



**UNIVERSIDAD DE CUENCA.  
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS.  
CARRERA DE BIOQUÍMICA Y FARMACIA.**

**TEMA DE TESIS:**

**“DETERMINACIÓN DE CARBOXIHEMOGLOBINA AL INICIO Y FINAL DE JORNADA LABORAL EN TRABAJADORES DE ESTACIONES DE SERVICIO-GASOLINERAS DE LA ZONA SUR-OESTE DE LA CIUDAD DE CUENCA”.**

**TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL  
TÍTULO DE BIOQUÍMICO FARMACÉUTICO**

**AUTORA:**

Verónica Tatiana Durán Castro

**DIRECTORA DE TESIS:**

Dra. Ruth Eugenia Rosas Castro. MSc.

**ASESORA DE TESIS:**

Dra. Johana Ortiz Ulloa. MSc. PhD

**CUENCA, ECUADOR**

**2015**



## RESUMEN

En este estudio se valoró la exposición laboral de CO en los trabajadores a través de un biomarcador de exposición carboxihemoglobina (%COHb).

Se determinó los niveles de (%COHb) en dispensadores de combustible de estaciones de servicio al sur-oeste de la ciudad de Cuenca, se comparó el %COHb-inicial con el %COHb-final de la jornada laboral, relacionando con los valores referenciales según la (OMS, 2007) y (Romero, 2011).

El análisis adicional de %COHb-delta (ganado durante la jornada laboral), permitió la comparación de los niveles de %COHb entre turnos laborables y entre gasolineras. Mediante encuesta se valoró las características personales y condiciones de trabajo de los dispensadores, permitiendo establecer medidas preventivas.

Para esta determinación, se utilizó el *Método de Microdifusión Feldestein-Klendeshoj* en muestras de sangre al inicio y final de la jornada laboral en los tres turnos laborables.

Los resultados presentaron diferencias significativas entre el %COHb inicial y el final ( $P < 0,05$ ); los valores analizados de %COHb-delta entre gasolineras, mostraron diferencia significativa ( $P = 0,005$ ), se observó que la gasolinera Don Bosco es 3,66 veces mayor el valor de %COHb-delta. Adicionalmente se realizó un análisis de la variación de %COHb de acuerdo a las características personales y condiciones de trabajo, se determinó que *protección (mascarilla)*, actuó como factor de protección para la inhalación de CO durante la jornada laboral y el *deporte* factor de protección para la eliminación de CO.

Se recomendó el uso estricto de mascarillas de protección a los dispensadores, para evitar la inhalación del humo emanado por los escapes de los automóviles.

**Palabras clave:** CARBOXIHEMOGLOBINA, MONÓXIDO DE CARBONO, MICRODIFUSIÓN.



## ABSTRACT

In this study the exposure of labor workers to CO was measured through a carboxihemoglobin exposure biomarker (%COHb).

The levels of COHb in Gasoline dispenser service stations on the south-west of the city of Cuenca were studied, where the COHb percentage at the beginning of the working day was compared to the COHb percentage at the end of the working day, in relation to the referential values as stated by (OMS, 2007) and (Romero, 2011).

The analysis of additional data, COHb-delta (obtained during the working hours), led to the comparison of the COHb levels between hours and shifts as well as between Gas Service stations. By means of survey, we determined personal characteristics as well as working conditions in the Gas Dispensers, allowing the establishment of safety measures.

To determine the percentage of COHb, the Micro-diffusion Feldstein-Klendeshoj method was used on blood samples both at the start and end of each working day during all three shifts.

The results presented significant differences between the initial COHb percentage and the final COHb percentage ( $P < 0.05$ ); The COHb-delta values between the gas stations analyzed also presented a significant difference ( $P = 0.005$ ), where it was observed that the Don Bosco Gas station has a COHb-delta value 3.66 greater than other gas stations. Additionally, an analysis to find the carboxihemoglobin variance took place in accordance to the personal characteristics and working conditions, where it was determined that the *safety equipment (mask)*, as well as *exercise* act as a risk/protection factor against CO inhalation during the working hours.

The use of protection masks is strictly and heavily recommended to gas dispensers to help avoid inhalation of fumes emitted automobiles.

Key words; carboxihemoglobin, Carbon monoxide, Micro-diffusion.



## TABLA DE CONTENIDO

|   |    |
|---|----|
| PORTADA.....  | 1  |
| RESUMEN .....   | 2  |
| ABSTRACT .....  | 3  |
| TABLA DE CONTENIDO.....   | 4  |
| LISTA DE FIGURAS .....  | 6  |
| LISTA DE TABLAS.....  | 7  |
| CLÁUSULA DE DERECHO DE AUTOR .....  | 8  |
| CLÁUSULA DE PROPIEDAD INTELECTUAL.....  | 9  |
| ABREVIATURAS Y SIMBOLOGÍA .....   | 10 |
| DEDICATORIA.....  | 11 |
| AGRADECIMIENTOS .....   | 12 |
| INTRODUCCIÓN .....  | 13 |
| 1. MONÓXIDO DE CARBONO.....   | 16 |
| 1.1 GENERALIDADES DEL MONÓXIDO DE CARBONO.....  | 16 |
| 1.1.1 Definición. ....  | 16 |
| 1.1.2 Características Físico - Químicas .....   | 16 |
| 1.1.2.1 Características físicas. ....   | 16 |
| 1.1.2.2 Características Químicas.....   | 17 |
| 1.2 FUENTES DE INTOXICACIÓN POR MONÓXIDO DE CARBONO.....  | 17 |
| 1.2.1 Fuentes exógenas.....   | 17 |
| 1.2.1.1 La combustión.. ....  | 17 |
| 1.2.1.2 Otras fuentes.. ....  | 21 |
| 1.2.2 Fuente endógena. ....   | 22 |
| 1.3 ETIOLOGÍA DE LAS INTOXICACIONES .....   | 22 |
| 1.4 FISIOPATOLOGÍA .....  | 23 |
| 1.4.1 Mecanismo Fisiopatológico. . ....   | 24 |
| 1.4.2 Capacidad de Transporte de la Hemoglobina.....  | 27 |
| 1.4.2.1 Hemoglobina.....  | 27 |
| 1.4.2.2 Combinación del O <sub>2</sub> con la Hb.....   | 27 |
| 1.4.2.3 Combinación de CO con la Hb.....  | 28 |
| 1.4.2.4 Desplazamiento de la curva de disociación de Oxihemoglobina (O <sub>2</sub> Hb).<br>..... | 29 |
| 1.5 CINÉTICA .....  | 30 |
| 1.5.1 Absorción. ....   | 30 |
| 1.5.2 Distribución. ....  | 31 |
| 1.5.3 Biotransformación y Eliminación. ....   | 31 |



|  |    |
|--|----|
| 1.6 TOXICIDAD .....  | 32 |
| 1.6.1 Acción Tóxica.....   | 32 |
| 1.6.2 Dosis Tóxica.....  | 32 |
| 1.7 VALORES REFERENCIALES .....  | 33 |
| 1.7.1 CO en el ambiente.....   | 33 |
| 1.7.2 COHb según (OMS, 2007). .....                                    | 33 |
| 1.8 SINTOMATOLOGÍA.....  | 34 |
| 1.8.1 Cuadro Clínico General.....                                      | 34 |
| 1.8.1.3 Intoxicación Crónica .....                                     | 36 |
| 1.9 MANIFESTACIONES CLÍNICAS .....                                     | 36 |
| 1.10 DIAGNÓSTICO.....  | 37 |
| 1.11 PRUEBAS DE LABORATORIO .....                                      | 38 |
| 1.11.1 Investigación Toxicológica.....                                 | 38 |
| 1.11.2 Pruebas Complementarias.. .....                                 | 40 |
| 1.11.3 Pruebas Toxicológicas Analíticas .....                          | 40 |
| 1.11.3.1 Técnicas Físicas Instrumentales .....                         | 40 |
| 1.11.3.2 Técnicas Físicas No Instrumentales (Cualitativas): .....      | 41 |
| 1.11.3.3 Técnicas Químicas. ....                                       | 42 |
| 1.12 TRATAMIENTO .....   | 43 |
| 1.13 PREVENCIÓN .....  | 44 |
| 2. METODOLOGÍA.....  | 45 |
| 2.1 MÉTODO DE ESTUDIO .....  | 45 |
| 2.2 VARIABLES.....   | 45 |
| 2.2.1 Identificación de variables .....                                | 45 |
| 2.3 TAMAÑO DE LA MUESTRA.....  | 46 |
| 2.3.1 Población. ....  | 46 |
| 2.3.2 Muestreo. ....   | 46 |
| 2.4 MÉTODOS, TÉCNICAS DE RECOLECCION DE DATOS .....                    | 47 |
| 2.4.1 Métodos.....   | 47 |
| 2.4.2 Técnica.....   | 48 |
| 2.5 PROCEDIMIENTOS ESTADÍSTICOS .....                                  | 49 |
| 2.5.1 Análisis estadístico.....  | 49 |
| 3. RESULTADOS .....  | 50 |
| 3.1 CARACTERÍSTICAS DE LA POBLACIÓN .....                              | 50 |
| 3.2 MONITOREO DE CARBOXIHEMOGLOBINA DURANTE LA JORNADA<br>LABORAL..... | 51 |
| 3.3 DIFERENCIAS DE CARBOXIHEMOGLOBINA DELTA ENTRE GRUPOS .....         | 52 |
| 3.3.1. <i>Carboxihemoglobina delta entre gasolineras</i> .....         | 52 |



|   |    |
|---|----|
| 3.3.2 Carboxihemoglobina delta entre horarios .....   | 53 |
| 3.4 VARIACIÓN DE CARBOXIHEMOGLOBINA SEGÚN LAS CARACTERÍSTICAS<br>GENERALES DE LA POBLACIÓN..... | 53 |
| 4. DISCUSIONES .....  | 55 |
| 5. CONCLUSIONES .....   | 62 |
| 6. RECOMENDACIONES .....  | 64 |
| BIBLIOGRAFÍA .....  | 66 |
| ANEXOS .....  | 71 |

## LISTA DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| <b>Figura N° 1</b> Combustión de la mezcla y emisiones de escape. (Descripción de las sustancias que integran los gases de escape) .....   | 18 |
| <b>Figura N° 2</b> Proceso de emisión de contaminantes en vehículos automotores.....   | 20 |
| <b>Figura N° 3</b> Fisiopatología de la toxicidad por monóxido de carbono.....   | 23 |
| <b>Figura N° 4:</b> Efecto de la COHb sobre la curva de disociación de la Hb. En “A” se observa la curva normal; en “B” la curva de disociación de la Hb en presencia de COHb..... | 25 |
| <b>Figura N° 5:</b> Representación esquemática de los efectos del CO en los citocromos de la cadena respiratoria mitocondrial.....   | 26 |
| <b>Figura N° 6:</b> Relación que existe entre la tensión de O <sub>2</sub> y la saturación de la Hb.....   | 28 |
| <b>Figura N° 7:</b> Unión del CO en el mismo sitio del O <sub>2</sub> . Formación de Carboxihemoglobina (COHb). .....  | 28 |
| <b>Figura N° 8:</b> Representación esquemática de las curvas de disociación de la hemoglobina (Hb) para el oxígeno (O <sub>2</sub> ) y el monóxido de carbono (CO).. .....         | 29 |
| <b>Figura N° 9:</b> Unión de CO a los hematíes.....  | 31 |
| <b>Figura N° 10:</b> Cuadro de Diagnóstico Diferencial. ....   | 40 |



## LISTA DE TABLAS

|  |    |
|--|----|
| <b>Tabla N° 1:</b> Emisiones de gases provenientes de automóviles. ....  | 21 |
| <b>Tabla N° 2:</b> Concentración de CO, %COHb y sintomatología. ....   | 34 |
| <b>Tabla N° 3:</b> Características generales de la población según la estación de servicio<br>Calculado con chi cuadrado de Karl Pearson ..... | 50 |
| <b>Tabla N° 4</b> Niveles de carboxihemoglobina (%COHb) durante la jornada laboral. ....   | 52 |
| <b>Tabla N° 5.</b> Variación de la carboxihemoglobina-inicial, según las características<br>generales de la población.....                     | 53 |
| <b>Tabla N° 6.</b> Variación de la carboxihemoglobina-final, según las características<br>generales de la población.....                       | 54 |





## CLÁUSULA DE DERECHO DE AUTOR



Universidad de Cuenca  
Clausula de derechos de autor

---

Yo, *Verónica Tatiana Durán Castro*, autora de la tesis **“DETERMINACIÓN DE CARBOXIHEMOGLOBINA AL INICIO Y FINAL DE JORNADA LABORAL EN TRABAJADORES DE ESTACIONES DE SERVICIO-GASOLINERAS DE LA ZONA SUR-OESTE DE LA CIUDAD DE CUENCA”**, reconozco y acepto el derecho de la Universidad de Cuenca, en base al Art. 5 literal c) de su Reglamento de Propiedad Intelectual, de publicar este trabajo por cualquier medio conocido o por conocer, al ser este requisito para la obtención de mi Título de Bioquímico Farmacéutico. El uso que la Universidad de Cuenca hiciera de este trabajo, no implicará afección alguna de mis derechos morales o patrimoniales como autora.

Cuenca, Abril de 2015

*Verónica Tatiana Durán Castro*

C.I.: 0104895297





## CLÁUSULA DE PROPIEDAD INTELECTUAL



Universidad de Cuenca  
Clausula de propiedad intelectual

---

Yo, *Verónica Tatiana Durán Castro*, autora de la tesis “**DETERMINACIÓN DE CARBOXIHEMOGLOBINA AL INICIO Y FINAL DE JORNADA LABORAL EN TRABAJADORES DE ESTACIONES DE SERVICIO-GASOLINERAS DE LA ZONA SUR-OESTE DE LA CIUDAD DE CUENCA.**”, certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autora.

Cuenca, Abril de 2015.

Verónica Tatiana Durán Castro

C.I.: 0104895297



## ABREVIATURAS Y SIMBOLOGÍA

**CMP** (Concentración Máxima Permitida)

**CO** (Monóxido de Carbono)

**COHb** (Carboxihemoglobina)

**COHb-delta.** (Formación de COHb durante la jornada laboral)

**ECG** (Electrocardiograma)

**EEG** (Electroencefalograma)

**EPA** (Envirometal Protection Agency)

**Hb** (Hemoglobina)

**INECC mex** (Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático Mexicano)

**INEN** (Instituto Ecuatoriano de Normalización)

**L** (Litros)

**mL** (Mililitros)

**mmHg** (Milímetros de Mercurio)

**NOx** (Óxido Nítrico)

**O<sub>2</sub>** (Oxígeno)

**O<sub>2</sub>Hb** (Oxihemoglobina)

**OMS** (Organización Mundial de la Salud)

**PM** (Material Particulado)

**PO<sub>2</sub>** (Presión de Oxígeno)

**ppm** (Partes por Millón)

**SO<sub>2</sub>** (Saturación de Oxígeno)

**TAC** (Tomografía axial computarizada)

**VLB** (Valor Límite Biológico)



## DEDICATORIA

A Dios mi guía espiritual, a mis amados padres Alberto y Lérica , a mis hermanos Flavio y Hernán, a mis sobrinos Dayana, Bryan e Isabela, por creer en mí y ser mi fortaleza y estímulo para culminar con éxito mi tesis.

A mi novio Paul, por brindarme su tiempo y comprensión y por inyectarme día a día valor para continuar con mis metas propuestas.

A mis tíos Alberto, Luisa, Marlene y Miguel, por confiar en mí y brindarme su apoyo.

A mis abuelitos, primos y más familiares, por estar pendientes cada día de mi superación.

Tatiana Durán Castro.



## AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la prestigiosa Universidad de Cuenca, que abrió las puertas para mi formación académica profesional.

Mi más profundo agradecimiento a la Dra. Ruth Rosas. MSc., quien con su experiencia y sabiduría supo encaminarme en la ejecución de tan importante proyecto para mi vida profesional.

A la Dra. Johana Ortiz U. MSc. PhD. quien con sus conocimientos me brindó asesoría en distintas ocasiones para el desarrollo estadístico del presente estudio.

A los Señores Gerentes de las estaciones de servicio KIESEL, DON BOSCO Y GONZÁLEZ, por brindarme apertura en sus empresas para cuan valioso estudio. A los trabajadores-dispensadores voluntarios de estas Instituciones por su generosa colaboración, ya que sin ellos no habría sido factible la realización de esta investigación.

A mi amiga Bioquímica Farmacéutica Yessenia Figueroa, por brindarme su apoyo y conocimientos.

A mis amigos por brindarme su amistad, y momentos de felicidad y por crecer junto a mí en las aulas de aprendizaje.

Y muy especialmente a mis Padres, hermanos y a mi enamorado, por ser mi fortaleza, apoyo incondicional y pilar fundamental en este trayecto.

Tatiana Durán Castro.



## INTRODUCCIÓN

La contaminación del aire se produce cuando ciertos gases tóxicos como el óxido de azufre, monóxido de carbono, óxido de nitrógeno y dióxido de carbono entran en contacto con las partículas de la atmósfera, por lo que la contaminación ambiental es considerado un problema de salud pública importante en la mayoría de las ciudades del mundo, desencadenando riesgos de enfermedades respiratorias lo que conlleva a problemas de índole económico.

Las principales fuentes de contaminación ambiental son: El aumento de industrias contaminantes en zonas pobladas, el desarrollo urbano no planificado, la insuficiente e inadecuada red vial, y a la vez el acelerado incremento de automotores.

El monóxido de carbono (CO), se produce por la combustión incompleta de combustibles que contienen carbono, como diésel y gasolina, éste es emitido por el escape de los automotores junto con otros gases como óxido nítrico, partículas de hollín o hidrocarburos que son tóxicos para la salud y otros elementos no tóxicos como dióxido de carbono, oxígeno y agua. El CO es un gas incoloro, inodoro, explosivo y altamente tóxico. Bloquea el transporte de oxígeno en la sangre, debido a la formación de carboxihemoglobina, sustituyendo al oxígeno en la hemoglobina, puede llegar a ser mortal, incluso en una baja concentración en el aire que respiramos.

Dado que el monóxido de carbono es más pesado que el aire, se concentra sobre todo cerca del suelo. Pueden aparecer concentraciones altas en aparcamientos o parqueaderos, estaciones de servicio o gasolineras, zonas de desembarco de productos, terminales terrestres, y otros lugares donde exista una gran afluencia vehicular. (Barroso, 2008)

De acuerdo con la Environmental Protection Agency (EPA), en los Estados Unidos las emisiones de CO al ambiente son producidas en un 95 % por los vehículos automotores. La Comisión Nacional del Medio Ambiente de Chile informó que para el año 2000, el 91 % de las emisiones de CO en Chile fueron producidas por el transporte automotor. En México, los vehículos automotores



también son responsables de la mayor cantidad de emisiones de CO a la atmósfera; allí se ha fijado como concentración media de este compuesto para 1 hora el valor de 11 partes por millón, que equivale a 100 puntos del Índice Metropolitano de Calidad del Aire. En Brasil, el CO es el polutante emitido en mayor cantidad a la atmósfera, siendo el 78 % producido por los automotores a gasolina o diésel. En Colombia, el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, el CO representó el 58 %. En Bogotá, la concentración media de CO atmosférico en un día normal se encuentra entre 30 y 35 partes por millón. (Téllez, Rodríguez, & Fajardo, 2006). En el Ecuador no existen datos estadísticos de emisiones de CO producidas por automotores, en las ciudades de Quito, Guayaquil y Cuenca existe solo un monitoreo de la Calidad de Aire distribuidos en varias áreas de monitoreo, para contaminantes ambientales CO, NOx, SOx y material particulado. (Rosas C, 2014)

En el año 2011, se investigó el porcentaje de Carboxihemoglobina (%COHb) en el Centro Histórico de Cuenca (Romero & Espinoza, 2011), estableciendo valores referenciales de %COHb en una población rural y comparada con las zonas de estudio, obteniendo datos estadísticos de contaminación vehicular en el Centro Histórico de la ciudad. Por otro lado en el año 2014 la empresa Consorcio Vehicular Danton que pertenece a la Empresa Municipal de Movilidad Tránsito y Transporte (EMOV-EP), donde se realiza la revisión vehicular en sus dos centros Mayancela y Capulispamba, fue lugar para evaluar porcentajes de CO ambiental relacionando con los valores de %COHb analizados en los trabajadores, determinando que existe contaminación en el aire laboral con monóxido de carbono (CO) correspondiendo a un 80% que es producida por la combustión vehicular. (Rosas C, 2014)

Tomando en cuenta estos informes, se procedió a realizar un estudio investigativo que nos permita dar valores estadísticos-referenciales, frente a una exposición de CO del humo emanado por los escapes de los vehículos en el arranque de estos, cuando el suministro de aire está restringido. Este análisis se realizará en muestras de sangre de trabajadores-dispensadores de Estaciones de Servicio conocidas como Gasolineras (KIESEL, DON BOSCO,



GONZALES), al inicio y final de cada jornada laboral, tomando en cuenta las características personales y condiciones de trabajo.

Con este estudio se pretende dar a conocer el riesgo de exposición a CO mediante la determinación del porcentaje de Carboxihemoglobina (%COHb) al inicio y final de jornada en esta población de estudio.

Los datos obtenidos en esta investigación servirán de aporte científico y social para establecer medidas de prevención y seguridad en las estaciones de servicio de combustible.





## 1. MONÓXIDO DE CARBONO

### 1.1 GENERALIDADES DEL MONÓXIDO DE CARBONO

**1.1.1 Definición.** El monóxido de carbono es conocido también como óxido de carbono, gas carbonoso y anhídrido carbonoso, su fórmula química es CO. Puede causar la muerte cuando se respira en niveles elevados. En concentraciones tóxicas penetra en el organismo por vía inhalatoria sin que la víctima se dé cuenta hasta que este cause síntomas clínicos (se le llama "el asesino silencioso"). La intoxicación por CO es frecuente y muchas veces grave, pudiendo llegar a ser letal o dejar secuelas irreversibles. Es decir, estamos ante un tóxico que mata, que deja secuelas, pero que tiene un tratamiento eficaz. (Vargas, 2009)

#### 1.1.2 Características Físico - Químicas

**1.1.2.1 Características físicas.** El CO es un gas inodoro, incoloro no irritante a las mucosas y altamente tóxico. El que no presente olor en su estado puro es un motivo de intoxicaciones accidentales, aunque a veces puede hallarse mezclado con otros gases dándole una característica odorífica. Su peso molecular es de 28 g/mol, su punto de fusión  $-202^{\circ}$ , su punto de ebullición es de  $-1.91^{\circ}\text{C}$  a 37 atm, Presión de vapor en milibar es de 58.800 a ( $20^{\circ}\text{C}$ ), es soluble en el agua (0.004 g/100cc) dando soluciones estabilizadas, se difunde fácilmente por poseer una densidad más baja que la del aire (1 g/cc), siendo esta 0.967 g/cc. Los límites de inflamabilidad son de 12,5 – 74% en volumen en aire, es por eso que también se lo considera como un gas altamente inflamable. Se produce por la combustión completa de materia orgánica en condiciones deficientes de oxígeno como gas, gasolina, keroseno, carbón, petróleo, tabaco o madera. Las chimeneas, las calderas, los calentadores de agua o calefactores y los aparatos domésticos que queman combustible, como las estufas u hornillas de la cocina o los calentadores a queroseno, también pueden producirlo si no están funcionando bien y por deficiencia de  $\text{O}_2$  atmosférico. (Pérez, 2008)



### 1.1.2.2 Características Químicas.

A temperatura ambiente es estable, resulta de la combustión incompleta de materia orgánica que contenga carbono, se disocia en carbono y anhídrido carbónico entre 400° y 800°C y a partir de esto la reacción se estabiliza dando anhídrido carbónico y desprendimiento de calor (llama azul), es por ello que es un combustible utilizado en la industria. Posee poder reductor y reacciona con diversos óxidos metálicos (de cobre, cobalto, hierro, plomo etc.) dando lugar a la formación de anhídrido carbónico y el metal correspondiente. (Pérez, 2008). (Gisbert & Villanueva, 2004)

## 1.2 FUENTES DE INTOXICACIÓN POR MONÓXIDO DE CARBONO

### 1.2.1 Fuentes exógenas

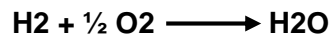
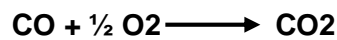
**1.2.1.1 La combustión.** Es una reacción química exotérmica de oxidación de sustancias llamadas combustible, en la cual se desprende en forma de calor y luz, manifestándose visualmente gracias al fuego, llama u otros.

La reacción implica la presencia de un combustible (elemento que se oxida) y de un comburente (elemento oxidante) o aire atmosférico que es el más común y calor. Esta reacción produce sustancias gaseosas y se las encuentra en los productos o humos ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  como vapor de agua,  $\text{N}_2$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{H}_2$ , Carbono en forma de hollín,  $\text{SO}_2$ ). (Gisbert & Villanueva, 2004)

El  $\text{CO}$ , se encuentra en emanaciones de combustión, tales como las que producen los camiones y automóviles, los motores pequeños de gasolina-diésel, cocinas, faroles, madera y carbón encendidos, cocinas de gas y sistemas de calefacción.

En relación de cómo se producen las reacciones de combustión, estas pueden ser de dos tipos.

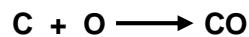
✓ **Combustión completa:** Sucede cuando se utiliza un exceso de comburente para asegurar que se oxiden todos los elementos combustibles, es decir, las sustancias combustibles reaccionan hasta el grado máximo posible de oxidación. En este caso no existirá presencia de sustancias combustibles en los productos o humos de reacción.



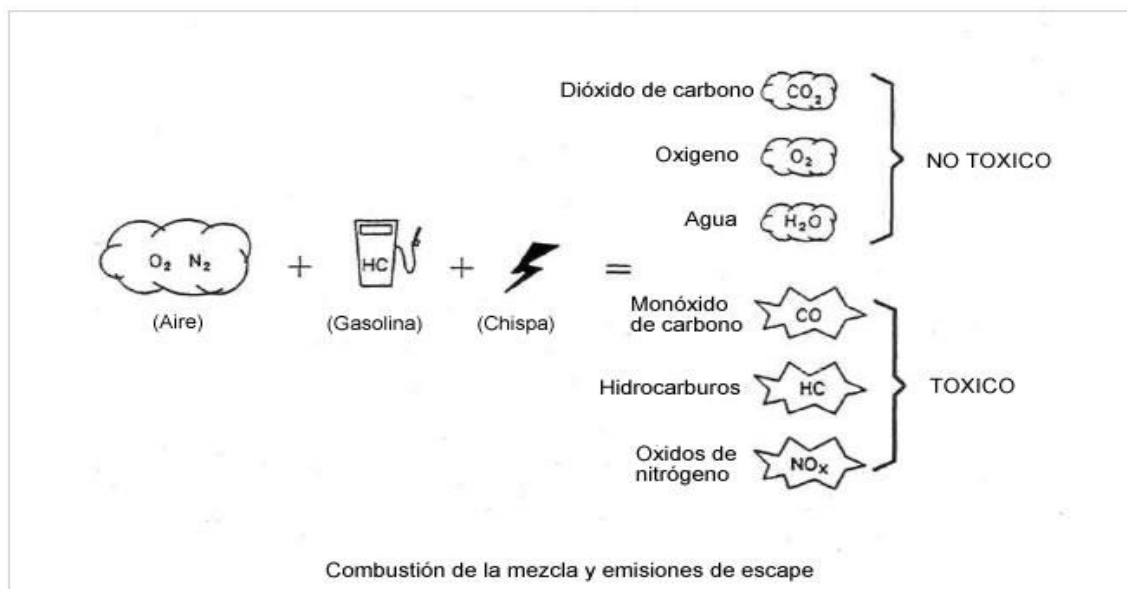
✓ **Combustión incompleta:** Ocurre cuando no se oxidan completamente todos los elementos combustibles, es decir, no se alcanza el grado máximo de oxidación y hay presencia de sustancias combustibles en los gases de o humos de la reacción. En los productos de combustión aparece el CO y carbono no quemado (hollín).

(EPA, 2009)

Este tipo de reacción ocurre cuando el aporte de oxígeno no es suficiente para oxidar por completo el combustible con lo que se forma gases como el CO.



Esta combustión origina una llama amarilla con azul y un humo negro, el mismo que al depositarse en objetos da lugar a la formación del hollín, de color negro el cual es por la formación de partícula de hasta 100 nm contenidas de carbono impuro pulverizado. (Gisbert & Villanueva, 2004)



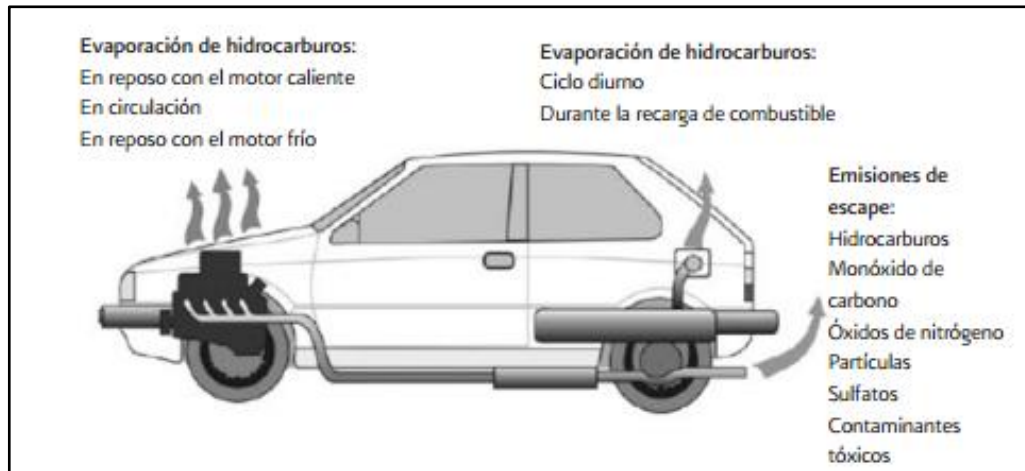
**Figura N° 1 Combustión de la mezcla y emisiones de escape. (Descripción de las sustancias que integran los gases de escape)**

**Fuente:** (Mendoza, 2014)



Entre las principales materias carbonosas que emanan CO al ambiente por combustión incompleta son:

- a) Combustibles sólidos:** Carbón mineral y vegetal, aserrín, leña, parafina sólida, madera y materiales utilizados para uso doméstico e industrial.
- b) Combustibles líquidos:** Son todos los productos derivados del petróleo como, la gasolina, queroseno, gases licuados propano y butano, diésel, que son carburantes usados en automotores, calentadores domésticos (cocinas, calefones, chimeneas) etc.
- c) Explosivos:** Usados en minas ocasionando intoxicación por la acumulación en estas áreas del gas grisú que contiene CO.
- d) Humo de tabaco:** Éste no afecta directamente la concentración de CO en el ambiente por los baja cantidad de humo pero si a los fumadores ya que en ellos la carboxihemoglobina es más alta frente a individuos no fumadores. (Gisbert & Villanueva, 2004)
- e) Humo de los escapes de automotores.** Las emisiones por el tubo de escape son dependientes de las características del vehículo, su tecnología y su sistema de control de emisiones; los vehículos más pesados o más potentes tienden a generar mayores emisiones por kilómetro recorrido y las normas que regulan la construcción de vehículos determinan tanto su tecnología así como la presencia o ausencia de equipos de control de emisiones, como los convertidores catalíticos. El estado de mantenimiento del vehículo y los factores operativos, la velocidad de circulación, la frecuencia e intensidad de las aceleraciones y las características del combustible juegan un papel determinante en las emisiones por el escape. (INECCmex, 2009).



**Figura N° 2**Proceso de emisión de contaminantes en vehículos automotores.

**Fuente:** (INECCmex, 2009)

Los vehículos con el motor encendido también lo expulsan. Todo el tiempo se está respirando altos niveles de CO en los alrededores de las calles o intersecciones muy transitadas por vehículos, ya que es emitido directamente de los tubos de los escapes de automóviles durante el encendido o arranque, cuando el suministro de aire está restringido y cuando los autos no están afinados apropiadamente. El humo emanado corresponde a un 5 % de las emisiones de dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), son responsables del 25 % de las emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), del 87 % de las de monóxido de carbono (CO) y del 66 % de las de óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>). Las dos terceras partes de las emisiones de monóxido de carbono en los Estados Unidos provienen de las fuentes de transporte, con la contribución mayor proveniente de los vehículos de motor de carreteras. (EPA, 2009)

De acuerdo a la Guía Metodológica para la estimación de emisión vehicular presentada por el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) de México, existe un enfoque estimado de las emisiones provenientes de los vehículos automotores, tales como motocicletas, vehículos de pasajeros, camiones y autobuses. Por lo general las emisiones de una sola unidad, de cualquiera de estos vehículos, son muy bajas comparadas con las emisiones de una chimenea industrial. Sin embargo, debido a la cantidad de vehículos en circulación, en muchas ciudades representan la fuente principal de contaminación.



Conducir un vehículo de pasajeros privado es la actividad diaria más “contaminante” que el ciudadano común realiza, y, a diferencia de las chimeneas industriales, es prácticamente imposible medir las emisiones de cada uno de los vehículos que circulan en una zona determinada; es por eso que se necesita utilizar herramientas distintas y especializadas para estimar las emisiones de las fuentes móviles en conjunto. (INECCmex, 2009)

|                     | Motor de gasolina      | Motor diesel                   |
|---------------------|------------------------|--------------------------------|
| Monóxido de carbono | 60 gr por Km recorrido | 0.69 a 2.57gr por Km recorrido |

**Tabla N° 1: Emisiones de gases provenientes de automóviles.**

**Fuente:** (Alvarado & Hernández, 2008)

Entre los combustibles más utilizados por el parque automotor de la ciudad de Cuenca son el diésel y la gasolina (Extra y Súper), los cambios producidos en estos tipos de combustibles como la eliminación del tetraetilo de plomo en los últimos años, han tenido como objetivo principal, reducir el impacto ambiental y los efectos sobre la salud pública. Además se debe mencionar que existe un aspecto importante y de gran interés medioambiental y toxicológico a las mezclas complejas constituidas por las emisiones generadas por los motores diésel, estas son las que han recibido mayor atención por sus posibles efectos cancerígenos. (Rosas C, 2014)

**1.2.1.2 Otras fuentes.** La práctica industrial específicamente en las preparaciones de metanol sintético y otros compuestos a partir de CO, manufactura de carburos, y oxidación de lubricantes, calderas y hornos industriales provocan intoxicaciones profesionales en los obreros.

Existe una fuente y no muy común son los aerosoles que contienen diclorometano, esta sustancia al ser inhalada se metabolizan lentamente a CO siendo así la intoxicación lenta.



**1.2.2 Fuente endógena.** Se considera como fuente endógena al humano, quien genera pequeñas cantidades de CO como producto final del catabolismo de la hemoglobina y otros grupos hemos, normalmente entre 0.4 y 0.7 % de COHb, estos valores pueden aumentar de acuerdo a la ubicación esencialmente en la zona urbana, también en personas relacionadas con las drogas como fenobarbital y difenilhidantoina elevando el catabolismo de la hemoglobina y por ende la concentración normal de CO en sangre. Sin embargo, esta producción endógena carece de importancia toxicológica. (Gisbert & Villanueva, 2004)

Así pues, se le considera una de las intoxicaciones no farmacológicas más prevalentes en el mundo industrializado. Su incidencia es más elevada en los meses fríos, pero se producen intoxicaciones por CO durante todo el año por intentos de autólisis, accidentes laborales, etc. ya que las fuentes de CO no son solo aparatos de calefacción para la temporada fría, sino también los motores de maquinaria industrial, los generadores, y automóviles. (Oliu & Inoriza, 2011)

### 1.3 ETIOLOGÍA DE LAS INTOXICACIONES

Entre las causas que pueden producir las intoxicaciones por CO son varias:

- ✓ **Accidental:** Sin duda esta es la situación y causa más frecuente, pues la emanación del gas es suscitado por el mal funcionamiento de los aparatos domésticos como calefones, cocinas, chimeneas, maquinas secadoras, parrillas al carbón en el interior de la casa, encendido del automotor o automóvil dentro de una zona cerrada, por ejemplo un garaje. En algunos casos puede ser accidental y/o suicida, por lo que la intoxicación por monóxido de carbono es la causa más frecuente de muertes accidentales y suele denominarse “el asesino silencioso”.
- ✓ **Profesional:** Se la considera también una forma de envenenamiento o intoxicación accidental-laboral, esto ocurre en los lugares de trabajo, como sucede para los mineros por los gases de las exposiciones de grisú, también los trabajadores- dispensadores de gasolineras que están expuestos al humo



del escape de los vehículos, control vehicular, jefes de pista de descargue de combustible, bomberos, etc. Es una intoxicación propia de profesionales en las que las emanaciones de CO constituyen un riesgo. (Gisbert & Villanueva, 2004).

#### 1.4 FISIOPATOLOGÍA

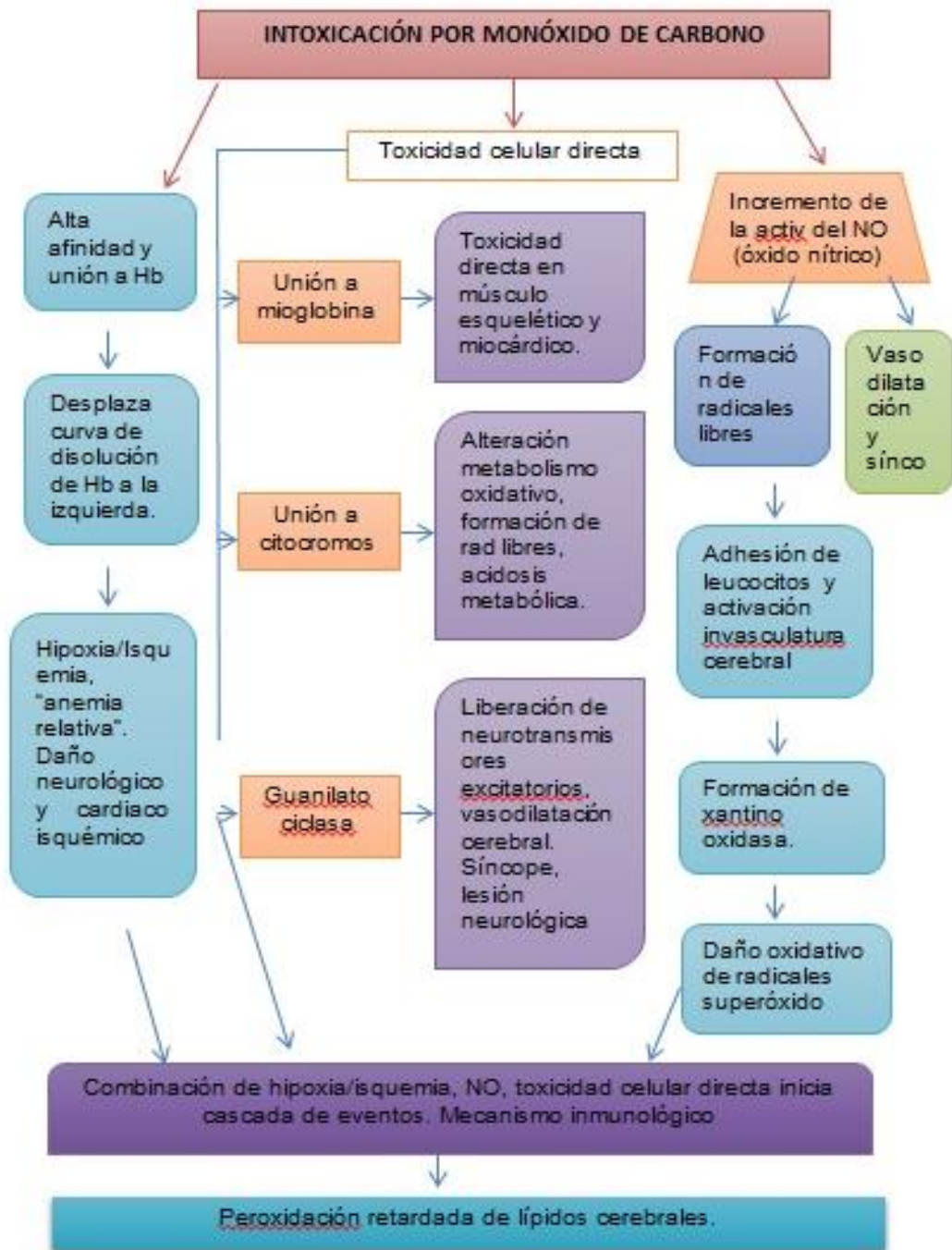


Figura N° 3 Fisiopatología de la toxicidad por monóxido de carbono.

Fuente: (Vargas, 2009)

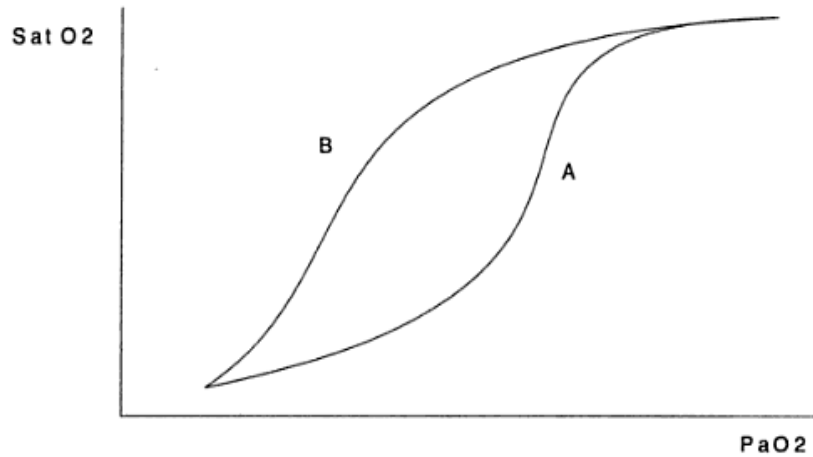


**1.4.1 Mecanismo Fisiopatológico.** El CO es un gas venenoso que al ser inhalado ingresa por diferencia de presiones de los alveolos pulmonares a la sangre donde se disuelve a la razón de 2 a 2.5 cm<sup>3</sup> de CO en 100 cc de sangre. Desde el punto de vista fisiopatológico, el CO tiene una afinidad de 250 veces más que el oxígeno (O<sub>2</sub>), éste desplaza al O<sub>2</sub> de la hemoglobina (Hb) para formar carboxihemoglobina (COHb) de color rojo cereza. Es justamente esta gran afinidad y las propiedades organolépticas las que hacen del gas un elemento tan peligroso en concentraciones pequeñas.



Su afinidad se debe a la lenta velocidad de disociación que tiene la COHb, si la hemoglobina es sometida a una mezcla de 250 volúmenes de O<sub>2</sub> y 1 volumen de CO, esta se hallará un 50% como COHb y el resto de O<sub>2</sub>Hb. (Gisbert & Villanueva, 2004)

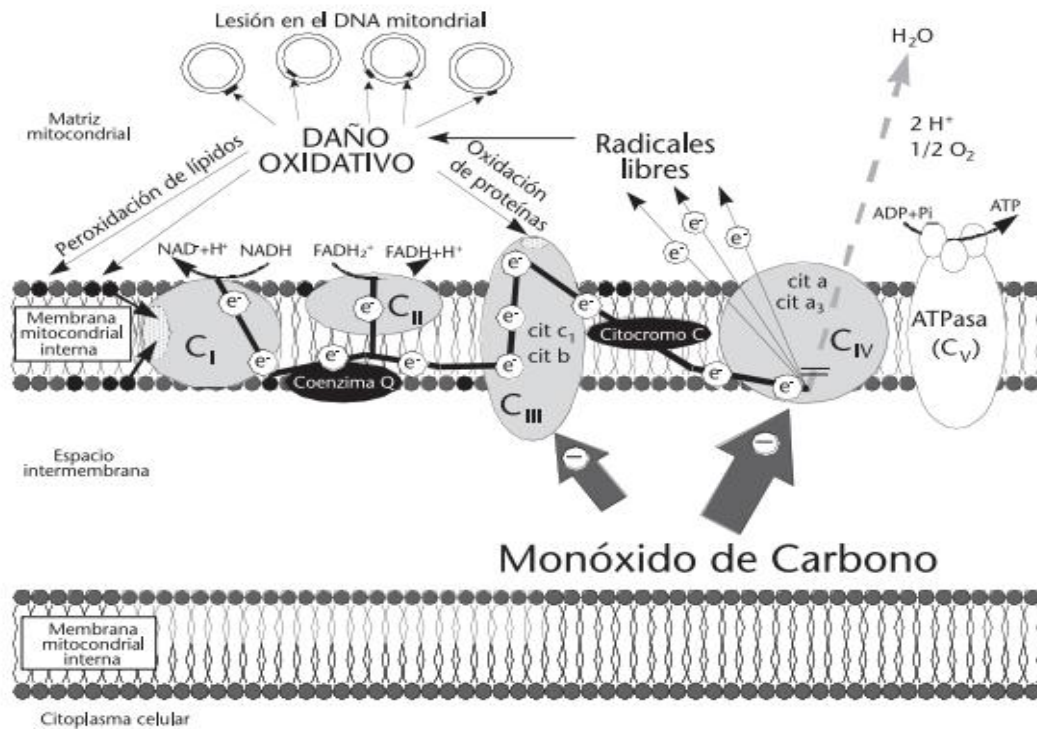
La formación de COHb disminuye, por un lado la capacidad de transporte de O<sub>2</sub> en la sangre en forma proporcional a su concentración, reduce la liberación periférica del mismo por incrementar su afinidad a la molécula de hemoglobina (desplazamiento de la curva de saturación hacia la izquierda). Figura 5, generando hipoxia por la caída del contenido arterial de oxígeno, por incremento de la afinidad de la Hb y anoxia celular ya que el CO tiene la capacidad de unirse a los citocromos mitocondriales alterando la fosforilación oxidativa. (Peña, 2010)



**Figura N° 4: Efecto de la COHb sobre la curva de disociación de la Hb. En “A” se observa la curva normal; en “B” la curva de disociación de la Hb en presencia de COHb.**

**Fuente:** (Hernández, Pusajo, & Egurrola, 1994)

El CO puede unirse también a otras hemoproteínas como mioglobina, citocromooxidasa, citocromo P450 y la hidroxiperoxidasa, interfiriendo en el mecanismo normal de la cadena respiratoria. El monóxido de carbono inhibe a la citocromo oxidasa, de esta manera bloquea la transferencia de electrones este proceso tiene lugar en la mitocondria, reduciendo así la capacidad de la célula para producir energía y generando moléculas oxidantes, las cuales dañaran proteínas, lípidos y ácidos nucleicos, es decir produciendo citotoxicidad directa del CO. La afinidad del CO por la proteína mioglobina es de 40 veces más que la del O<sub>2</sub>, esta combinación da lugar a la disminución del O<sub>2</sub> a nivel muscular. (Guyton, Arthur, & Jhon, 2006)



**Figura N° 5: Representación esquemática de los efectos del CO en los citocromos de la cadena respiratoria mitocondrial.**

**Fuente:** (Oliu & Inoriza, 2011)

Entonces los posibles mecanismos de toxicidad incluyen:

- ✓ Disminución de la capacidad de transporte de oxígeno de la sangre.
- ✓ Alteración de las características de disociación de la curva de la oxihemoglobina, con la consiguiente disminución del aporte de oxígeno a los tejidos.
- ✓ Disminución en la respiración tisular por su unión con el citocromo  $a_3$ .
- ✓ Unión con la mioglobina, causando potencialmente disfunción de músculo miocárdico y esquelético. (Varon J, 1997), (Peña L, 2010).

El resultado es una anoxemia y consecuentemente una anoxia tisular, los tejidos se privan de oxígeno necesario para sus funciones metabólicas.



## 1.4.2 Capacidad de Transporte de la Hemoglobina.

**1.4.2.1 Hemoglobina.** Proteína globular formada por cuatro globinas cada una unida a un grupo hemo que contiene un átomo de hierro que se une a un O<sub>2</sub>, transporta oxígeno hacia los tejidos y CO<sub>2</sub> y protones (H<sup>+</sup>) desde los tejidos hasta los pulmones para ser excretados. Los valores normales de Hb son de 13 – 18 g/ dl en el hombre y 12– 16 g/dl en la mujer.



Los eritrocitos envejecidos se degradan hacia el día 120 de vida en la médula ósea, el hígado y el bazo.

**1.4.2.2 Combinación del O<sub>2</sub> con la Hb.** En condiciones normales la cantidad de oxígeno que transporta la sangre es de 20 mL/ 100mL de sangre completa, de los cuales 18 vol% van unidos a la hemoglobina y el resto disuelto en el plasma. Para una función celular normal es necesario la liberación de 5 vol% a nivel periférico, (en una relación 97%-3%). La unión del oxígeno a la hemoglobina depende de la presión parcial de oxígeno. Esta relación se llama curva de equilibrio hemoglobina-oxígeno. Esta unión está relacionada con varios factores fisiológicos:

- ✓ La unión con el O<sub>2</sub> es reversible.

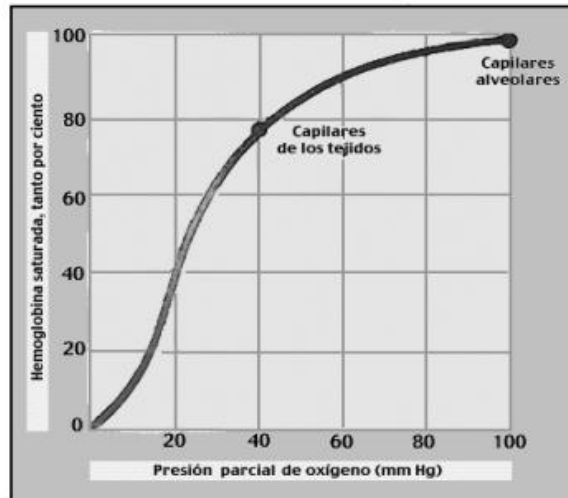


- ✓ La reacción del O<sub>2</sub> con la Hb es muy rápida (en milisegundos)
- ✓ La estructura cuaternaria de la Hb permite la captación de cuatro O<sub>2</sub> y su suministro. (Brandan, Aguirre, & Gimenez, 2008)

La sangre contiene 15g Hb/dL (150g Hb/L) de hemoglobina y cada gramo de Hb se combina con 1,34 mL de Oxígeno. Si la sangre se combina con un 100% de oxígeno, toda la hemoglobina se saturara al 100%.

La relación que existe entre la tensión de O<sub>2</sub> y la saturación de la Hb se puede describir mediante la curva de saturación de la oxihemoglobina. La curva de disociación de la Hb es sigmoidea. En la figura 7 se puede observar que la porción más empinada de la curva se encuentra en las zonas de baja tensión

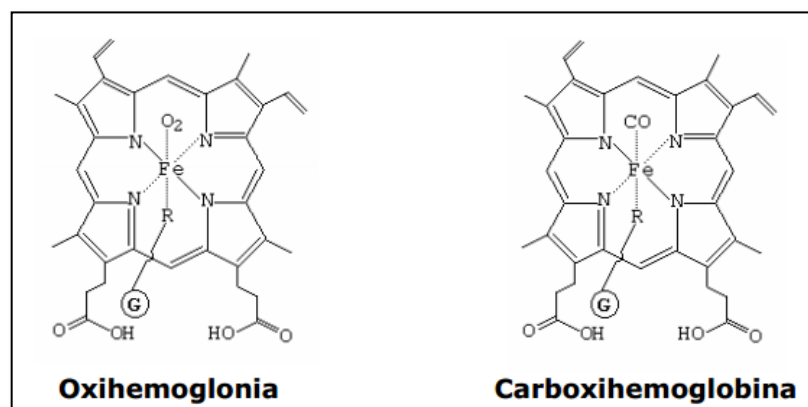
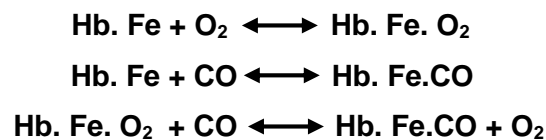
de O<sub>2</sub> de los tejidos, lo que significa que disminuciones pequeñas en la tensión de O<sub>2</sub> dan lugar a grandes incrementos en la cesión de O<sub>2</sub>.



**Figura N° 6: Relación que existe entre la tensión de O<sub>2</sub> y la saturación de la Hb.**

**Fuente:** (Brandan, Aguirre, & Gimenez, 2008)

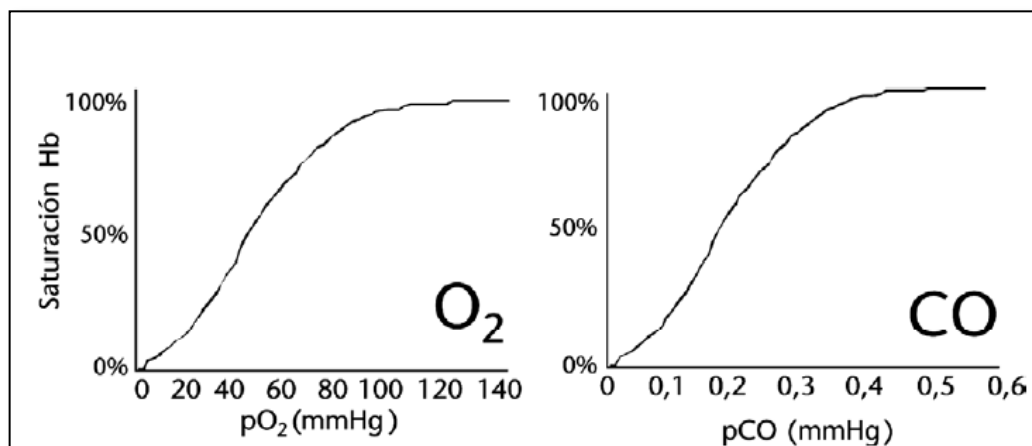
**1.4.2.3 Combinación de CO con la Hb.** El CO se combina fácilmente con la Hb en el mismo lugar donde se combina con el O<sub>2</sub> provocando su desplazamiento, sustituyendo la formación de O<sub>2</sub>Hb por COHb.



**Figura N° 7: Unión del CO en el mismo sitio del O<sub>2</sub>. Formación de Carboxihemoglobina (COHb).**

**Fuente:** (Vargas, 2010).

Tomando en cuenta, que la hemoglobina (Hb) tiene una afinidad superior al CO que la que tiene por el O<sub>2</sub>, es decir con un presión parcial en la sangre 250 veces inferior a la del O<sub>2</sub> (0.4 mmHg para el CO en vez de los 100 mmHg para el O<sub>2</sub>), entonces la saturación de la hemoglobina con el monóxido de carbono es directamente proporcional a la presión alveolar del CO, consiguiendo los mismos porcentajes de saturación de la Hb con el O<sub>2</sub>, es decir, el 100 %; figura 8 . Además el CO produce un desplazamiento de la curva de disociación del O<sub>2</sub> con la Hb hacia la izquierda, siendo así que las pequeñas cantidades de O<sub>2</sub> que se transportan en la Hb son muy limitadas esencialmente hacia los tejidos. De este efecto deriva la hipoxia tisular anóxica, provocado por la disminución de la concentración de la oxihemoglobina (O<sub>2</sub>Hb) y del contenido arterial de oxígeno.



**Figura N° 8: Representación esquemática de las curvas de disociación de la hemoglobina (Hb) para el oxígeno (O<sub>2</sub>) y el monóxido de carbono (CO). Obsérvese que la presión parcial de CO que se necesita para saturar el 100% de la hemoglobina en forma de carboxihemoglobina es de alrededor de 0,4 mmHg, 230 veces inferior a la presión parcial de O<sub>2</sub> requerida para saturar el 100% de la hemoglobina en forma de oxihemoglobina.**

**Fuente:** (Oliu, Nogue, & Miro, 2010)

**1.4.2.4 Desplazamiento de la curva de disociación de Oxihemoglobina (O<sub>2</sub>Hb).** En condiciones basales, los tejidos requieren de 5 mL O<sub>2</sub>/100 mL sangre. Una vez que la sangre arterial llega a los tejidos, los gradientes de presión permiten la difusión de O<sub>2</sub> entre los capilares tisulares y las células. El punto de inflexión es una presión parcial de O<sub>2</sub> (pO<sub>2</sub>) de 60 mmHg, que corresponde a una saturación de oxígeno (sO<sub>2</sub>) del 90 %. Cuando disminuye





esta presión parcial, la afinidad de la Hb por el  $O_2$  también se ve influenciada en su disminución, entonces el  $O_2$  es cedido a las células.

Así en una persona normal la  $pO_2$  necesaria para liberar 5vol% de  $O_2$  es de 40 mmHg, mientras que cuando existen unos niveles de carboxihemoglobina del 50% para que se libere la misma cantidad de oxígeno es necesario una  $pO_2$  de 14 mmHg.

Factores que influyen en la desviación de la curva de disociación de  $O_2Hb$

La afinidad de la Hb por el  $O_2$  está influenciada por los siguientes factores:

- ✓ *Aumento de la temperatura*
- ✓ *Disminución del pH*
- ✓ *Concentración 2.3 DPG (difosfoglicerato)*

Tomando en cuenta también:

- ✓ Aumento de la concentración de  $H^+$
- ✓ Aumento de  $CO_2$
- ✓ Compuestos orgánicos con fosforo.

Todos estos factores provocan un desplazamiento de la curva de saturación hacia la derecha, facilitando la cesión de  $O_2$ .

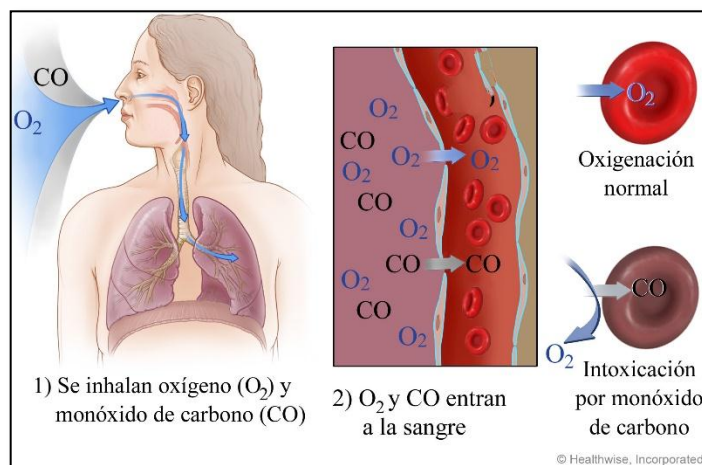
## 1.5 CINÉTICA

**1.5.1 Absorción.** La cantidad de CO absorbido es directamente proporcional a la concentración de CO en el aire inspirado, al tiempo de exposición, a la velocidad de ventilación alveolar por minuto y este a su vez es dependiente del ejercicio físico realizado durante la exposición, y de la capacidad de difusión del CO en los pulmones e inversamente proporcional a la concentración de  $O_2$  en el aire.

El CO es absorbido hacia la sangre por medio de la vía alveolar sin modificar la función respiratoria; de los alveolos pulmonares pasa a los capilares tisulares llegando a la sangre, y de esta manera se une a la Hb desplazando el  $O_2$  de la oxihemoglobina ( $O_2Hb$ ) en forma de COHb, por lo que la Hb transporta

solamente una pequeña cantidad de  $O_2$  que es difícilmente cedida a los tejidos para su utilización, esto conlleva a la Hipoxia. (Alvarado & Hernández, 2008)

**1.5.2 Distribución.** El CO una vez en la sangre, se liga a los glóbulos rojos, también es capaz de unirse a otras proteínas de un (10-15%), localizadas a nivel tisular como son la mioglobina, la citocromo oxidasa, el citocromo P450 y la hidroxidroxidasa.



**Figura N° 9: Unión de CO a los hematíes**

**Fuente:** (Alvarez, 2010)

**1.5.3 Biotransformación y Eliminación.** La carboxihemoglobina se disocia y el CO es eliminado a través de los pulmones (respiratoria) y solo el 1% se metaboliza a nivel hepático, oxidándose a  $CO_2$ . La vida media del CO en personas sanas que respiran aire ambiente oscila entre 3-5 horas, disminuyendo conforme va aumentando la presión parcial de  $O_2$  en el aire inspirado. Sin embargo, las personas con anemia son más propensas a una mayor intoxicación que las que tienen una Hemoglobina normal. (Alvarado & Hernández, 2008).



## 1.6 TOXICIDAD

### 1.6.1 Acción Tóxica

**a) Acción tóxica directa.** Afecta directamente a las células, que ha sido demostrado, utilizando CO marcado con *carbono radiactivo*, evidenciando la lentitud (semanas) en la eliminación del CO unido a los tejidos (miocardio). Todo este proceso se debe al CO que no se unió a la hemoglobina y que se encuentra disuelto en el plasma (menos del 1%); por otra parte, el CO posee una acción histológica propia debido a los trastornos que ocasiona sobre las enzimas de la cuales depende la respiración celular tales como el fermento respiratoria de Warburg (unión a los citocromos), catalasa, enzimas glogolíticas de los glóbulos rojos, fosfatasas, y citocromo C- oxidasa.

**b) Acción toxica indirecta del CO.** Se considera una asfixia oxipriva, es decir, como una asfixia pura. El sistema nervioso es quien mayor exigencia de oxigeno requiere, por lo tanto va a ser el primero en tener sus repercusiones, al inicio sus efectos son reversibles y funcionales, pero al pasar el tiempo se vuelven irreversibles explicando así las secuelas permanentes que quedan después de una intoxicación oxicarbonada.

**1.6.2 Dosis Tóxica.** No puede hablarse de dosis tóxica absoluta, ya que es un gas que se encuentra mezclado en el aire que inspiramos, hablando así que sus efectos van a depender de dos factores: la concentración del gas en el ambiente y del tiempo que se inhala (exposición). Es importante mencionar que la dosis tóxica no va a depender del peso corporal, ni del número de personas expuestas en el área de contaminación, pero las personas más vulnerables a una intoxicación por CO son niños ancianos y personas anémicas. (Oliu, Nogue, & Miro, 2010) (Tulsma, 2013).



## 1.7 VALORES REFERENCIALES

**1.7.1 CO en el ambiente.** La concentración máxima permitida (CMP) en el ambiente en un máximo de 8 horas es de 10-30 ppm, llegando a ser mayor en las áreas urbanas que en las rurales.

La (CMP) en el ambiente de trabajo, a la cual la mayoría de trabajadores se exponen en las jornadas de trabajo, sin tener efectos y con una permanencia de 8 horas es de 25-50 ppm. (Gutierrez, 2009), (Tulsma, 2013)

En zonas de tránsito pesado la concentración de CO puede llegar a 115 ppm, en carreteras un 75 ppm, en garajes subterráneos 100ppm, en áreas residenciales 23ppm.

Un escape de vehículo emite 10 % o 100.000 ppm. (Gutierrez, 2009)

### 1.7.2 COHb según (OMS, 2007).

- ✓ *No fumadores: vecinos rurales: 0.5 -2.5 %*
- VLB: 3.5% de COHb en Hb total; 20ppm de CO en la fracción final del aire exhalado (aire alveolar).
- ✓ *Fumadores pasivos: 2-4%*
- ✓ *Fumadores:5-9 %*
- ✓ *Intoxicación leve o moderada: 12-20%*
- ✓ *Intoxicación aguda: 20-30%*
- ✓ *Coma: 50-70%*
- ✓ *Muerte Rápida: >70%*

Los niveles considerados inminentemente dañinos son de 1200 ppm de CO en adelante. Varios minutos de exposición a 1000 ppm (0.1%) pueden resultar en un 50 % de saturación de la carboxihemoglobina.

A continuación un cuadro donde se explica concentraciones de CO en el ambiente, el porcentaje de formación de COHb y los síntomas que ocasionan a esos niveles.



| Concentración de Monóxido de carbono | Carboxihemoglobina (%) | Síntomas   |
|--------------------------------------|------------------------|--|
| Menos de 35 ppm (cigarrillo)         | 5                      | Ninguno o cefalea leve   |
| 0,005% (50ppm)                       | 10                     | Cefalea leve, disnea de grandes esfuerzos, vasodilatación cutánea.                         |
| 0,01% (100ppm)                       | 20                     | Cefalea pulsátil, disnea de moderados esfuerzos.   |
| 0,02% (200ppm)                       | 30                     | Cefalea severa, irritabilidad, fatiga, visión borrosa.                                     |
| 0,03-0,05% (300-500ppm)              | 40-50                  | Cefalea, taquicardia, náuseas, confusión, letargia, colapso, respiración de Cheyne Stokes. |
| 0,08-0,12% (800-1200ppm)             | 60-70                  | Coma, convulsiones, falla respiratoria, y cardíaca.  |
| 0,19% (1900ppm)                      | 80                     | Muerte.  |

**Tabla N° 2: Concentración de CO, %COHb y sintomatología.**

**Fuente:** (Gutierrez, 2009).

## 1.8 SINTOMATOLOGÍA

### 1.8.1 Cuadro Clínico General

**1.8.1.1 Intoxicación Sobreaguda o Fulminante.** No muy frecuente, provocada por una inhalación intensiva del CO con una concentración en el ambiente mayor a 1200 ppm. En estas situaciones se presenta una evolución rápida del cuadro, las víctimas caen al suelo, presentan convulsiones, y fallecen instantáneamente por síncope respiratorio cardíaco. (Gisbert & Villanueva, 2004)

**1.8.1.2 Intoxicación Aguda.** Es una intoxicación común, su evolución es lenta, provocada por la exposición en un ambiente de CO en concentraciones entre 100 – 500 ppm, se desarrolla en tres procesos:



**a) Periodo primero (pre-comatoso):** presenta una serie de fenómenos irritativos corticales, presencia de cefalea, calor, náusea, malestar, vómito, debilidad en extremidades inferiores (inmovilización), somnolencia, insensibilidad como paso previo al coma.

**b) Periodo segundo (comatoso):** Presencia de manchas rosáceas en el cuerpo, respiración débil, taquicardia (alteraciones por lesión, por hemorragias, o necrosis en el miocardio), contracturas musculares, fibrilación, hipotensión, pérdida del conocimiento, parálisis pupilar, pérdida total de los reflejos, con evolución al coma, durando de 2-3 días, si la víctima pasa este tiempo, el pronóstico empeora y provoca la muerte, producido por un paro respiratorio-circulatorio o edema pulmonar.

**c) Periodo tercero (pos-comatoso):** si la víctima sobrevive al periodo comatoso, pasa a un periodo donde el paciente se recupera poco a poco, quedando residuos de la intoxicación por cierto tiempo como: cefaleas, confusión mental con amnesia, debilidad muscular y fatiga. A medida de su recuperación el paciente puede presentar secuelas involucrando diversos órganos y sistemas como: (Gisbert & Villanueva, 2004)

- ✓ *La piel*, presentará un edema duro, rojizo y doloroso, exantemas y alteraciones tróficas.
- ✓ *Los pulmones*, presentará neumonías, congestión y edema agudo de pulmón.
- ✓ *En el sistema nervioso*, neuritis periférica y central que dan lugar a parálisis de los pares craneales, parkinismo, corea. Además secuelas psíquicas como: confusiones, delirio, psicosis endógena, crisis de agitación psicomotriz.
- ✓ *En el sistema endócrino*, hipertiroidismo basedowiano, diabetes, suele presentarse hiperamilasemia.

Todas estas consecuencias obligan a ser cautelosos en los pronósticos, en especial en las repercusiones médico-legales y laborales. (Gisbert & Villanueva, 2004)



**1.8.1.3 Intoxicación Crónica.** Es importante no confundir la sintomatología de una intoxicación aguda que es persistente y presenta efectos anoxiantes, con, una intoxicación crónica, puesto que presenta una acción toxica general por interferencia en los procesos metabólicos celulares, al bloquear el fermento respiratorio de Warbug y citocromos.

Conocida también como oxicarbonismo, este tipo de intoxicación es causada por la inhalación de pequeñas dosis o remanentes de CO en nuestro organismo, que han sido adquiridos durante periodos de tiempo prolongado de exposición que varían entre 50-100 ppm. Los síntomas son menos severos y son menos perceptibles por lo tanto los pacientes pueden no ser diagnosticados y brindarles un diagnóstico erróneo. Se caracteriza por presentar síntomas como vértigo, astenia, poliglobulia, y manifestaciones dispépticas. (Gisbert & Villanueva, 2004)

## 1.9 MANIFESTACIONES CLÍNICAS

Las manifestaciones clínicas de acuerdo al sistema comprometido con la intoxicación por CO son:

- ✓ **Piel:** A menudo está presente palidez y cianosis. La coloración rojo cereza “color rojo carmín) en las mucosas y piel solo es observada en cadáver.
- ✓ **Pulmonar:** En intoxicaciones graves es frecuente el edema pulmonar no cardiogénico. Puede presentar también taquipnea marcada y disnea. El examen físico puede ser normal.
- ✓ **Sistema cardiovascular:** Efecto directo en el miocardio dando lugar a síncope, es la causa más frecuente de muerte. Inicialmente se encuentra taquicardia, arritmias, asociada a hipertermia e hipertensión. En la intoxicación crónica es más frecuente la hipotensión.
- ✓ **Sistema Gastrointestinal:** Se observa vómitos, náuseas, dolor abdominal, diarrea, e incontinencia fecal especialmente en niños.
- ✓ **Oftalmológico:** Puede ocasionar alteraciones visuales, ceguera, edema en la papila, hemorragias en la retina este signo precoz se lo visualiza en las venas retinianas de color rojo brillante.





✓ **Sistema Nervioso Central:** Uno de los hallazgos comunes es la perturbación de la memoria, incluyendo amnesia retrógrada y anterógrada. Otras observaciones incluyen cuadros de psicosis, convulsiones, cefaleas, verborragia, letargo, estupor reflejos alterados, rigidez, ataxia, apraxia, anoxia, desordenes de la audición, juicio crítico dañado, labilidad emocional. (García, 2011)(Peña, 2010)

Puede presentar *Síndrome Neurológico Tardío* de un 20–30% de los casos de intoxicación por CO, el cual se manifiesta entre los días 2 y 28 luego de la intoxicación aguda tras un periodo aparente de normalidad. Este síndrome se caracteriza por presentar alteraciones neurológicas y psiquiátricas que incluyen: cefalea, trastornos de la visión, incontinencia de esfínteres, alteraciones de la personalidad, conducta, de la memoria, neuropatías periféricas, dando secuelas de parkinsonismos. Esto es frecuente en intoxicaciones agudas y en ancianos.

Es así que luego de la recuperación del paciente, se deben realizar controles posteriores como: exploraciones neurológicas y psiquiátricas basadas en pruebas neurocognitivas, exámenes neurológicos completos, oftalmológicos. (García, 2011)(Peña, 2010)

### 1.10 DIAGNÓSTICO

Para un enfoque diagnóstico se debe primar un alto índice de sospecha clínica, historial de exposición para evitar confusiones, el examen físico es el primero en realizarse para observar coloración rojo-cereza de la piel y mucosas, la sangre venosa de color rojo brillante para probar lesiones por inhalación de CO. (Vargas, 2009)

Las pruebas de laboratorio ayudan a correlacionar entre los síntomas y los niveles de COHb, confirmando el diagnóstico y evalúan la evolución y eficacia del tratamiento.



Para implantar un diagnóstico frente a una exposición crónica de CO que este caso es producto de la combustión vehicular, es fundamental guiarse en las investigaciones realizadas al respecto, valorándose COHb por Microdifusión en la población expuesta, niveles ambientales (producto de la combustión de gasolina y diésel) de carácter vehicular, características personales y de trabajo, sintomatología, estos datos facilitará el diagnóstico y riesgo toxicológico al CO de origen vehicular.

Al evaluar una población expuesta se debe realizar un estudio en conjunto de una población control para valorar signos y síntomas y comparar valores de COHb en ambos grupos de estudio.

## 1.11 PRUEBAS DE LABORATORIO

### 1.11.1 Investigación Toxicológica

✓ **Determinación de la concentración de COHb:** Es un examen que se realiza en sangre venoso-arterial de la población expuesta al CO. En el caso de trabajadores expuestos a CO se recomienda realizar la determinación al inicio y final de jornada para evaluar la exposición del CO durante la jornada laboral. Pacientes con niveles de COHb  $>20\%$  son compatibles con el diagnóstico y  $>40\%$  aluden Intoxicación aguda severa, la correlación no es exacta si existe una demora en el traslado del paciente a una casa asistencial u hospital o si el paciente ha recibido oxígeno en el trayecto. En otros casos, un  $>2.5\%$  en no fumadores y  $>10\%$  en fumadores son diagnosticados de una intoxicación crónica, la medición de COHb es útil para el diagnóstico. (García, 2011)

✓ **Gasometría arterial:** Es un examen que mide la presión parcial de oxígeno disuelto en el plasma ( $PO_2$ ) y no el unido a la Hb tomando la muestra de sangre en jeringa con heparina. Su utilidad es determinar si hay acidosis metabólica debido al acumulo de ácido láctico por hipoxemia.

✓ **Medición de CO en el aire espirado, CO-oximetría:** (Es el sistema de monitorización más fácil, rápido y exacto que existe para la determinación del



CO y carboxihemoglobina (COHb) en el aire espirado de una persona) (DIEZ, 2007), que ayuda a correlacionar con los valores de COHb en sangre, como también la *medición de CO en el aire ambiente de la fuente de intoxicación*, por medio de equipos portátiles.

Se debe realizar otras pruebas que ayudan a valorar el grado de lesión de los órganos comprometidos.

- ✓ **Hemograma:** Analiza los niveles de Hb, una leve leucocitosis con desviación a la izquierda es usual en estos casos.
  
- ✓ **Bioquímica Sanguínea:** Es conveniente solicitar en intoxicaciones graves: glucemia, urea, creatinina, amilasa, ion K, CPK, GOT, GPT, ya que puede observarse hipocalcemia e hipercalemia, hiperglucemia, causada por la respuesta al estrés que supone la intoxicación, elevación de CPK, y de enzimas hepáticas. La valoración de la función renal con la medición de la urea y la creatinina si existe mioglobinuria.
  
- ✓ **Pruebas de Coagulación:** Son bastante raras las complicaciones hematológicas como la anemia hemolítica o la coagulación intravascular diseminada, en pacientes graves.
  
- ✓ **Análisis de Orina:** Es importante para determinar mioglobinuria, que explica si existe una lesión cardíaca y rabdomiólisis, así como necrosis tubular aguda. La tira reactiva da positivo ara hematuria, mientras que en el análisis sedimentario no existe la presencia de Glóbulos rojos, además puede presentar otras alteraciones como albuminuria y glucosuria, etc. (García, 2011) (Roque, 2012)



**1.11.2 Pruebas Complementarias.** La intoxicación por CO puede desencadenar isquemias de miocardio, dar lugar a lesiones cardiacas, incluso en personas con arterias coronarias normales, por lo tanto todo paciente intoxicado por CO debe ser sometido a estudios cardiovasculares.

- ✓ **(EEG) Electroencefalograma**
- ✓ **(ECG) Electrocardiograma**
- ✓ **(TAC ó RMN).** (García, 2011) (Espí & Cabañero, 2012)

| DIAGNÓSTICO DIFERENCIAL      |   |
|------------------------------|---|
| • Gastroenteritis infecciosa | • Intoxicación alimentaria                          |
| • Intoxicación por cianuro   | • Hipoxias de otra etiología                        |
| • Hipoglucemia               | • Cetoacidosis Diabética                            |
| • Coma de origen metabólico  | • Cardiopatías                                      |
| • ACV                        | • Meningoencefalitis                                |
| • TEC                        | • Síndrome "flu-like"                               |
| • Hemorragia subaracnoidea   | • Metahemoglobinemia                                |
| • Laberintitis               | • Otras intoxicaciones (alcohol, narcóticos, etc.). |

**Figura N° 10: Cuadro de Diagnóstico Diferencial.**

**Fuente:** (García, 2011)

### 1.11.3 Pruebas Toxicológicas Analíticas

#### 1.11.3.1 Técnicas Físicas Instrumentales

**a) Gasométricas:** se basan en su mayoría en la liberación del O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, CO, y N<sub>2</sub> contenidos en un volumen de sangre, miden el volumen total o la presión que ejercen dichos gases cuando son absorbidos cada uno de estos.

**b) Absorción en el infrarrojo:** el CO absorbe la radiación infrarroja cuando se disocia de la Hb mediante soluciones de Ferricianuro de potasio y se determina en el gas liberado. Con esta técnica se puede demostrar valores del 1% de saturación oxicarbonada.



**c) Cromatografía Gaseosa:** es un procedimiento de elección cuando en la sangre existen otros gases que interfieran en la determinación de CO. Se detectan cantidades del 0.5 al 1% de COHb.

**d) Calorimetrías:** cuando el CO se oxida a CO<sub>2</sub> desprende 68kcal/mol. Esto puede ser aprovechado cuando se libera el CO de la COHb oxidándolo catalíticamente a CO<sub>2</sub> midiendo la temperatura que se desarrolla por medio de dispositivos especiales. Se detectan cantidades de COHb del 0.1 al 5% de COHb.

**e) Espectroscópicas:** se basa en la apreciación de las bandas de absorción (dos bandas oscuras) de la COHb y de la O<sub>2</sub>Hb cuando la sangre se trata con una sustancia reductora como el sulfihidrato amónico o hidrosulfito sódico, ya que la O<sub>2</sub>Hb pasa a Hb reducida, cuyo espectro está formado por una banda ancha y reductor, conserva las dos bandas. Útil para determinaciones groseras, detecta variaciones del orden del 10% por operadores entrenados y del 25% por los que carecen de experiencia.

**f) Espectrofotometrías:** consiste en la determinación de absorbancia a longitudes de onda características de COHb y O<sub>2</sub>Hb y de su relación se deduce el % de COHb en sangre. Se consideran aptas para detectar cantidades mínimas del 5%.

**1.11.3.2 Técnicas Físicas No Instrumentales (Cualitativas).** A este tipo corresponden los clásicos ensayos de dilución Haldane y alcalina:

**a) Ensayo de dilución (Haldane).**

Se basa en la apreciación de la coloración de soluciones sanguíneas. Se preparan dos soluciones de concentración similar (1 %), una con sangre normal y otra con la sangre en estudio. Se observan simultáneamente en recipientes similares, con luz natural, difusa. La sangre normal presentará color rojo amarillento, mientras que la muestra, de contener Hb.Fe.CO



(carboxihemoglobina) en concentración suficiente presentará un color carminado neto. (Alberto, 2012)

**b) Ensayo alcalino.**

Consiste en la mayor estabilidad de COHb frente a la Hb en iguales condiciones alcalinas. En un tubo de ensayo limpio y seco colocar 3-5 gotas de la sangre en estudio y en otro similar igual número de gotas de sangre normal, agregar 15 ml de agua destilada a cada tubo, mezclar bien, incorporar luego a cada tubo 5 gotas de solución de hidróxido de sodio al 10 %, mezclar bien, se observará que la sangre normal acusa color castaño a castaño verdoso, por la presencia de hematina alcalina, mientras que la sangre con Hb.Fe.CO, (más de 10 %), permanece un tiempo con la coloración carminada. (Alberto, 2012).

**1.11.3.3 Técnicas Químicas.** Se fundamentan en su carácter reductor del CO que se libera de una muestra de sangre.

✓ **Técnica de BUCHWALD (método espectrofotométrico)**

Se basa en introducir sangre capilar de áreas como la yema de los dedos o del lóbulo de la oreja en un recipiente lleno de solución amoniacal evitando introducir aire dando lugar a una solución homogénea que se dividirá en tres alícuotas: una sin saturar, otra saturada con O<sub>2</sub> 99.5% y otra saturada con CO 99.5%, mediante la lectura de las absorbancias se obtiene el % de COHb. (Ridolfi & Alvarez, 2014)

✓ **Técnica de FELDSTEIN-KLENDSHOJ (método químico por microdifusión).**

Esta técnica consiste en la liberación de CO que se encuentra en la sangre como COHb de la cámara externa de una unidad de Conway, mediante ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) al 10%, se capta en la cámara central cloruro de paladio (PdCl<sub>2</sub>). Luego de transcurrido un tiempo, se extrae una alícuota del centro de la cámara, el cual se podrá observar una película platinada (precipitado) por que da lugar a la formación de paladio metálico en caso de presencia de CO, habiendo disminuido la concentración del catión paladioso. Se hace reaccionar esta alícuota y otra solución original con Yoduro de Potasio (KI) formando



complejos de tetrayodo de paladio que se determinan frente a un blanco de agua. Este es un método adecuado para valores altos de COHb. (Ridolfi & Alvarez, 2014)

## 1.12 TRATAMIENTO

El primer paso para brindar los primeros auxilios es, **evacuar** al intoxicado de la atmósfera de CO, tomando precauciones como, el uso de protección (mascarillas). Una vez evacuado al intoxicado, verificar si está comprometida la función respiratoria, que en estos accidentes es muy común. Realizar maniobras de respiración para mejorar los resultados como la inhalación de oxígeno al 100% con una mascarilla administrados en un flujo de 10-12 L/min hasta bajar los niveles de COHb. Sí los valores de %COHb exceden en un 20% se debe recurrir a la **oxígeno-terapia** a presión (O<sub>2</sub> hiperbárico), el cual consiste en introducir al intoxicado en cámaras de hiperpresión de O<sub>2</sub> de 3atm. Se realiza esta técnica porque el O<sub>2</sub> es el único antídoto que acorta la vida media del CO de manera rápida. (García, 2011) (Vargas, 2009). Existe evidencia que apoya que el O<sub>2</sub> hiperbárico reduce la concentración de radicales libres, disminuye la incidencia de secuelas tardía, y acortaría el tiempo de recuperación, aún en pacientes que no presentan compromiso de conciencia (Perez & Marchesse, 2013).

Varios autores recomiendan la administración de **sustitutivos de la Hb**, que son sustancias que tienen capacidad de óxido-reducción para sustituir a la Hb en su función transportadora de O<sub>2</sub> dentro de estas están: *la tiotina* por vía intravenosa (IV) y el *citocromo C* por vía intramuscular (IM). La administración de **Vasodilatadores y Espasmódicos** vía IV (*procaína o novocaína*), los cuales ayudan a disminuir el riesgo sanguíneo provocado por los espasmos vasculares que agravan el daño hístico.

(Gisbert & Villanueva, 2004)





### 1.13 PREVENCIÓN

El CO al ser un gas inodoro, incoloro, no irritante a las mucosas y muy tóxico es causante de muchas intoxicaciones accidentales es por eso que se debe tomar las debidas precauciones.

Para prevenir estos accidentes por CO es elemental el control de las instalaciones y el buen funcionamiento de artefactos así como es importante mantener los ambientes y lugares de trabajo bien ventilados, además usar equipo de protección, como: mascarillas ayudan a prevenir la inhalación directa de CO. Se debe evitar el encendido de motores a combustión en ambientes cerrados. Todos los artefactos de combustión domiciliarios (calefones, estufas, chimeneas, etc.) deben tener desfogue hacia el exterior de la casa. Los vehículos deben ser revisados periódicamente por técnicos. Las áreas laborales donde haya fuente de producción de CO, deben ser supervisadas por ingenieros sanitarios quienes implementarán mecanismos estructurales o funcionales para disminuir la producción y la acumulación de CO. El deporte es un factor de ayuda para la eliminación de CO ingerido. (Ministerio de Salud, 2014) (Paris, 2010)



## 2. METODOLOGÍA

### 2.1 MÉTODO DE ESTUDIO

El estudio realizado corresponde a una investigación de campo, de tipo descriptivo, prospectivo con corte longitudinal, cuasiexperimental.

### 2.2 VARIABLES

#### 2.2.1 Identificación de variables

| VARIABLES  | TIPO     | RELACIÓN       |
|--|----------|----------------|
| Hemoglobina  | Continua | Independiente  |
| Carboxihemoglobina   | Continua | Dependiente    |
| <b>Características personales y de trabajo:</b>  | Discreta | Intervinientes |
| <b>Edad, sexo, procedencia, hábito de fumar y actividad física.</b>                      | Discreta | Intervinientes |
| <b>Años y horas de trabajo, protección personal, zonas de trabajo, efectos crónicos.</b> |          |                |

- Establecer un estudio visual de la localización de cada estación de servicio, tomando en cuenta la ubicación de la misma.
- Verificar si los empleados de las estaciones de servicio cumplen con las normas de seguridad.
- Indagar los tiempos de trabajo (exposición) (años y horarios).

Se realizará una encuesta al personal (dispensadores) de las tres empresas de gasolina, donde nos permita utilizar los datos de: características personales y condiciones de trabajo, tiempo de servicio etc. como indicadores relacionados a la exposición de CO.



Además se incorpora un análisis adicional importante que nos permite establecer el riesgo toxicológico, obteniendo de los datos adquiridos durante la investigación a dichos trabajadores.

## 2.3 TAMAÑO DE LA MUESTRA

**2.3.1 Población.** La población en estudio constituirá el 100% del personal de distribución de combustible de cada una de las estaciones de servicio-gasolineras de la zona suroeste de la ciudad de Cuenca, las cuales constituyen las Gasolineras: KIESEL, GONZÁLEZ, DON BOSCO, de acuerdo a las tres jornadas laborables (diurno, vespertino, nocturno).

El número de trabajadores para esta investigación estuvieron distribuidos de la siguiente manera: 7 trabajadores de la Gasolinera KIESEL, 14 trabajadores entre hombres y mujeres de la Gasolinera DON BOSCO, y 8 trabajadores de la Gasolinera GONZÁLEZ, según listados proporcionados por las Empresas. (Anexo 3)

El grupo control lo constituirá los datos referenciales obtenidos en la Tesis de pregrado de (Romero, 2011).

**2.3.2 Muestreo.** Fue sistemático, se realizó dos determinaciones del %COHb en cada dispensador, al inicio y final de jornada:

Este proceso se realizó con muestras de sangre a todo el personal de dispensación de gasolina según el cronograma establecido. El monitoreo se realizó en tres semanas (una por cada gasolinera), se utilizó este tiempo para realizar las respectivas encuestas, visualización zonal, toma de muestra y la determinación del %COHB en el laboratorio.



## 2.4 MÉTODOS, TÉCNICAS DE RECOLECCION DE DATOS

### 2.4.1 Métodos

✓ **Consentimiento informado:** Se adquirió del personal de dispensación de las diferentes Estaciones de servicio-gasolineras, según las consideraciones bioéticas en la investigación. (Zaruma 2014). Anexo 1

✓ **Encuesta de características personales y laborales:** A todo el personal de dispensación para la obtención de la base de datos, según un modelo establecido en la investigación de (Oliú, 2010) Anexo 2

✓ **Instrumental de laboratorio:** Para los análisis sanguíneos se extrajeron las muestras de sangre al inicio y final de cada jornada laboral en cada uno de los trabajadores de las diferentes estaciones de servicio, el cual se basó en los procedimientos prescritos y aplicados en el Manual de Flebotomía. (Landman Navarro C, 2005). Además se utilizó los tubos vacutte de tapa verde con anticoagulante de heparina.

✓ **Toma de muestra de sangre:** Se procedió hacer la toma de muestras de sangre de la vena superficial de la flexura del codo en cada voluntario, por procedimiento se extrajo 1 tubo de muestra con capacidad aproximada de 4 mL de sangre. (anexo 6)

1. Preparación del paciente para la toma de muestra:

2. Correcta identificación del paciente (dos nombre y dos apellidos), etiquetado.

3. Posición (sentado). (Landman Navarro C, 2005)

✓ **Los análisis:** La determinación de Hemoglobina se realizó por el Método de Drabkin según la Investigación de Oliú, 2007, y para la determinación de Carboxihemoglobina basada en la Técnica aplicada de Feldstein-Klendshoj (Método Químico de Microdifusión) según (Ferrari, 2007; Romero, 2011; Rosas, 2014), en el Laboratorio de Toxicología de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad de Cuenca. Anexo 7-9

Para el Grupo Control de %COHb, sirvió de guía los valores proporcionados en el trabajo de investigación de pregrado de (Romero, 2011). (Anexo 5)



## 2.4.2 Técnica

### 2.4.2.1 Materiales, Equipos Y Reactivos

#### a) Materiales

- ✓ Pipetas automáticas y serológicas
- ✓ Puntas para pipeta automática
- ✓ Tubos de ensayo
- ✓ Vasos de precipitación
- ✓ Cámaras de Conway
- ✓ Matraz de aforo de 10mL
- ✓ Frascos ámbar
- ✓ Tubos vacutte de Heparina tapa verde

#### b) Equipos

- ✓ Vórtex
- ✓ Centrífuga
- ✓ Balanza analítica
- ✓ Espectrofotómetro

#### c) Reactivos

- ✓ Para la determinación de *Hb*
- ✓ Patrón (muestra valorada)
- ✓ Muestra de sangre con anticoagulante
- ✓ Reactivo de Drabkin
- ✓ *Para la determinación de COHb*
- ✓ PdCl<sub>2</sub> 0.1% en HCl 0.01N
- ✓ HCl 0.01N (v/v)
- ✓ H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> al 10% (v/v)
- ✓ KI al 15% (p/v)
- ✓ Goma arábiga 1% (p/v)
- ✓ H<sub>2</sub>O destilada



## 2.5 PROCEDIMIENTOS ESTADÍSTICOS

Dentro de los objetivos planteados en la investigación, fue, la comparación de los valores obtenidos de %COHb de inicio y final de jornada laboral entre los diferentes turnos laborales de cada gasolinera, además la comparación de estos datos entre las tres gasolineras, tomando en cuenta la localización, características personales y condiciones de trabajo de las mismas.

**2.5.1 Análisis estadístico.** Se realizaron los siguientes análisis estadísticos:

- 1) Estadística descriptiva para presentar las características generales de la población estudiada y los resultados de COHb obtenidos.
- 2) Para analizar las diferencias en COHb adquirida durante la jornada de trabajo (delta) clasificado por la estación de servicio y por el horario de trabajo, se evaluó la homocedasticidad gráficamente por medio del diagrama de cajas y bigotes (box plot). Según esta comparación, la diferencia de COHb y el horario de trabajo se evaluó por medio la prueba paramétrica ANOVA, y con la estación de servicio se evaluó por medio de la prueba no paramétrica Kruskal Wallis. Para identificar y caracterizar a la población distinta se utilizaron las pruebas post-hoc Tukey y Scheffe, respectivamente.
- 3) Para evaluar las características de la población a considerarse como factor de riesgo (Odds Ratio >1) o protección (Odds Ratio <1) se aplicaron regresiones logísticas tanto con el valor de COHb inicial (exposición crónica) y con el valor de COHb final (exposición crónica y reciente). Las variables continuas de COHb inicial y final fueron categorizadas tomando como punto de corte el valor referencial máximo de 9% de COHb de acuerdo con lo referido a los valores referenciales según la (OMS, 2007).

El nivel de significancia establecido para todas las pruebas fue  $P < 0.05$ . El análisis de los datos se realizó en el programa Stata 10.0 (Stata Corporation, College Station, TX).

### 3. RESULTADOS

#### 3.1 CARACTERÍSTICAS DE LA POBLACIÓN

En esta investigación se trabajó con 3 estaciones de servicio de gasolina, en las cuales se analizó la muestra de sangre de 29 dispensadores de gasolina distribuidos en las estaciones de servicio: KIESEL (7 dispensadores); DON BOSCO (14 dispensadores); GONZÁLEZ (8 dispensadores). Las características demográficas de los dispensadores se presentan en la Tabla 3.

| CARACTERÍSTICAS             |                              | KIESEL<br>n=7 | DON BOSCO<br>n=14 | GONZÁLEZ<br>n=8 | Valor de<br>P |
|-----------------------------|------------------------------|---------------|-------------------|-----------------|---------------|
| Sexo                        | Masculino                    | 7 (100%)      | 9 (64%)           | 8 (100%)        | P=0,039       |
|                             | Femenino                     | 0 (0%)        | 5 (36%)           | 0 (0%)          |               |
| Procedencia                 | Urbano                       | 6 (86%)       | 9 (64%)           | 4 (50%)         | P=0,345       |
|                             | Rural                        | 1 (14%)       | 5 (36%)           | 4 (50%)         |               |
| Deporte                     | Nunca                        | 3 (43%)       | 3 (21%)           | 1 (12%)         | P=0,370       |
|                             | Habitual                     | 4 (57%)       | 11 (79%)          | 7 (88%)         |               |
| Fumar                       | No                           | 1 (14%)       | 3 (21%)           | 2 (25%)         | P=0,874       |
|                             | Si                           | 6 (86%)       | 11 (79%)          | 6 (75%)         |               |
| Protección Personal         | Nunca                        | 7 (100%)      | 6 (43%)           | 0 (0%)          | P=0,002       |
|                             | A veces                      | 0 (0%)        | 7 (50%)           | 8 (100%)        |               |
|                             | Siempre                      | 0 (0%)        | 1 (7%)            | 0 (0%)          |               |
| Horario                     | Diurno                       | 3 (42%)       | 8 (57%)           | 4 (50%)         | P=0,904       |
|                             | Vespertino                   | 2 (29%)       | 4 (29%)           | 3 (38%)         |               |
|                             | Nocturno                     | 2 (29%)       | 2 (14%)           | 1 (12%)         |               |
| Síntomas                    | Cefalea                      | 4 (57%)       | 9 (28%)           | 5 (18%)         | P=0,484       |
|                             | Fatiga                       | 7 (100%)      | 9 (28%)           | 7 (25%)         |               |
|                             | Dificultad para respirar     | 0%            | 1 (3%)            | 3 (11%)         |               |
|                             | Dificultad para concentrarse | 2 (29%)       | 3 (9%)            | 4 (14%)         |               |
|                             | Náusea/vómito                | 0%            | 2 (6%)            | 0%              |               |
|                             | Mareo                        | 0%            | 1 (3%)            | 3 (11%)         |               |
|                             | Otras                        | 1 (14%)       | 4 (13%)           | 5 (18%)         |               |
|                             | Ninguno                      | 1 (14%)       | 3 (9%)            | 1 (4%)          |               |
| Edad (años)                 | Media                        | 37,1          | 31,4              | 34,1            | P=0,518       |
|                             | Desviación estándar          | 12,5          | 9,8               | 11,4            |               |
|                             | Mín - Máx                    | 22-58         | 21-48             | 20-46           |               |
| Tiempo de exposición (años) | Media                        | 2,1           | 3,4               | 11,4            | P=0,009       |
|                             | Desviación estándar          | 3,3           | 4,2               | 9,7             |               |
|                             | Mín - Máx                    | 0,2-9,5       | 0,04 -12          | 0,8-24          |               |

Tabla N° 3: Características generales de la población según la estación de servicio Calculado con chi cuadrado de Karl Pearson





De acuerdo a la apreciación de la tabla 3, se puede observar las características generales de la población por estación de servicio, destacando 3 de éstas, quienes se difieren significativamente entre la población de estudio. La primera característica es el sexo o género con una diferencia estadísticamente significativa de ( $P=0,039$ ), este valor es debido a que en la gasolinera Don Bosco existe un 36% de dispensadores de género femenino y un 64% de género masculino que en comparación con las otras gasolineras su personal es de un 100% de género masculino.

Otra característica que resalta es protección personal con una diferencia estadísticamente significativa ( $P=0,002$ ), su posible causa es debido a que la mayoría del personal de las tres estaciones de servicio no utiliza equipo de protección completo en especial la mascarilla. El tiempo de exposición que corresponde a los años que el dispensador brinda servicio, también presenta una diferencia estadísticamente significativa ( $P=0,009$ ) entre las tres gasolineras, esto es debido a que existen dispensadores con tan solo días de trabajo como (15 días o 0,04 años) y otros hasta 24 años de trabajo. La diferencia es relativamente alta y esto sucede en las tres gasolineras.

### **3.2. MONITOREO DE CARBOXIHEMOGLOBINA DURANTE LA JORNADA LABORAL.**

Se determinó el nivel de carboxihemoglobina (%COHb) a los dispensadores de gasolina al inicio y final de jornada laboral de las tres estaciones de servicio-gasolineras de la zona sur-oeste de la ciudad de Cuenca. Adicionalmente se calculó el %COHb delta que corresponde a la diferencia entre el %COHb final y el %COHb inicial, es decir lo formado durante la jornada laboral.



|               |                     | KIESEL<br>n=7 | DON BOSCO<br>n=14 | GONZÁLEZ<br>n=8 |
|---------------|---------------------|---------------|-------------------|-----------------|
| %COHb inicial | Media               | 6,9           | 7,3               | 2,3             |
|               | Desviación estándar | 5,5           | 4                 | 1,5             |
|               | Mín - Máx           | 0,47 - 13     | 1,1 - 14,5        | 0,1 - 5,4       |
| %COHb final   | Media               | 11,7          | 13                | 4,3             |
|               | Desviación estándar | 3             | 5,2               | 2               |
|               | Mín - Máx           | 5,9 - 15,3    | 5,8 - 24,3        | 1,1 - 7,4       |
| %COHb delta   | Media               | 4,8           | 5,7               | 2               |
|               | Desviación estándar | 3,6           | 2,2               | 1,6             |
|               | Mín - Máx           | 1,6 - 10,8    | 2,9 - 9,9         | 0,02 - 4,7      |

Tabla N° 4 Niveles de carboxihemoglobina (%COHb) durante la jornada laboral.

### 3.3. DIFERENCIAS DE CARBOXIHEMOGLOBINA DELTA ENTRE GRUPOS

#### 3.3.1. Carboxihemoglobina delta entre gasolineras.

La diferencia entre los niveles de carboxihemoglobina ganada durante la jornada laboral (%COHb delta) fue comparada entre las tres estaciones de servicio. Al revisar la normalidad de los datos, paso previo al análisis de varianza, se observó que las distribuciones la seguían un comportamiento no paramétrico, por lo tanto se aplicó la prueba Kruskal Wallis, el cual corresponde a un tipo de ANOVA para pruebas no paramétricas. Para evaluar cuál o cuáles gasolineras eran diferentes, se utilizó la prueba de Tukey (post-hoc test) y la prueba de Scheffé para comparaciones múltiples, la cual corrige los errores que suceden con la prueba anterior.

En base a este análisis, se observó que había una diferencia estadísticamente significativa en los niveles de %COHb delta entre las 3 estaciones de servicio ( $P=0.005$ , Kruskal Wallis).

La diferencia estuvo entre las gasolineras DON BOSCO vs GONZÁLES, presentaban medidas diferentes (post-hoc Tukey), siendo los valores medios de %COHb delta en la gasolinera DON BOSCO 3.66 veces mayor que en la gasolinera GONZÁLEZ ( $P= 0.010$  Scheffé).



### 3.3.2 Carboxihemoglobina delta entre horarios

La diferencia de los niveles de carboxihemoglobina ganada durante la jornada laboral (%COHb delta), fue comparada entre los horarios de trabajo (diurno, vespertino, nocturno) correspondiendo a 8 horas laborables para cada trabajador. Se evaluó de manera similar a lo indicado en la sección 3.3.1.

De acuerdo a los análisis realizados, no se observó una diferencia estadísticamente significativa en los niveles de %COHb delta entre los horarios de las estaciones de servicio ( $P= 0,0563$  Krustal Wallis).

### 3.4 VARIACIÓN DE CARBOXIHEMOGLOBINA SEGÚN LAS CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA POBLACIÓN.

Para evaluar la influencia de las diversas características generales de la población en el nivel de carboxihemoglobina inicial, es decir la acumulación crónica de éste, se aplicaron regresiones logísticas múltiples con un nivel de significancia del 5%. Teniendo en cuenta que la mayoría de los dispensadores de gasolina eran fumadores, el punto de corte de %COHb para considerar los niveles normales fue 9 % (valor referencial de %COHb en fumadores).

| CARACTERÍSTICAS DE LA POBLACIÓN      | Odds Ratio | Valor de P | 95% intervalo de confianza |
|--------------------------------------|------------|------------|----------------------------|
| <i>Edad</i>                          | 1,068      | 0,108      | 0,986 - 1,158              |
| <i>Procedencia (urbana vs rural)</i> | 0,428      | 0,358      | 0,070 - 2,614              |
| <i>Sexo</i>                          | 4,5        | 0,143      | 0,601 - 33,708             |
| <i>Protección personal</i>           | 0,271      | 0,111      | 0,055 - 1,351              |
| <i>Tiempo de servicio</i>            | 0,931      | 0,337      | 0,806 -1,076               |
| <i>Deporte</i>                       | 0,088      | 0,016      | 0,012 - 0,634              |
| <i>Horario</i>                       | 2,388      | 0,112      | 0,816 – 6,990              |

**Tabla N° 5. Variación de la carboxihemoglobina-inicial, según las características generales de la población.**



Por medio de este análisis se observó que sólo el deporte podía ser considerado como un factor protector para la acumulación de %COHb a largo plazo (%COHb-inicial) (OR=0,09; P=0,016; IC 95%: 0,012; 0,634).

Adicionalmente se evaluó la influencia de las diversas características generales de la población en la acumulación a corto plazo de % COHb (%COHb-final), es decir, si estas características representan un factor de riesgo o protección durante la jornada laboral.

| CARACTERÍSTICAS DE LA POBLACIÓN | Odds Ratio | Valor de P | 95% intervalo de confianza |
|---------------------------------|------------|------------|----------------------------|
| <i>Edad</i>                     | 1,033      | 0,369      | 0,962 - 1,110              |
| <i>Procedencia</i>              | 0,198      | 0,056      | 0,037 - 1,043              |
| <i>Sexo</i>                     | -          | -          | -                          |
| <i>Protección personal</i>      | 0,086      | 0,008      | 0,014 - 0,527              |
| <i>Tiempo de servicio</i>       | 0,924      | 0,192      | 0,822 - 1,040              |
| <i>Deporte</i>                  | 0,4        | 0,329      | 0,0635 – 2,520             |
| <i>Horario</i>                  | 0.888      | 0,812      | 0,338– 2,334               |

**Tabla N° 6. Variación de la carboxihemoglobina-final, según las características generales de la población.**

Por medio de este análisis se observó que sólo la protección podía ser considerado como un factor protector para la acumulación de %COHb a corto plazo (%COHB-final) (OR=0,086; P=0,008; IC 95%: 0,014; 0,527).



#### 4. DISCUSIONES

Es indispensable reconocer que una de las causas que afecta al medio ambiente, es la contaminación del aire, y que como humanos que dependemos de este entorno somos los primeros en afectarla.

La contaminación del aire se produce por el contacto de las partículas de la atmósfera con gases tóxicos como, el monóxido de carbono, dióxido de carbono, óxido de azufre y óxido de nitrógeno. La globalización, el aumento de industrias, el desarrollo no planificado, el incremento acelerado de los automotores y la inadecuada red vial son la principal fuente productora de emisión de CO.

El monóxido de carbono es conocido también como “el asesino silencioso”, debido a que es un gas incoloro, inodoro, insípido y no irrita las mucosas. Este gas resulta de la combustión incompleta de materia inorgánica (productos que contienen carbono) como madera, lana, algodón, aceites, papel, calefacciones, gasolina, tubos de escape de automóviles y equipos motorizados. Es menos pesado que el aire es por eso que se ubica en zonas altas.

La caracterización de una intoxicación por monóxido de carbono es la inespecificidad de sus síntomas, ya que la gravedad va a depender de factores importantes como el tiempo de exposición, concentración de CO en el ambiente ya sea este laboral o doméstico, además es proporcional a la presión alveolar del paciente. La sintomatología se verá más acentuada de acuerdo a la susceptibilidad individual (niños, mujeres en gestación, ancianos), personas que trabajan en contacto directo con automotores (zonas industriales y gasolineras), anémicos, personas con enfermedad cardíaca y pulmonar, y en fumadores.

El CO origina hipoxia celular debido a:

- Tiene una afinidad por la hemoglobina de 250 veces superior al oxígeno, formándose carboxihemoglobina (COHb), produciéndose una disminución del transporte de O<sub>2</sub> hacia los tejidos.



- La COHb formada, produce una desviación de la curva de disociación de la hemoglobina hacia la izquierda lo que reduce el desprendimiento normal de O<sub>2</sub> hacia los tejidos.
- El CO inhibe el sistema citocromo-oxidasa produciendo una disminución de la respiración celular.
- Se une a la mioglobina cardiaca y muscular provocando depresión celular e isquemia.

De acuerdo a estudios realizados, ciudades como Estados Unidos (EPA, 2009), México son las responsables de la mayor cantidad de emisiones de CO, aportando entre el 90 a 95 % por los automotores. Santiago de Chile es responsable del 91% de las emisiones de CO producidas por transporte, según La Nacional del Medio Ambiente de Chile, Sao Paulo (Brasil) y Bogotá (Colombia), también están dentro de las ciudades que aportan con la emisión de CO a la atmósfera, que son producidos por automotores de gasolina o diésel, según datos estadísticos del Departamento Administrativo del Medio Ambiente.

Lamentablemente no existen datos referenciales y estadísticos de emisiones de CO producidas por automotores en el Ecuador. Ciudades como Quito, Guayaquil, Cuenca, solo existe un monitoreo de la calidad de Aire para contaminantes ambientales (CO, SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub> y material particulado).

En el año 2011, se investigó el porcentaje de Carboxihemoglobina (%COHb) en el Centro Histórico de Cuenca (Romero & Espinoza, 2011), estableciendo valores referenciales de %COHb en una población rural y comparada con las zonas de estudio, obteniendo datos estadísticos de contaminación vehicular en el Centro Histórico de la ciudad. Por otro lado en el año 2014 la empresa Consorcio Vehicular Danton que pertenece a la Empresa Municipal de Movilidad Tránsito y Transporte (EMOV-EP), donde se realiza la revisión vehicular en sus dos centros Mayancela y Capulispamba, fue lugar para evaluar porcentajes de CO ambiental relacionando con los valores de %COHb analizados en los trabajadores, determinando que existe contaminación en el aire laboral con monóxido de carbono (CO) correspondiendo a un 80% que es producida por la combustión vehicular. (Rosas C, 2014).



Por la información establecida, decidí realizar un estudio investigativo que permita contribuir con datos estadísticos para la ciudad de Cuenca frente a la exposición de CO en una área de trabajo, espacios donde la persona se encuentra directamente en contacto. El tema establecido para la investigación es la “Determinación de Carboxihemoglobina al inicio y final de jornada laboral en trabajadores- dispensadores de Estaciones de servicio-gasolineras (KIESEL, DON BOSCO y GONZÁLEZ) de la Ciudad de Cuenca, aplicando el Método de Microdifusión (Ferrari, 2007) (Romero, 2011) (Rosas, 2014).

Los vehículos que utilizan de este servicio están entre públicos y privados, pesados y livianos, considerando como factor importante para la emisión de CO en el aire laboral y su dispersión hacia el aire atmosférico.

En esta investigación se valoró la exposición laboral de CO en los trabajadores, a través de un biomarcador de exposición COHb, de acuerdo a lo establecido por diferentes autores en cuanto a la idoneidad de este ensayo. (Ferrari, 2007; Ayo, 2007; Romero, 2011; Rosas, 2014). Se analizó el %COHb al inicio y final de Jornada laboral (Diurno, vespertino y nocturno) en 29 trabajadores (KIESEL, n=7; DON BOSCO, n=14; GONZÁLEZ, n=8, (anexo 4), siendo la gasolinera Don Bosco la que presenta mayor número de población de estas tres empresas, la toma de muestra se realizó en un solo monitoreo y en días laborables en los meses de Octubre y Noviembre, según cronograma establecido con las empresas.

Se realizó una encuesta de las características personales a cada trabajador de cada empresa, donde se procedió a implantar un análisis para establecer diferencias significativas en la población de estudio, según la base de datos (anexo 3 y tabla 3) los resultados fueron:

La edad estuvo comprendida entre los 20 a 58 años, la mayor parte de los trabajadores fueron de género Masculino, siendo solo en la gasolinera DON BOSCO, 5 de género Femenino de un total de 14 dispensadores, estableciendo una diferencia estadísticamente significativa ( $P < 0,039$ ).





- La procedencia fue urbana y rural indistintamente, con 50-86% en su mayoría de la zona urbana, aun así no presenta una diferencia estadísticamente significativa ( $P=0,345$ ) entre las tres gasolineras.
- En relación al deporte en las tres estaciones de servicio un 75-86% de los dispensadores practican esta actividad habitualmente pero no presentan una diferencia estadísticamente significativa ( $P=0,370$ ).
- En cuanto al hábito de fumar tampoco existe una diferencia significativa ( $P=0,874$ ), ya que el 75-86% de los dispensadores de las tres gasolineras son fumadores.
- El uso de equipo de protección fue importante considerar ya que en las tres estaciones de servicio-gasolineras no existe un control exhaustivo sobre el uso frecuente del equipo de protección y solo el 7% en la gasolinera DON BOSCO *sí* lo usan, en cuanto a las otras dos estaciones de servicio, KIESEL el 100% *nunca* usan protección y en la GONZÁLEZ el 100% *a veces* usan protección personal, refiriendo que ningún dispensador de las tres empresas utilizan mascarilla como protección frente a este tipo de gas tóxico, favoreciendo la inhalación del CO en el aire laboral en la zona de trabajo y al incremento de la formación de COHb, esto se evidenció porque ningún trabajador utilizó mascarilla durante la dispensación de combustible. Es por ello que representan una diferencia estadísticamente significativa ( $P=0.002$ ). (Tabla 3)
- En las tres estaciones de servicio, los horarios de trabajo están divididos en tres turnos siendo, Diurno (6:00 am – 2:00 pm), vespertino (2:00 pm – 10:00pm), Nocturno (10:00 pm – 6:00 am) los horarios instituidos para la gasolinera DON BOSCO y para las otras dos estaciones son, Diurno (6:30 am – 2:30 pm), vespertino (2:30 pm – 10:30pm), Nocturno (10:30 pm – 6:30 am), estableciéndose 8 horas de labor para cada trabajador) (anexo 4). Es por ello que no representan una diferencia estadísticamente significativa ( $P=0,904$ ). (Tabla 3)
- Los síntomas que se han presentado con mayor incidencia en los trabajadores de las tres gasolineras son: cefalea, fatiga. Síntomas que se son percibidos durante la jornada laboral por cada trabajador, los mismos que fueron ratificados y corroborados en los estudios de (Rosas, 2014); (Romero,



2011); (Oliu, 2010); (Cedeño, 2010) (Rojas, 2001). Esto es una asociación de manifestaciones clínicas características de la intoxicación crónica por monóxido de carbono. Estos síntomas fueron evidenciados en los dispensadores que tenían valores elevados sobre los referenciales de COHb, es decir superiores a 2,5% en no fumadores y mayores a 4.5% en fumadores.

- En la gasolinera KIESEL el tiempo de servicio de trabajo fue de 0,2-9.5 años de trabajo, para la gasolinera DON BOSCO el tiempo de servicio representaron 0,04-12 años de trabajo y para la gasolinera GONZÁLEZ de 0,8-24 años de servicio. Pudiendo verificar que los dispensadores estaban expuestos desde 15 días de trabajo hasta los 24 años. Representando una antigüedad alta en los trabajadores de las gasolineras DON BOSCO Y GONZÁLEZ, razón por la cual el valor delta representa valores altos por la exposición a CO emanado por los escapes de los vehículos. Representando una diferencia estadísticamente significativa ( $P=0,009$ ). (Tabla 3,4)

ifusión (Ferrari, 2007; Ayó, 2007; Romero, 2011; Rosas, 2014) en los trabajadores al inicio y final de jornada laboral en los diferentes turnos laborales (diurno, vespertino y nocturno), en las tres estaciones de servicio-gasolineras, incorporando un dato adicional analizado en el proceso de investigación denominado %COHb-delta, que resultó de la diferencia del %COHb final con el inicial, es decir el %COHb formado en el turno laboral. (Tabla 4).

Se analizó los resultados del %COHb inicial- final y delta entre las tres estaciones de servicio, donde el rango del porcentaje de COHb inicial para la empresa KIESEL estuvo comprendido entre 0,47 a 13%, con un valor promedio de 6,9%, y el porcentaje de COHb al final de la jornada fue de 5,9 a 15,3%, con un valor promedio de 11,7%, con un valor delta del % COHb de 4,8%.

En la gasolinera DON BOSCO: los valores de %COHb inicial comprendió entre 1,1 a 14,5%, con un promedio de 7,3% y con un %COHb final de jornada fue de 5,8 a 24,3% con un valor delta del %COHb de 5,7%.

En la gasolinera GONZÁLEZ: los valores de %COHb inicial estuvo comprendido entre 0,1 a 5,4%, con un promedio de 2,3%, y con un %COHb al final de la jornada de 1,1 a 7,4 % con valor delta del % COHb de 2%, determinando datos altos en los valores promedio para él %COHb inicial-final y delta en la población Don Bosco en comparación con las otras poblaciones,



esto puede depender también de que la población DON BOSCO es mayor con respecto a las otras.

Además existe una diferencia estadísticamente significativa ( $P < 0,005$ ) con respecto al %COHb inicial con el %COHb final para cada una de las estaciones de servicio. Estos datos encontrados de la variación del %COHb inicio y final de jornada fueron corroborados con los resultados obtenidos en la investigación de (Rosas, 2014).

Se procedió además a realizar un análisis diferencial del %COHb-delta (ganada durante la jornada) entre gasolineras. Al revisar la normalidad de los datos, paso previo al análisis de varianza, se observó que las distribuciones la seguían un comportamiento no paramétrico, por lo tanto se aplicó la prueba Kruskal Wallis, el cual corresponde a un tipo de ANOVA para pruebas no paramétricas. Para evaluar cuál o cuáles gasolineras eran diferentes, se utilizó la prueba de Tukey (post-hoc test) y la prueba de Scheffé para comparaciones múltiples, la cual corrige los errores que suceden con la prueba anterior. En base a éste análisis, se observó que había una diferencia estadísticamente significativa en los niveles de %COHb delta entre las 3 estaciones de servicio ( $P = 0,005$  Kruskal Wallis).

La diferencia estuvo entre las gasolineras DON BOSCO vs GONZÁLEZ, presentaban medidas diferentes (post-hoc Tukey), siendo los valores medios de %COHb delta en la gasolinera DON BOSCO 3,66 veces mayor que en la gasolinera GONZÁLEZ ( $P = 0,010$  Scheffé).

El mismo procedimiento se desarrolló para la determinación de los niveles de COHb-delta entre los horarios de trabajo (diurno, vespertino, nocturno) de las tres estaciones de servicio, correspondiendo a 8 horas laborables para cada trabajador. De acuerdo a los análisis realizados, no se observó una diferencia estadísticamente significativa en los niveles de %COHb delta entre los horarios de las estaciones de servicio ( $P = 0,0563$  Kruskal Wallis). (Tabla 4).

Tomando en cuenta que la mayoría de la población tuvieron hábito de fumar se estableció puntos de corte (4% – 9%, valores referentes de COHb en



fumadores según la OMS, 2007), para analizar las características personales de la población y poder determinar cuáles de éstas sería de riesgo en esta determinación de COHb a corto (final del día laboral) y a largo plazo (inicio del día laboral). (Tabla 3). Por medio del análisis realizado se observó que sólo el deporte podía ser considerado como un factor protector para la acumulación de %COHb a largo plazo (%COHb-inicial) (OR=0,09; P=0,016; IC 95%: 0,012; 0,634) y que solo la protección podía ser considerado como un factor protector para la acumulación de %COHb a corto plazo (%COHB-final) (OR=0,086; P=0,008; IC 95%: 0,014; 0,527).



## 5. CONCLUSIONES

En general, todos los vehículos de combustión interna producen emisiones contaminantes, que dependen de las características del vehículo y su operación, según (Tréllez, 2006) asegura que el 80% de las emisiones corresponde a CO.

En la investigación realizada se pudo concluir lo siguiente.

1. En la caracterización de la población de estudio se encontró que la edad estuvo comprendida entre los 20 a 58 años, la mayor parte de los trabajadores fueron de género Masculino, siendo sólo en la gasolinera DON BOSCO, 5 de género Femenino de un total de 14 dispensadores, estableciendo una diferencia estadísticamente significativa ( $P=0,039$ ). El uso de equipo de protección fue importante considerar ya que en las tres estaciones de servicio-gasolineras no existe un control exhaustivo sobre el uso frecuente del equipo de protección, ésto se evidenció porque ningún trabajador utilizó mascarilla durante la dispensación de combustible estableciendo una diferencia estadísticamente significativa ( $P=0,002$ ). El tiempo de exposición de CO en el área laboral determinó que los dispensadores estaban expuestos desde 15 días de trabajo hasta los 24 años. Representando una antigüedad alta en los trabajadores de las gasolineras DON BOSCO Y GONZÁLEZ, razón por la cual el valor delta representa valores altos por la exposición a CO emanado por los escapes de los vehículos. Representando así una diferencia estadísticamente significativa ( $P=0,009$ ).

2. Se analizó los resultados del %COHb inicial- final entre las tres estaciones de servicio, donde el rango del %COHb inicial para la empresa KIESEL estuvo comprendido con un valor promedio de 6,9%, y el %COHb al final de la jornada fue 11,7%, verificado el aumento de COHb en la determinación del valor delta de 4,8%. En la gasolinera DON BOSCO los valores de %COHb inicial dieron un promedio de 7,3% y un % COHb final de 13%, corroborando con lo ganado durante la jornada de un valor delta del %COHb de 5,7%. En la gasolinera



GONZÁLEZ los valores de %COHb inicial se obtuvo un valor promedio de 2,3%, y con un %COHb al final de 4,3%, relacionando con el aumento del valor delta de 2%, se determinó valores altos en los promedios para él %COHb inicial-final y delta en la población DON BOSCO en comparación con las otras poblaciones, esto puede depender también de que esta población es mayor en número de dispensadores con respecto a las otras. Además existe una diferencia estadísticamente significativa ( $P < 0,005$ ) con respecto al %COHb inicial con el %COHb final para cada una de las estaciones de servicio. Estos datos encontrados de la variación del %COHb inicio y final de jornada fueron corroborados con los resultados obtenidos en la investigación de (Rosas, 2014).

3. Al realizar un análisis diferencial del %COHb-delta (ganada durante la jornada) entre gasolineras y entre horarios, se observó que había una diferencia estadísticamente significativa en los niveles de %COHb delta entre las 3 estaciones de servicio ( $P = 0,005$ ). La diferencia estuvo entre las gasolineras DON BOSCO vs GONZÁLEZ, presentaban medidas diferentes, siendo los valores medios de %COHb delta en la gasolinera DON BOSCO 3,66 veces mayor que en la gasolinera GONZÁLEZ ( $P = 0,010$ ). El mismo procedimiento se desarrolló para la determinación de los niveles de COHb-delta entre los horarios de trabajo (diurno, vespertino, nocturno) de las tres estaciones de servicio, correspondiendo a 8 horas laborables para cada trabajador. De acuerdo a los análisis realizados, no se observó una diferencia estadísticamente significativa en los niveles de %COHb delta entre los horarios de las estaciones de servicio ( $P = 0,0563$ ).

4. Se observó que sólo el deporte podía ser considerado como un factor protector para la acumulación de %COHb a largo plazo (%COHb-inicial) ( $OR = 0,09$ ;  $P = 0,016$ ; IC 95%: 0,012; 0,634) y que solo la protección podía ser considerado como un factor protector para la acumulación de %COHb a corto plazo (%COHb-final) ( $OR = 0,086$ ;  $P = 0,008$ ; IC 95%: 0,014; 0,527).



## 6. RECOMENDACIONES

De acuerdo a lo expuesto en este estudio investigativo, y con el objetivo de aportar datos estadísticos para futuras investigaciones en el mejoramiento de calidad de aire laboral y esencialmente para brindar una salud íntegra a los trabajadores que se encuentran expuestos a CO, se plantea las siguientes recomendaciones.

- Control exhaustivo por parte de la gerencia u otras autoridades de las estaciones de servicio-gasolineras para el uso estricto de la mascarilla de protección, con el propósito de evitar la inhalación del gas contaminante durante la jornada laboral.
- Mecanismos de ventilación en las áreas de trabajo, permitiendo una mayor dispersión del humo emanado de los escapes de los vehículos livianos o pesados (éstos últimos producen mayor contaminación).
- Incentivar a los trabajadores-dispensadores a la actividad física deportiva, ya que éste factor ayuda a eliminar el CO inhalado durante la jornada laboral, es decir evitará la acumulación de CO en el organismo debido a que se incrementa la función respiratoria, permitiendo mantener un buen estado de salud.
- Los trabajadores debería considerar el hábito de fumar, debido a que éste factor favorece al incremento de COHb, ayudando a una acumulación crónica de CO en el organismo, que conllevará a disfunciones de órganos y sistemas.
- Dada la exposición crónica de los dispensadores de las gasolineras al humo emanado por los escapes de los automotores, se recomienda a aquellas personas que deseen realizar futuras investigaciones de CO en sangre, desarrollen análisis en trabajadores de descargue de gasolina (jefes de pista), personal de oficinas en gasolineras (secretarias), trabajadores de parqueaderos, personal encargado del control de funcionamiento de maquinarias en zonas industriales, bomberos.
- Los monitoreos de %COHb, deben ser realizados cada 6 meses al final de la jornada laboral, debido a que el CO en el organismo tiene una vida media corta de 4 horas, manteniendo un control periódico del CO en el aire ambiental.



- Considerar efectuar el mismo caso de estudio en otros sectores de la ciudad de Cuenca, pero con un monitoreo más amplio (varios días), en conjunto con la evaluación o medición del aire laboral.
- Es importante mencionar que éste tipo de estudio, involucra a profesionales de diferentes áreas afines al tema, como Ingenieros ambientales e industriales, para buscar soluciones al problema ambiental y sus efectos que produce a la salud.





## BIBLIOGRAFÍA

- 1) Alberto, P. C. (2012). *Introducción a la Toxicología Forense*. Superintendencia de policía científica; Jefe de división de casos especiales y secuencias Fáctica., Instituto Universitario de la Policía Científica, Argentina. Recuperado el 07 de 01 de 2015, de <http://licpablocesaralberto.blogspot.com/p/quimica.html>
- 2) Alvarado, & Hernández, G. (2008). *"Efectos del Monóxido de Carbono en la Salud de los Comerciantes de la ciudad de Loja" ABRIL- AGOSTO 2008*. Escuela de Medicina. Loja- Ecuador: Universidad Técnica Particular de Loja, Area Biológica. Recuperado el 2014 de 12 de 24, de [http://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/1641/3/UTPL\\_Alvarado\\_Zumba\\_Jose\\_Daniel\\_360X1079.pdf](http://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/1641/3/UTPL_Alvarado_Zumba_Jose_Daniel_360X1079.pdf)
- 3) Alvarez, S. M. (10 de 03 de 2010). Centro para el Control y la Prevención de Enfermedades ;. *Preguntas frecuentes sobre el riesgo de intoxicación con Monóxido de Carbono*, págs. <http://www.wunitv.com/2014/01/21/preguntas-frecuentes-sobre-el-riesgo-de-intoxicacion-con-monoxido-de-carbono/>.
- 4) Badilla, G. L., & Rosales, A. (2006). *Análisis de Monóxido de carbono y su efecto en muertes de cerebro*. Revista Ciencias.com, Colegio Nacional de Educación Profesional y Técnica CONALEP, Escuela de Idiomas Universidad Autónoma de Baja California Mexicali, Mexico- Mexicali. Obtenido de <http://www.revistaciencias.com/publicaciones/EEVVFEupyAaBJCUhry.php>
- 5) Barroso, A. ,. (2008). *Análisis de los gases de escape en vehículos de gasolina catalizados / Francisco Javier Barroso Ares*. En: CESVIMAP : revista técnica de reparación y peritación de daños en carrocería y pintura de automóviles. Madrid: CESVIMAP. Recuperado el 2014 de 11 de 26, de [http://www.mapfre.com/documentacion/publico/i18n/catalogo\\_imagenes/grupo.cmd?path=1036430](http://www.mapfre.com/documentacion/publico/i18n/catalogo_imagenes/grupo.cmd?path=1036430)
- 6) Brandan, N., Aguirre, M., & Gimenez, C. (2008). *Hemoglobina*. Cátedra de Bioquímica – Facultad de Medicina - UNNE. Recuperado el 2014 de 12 de 24, de [https://docs.moodle.org/all/es/images\\_es/5/5b/Hemoglobina.pdf](https://docs.moodle.org/all/es/images_es/5/5b/Hemoglobina.pdf)



- 7) Danilin, O. (1999). *Combustión*. Cátedra de integración II, Universidad Tecnológica Nacional; Facultad Regional La Plata; Departamento de Ingeniería Química. Argentina: <http://www.frlp.utn.edu.ar/materias/integ2/combustion.pdf>.
- 8) DIEZ, A. J. (2007). *Cooximetría*. Madrid- España: Madrid Salud. Recuperado el 07 de 01 de 2015, de [http://www.madrid.es/UnidadesDescentralizadas/Salud/Publicaciones%20Propias%20Madrid%20salud/Otros%20documentos%20y%20procedimientos/manual\\_tecnicas\\_enfermeria\\_noviembre.pdf](http://www.madrid.es/UnidadesDescentralizadas/Salud/Publicaciones%20Propias%20Madrid%20salud/Otros%20documentos%20y%20procedimientos/manual_tecnicas_enfermeria_noviembre.pdf)
- 9) EPA. (2009). *Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos*. Recuperado el 11 de 13 de 2014, de Monóxido de carbono: <http://www.epa.gov/espanol/saludhispana/monoxido-ex.html>
- 10) Espí, & Cabañero. (2012). *Manual de Intoxicaciones en Pediatría; Santiago Mintegi*. M. de la Torre Espí; Cabañero Molina J.c, Grupo de Trabajo de Intoxicaciones de la Sociedad Española de Urgencias de Pediatría. Madrid, España: Ergon tercera Edición. Recuperado el 6 de 01 de 2015, de [http://www.fetoc.es/asistencia/intox\\_manual\\_pediat\\_3.pdf](http://www.fetoc.es/asistencia/intox_manual_pediat_3.pdf)
- 11) Frago, C. (10 de octubre de 2013). *youtube*. (F. Carlos, Editor) Recuperado el 07 de 01 de 2015, de google: <https://www.youtube.com/watch?v=MDTcP-AZQ9s>
- 12) García, S. I. (2011). *Guía de prevención, diagnóstico, tratamiento y vigilancia epidemiológica de las intoxicaciones por monóxido de carbono*. Programa Nacional de Prevención y Control de las Intoxicaciones, Ministerio de Salud de la Nación. Buenos Aires:: 1a ed. Recuperado el 2014 de 12 de 30, de [http://www.msal.gov.ar/images/stories/bes/graficos/0000000335cnt-06-Guia\\_intoxic\\_monoxido.pdf](http://www.msal.gov.ar/images/stories/bes/graficos/0000000335cnt-06-Guia_intoxic_monoxido.pdf)
- 13) Gisbert, & Villanueva. (2004). *Monóxido de Carbono*. Medicina Legal y Toxicología. España: 6ta Edición Masson. Recuperado el 2014 de 12 de 17, de <http://es.scribd.com/doc/108845118/MEDICINA-LEGAL-Y-TOXICOLOGIA-Gisbert-Calabuig-J-A-amp-Villanueva-Canadas-E#scribd>
- 14) Gutierrez, M. (2009). *Intoxicación por Monóxido de Carbono*. Universidad Nacional de Colombia, Profesor Asistente de Toxicología. Colombia: Gutierrez. MD. Recuperado el 2014 de 12 de 30, de [http://www.aibarra.org/Apuntes/criticos/guias/intoxicaciones/intoxicacion\\_por\\_monoxido\\_de\\_carbono.pdf](http://www.aibarra.org/Apuntes/criticos/guias/intoxicaciones/intoxicacion_por_monoxido_de_carbono.pdf)



- 15) Guyton, Arthur, H., & Jhon. (2006). *Monóxido de Carbono*. Barcelona-España: Editorial ELSEIVER 11va edición. Recuperado el 2014 de 12 de 23, de <https://books.google.com.ec/books?id=UMYoE90LPmcC&printsec=frontcover&dq=fisiolog%C3%ADa+m%C3%A9dica+Guyton+11+edici%C3%B3n+mon%C3%B3xido+de+carbono&hl=es&sa=X&ei=XbOZVN-eDqaMsQTTjYGICw&ved=0CB0Q6AEwAA#v=onepage&q&f=false>
- 16) Hernández, Pusajo, & Egurrola. (1994). *Medicina Crítica y Terapia Intensiva, Fisiopatología, Diagnóstico y Terapia, Intoxicación por Monóxido de Carbono*. Google libros. Argentina, Buenos Aires: HERNADEZ EDITORES, . doi:ISBN 9509960179, 9789509960176
- 17) INECCmex. (2009). *Los Vehículos Automotores como Fente de Emisión*. Instituto Nacional de Ecología y cambio climático, Gobierno mexicano. Mexico; [http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/consultaPublicacion.html?id\\_pub=618](http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/consultaPublicacion.html?id_pub=618): Guía Metodológica para la estimación de emisiones Vehiculares. doi:ISBN: 978-607-790-801-2
- 18) INEN. (Quito, Ecuador de 2002). *Gestión Ambiental. Aire*. Recuperado el 12 de 19 de 2014, de Instituto Ecuatoriano de Normalización first edition: <file:///C:/Users/usuario%201/Downloads/Norma%20Tecnica%20Ecuatoriana%20NTE%20INEN%202%20204%20-%202002.pdf>
- 19) Landman Navarro C. (2005). *Manual de Técnicas de toma de muestras para exámenes de laboratorio*. Universidad de Valparaíso. Argentina- Valparaiso: Edición y Diagramación Cecilia Landman Navarro, Magister en ducación; Actualización y colaboración Profesora Johana Vidal Ortega . Recuperado el 20 de 01 de 2015
- 20) López, f. (2009). *Intoxicación por monóxido de carbono*. España: Murcia Salud. Recuperado el 16 de 12 de 2014, de <http://www.murciasalud.es/toxiconet.php?iddoc=172106&idsec=4014>
- 21) Mendoza, D. (2014). *Gases de Escape y Sistemas Anticontaminación*. Aficionados de la mecanica. Recuperado el 2014 de 12 de 24, de <http://www.aficionadosalamecanica.net/emision-gases-escape.htm>
- 22) Ministerio de Salud. (2014). *Intoxicación por monóxido de carbono*. Presidencia de la Nación. Argentina: Buenos Aires: Programa Nacional de Prevención y Control de las Intoxicaciones - See more at: <http://www.msal.gov.ar/index.php/programas-y-planes/315-programa-nacional-de-prevencion-y-control-de-las-intoxicaciones#sthash.zHcqDZxS.dpuf>. Recuperado el 16 de 01 de 2015, de <http://www.msal.gov.ar/index.php/contacto/334-intoxicacion-por-monoxido-de-carbono>



- 23) Montaner., G. (2011). *Enfermedad broncopulmonar obstructiva; curva de disociación de la oxihemoglobina*. bgb-biogen, Argentina- Buenos Aires. Recuperado el 14 de 12 de 29, de <http://www.bgb-biogen.com/eboc/libroeboc2.3.2.php>
- 24) Oliu, & Inoriza. (2011). *Intoxicación por Monóxido de Carbono. Daño celular y síndrome neurológico tardío*. e-mail: [info@difusionjuridica.com](mailto:info@difusionjuridica.com), ISBN-13: 9788495545527. MADRID 28015: Difusión Jurídica y Temas de Actualidad S.A. doi:[http://www.imedicinas.com/pfw\\_files/cma/pdffiles/Net-intoxicaciones/c09751184.pdf](http://www.imedicinas.com/pfw_files/cma/pdffiles/Net-intoxicaciones/c09751184.pdf)
- 25) Oliu, G., Nogue, C., & Miro, O. (2010). *Intoxicación por Monóxido de Carbono*.: servicio de Medicina Interna. Hospital de Palamós. Girona, España., España Barcelona. Recuperado el 17 de 12 de 2014, de <http://www.dep4.san.gva.es/contenidos/urg/archivos/guias/2010/Intoxicacion%20por%20monoxido%20de%20carbono%20%28Revision%29.pdf>
- 26) Paris, E. D. (2010). *Intoxicación por Monóxido de Carbono*. Información en línea, Universidad de Medicina de Chicago, Comer Children's Hospital, USA. Chicago. Recuperado el 16 de 01 de 2015, de <http://www.uchicagokidshospital.org/online-library/content=S05937>
- 27) Perez, C., & Marchesse, M. (2013). *Intoxicación por Monóxido de Carbono*. Programa de Medicina , Facultad de Medicina. Chile: P. Universidad Católica de Chile. Recuperado el 16 de 01 de 2015, de [http://www.urgenciauc.com/profesion/intox\\_monox.htm](http://www.urgenciauc.com/profesion/intox_monox.htm)
- 28) Pérez, F. (2008). *Monóxido de carbono*. Seguridad, Higiene y Medio Ambiente SIAFA, laboratorio certificado ISO 9001. Buenos Aires: SGS con acreditación UKAS y OAA. Recuperado el 05 de 11 de 2014, de <http://www.siafa.com.ar/notisiafa/13/monoxidodecarbono.pdf>
- 29) Ridolfi, & Alvarez. (2014). *Monóxido de Carbono - Ácido cianhídrico y Cianuros alcalinos*. Facultad de Farmacia y Bioquímica, Cátedra de Toxicología clínica y legal. Buenos Aires: Prof. dra Edda C. Villaamil Lepori : autores: Profesoras Bioquímicas Ridolfi A; Alvarez G;. Recuperado el 2015 de 01 de 16, de <http://es.slideshare.net/arielaranda2/seminario-y-trabajo-prctico-n-1-2014>
- 30) Romero, & Espinoza. (2011). *Determinación sanguínea de Monóxido de Carbono en residentes del Centro Histórico de la Ciudad de Cuenca y Comparación con la concentración de CO en el Aire de Ambiente*. Jessenia Romero, Jofre Espinoza. Cuenca: UNiversidad de Cuenca; Facultad de Ciencias Químicas; Escuela de Bioquímica y Farmacia. Recuperado el 12 de 11 de 2014



- 31) Roque, D. C. (2012). Determinación de Carboxihemoglobina en sangre. <http://es.scribd.com/doc/93107026/DETERMINACION-DE-CARBOXIHEMOGLOBINA-EN-SANGRE-POR-COLORIMETRIA>. Recuperado el 23 de 12 de 2014
- 32) Rosas C, R. (2014). *Riesgo Toxicológico dell Monóxido de Carbono en el Ambiente Laboral de la Empresa Consorcio Revision Vehicular DANTON-CUENCA*. (D. R. MSc, Ed.) Recuperado el 15 de 10 de 2014, de google: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/5083/1/TESIS.pdf>
- 33) Téllez, J., Rodriguez, A., & Fajardo, A. (1 de 08 de 2006). *Google*. Recuperado el 15 de 12 de 2014, de Revista de Salud Pública: PDF: <http://www.redalyc.org/pdf/422/42280110.pdf>
- 34) Tulsma. (2013). *Gestión Ambiental: Norma de calidad del Aire ambiente*. (L. V.-D. ESPOL, Productor) Recuperado el 22 de 12 de 2014, de Ministerio del Ambiente: <http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/6078/43/LIBRO%20VI%20Anexo%203.pdf>
- 35) Varas. (2010). *Google*. (V. H. M., Ed.) Recuperado el 12 de 22 de 2014, de "GERMANIA", 2da Compañía de Bomberos: <http://www.anb.cl/bibliote/Monoxido.pdf>
- 36) Vargas, T. (2009). *Toxicidad por Monóxido de Carbono*. Secretaría de Salud y Y corp-visionarios. Bogotá: VARGAS T L.E. Recuperado el 2014 de 12 de 30, de [http://www.geocities.ws/lucho16/documents/Monoxido\\_Carbono\\_L\\_Vargas](http://www.geocities.ws/lucho16/documents/Monoxido_Carbono_L_Vargas)
- 37) Varon J, M. P. (1997). *Envenenamiento por Monóxido de Carbono; Carbon Monoxide Poisoning*. The University of Texas M.D. Anderson Cancer Center, he Internet Journal of Emergency and Intensive Care Medicine, TEXAS. Recuperado el 2014 de 12 de 23, de <tps://www.uam.es/departamentos/medicina/anesnet/revistas/ijeicm/vol1n2e/articulos/co.htm>



# ANEXOS



## **Anexo 1: CONSENTIMIENTO INFORMADO**

### **CONSENTIMIENTO INFORMADO VOLUNTARIO PARA LA PARTICIPACIÓN DE ADULTOS EN EL ESTUDIO QUE DETERMINA LA CARBOXIHEMOGLOBINA AL INICIO Y FINAL DE JORNADA LABORAL EN TRABAJADORES DE ESTACIONES DE SERVICIO-GASOLINERAS DE LA ZONA SUR-OESTE DE LA CIUDAD DE CUENCA.**

Estimado Paciente:

La presente tiene por objetivo informarle que Ud. puede participar en el estudio investigativo que se va a realizar con la participación de los docentes y estudiantes de la Carrera de Bioquímica y Farmacia de la Universidad de Cuenca. La investigación que se va a desarrollar es: "DETERMINACION DE CARBOXIHEMOGLOBINA AL INICIO Y FINAL DE JORNADA LABORAL EN TRABAJADORES-DISPENSADORES DE ESTACIONES DE SERVICIO-GASOLINERAS DE LA ZONA SUR-OESTE DE LA CIUDAD DE CUENCA". Este estudio está autorizado y con visto bueno por las autoridades de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad de Cuenca.

#### **PROCEDIMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN:**

- Determinar porcentaje de carboxihemoglobina (% COHb) en muestras de sangre al inicio y final de jornada laboral de cada estación de servicio por turno laboral.
- Comparar los valores del %COHb obtenidos con los valores referenciales de %COHb para la ciudad de Cuenca.
- Comparar los valores obtenidos de %COHb de inicio y final de jornada entre los diferentes turnos laborales en cada gasolinera.
- Comparar valores obtenidos de las pruebas toxicológicas de acuerdo a la ubicación de cada estación de servicio.
- Dar a conocer los resultados a los trabajadores y directivos de cada gasolinera.
- Incentivar la seguridad plena hacia los trabajadores que sean susceptibles a altos grados de contaminación.





**IMPORTANCIA DEL ESTUDIO:** Si usted participa de este estudio, Ud. podrá ayudar a la determinación en sangre del porcentaje de Carboxihemoglobina formado, tomando relación al inicio y final de su jornada laboral.

**PROCEDIMIENTOS A SEGUIR:** Si Ud. participa en este estudio se realizará el siguiente procedimiento:

A cada trabajador se le realizará una toma de muestra de sangre (en la vena superficial de la flexura del codo) al inicio y una segunda toma al final de su jornada laboral. En cada procedimiento se extraerá un tubo de muestra con una capacidad aproximada de 4 mL de sangre.

Preparación del paciente para la toma de muestra:

1. Correcta identificación del paciente (dos nombre y dos apellidos)
2. Posición (sentado).

Técnica:

1. Aplicar el torniquete
2. Cerrar el puño del paciente
3. Seleccionar la vena superficial de la flexura del codo o lugar de punción
4. Limpiar con alcohol el lugar elegido para realizar la punción
5. Realizar la punción
6. Liberar el torniquete
7. Abrir el puño del paciente
8. Extraer la aguja
9. Presionar suavemente el lugar de la punción con algodón humedecido en alcohol
10. Etiquetar correctamente cada tubo
11. Traslado y procesado de las muestras de sangre en los laboratorios de la Universidad de Cuenca.

**BENEFICIOS:** Si usted autoriza su participación en este estudio, tendrá los siguientes beneficios.







- Informarse de la importancia de un monitoreo de monóxido de carbono en sangre
- Conocer el nivel de exposición al (CO) monóxido de carbono en su puesto de trabajo

La participación en este estudio es estrictamente voluntaria. La información que se recoja será confidencial y no se usará para ningún otro propósito. Sus respuestas a la encuesta serán codificadas y anónimas. Si alguna de las preguntas durante la encuesta le parece incomoda, tiene usted el derecho de hacérselo saber al investigador.

Usted puede retirarse en cualquier momento si así lo desea.

Si tiene alguna duda sobre este proyecto, puede hacer preguntas en cualquier momento durante su participación a la Dra. Ruth Rosas C docente en el área de Toxicología de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad de Cuenca.

Desde ya le agradecemos su participación.

Yo, -----  
-----con Cédula de Identidad-----  
-----, Acepto voluntariamente participar en esta investigación. He sido informado/a en todos los aspectos de este estudio. “DETERMINACION DE CARBOXIHEMOGLOBINA AL INICIO Y FINAL DE JORNADA LABORAL EN TRABAJADORES DE ESTACIONES DE SERVICIO-GASOLINERAS DE LA ZONA SUR-OESTE DE LA CIUDAD DE CUENCA”.

-----  
FIRMA DEL TRABAJADOR VOLUNTARIO.

-----  
ALUMNA TATIANA DURAN C

-----  
DRA. RUTH ROSAS C





## Anexo 2: ENCUESTA DE CARACTERÍSTICAS PERSONALES Y LABORALES

“DETERMINACION DE CARBOXIHEMOGLOBINA AL INICIO Y FINAL DE JORNADA LABORAL EN TRABAJADORES DE ESTACIONES DE SERVICIO-GASOLINERAS DE LA ZONA SUR-OESTE DE LA CIUDAD DE CUENCA”.

### ENCUESTA:

**RESPONSABLE:** SRTA. TATIANA DURÁN CASTRO

**ESTACION DE SERVICIO:** .....

**NOMBRES Y APELLIDOS:** .....

**EDAD:** .....

**PROCEDENCIA:** URBANO

RURAL

**GÉNERO:** MASCULINO

FEMENINO

**RECREACIÓN:** HABITUAL

NUNCA:

**HABITO DE FUMAR:** SI

NO

**EQUIPO DE PROTECCION:** SIEMPRE

AVECES

NUNCA





CARGO DE TRABAJO: .....

TIEMPO DE SERVICIO: .....

DURANTE SU JORNADA LABORAL, USTED HA SENTIDO:

|                              | SI                       | NO                       |
|------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| DOLOR DE CABEZA              | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| CANSANCIO                    | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| DIFICULTAD PARA RESPIRAR     | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| DIFICULTAD PARA CONCENTRARSE | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| NAUSEA/VÓMITO                | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| MAREO                        | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| OTRAS: .....                 |                          |                          |

FUERA DE SU JORNADA LABORAL, USTED HA SENTIDO:

|                              | SI                       | NO                       |
|------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| DOLOR DE CABEZA              | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| CANSANCIO                    | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| DIFICULTAD PARA RESPIRAR     | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| DIFICULTAD PARA CONCENTRARSE | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| NAUSEA/VÓMITO                | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| MAREO                        | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| OTRAS: .....                 |                          |                          |

HEMOGLOBINA (Hb): .....g/dL

CARBOXIHEMOGLOBINA (COHb): INICIO JORNADA ..... %

FINAL JORNADA .....%




**Anexo 3: BASE DE DATOS DE CARACTERÍSTICAS PERSONALES Y CONDICIONES DE TRABAJO:**

| ESTACIÓN DE SERVICIO | CÓDIGO | EDAD | PROCEDENCIA | GÉNERO | ACTIVIDAD DEPORTIVA | HÁBITO DE FUMAR | EQUIPO DE PROTECCIÓN | CARGO DE TRABAJO           | TIEMPO DE SERVICIO | SÍNTOMAS                                       |
|----------------------|--------|------|-------------|--------|---------------------|-----------------|----------------------|----------------------------|--------------------|--|
| KIESEL               | 1      | 35   | Urbano      | M      | Nunca               | No              | Nunca                | Dispensador de combustible | 1 año y 3 meses    | Cefalea, Fatiga                                |
|                      | 2      | 33   | Urbano      | M      | Habitual            | Si              | Nunca                | Dispensador de combustible | 2 meses            | Cefalea, Fatiga                                |
|                      | 3      | 22   | Urbano      | M      | Habitual            | Si              | Nunca                | Dispensador de combustible | 2 años             | Cefalea, Fatiga                                |
|                      | 4      | 36   | Rural       | M      | Nunca               | SI              | Nunca                | Dispensador de combustible | 4 meses            | Ninguno  |
|                      | 5      | 27   | Urbano      | M      | Habitual            | Si              | Nunca                | Dispensador de combustible | 1 año              | Fatiga   |
|                      | 6      | 49   | Urbano      | M      | Habitual            | Si              | Nunca                | Dispensador de combustible | 4 meses            | Fatiga, Dificultad para concentrarse           |
|                      | 7      | 58   | Urbano      | M      | Nunca               | Si              | Nunca                | Dispensador de combustible | 9 años y 5 meses   | Cefalea, Fatiga, Dificultad para concentrarse. |





| ESTACIÓN DE SERVICIO | CÓDIGO | EDAD   | PROCEDENCIA | GÉNERO   | ACTIVIDAD DEPORTIVA | HÁBITO DE FUMAR | EQUIPO DE PROTECCIÓN       | CARGO DE TRABAJO           | TIEMPO DE SERVICIO | SÍNTOMAS  |
|----------------------|--------|--------|-------------|----------|---------------------|-----------------|----------------------------|----------------------------|--------------------|---|
| DON BOSCO            | 8      | 48     | Urbano      | F        | Nunca               | Si              | Nunca                      | Dispensador de combustible | 12 años            | Cefalea, mareo  |
|                      | 9      | 25     | Urbano      | F        | Nunca               | Si              | Nunca                      | Dispensador de combustible | 6 meses            | Cefalea, Fatiga, Dificultad para respirar y concentrarse, náusea, |
|                      | 10     | 21     | Urbano      | F        | Habitual            | Si              | A veces                    | Dispensador de combustible | 1 año y 9 meses    | Cefalea, Fatiga, náusea   |
|                      | 11     | 36     | Urbano      | M        | Habitual            | Si              | Nunca                      | Dispensador de combustible | 11 años            | Fatiga,   |
|                      | 12     | 45     | Rural       | M        | Habitual            | Si              | A veces                    | Dispensador de combustible | 5 años             | Fatiga  |
|                      | 13     | 27     | Urbano      | F        | Habitual            | Si              | Nunca                      | Dispensador de combustible | 4 años             | Cefalea, Fatiga   |
|                      | 14     | 34     | Rural       | M        | Habitual            | No              | Siempre                    | Dispensador de combustible | 1 año              | Cefalea, Fatiga   |
|                      | 15     | 37     | Urbano      | F        | Nunca               | Si              | A veces                    | Dispensador de combustible | 2 años             | Cefalea, Fatiga   |
|                      | 16     | 22     | Rural       | M        | Habitual            | No              | A veces                    | Dispensador de combustible | 1 mes              | Cefalea, Dificultad para concentrarse                             |
|                      | 17     | 46     | Rural       | M        | Habitual            | Si              | A veces                    | Dispensador de combustible | 9 años             | Cefalea, Fatiga   |
|                      | 18     | 25     | Rural       | M        | Habitual            | No              | A veces                    | Dispensador de combustible | 1 mes              | Ninguno   |
|                      | 19     | 21     | Urbano      | M        | Habitual            | Si              | A veces                    | Dispensador de combustible | 15 Días            | Ninguno   |
|                      | 20     | 31     | Urbano      | M        | Habitual            | Si              | Nunca                      | Dispensador de combustible | 1 año              | Cefalea, Fatiga   |
| 21                   | 21     | Urbano | M           | Habitual | Si                  | Nunca           | Dispensador de combustible | 6 meses                    | Ninguno            |   |





| ESTACIÓN DE SERVICIO | CÓDIGO | EDAD | PROCEDENCIA | GÉNERO | ACTIVIDAD DEPORTIVA | HÁBITO DE FUMAR | EQUIPO DE PROTECCIÓN | CARGO DE TRABAJO           | TIEMPO DE SERVICIO | SÍNTOMAS   |
|----------------------|--------|------|-------------|--------|---------------------|-----------------|----------------------|----------------------------|--------------------|--|
| GONZÁLEZ             | 22     | 44   | Rural       | M      | Habitual            | Si              | A veces              | Dispensador de combustible | 23 años            | Fatiga, mareo  |
|                      | 23     | 20   | Urbano      | M      | Nunca               | Si              | A veces              | Dispensador de combustible | 1 año y 6 meses    | Cefalea, Fatiga, Dificultad para concentrarse                      |
|                      | 24     | 43   | Urbano      | M      | Habitual            | Si              | A veces              | Dispensador de combustible | 6 años             | cefalea  |
|                      | 25     | 46   | Rural       | M      | Habitual            | Si              | A veces              | Dispensador de combustible | 24 años            | ninguno  |
|                      | 26     | 20   | Urbano      | M      | Habitual            | No              | A veces              | Dispensador de combustible | 9 meses            | Fatiga, Dificultad para respirar                                   |
|                      | 27     | 22   | Rural       | M      | Habitual            | Si              | A veces              | Dispensador de combustible | 4 años             | Cefalea, fatiga, Dificultad para concentrarse                      |
|                      | 28     | 38   | Rural       | H      | Habitual            | Si              | A veces              | Dispensador de combustible | 20 años            | Cefalea, fatiga, Dificultad para concentrarse, <i>ardor visual</i> |
|                      | 29     | 40   | Urbano      | M      | Habitual            | No              | A veces              | Dispensador de combustible | 12 años            | Cefalea, fatiga, Dificultad para concentrarse y respirar, mareo.   |





**Anexo 4: BASE DATOS DE NÚMERO DE TRABAJADORES Y HORARIOS DE TRABAJO.**

| <b>ESTACIÓN DE SERVICIO</b> | <b>JORNADA LABORAL</b>           | <b>NÚMERO DE TRABAJADORES</b> |
|-----------------------------|----------------------------------|-------------------------------|
| <b>Gasolinera KIESEL</b>    | Diurno (6:30 am)-(14:30 pm)      | 3 personas                    |
|                             | Vespertino (14:30 pm)-(22:30 pm) | 3 personas                    |
|                             | Nocturno (22:30 pm)-(6:30 am)    | 1 persona                     |
| <b>Gasolinera GONZÁLEZ</b>  | Diurno (6:30 am)-(14:30 pm)      | 5 personas                    |
|                             | Vespertino (14:30 pm)-(22:30 pm) | 5 personas                    |
|                             | Nocturno (22:30 pm)-(6:30 am)    | 4 personas                    |
| <b>Gasolinera DON BOSCO</b> | Diurno (6:00 am)-(14:00 pm)      | 3 personas                    |
|                             | Vespertino (14:00 pm)-(22:00 pm) | 3 personas                    |
|                             | Nocturno (22:00 pm)-(6:00 am)    | 2 personas                    |



**Anexo 5: COMPARACION DE PORCENTAJE DE CARBOXIHEMOGLOBINA INICIO, FINAL Y DELTA DE LAS TRES ESTACIONES DE SERVICIO CON POBLACIÓN CONTROL.**

| ESTACIÓN DE SERVICIO | CÓDIGO | (%COHb) INICIAL | (%COHb) FINAL | (%COHb) DELTA | POBLACIÓN CONTROL |
|----------------------|--------|-----------------|---------------|---------------|-------------------|
| <b>KIESEL</b>        | 1      | 0,98            | 5,89          | 4,91          | <b>2,48</b>       |
|                      | 2      | 0,47            | 11,28         | 10,81         | <b>1</b>          |
|                      | 3      | 2,32            | 11,13         | 8,81          | <b>3,23</b>       |
|                      | 4      | 10,34           | 11,97         | 1,63          | <b>0,4</b>        |
|                      | 5      | 9,42            | 12,19         | 2,77          | <b>0,51</b>       |
|                      | 6      | 12,03           | 14,44         | 2,41          | <b>2</b>          |
|                      | 7      | 12,98           | 15,34         | 2,36          | <b>2</b>          |
| <b>DON BOSCO</b>     | 8      | 9,37            | 14,99         | 5,62          | <b>0,78</b>       |
|                      | 9      | 14,45           | 24,34         | 9,89          | <b>2,02</b>       |
|                      | 10     | 4,93            | 11,96         | 7,03          | <b>2,06</b>       |
|                      | 11     | 7,9             | 14,58         | 6,68          | <b>3,29</b>       |
|                      | 12     | 9,46            | 18,34         | 8,88          | <b>3,01</b>       |
|                      | 13     | 8,07            | 16,15         | 8,08          | <b>2,1</b>        |
|                      | 14     | 2,89            | 5,79          | 2,9           | <b>1,88</b>       |
|                      | 15     | 11,95           | 14,93         | 2,98          | <b>2,39</b>       |
|                      | 16     | 1,1             | 7,15          | 6,05          | <b>2,3</b>        |
|                      | 17     | 8,96            | 14,93         | 5,97          | <b>3,29</b>       |
|                      | 18     | 2,49            | 7,48          | 4,99          | <b>2,1</b>        |
|                      | 19     | 10,71           | 13,78         | 3,07          | <b>1,88</b>       |
|                      | 20     | 7,05            | 11,59         | 4,54          | <b>2,48</b>       |
|                      | 21     | 2,45            | 5,88          | 3,43          | <b>2,48</b>       |
| <b>GONZÁLEZ</b>      | 22     | 0,99            | 2,96          | 1,97          | <b>2,4</b>        |
|                      | 23     | 3,24            | 5,45          | 2,21          | <b>2,39</b>       |
|                      | 24     | 5,38            | 5,55          | 0,17          | <b>2,1</b>        |
|                      | 25     | 0,96            | 3,53          | 2,57          | <b>2,39</b>       |
|                      | 26     | 1,61            | 2,72          | 1,11          | <b>3,29</b>       |
|                      | 27     | 1,11            | 1,13          | 0,02          | <b>2,23</b>       |
|                      | 28     | 2,65            | 7,35          | 4,7           | <b>2,48</b>       |
|                      | 29     | 2,25            | 5,96          | 3,71          | <b>2,48</b>       |





## **Anexo 6: TÉCNICA DE TOMA DE MUESTRA**

### **Técnica:**

- 1) Aplicar el torniquete
- 2) Cerrar el puño del paciente
- 3) Seleccionar la vena superficial de la flexura del codo o lugar de punción
- 4) Limpiar con alcohol el lugar elegido para realizar la punción
- 5) Realizar la punción
- 6) Liberar el torniquete
- 7) Abrir el puño del paciente
- 8) Extraer la aguja
- 9) Presionar suavemente el lugar de la punción con algodón humedecido en alcohol
- 10) Etiquetar correctamente cada tubo
- 11) Traslado y procesado de las muestras de sangre en los laboratorios de la Universidad de Cuenca.



**Anexo 7: TÉCNICA DE DETERMINACIÓN DE HEMOGLOBINA EN SANGRE.**

**MÉTODO CIANOMETAHEMOGLOBINA (Método de Drabkin):** se fundamenta en la determinación del cianuro de hemiglobina (HiCN) o también conocida como Cianometahemoglobina. Ésta se convierte cuando la hemoglobina en presencia de ferrocianuro, se oxida a Hemiglobina (Hi), llamada también metahemoglobina quien se combina a su vez con iones cianuro a pH 7.2, convirtiéndose en HiCN, cuya absorbancia a 540nm de longitud es directamente proporcional a la concentración de Hb.

**Contenido del reactivo y preparación:**

- ✓ 1 x 100 mL (Ref. 99 60 23)
- ✓ Reactivo de Drabkin concentrado (1:100) (Ref.99 03 11)
- ✓ Añadir 900 mL de agua desionizada en 100 mL de reactivo concentrado.
- ✓ Guardar en un frasco ámbar de 1L, bien tapado, etiquetado, y en un lugar oscuro.

El reactivo, mantenido a temperatura ambiente (15 - 25° C), es estable hasta la fecha de caducidad indicada en la etiqueta.

*Las concentraciones en la disolución reactiva son:*

|                               |
|-------------------------------|
| Ferricianuro de potasio       |
| Cianuro Potásico              |
| Conservantes y estabilizantes |



**Figura 11:** Reactivo de Drabkin para le determinación de hemoglobina en sangre.

**Fuente:** fotografía realizada por la autora.



### Esquema del ensayo

| Técnica  | Blanco (mL) | Patrón (mL)     |
|--|-------------|-----------------|
| Muestra  | ----        | 0.02 mL /100 uL |
| Reactivo de Drabkin  | 5,00        | 5,00            |
| Homogenizar e incubar 10 minutos a temperatura ambiente (20-25 °C). Leer |             |                 |

Leer la absorbancia en un espectrofotómetro a 540 nm de longitud de onda. La muestra de sangre a analizar debe ser con anticoagulante (Heparina o EDTA).

### Cálculos.

#### ***Cálculo del Factor y la concentración de Hb:***

|   |
|---|
| $\text{FACTOR} = \frac{\text{Concentración Patrón}}{\text{Absorbancia Patrón}}$ |
| $\text{Hemoglobina (g/dl)} = \text{Factor} \times \text{Abs. Muestra}$          |

#### **Valores referencia de Hb:**

Hombres: 14 – 18 g/dL

Mujeres: 12 – 16 g/Dl





## Anexo 8: PREPARACIÓN DE SOLUCIONES PARA LA DETERMINACIÓN DE COHb.

### ÁCIDO CLORHÍDRICO (HCl 0.01 N)

#### **Datos del HCl:**

- ✓ Peso molecular: 36 g
- ✓ Densidad: 1.19 g/cm<sup>3</sup>
- ✓ Riqueza: 37%

#### **Cálculos:**

Para preparar 250 cm<sup>3</sup> de solución HCl 0.01 N

36.5 g HCl.....1 N.....1000cm<sup>3</sup>

$$x = \frac{365 \text{ g} \times 0.01 \text{ N} \times 1000 \text{ cm}^3}{1 \text{ N} \times 1000 \text{ cm}^3}$$

X.....0.01 N.....1000cm<sup>3</sup>

$$x = 0,365 \text{ g HCl...}$$

0.01N...1000cm<sup>3</sup>

0.365 g HCl....0.01N.....1000cm<sup>3</sup>

$$x = \frac{0.365 \text{ g} \times 0.01 \text{ N} \times 250 \text{ cm}^3}{0.01 \text{ N} \times 1000 \text{ cm}^3}$$

X.....0.01N.....250 cm<sup>3</sup>

$$x = 0.09 \text{ g HCl al } 100\%$$

0.09 g HCl.....100%

$$x = \frac{0.09 \text{ g} \times 100 \%}{37 \%}$$

X.....37%

$$x = 0.24 \text{ g HCl al } 37\%$$

*Volumen a medir empleando la densidad.*

$$d = m/v \quad ; \quad v = m/d \quad ; \quad v = \frac{0.24 \text{ g}}{1.19 \text{ g/cm}^3} \quad ; \quad v = 0.20 \text{ cm}^3 \text{ HCl al } 37\%$$

**Preparación:** Con una pipeta tomar una alícuota de 0.20 cm<sup>3</sup> de HCl al 37%, pasar a un balón de aforo de 250 cm<sup>3</sup>, aforar con agua destilada.

### ÁCIDO SULFÚRICO (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> al 10%)

#### **Datos del H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>:**

- ✓ Peso molecular: 98 g
- ✓ Densidad: 1.84 g/cm<sup>3</sup>
- ✓ Riqueza: 95%



**Cálculos:**Preparar 250 cm<sup>3</sup> de solución de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> al 10 %10g H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.....100 cm<sup>3</sup> solución

$$x = \frac{10 \text{ g H}_2\text{SO}_4 \times 250 \text{ cm}^3}{100 \text{ cm}^3 \text{ de solución}}$$

X..... 250 cm<sup>3</sup> solución

$$x = 25 \text{ g H}_2\text{SO}_4 \text{ al } 100\%$$

25g H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.....100%

$$x = \frac{25 \text{ g} \times 100\%}{95 \%}$$

X.....95

$$x = 26.31 \text{ g H}_2\text{SO}_4 \text{ al } 95\%$$

Para añadir el volumen que se necesita se aplica la fórmula de la densidad.

$$d = m/v \quad ; \quad v = m/d \quad ; \quad v = \frac{26.31 \text{ g}}{1.84 \text{ g/cm}^3} \quad ; \quad v = 14.29 \text{ cm}^3 \text{ H}_2\text{SO}_4 \text{ al } 95\%$$

**Preparación:** se debe pipetear 14.29 cm<sup>3</sup> al 95% verter en un balón de aforo de 250 cm<sup>3</sup> de capacidad y aforar con agua destilada.

**CLORURO DE PALADIO (PdCl<sub>2</sub> 0.1% en HCl 0.01N)****Datos del PdCl<sub>2</sub>**

✓ Riqueza: 100%

**Cálculos:**Preparar 200 cm<sup>3</sup> de solución Clorhídrica de PdCl<sub>2</sub> 0.1%g PdCl<sub>2</sub>.....100cm<sup>3</sup> de solución

$$x = \frac{0.1 \text{ g PdCl}_2 \times 200 \text{ cm}^3}{100 \text{ cm}^3}$$

X=.....200 cm<sup>3</sup> de solución

$$x = 0.22 \text{ g PdCl}_2 \text{ al } 100\%$$

**Preparación:** pesar 0.22g de PdCl<sub>2</sub> y clocar en un vaso de precipitación, disolver en un volumen de 50 cm<sup>3</sup> de HCl 0.01N en caliente, y transferir a un balón de aforo de 200cm<sup>3</sup> da capacidad hasta completar el volumen.

**YODURO DE POTASIO (KI al 15 %)****Datos del KI**

✓ Riqueza: 100%

**Cálculos:**Preparar 200 cm<sup>3</sup> de solución de KI al 15%15g KI.....100cm<sup>3</sup> de solución

$$x = \frac{15 \text{ g PdCl}_2 \times 200 \text{ cm}^3}{100 \text{ cm}^3}$$





X=.....200 cm<sup>3</sup> de solución

x= 30 g KI al 100%.

**Preparación:** pesar 30g de KI y disolver en un vaso de precipitación con un volumen de 20 – 30 ml de agua destilada, luego pasar a un balón de aforo de 200cm<sup>3</sup>, hacer enjuagues de agua destilada en el vaso de precipitación y pasar al balón de aforo, hasta completar en volumen.

### **SOLUCIÓN DE GOMA ARÁBIGA al 0,1%**

**Preparación:** pesar 0,1 gramo de Goma arábica, de preferencia las de color más claro y disolver en caliente con agua destilada aproximadamente un volumen de 50cm<sup>3</sup>, luego transferir a un balón de aforo de 100cm<sup>3</sup> de capacidad y luego completar con agua destilada hasta el volumen señalado.





## Anexo 9: DETERMINACIÓN DE MONÓXIDO DE CARBONO EN SANGRE (CARBOXIHEMOGLOBINA COHb).

### MÉTODO QUÍMICO POR MICRODIFUSIÓN (Técnica de Feldstein-Klendshoj):

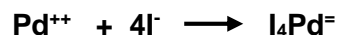
**Fundamento:** del compartimento exterior de la cámara de Conway se libera el CO en forma de COHb por la desnaturalización de las proteínas por el H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. El CO liberado es captado por la solución clorhídrica de PdCl<sub>2</sub> en la cámara central, luego de transcurrido un tiempo de difusión se procede a extraer un alícuota del compartimento central, donde, si hay la presencia de CO, la concentración del catión paladioso disminuye, ya que se reduce a paladio metálico (Pd<sup>0</sup>) que precipita el cual puede ser separado por centrifugación.

La interpretación química es la siguiente:



Se trabajara con la alícuota de la solución paladiosa centrifugada, frente a una alícuota de la solución original, las dos con una solución de KI, formándose complejos de Tetrayodo paladio, cuya extinción (mayor que la del PdCl<sub>2</sub>), se determina frente a un blanco de agua.

Químicamente:



Es necesario añadir Goma Arábica como protector, dado que el complejo tiende a precipitar.

**Muestra:** Sangre total. La extracción se hace al vacío (tubos vacutte de tapa verde de heparina), para impedir exponerla al aire, evitando pérdidas de CO, homogenizar siempre antes de su uso.

#### **Técnica:**

- 1) Verificar que las cámaras de microdifusión para el análisis, se encuentren limpias y secas.
- 2) Etiquetar las cámaras (números, letras y/o combinación de las dos) para cada una de las muestras a ser analizadas y una con la letra B para el blanco.





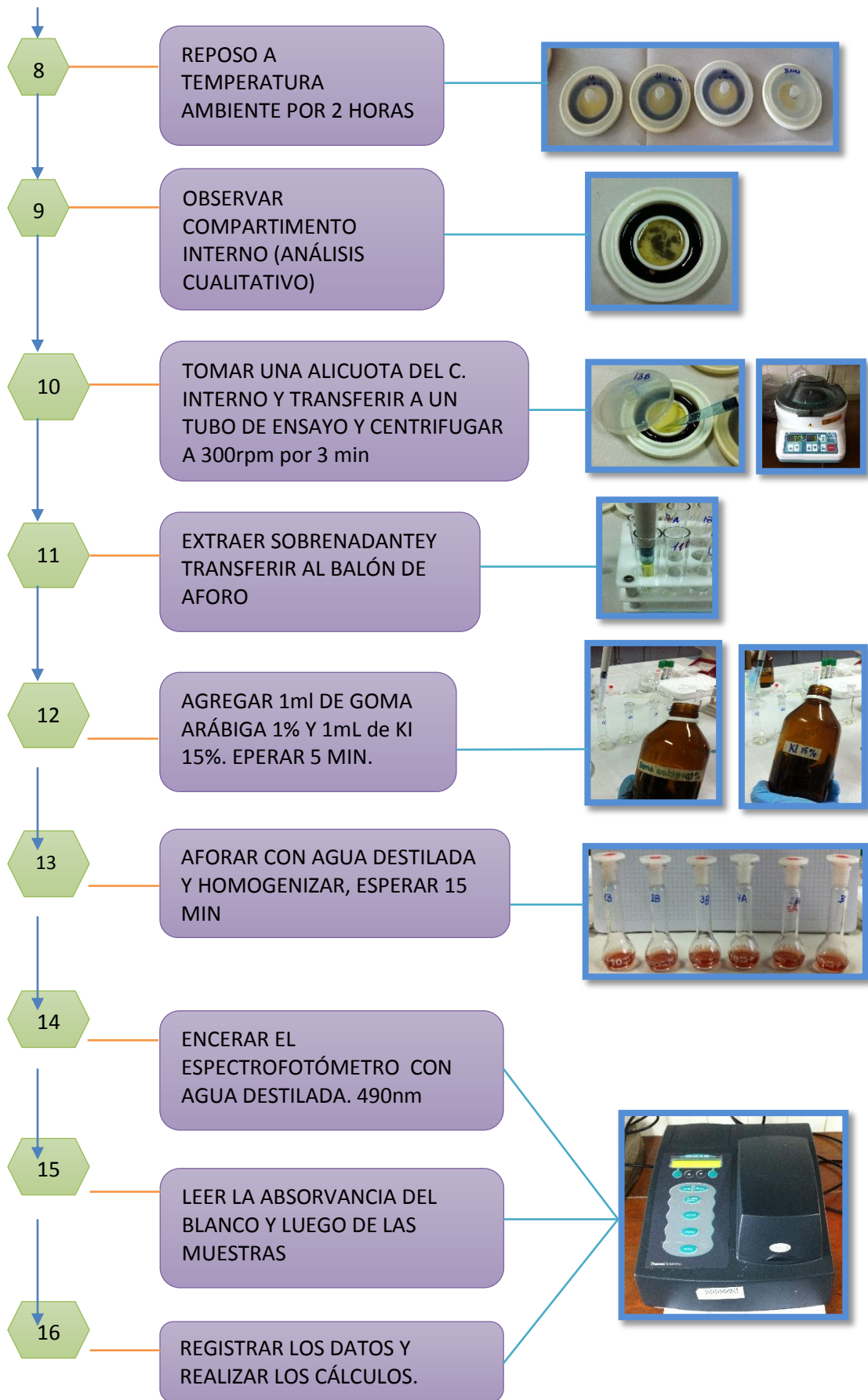
- 3) Colocar una gota de agua en los 4 extremos de la cámara superficial, para un cierre hermético
- 4) Colocar 1mL de  $H_2SO_4$  al 10%, a un lado del compartimento externo de la cámara.
- 5) Colocar 2mL de  $PdCl_2$  en HCl 0.01N en el compartimento central o interno de la cámara.
- 6) Colocar 1mL de sangre total (muestra), al otro lado del compartimento exterior de la cámara, frente al  $H_2SO_4$ .
- 7) Tapar inmediatamente la cámara y dar movimientos circulares varias veces hasta que se mezcle la sangre con el  $H_2SO_4$ .
- 8) Dejar en reposo a temperatura ambiente durante 2 horas en una superficie plana.
- 9) Transcurrido el tiempo, observar el compartimento interno de la cámara y verificar si existe la presencia de una película de color plata (análisis cualitativo)
- 10) Tomar una alícuota con pipeta automática, del compartimento central y transferir a un tubo de ensayo, centrifugar a 3000rpm por 3 min.
- 11) Extraer 100 $\mu$ L del sobrenadante y transferir a un balón de aforo de 10mL de capacidad.
- 12) Agregar 1mL de Goma Arábica 1% para evitar precipitaciones cuando se coloque el KI.
- 13) Agregar 1mL de KI al 15% al contenido anterior y esperar 5 minutos para que se produzca la reacción.
- 14) Aforar con agua destilada y homogenizar esperar 15 minutos.
- 15) Colocar una celda con agua destilada en el espectrofotómetro y encerrar a 490nm de longitud de onda.
- 16) El blanco se prepara siguiendo los pasos anteriores, sin utilizar muestra de sangre. El blanco no debe presentar el brillo metálico.
- 17) Se lee la absorbancia del blanco y luego de las muestras.
- 18) Registrar los datos obtenidos y realizar los cálculos necesarios para determinar el %COHb. (análisis Cuantitativo).





**FLUJOGRAMA.**





## ANALISIS

a) **Análisis Cualitativo:** una vez que transcurre el tiempo de difusión, si existe la presencia de CO en la muestra de sangre a analizada, aparece un precipitado de paladio ( $\text{Pd}^{\circ}$ ), o una película platinada metálica en la superficie de la cámara central que contiene  $\text{PdCl}_2$ , la intensidad de su presencia y formación dependerá de la concentración de CO y se lo reportará por cruces.



**Figura 12:** Película platinada metálica en la superficie de la cámara central.

**Fuente:** Fotografía realizada por la autora

b) **Análisis Cuantitativo:** para determinar el porcentaje de saturación de la Hb con CO (%COHb), es necesario conocer el valor de la concentración de la Hb, las lecturas de absorbancia de la Hb, del desconocido, y del blanco. Estos valores serán aplicados en las siguientes fórmulas:

$$mgCO\% = \frac{Db - Dd}{Db} \times 0.05335 \times 520$$

$$mgCO\% = \frac{Db - Dd}{Db} \times 27,75$$

Esta fórmula permite determinar los miligramos de CO en el complejo. Dónde:

- ✓ **Db:** densidad óptica del Blanco
- ✓ **Dd:** densidad óptica del desconocido
- ✓ **0.05335:** es la cantidad de cloruro de paladio contenido en 0.1 mL de solución de reactivo.
- ✓ **520:** proviene de multiplicar  $20 \times 100 \times 0.26$ , que son respectivamente el Factor de alícuota tomada de la cámara central (0.1mL/ 2mL), 100 para referir a 100mL de sangre y 0.26 el factor de conversión de mg  $\text{Pd}^{++}$  a mg de CO.



A continuación un ejemplo de aplicación de la fórmula con valores de una muestra de sangre analizada:

$$D_b = 0.202$$

$$D_d = 0.189$$

$$mgCO\% = \frac{0.202 - 0.189}{0.202} \times 27.75 = 1.78 mgCO\%$$

Para expresar el  $mgCO\%$  en  $mLCO\%$  se multiplica por el Factor 0,8:

$$mLCO\% = mgCO\% \times 0,8$$

El factor 0,8 resulta de la relación: 28mg de CO ocupan 22.4 ml a 0°C y 760 mm de presión.

$$28 \text{ ml de CO} \dots\dots\dots 22,4 \text{ ml}$$

$$1 \text{ ml de CO} \dots\dots\dots X=?$$

$$x = \frac{1 \text{ mLCO} \times 22,4}{28 \text{ mL CO}} = 0.8$$

Entonces:

$$mLCO\% = 1.78 mgCO\% \times 0.8 = 1.42 mLCO\%$$

Para poder obtener el porcentaje de saturación de la muestra de sangre, es necesario su concentración de Hb.

Un gramo de Hb fija 1,34 mL de CO, la concentración de Hb de esta muestra analizada es de 16 g/dL, entonces en esta muestra fijará 21.44, este valor corresponderá al 100% de saturación, relacionando por regla de tres tendrá:

$$1 \text{ g Hb} \dots\dots\dots 1,34 \text{ mL de CO}$$

$$16 \text{ g Hb} \dots\dots\dots X=?$$

$$x = \frac{16 \text{ gHb} \times 1.34 \text{ mL de CO}}{1 \text{ g Hb}} =$$

$$x = 21.44 \text{ mL CO\%}$$

Sí:

$$21,44 \text{ mLCO\%} \dots\dots\dots 100\%$$

$$1,42 \text{ mLCO\%} \dots\dots\dots X=?$$

$$x = \frac{1.42 \text{ mLCO\%} \times 100 \%}{21.44 \text{ mLCO\%}}$$

$$x = 6.62 \% \text{ de saturación}$$





Finalmente se puede descifrar que el paciente representaría un nivel de intoxicación leve o moderada por el valor obtenido de 6.62% de COHb en su sangre, relacionado con los valores referenciales de CO en sangre en no fumadores (0.5 -2.5 %), según la (OMS, 2007).



## Anexo 10: FOTOGRAFÍAS DE LAS ESTACIONES DE SERVICIO-GASOLINERAS

### GASOLINERA KIESEL

**UBICACIÓN:** Av. de las Américas y Ordóñez Laso (esq.), frente al redondel Eloy Alfaro. (Sur-Oeste de la ciudad de Cuenca)



### GASOLINERA DON BOSCO

**UBICACIÓN:** Av. 12 de Octubre y Don Bosco. (Sur-Oeste de la ciudad de Cuenca)





## GASOLINERA GONZALES

UBICACIÓN: Av. Solano y Remigio Tamariz. (Sur-Oeste de la ciudad de Cuenca)



Fotografías realizadas por la autora.