visión borrosa de un lado, tos con flema. Frecuencia de gripe cada mes a dos.
2	M	28	A.S.(supervisor)	170	1.7	Si	7 meses	34.40	53	17.7	supervisor	Muy poco dolor de cabeza.
3	M	25	A.S	135	1.63	Si	2 años	35.11	51	17.0		Muy seguido gripe y dolor de garganta, tensión en la frente leve, tos cada 15 días.
4	M	20	A.S	135	1.75	Si	7 meses	33.54	54	18.0	1	Tos fuerte.
5	M	33	A.S	170	1.62	No	5 meses	39.17	40	13.3		Dolor de cabeza moderado, visión borrosa moderada y frecuente, tos muy seguido
6	M	30	A.S	130	1.59	No	3 meses	27.23	52	17.3	3	Dolor de cabeza fuerte cada 15 días. Dolor de pecho, visión borrosa, tos, ronquera, cada 8 días enrojecimiento de la cara.
7	M	26	A.S	210	1.7	No	1 año y medio	27.67	59	19.7	3	Dolor en las sienas, enrojecimiento de la cara, de vez en cuando.
8	M	22	A.S	125	1.65	Si	1 mes	17.58	49	16.3	1 rondando	Dolor de cabeza, rinitis, nauseas, pelado de los pies y manos, visión borrosa 1 vez al mes.
9	M	24	A.S	138	1.59	No	2 semanas	23.57	47	15.7	1 en la salida	Manchas en la cara rojizas. Dolor de ojos, mareos, cada 24 horas.
10	M	28	A.S	131	1.65	Si	10 meses	29.13	48	16.0	Jefe de grupo	Tos una vez a la semana
11	M	27	A.S	116	1.58	Si	2 meses	23.35	49	16.3	1	Se le despelleja la piel de la cara, visión borrosa a diario, dolor de cabeza cada 4 días, tenía pulmonía.
12	M	22	A.S	120	1.6	No	6 meses	0.00	49	16.3		Se le pelan los dedos. Dolor de cabeza una vez al mes.
13	M	33	A.S	130	1.65	No	11 meses	26.75	50	16.7		Ronchas por calor, ardor de garganta o picazón, después de la gripe 5 veces en los 11 meses.
14	F	25	A.S	118	1.57	No	1 mes	31.80	45	15.0		Arden los ojos, dolor de cabeza, leve, visión borrosa, irritación
15	M	21	A.S	126	1.58	Si	7 meses	23.53	56	18.7	Auxiliar 1 del cine	Sófano más escondido, no manifiesta síntomas, solo cuando corre le da tos.

Tabla No. 5 Centro Comercial No. 5

No.	Sexo	Edad	Ocupación	Peso lbs	Altura mts	Fuma	Tiempo de laborar	% de CoHb	HTC	Hb	No. de sótono	Síntomas
1	M	24	Lava carros	133	1.6	No	1 mes	25.03	56	18.7	único	Dolor de cabeza una vez a la semana, enrojecimiento de cara todos los días (ejercicio), punzadas en las sienes, ardor de ojos, 1 vez al mes
2	M	29	Garita	160	1.65	Si	6 años	25.27	50	16.7	único	Dolor de cabeza fuerte 1 vez a la semana, y en las sienes, ardor de ojos
3	M	28	Taxista	204	1.65	Si	3 años	21.49	49	16.3	único	Colesterol alto, se cansa mucho y da sueño, dolor de cabeza leve
4	F	28	Acompañante	141	1.65	No	0	21.27	50	16.7	único	Dolor de cabeza seguido, no estando en el parqueo. Mucho lagrimeo
5	F	24	Control					15.89	49	16.3	único	No manifiesta.

Tabla No. 6 Centro Comercial No. 6

No.	Sexo	Edad	Ocupación	Peso lbs	Altura mts	Fuma	Tiempo de laborar	% de CoHb	HTC	Hb	No. de sótono	Síntomas
1	M	18	A.S	128	1.64	No	2 semanas	21.34	47	15.7	1	Dolor de cabeza fuerte cada hace 3 días.

Tabla No. 7 Centro comercial No. 8

No.	Sexo	Edad	Ocupación	Peso lbs	Altura mts	Fuma	Tiempo de laborar	% de CoHb	HTC	Hb	No. de sótano	Síntomas
1	M	41	A.S	180	1.65	No	4 años	24.00	44	14.7	Nivel 1	Gripe 1 vez al año, Dolor de cabeza fuerte, mareos, ardor de ojos, nauseas.
2	M	27	Mantenimiento	110	1.58	Si	4 años	24.67	46	15.3	0	Cuando baja al parque dolo de cabeza fuerte, palpitaciones en las sienes fuerte 1 vez a la semana.
3	M	39	A.S	160	1.6	No	1 año	23.07	60	20.0	Nivel 1	Dolor de cabeza y tensión en la frente y las sienes 1 vez por semana.
4	M	25	A.S	144	1.61	Si	2 años	24.18	54	18.0	Nivel 2	Mareos 1 vez al año, en Diciembre dolor de cabeza y ardor de ojos fuerte.
5	M	31	A.S	139	1.65	Si	5 años	17.92	61	20.3	Nivel 3	Dolor de cabeza y tensión en la frente y las sienes 1 vez por semana. Ardor de ojos
6	M	28	A.S	122	1.59	Si	4 meses	13.82	58	19.3	Sótano	Dolor de cabeza, tensión en la frente y palpitaciones en las sienes cada 3 días, tos reseca, ardor de garganta.
7	M	26	A.S	160	1.7	No	8 meses	9.84	50	16.7	Sótano. Entrada	Dolor de cabeza, tensión en la frente y palpitaciones en las sienes leve, tos de vez en cuando, ardor de garganta.

Tabla No. 8 Centro comercial No. 9

No.	Sexo	Edad	Ocupación	Peso lbs	Altura mts	Fuma	Tiempo de laborar	% de CoHb	HTO	Hb	No. de sótano	Síntomas
1	M	33	Llavines	145	1.66	Si	2 meses	22.95	54	18.0	Único	Dolor de cabeza, y tensión en la frente, y no hace nada dolor leve, ardor de ojos por padecimiento anterior
2	M	18	Llavines	180	1.75	Si	2 meses	22.61	54	18.0	Único	Dolor de cabeza, y tensión en la frente leve, ardor de ojos, tos 1 vez a la semana, calor cuando se llena el parqueo

Tabla No. 9 Centro comercial No. 10

No.	Sexo	Edad	Ocupación	Peso lbs	Altura mts	Fuma	Tiempo de laborar	% de CoHb	HTC	Hb	No. de sótano	Síntomas
1	M	27	Garita de entrada	115	1.64	No	5 meses	22.50	n.d	n.d	Único	Visión borrosa, ardor de ojos y tos, leve todos los días, posiblemente por desvelo.
2	M	39	Garita de salida	135	1.56	Si	5 meses 1/2	26.03	n.d	n.d	Único	Dolor de cabeza una vez a la semana, tos en ocasiones.
3	M	34	Encargado de mantenimiento	135	1.64	Si	2 años	21.57	53	17.3	Único	Enrojecimiento de la cara, visión borrosa y ardor de ojos a veces.
4	M	44	Agente de Seguridad	125	1.58	No	5 años	21.79	n.d	n.d	Único	Mucho sueño
5	M	37	Jefe de grupo	170	1.7	Si	10 meses	20.82	n.d	n.d	Único	Dolor de cabeza, por desvelo, enrojecimiento de la cara, ardor de ojos, casi siempre en turno. Rondando.

n.d = no determinado

HTC = Valor de Hematocrito

Hb = Valor de Hemoglobina

## ANEXO No. 11

Tabla No. 11

Número de trabajadores de 10 centros comerciales que fuman y no fuman según sexo.

	Mujeres	Hombres	
Fuma	3	31	
No fuman	5	22	
Total	8	53	60

Tabla No.12

Porcentaje de Saturación promedio de COHb entre trabajadores de 10 centros comerciales que fuman y no fuman

	No. personas	Saturación promedio de COHb
Fuma	35	23.97%
No fuma	25	24.52%
Total	60	24.29%
	Diferencial	2.26%

Tabla No. 13

Porcentaje de saturación promedio de COHb según sexo, de trabajadores de 10 centros comerciales

	% Saturación promedio de COHb
Hombres	25.677
Mujeres	21.05

Tabla No. 14

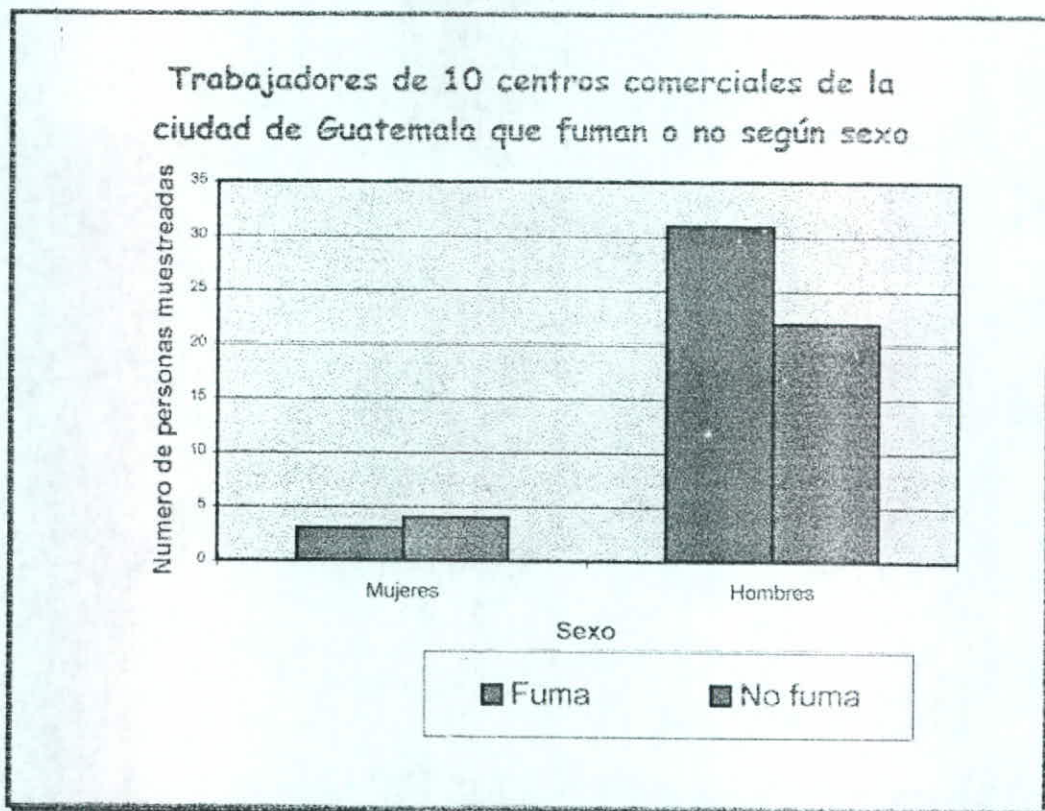
Porcentaje promedio de saturación de COHb entre trabajadores de 10 centros comerciales que fuman y no fuman y según sexo.

	Mujeres	Hombres
Fuma	17.24%	27.04%
No fuman	23.34%	23.76%
Diferencial	12.78%	3.28%

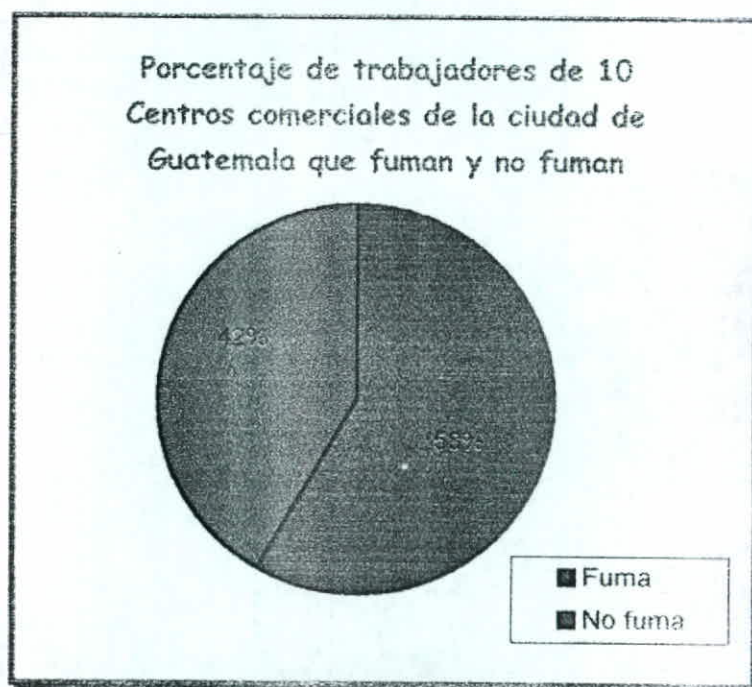


## ANEXO No. 12

Grafica No. 1



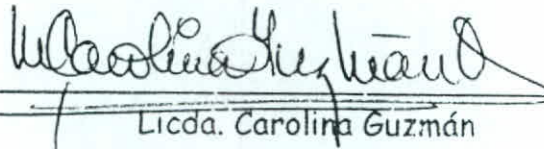
Grafica No. 2





---

Indira Guadalupe Nufio Martinez  
Autora



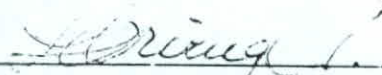
---

Licda. Carolina Guzmán  
Asesora



---

Lic. Pablo Oliva Soto  
Asesor



---

Licda. Lillian Irving Antillón M.A  
Directora de Escuela



---

MSc. Gerardo Arroyo Catalán  
Decano