



**FACULTAD DE MEDICINA HUMANA Y CIENCIAS DE LA  
SALUD**

**ESCUELA DE FARMACIA Y BIOQUÍMICA**

**TESIS**

**“EVALUACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE MONÓXIDO DE  
CARBONO EN SANGRE DE LOS HABITANTES DE LA CIUDAD  
DE HUACHO Y HUAURA 2014”**

**PRESENTADO POR**

**Bachiller: ANTONIA PAULA RODRIGUEZ SANTOS**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE QUIMICO FARMACÉUTICO**

**HUACHO – PERÚ**

**2014**

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a dos personas muy importantes en mi vida, que siempre me apoyaron en forma incondicional, y son el motor para seguir impulsándome y lograr los objetivos trazados.

## **AGRADECIMIENTO**

*Agradezco a DIOS por darme la vida y la oportunidad de superarme profesionalmente, y a cada uno de los docentes que impartieron sus conocimientos pedagógicos y sus experiencias laborales en las aulas universitarias.*

## ÍNDICE

CARATULA.....	i
DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO .....	iii
ÍNDICE.....	iv
RESUMEN .....	vi
ABSTRACT .....	vii
INTRODUCCIÓN .....	viii
<b>CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO .....</b>	<b>10</b>
1.1. Descripción de la realidad problemática .....	10
1.2. Delimitación de la investigación .....	11
1.2.1. Delimitación espacial .....	11
1.2.2. Delimitación social .....	11
1.2.3. Delimitación temporal .....	12
1.2.4. Delimitación conceptual .....	12
1.3. Problemas de investigación .....	12
1.3.1. Problema principal .....	12
1.3.2. Problema secundario .....	12
1.4. Objetivos de la investigación .....	13
1.4.1. Objetivo general .....	13
1.4.2. Objetivos específicos .....	13
1.5. Hipótesis y variables de la investigación .....	13
1.5.1. Hipótesis principal .....	13
1.5.2. Hipótesis específicos .....	13
1.5.3. Variables (definición, conceptual y operacional .....	14
1.6. Metodología de la investigación .....	15
1.6.1. Tipo y nivel de investigación .....	15
1.6.2. Método y diseño de investigación .....	15
1.6.3. Población y muestra de la investigación .....	18
1.6.4. Técnicas, instrumentos de recolección de datos .....	20
1.6.5. Justificación, importancia y limitaciones de la investigación ..	23

<b>CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>25</b>
2.1. Antecedentes .....	25
2.2. Bases teóricas.....	28
2.2.1. Monóxido de carbono .....	28
2.2.2. Fuentes y concentraciones ambientales.....	29
2.2.3. Hemoglobina.....	31
2.2.4. Patogenia.....	31
2.2.5. Efectos sobre el hombre.....	37
2.2.6. Tratamiento.....	40
<b>CAPÍTULO III: PRESENTACIÓN, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS</b>	
3.1. Análisis de tablas y gráficos.....	42
3.2. Discusión de resultados .....	44
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>47</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>48</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>49</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>52</b>
<b>MATRIZ DE CONSISTENCIA.....</b>	<b>53</b>
<b>FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS .....</b>	<b>56</b>
<b>CONSENTIMIENTO INFORMADO.....</b>	<b>57</b>
<b>MATERIALES Y REACTIVOS UTILIZADOS EN LA DETERMINACIÓN DE MONÓXIDO DE CARBONO EN SANGRE.....</b>	<b>61</b>
<b>PROCESAMIENTO DE LA MUESTRA EN LA CAMARA DE CONWAY</b>	<b>62</b>

## RESUMEN

La contaminación ambiental por monóxido de carbono es un problema de salud, que se manifiesta en mayor proporción en la zona urbana de la ciudad de Huacho y Huaura, por ello se planteó el siguiente trabajo de investigación teniendo como objetivo determinar la concentración de monóxido de carbono en muestras de sangre, se realizó un estudio de tipo descriptivo, transversal y comparativo.

La muestra se obtuvo mediante el diseño aleatorizado teniendo 50 habitantes de cada ciudad, el dosaje del monóxido de carbono en sangre se determinó mediante el Método Químico por Microdifusión (Técnica de Feldstein – Klendshoj), aplicando el análisis estadístico con la prueba T de Student y Análisis de Varianza.

La concentración promedio de monóxido de carbono en sangre de los habitantes de la ciudad de Huacho fue de 1,48 mg %, DE = 0,49 y en los de la ciudad de Huaura de 0,91 mg %, DE = 0,52. En relación al grupo etario se reporta que en habitantes de la ciudad de Huacho no existe diferencia significativa en la concentración promedio de monóxido de carbono ( $p = 0,19$ ), mientras que en habitantes de la ciudad de Huaura si es significativa la diferencia ( $p = 0,01$ ). En relación al género, existen diferencias significativas tanto para varones ( $p = 0,00019$ ) como para mujeres ( $p = 0,00112$ ) en ambas ciudades.

La concentración de monóxido de carbono en los habitantes de la ciudad de Huacho es mayor a los habitantes de la ciudad de Huaura. En relación al grupo etario, en los habitantes de la ciudad de Huacho son similares; siendo diferente en la ciudad de Huaura. La concentración de monóxido de carbono en sangre es mayor en el sexo masculino de ambas ciudades.

**Palabras Clave:** Monóxido de carbono, concentración, carboxihemoglobina, salud ambiental, salud pública, toxicología, efectos en la salud.

## ABSTRACT

Environmental pollution by carbon monoxide is a health problem, manifested in greater proportion in the urban area of the city of Huacho and Huaura, so the following research was raised aiming to determine the concentration of carbon monoxide in blood samples, descriptive study, transverse and comparative type was performed.

The sample was obtained by designing randomized having 50 people in each city, the dosage of carbon monoxide in blood was determined by Chemical Method by microdifusión (Technical Feldstein - Klendshoj), applying statistical analysis using the Student t-test and analysis of Variance.

The average concentration of carbon monoxide in the blood of the inhabitants of the city of Huacho was 1.48 mg%, SD = 0.49 and the city of Huaura 0.91 mg%, SD = 0.52. In relation to age was reported that residents of the city of Huacho no significant difference in the average concentration of carbon monoxide ( $p = 0.19$ ), while residents of the city of Huaura if the difference is significant ( $p = 0.01$ ). As reported significant gender differences exist for both men ( $p = 0.00019$ ) and women ( $p = 0.00112$ ) in both cities.

The concentration of carbon monoxide in the inhabitants of the city of Huacho is greater than the city of Huaura. In relation to age among the inhabitants of the city of Huacho are similar, being different in the city of Huaura. The concentration of carbon monoxide in the blood is higher in males in both cities.

**Keywords:** Carbon monoxide, concentration, carboxyhemoglobin, environmental health, public health, toxicology, health effects.

## INTRODUCCIÓN

La contaminación del aire es uno de los problemas más extendidos en el mundo actual, en zonas metropolitanas del planeta donde vive más del 50% de la población mundial sufren o están expuestos a sufrir secuelas de la polución ambiental, afectando la salud integral del hombre.

En las últimas décadas, la contaminación por monóxido de carbono se ha incrementado en nuestro país, teniendo como una de las causas principales el incremento del parque automotor, a pesar del uso de gas como una de las alternativas del parque automotor peruano. En su mayoría la adquisición de automóviles de segunda es una práctica habitual en la zona urbana de la ciudad de Huacho.

Es trascendental realizar estudios que permitan la comparación de monóxido de carbono en los habitantes de ciudades con diferente densidad poblacional y vehicular como son: la ciudad de Huacho y la ciudad de Huaura, sabiendo que la primera ciudad es tradicionalmente un centro de vida económica, político y social, con mayor densidad poblacional, teniendo como principal problema el incremento del parque automotor de diverso origen, los habitantes al convivir con este problema juntamente con una vida agitada están propensos a sufrir intoxicación por monóxido de carbono sumándose a una serie de problemas de salud.

En las últimas décadas se ha incrementado la densidad poblacional en la ciudad de Huaura, por razones socioeconómicas y políticas por parte de las autoridades competentes por el tema medio ambiental y de salud Pública que comprende la contaminación del aire y las posibles intoxicaciones en las personas por el monóxido de carbono.

Considerando que el monóxido de carbono es un toxico poco perceptible por los sentidos producido como resultado de la combustión incompleta del carbón o de cualquier material que contenga carbono (madera, leña,



hidrocarburos derivados del petróleo como la gasolina, gas natural) empezando por una simple cefalea hasta la muerte (Gisbert – 2004).

De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud para personas aparentemente sanas, las concentraciones de monóxido de carbono en sangre es de 0,3 a 0,7 mg% y para personas ocupacionalmente expuestas es de 2,5 a 3,0 mg%.

El estudio realizado da a conocer las concentraciones de monóxido de carbono en sangre de los habitantes de las ciudades de Huacho y Huaura buscando diferencias o similitudes.

Este estudio es motivado por la repercusión en la salud y la falta de interés de las autoridades encargadas de velar por el bienestar de los habitantes que se encuentran diariamente expuestos a este tóxico; para el cual se plantea los siguientes objetivos:

- Determinar la concentración de monóxido de carbono en sangre de los habitantes de la ciudad de Huaura y Huacho por grupo etario.
- Determinar la concentración de monóxido de carbono en sangre de los habitantes de la ciudad de Huaura y Huacho por género.

## **CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO**

### **1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA.**

La intoxicación por monóxido de carbono (CO) es un problema de salud pública poco estudiado en nuestro medio, gran parte de la emisión de monóxido de carbono (CO) tiene su origen en el empleo de la gasolina como combustible de los vehículos a motor, especialmente en el área urbana. Otras fuentes son la generación de calor y energía, algunos procesos industriales y la incineración de desechos, cuya principal fuente de contaminación es el incremento del parque automotor en las zonas urbanas. Por ello la inquietud de conocer cuáles son los valores de concentración de CO en sangre en habitantes de la ciudad de Huacho y Huaura expuestos al CO emitidos por los vehículos en las zonas urbanas de ambas ciudades.

Las concentraciones de CO siempre son más altas en lugares como las avenidas principales de las ciudades o zonas urbanas, por la gran afluencia de tránsito, así como los terminales de pasajeros, y representan lugares de exposición de gases a los transeúntes.

La emisión del CO es uno de los grandes problemas de las zonas con gran afluencia vehicular, y El CO se absorbe por vía respiratoria siendo rápidamente transportado a la sangre, donde se combina con la hemoglobina (Hb) para formar carboxihemoglobina (HbCO), que tiene menor capacidad transportadora de oxígeno (O<sub>2</sub>), por lo que puede producir hipoxia tisular.

Dependiendo de la intensidad de la exposición, los efectos de la intoxicación por CO pueden variar desde la cefalea hasta la muerte.

## **1.2. DELIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN.**

Nuestro estudio se limita en conocer los valores de concentración de CO en sangre de los habitantes de la ciudad de Huacho y Huaura expuestos al CO emitidos por los vehículos en las zonas urbanas de ambas ciudades, en los meses de enero y febrero 2014.

### **1.2.1. DELIMITACIÓN ESPACIAL.**

Ciudad de Huacho y Huaura del Departamento de Lima.

### **1.2.2. DELIMITACIÓN SOCIAL.**

La ciudad de Huacho como distrito tiene una población de 55,442 habitantes, según el Censo 2007 realizado por el INEI, de los cuales existe una población de varones de 27,021 y de mujeres de 28,421.

La ciudad de Huaura como distrito tiene una población de 31,212 habitantes, según el Censo 2007 realizado por el INEI, de los

cuales existe una población de varones de 15,848 y de mujeres de 15,364.

### **1.2.3. DELIMITACIÓN TEMPORAL.**

El presente trabajo de investigación se desarrolló entre los meses de enero y febrero del 2014.

### **1.2.4. DELIMITACIÓN CONCEPTUAL.**

- Monóxido de carbono.
- Niveles de monóxido de carbono en sangre.
- Intoxicación.

## **1.3. PROBLEMAS DE INVESTIGACIÓN.**

### **1.3.1. PROBLEMA PRINCIPAL.**

¿Cuál será la concentración de monóxido de carbono en sangre de los habitantes de la ciudad de Huacho en comparación a los de la ciudad del Huaura?.

### **1.3.2. PROBLEMAS SECUNDARIOS.**

- a) ¿Cuál es la concentración de CO en sangre de los habitantes de la ciudad de Huacho y Huaura por grupos etario?
  
- b) ¿Cuál es la concentración de CO en sangre de los habitantes de la ciudad de Huacho y Huaura por género?

## **1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.**

### **1.4.1. OBJETIVO GENERAL.**

- Determinar la concentración de monóxido de carbono en sangre de los habitantes de la ciudad de Huacho y los de la ciudad de Huaura.

### **1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.**

- a) Determinar la concentración de monóxido de carbono en sangre de los habitantes de la ciudad de Huacho y Huaura por grupo etario.
- b) Determinar la concentración de monóxido de carbono en sangre de los habitantes de la ciudad de Huacho y Huaura por género.

## **1.5. HIPÓTESIS Y VARIABLES DE LA INVESTIGACION.**

### **1.5.1. HIPÓTESIS PRINCIPAL.**

La concentración de monóxido de carbono en sangre de los habitantes de la ciudad de Huacho es mayor en comparación a los de la ciudad de Huaura.

### **1.5.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICOS.**

- a) La concentración de CO en sangre de los habitantes de la ciudad de Huacho es mayor a los de la ciudad de Huaura por grupo etario.

- b) La concentración de CO en sangre de los habitantes de la ciudad de Huacho es mayor a los de la ciudad de Huaura por género.

### 1.5.3. VARIABLES (DEFINICIÓN, CONCEPTUAL Y OPERACIONAL).

#### Operacionalización de las variables independientes:

Variable	Definición	Tipo de Variable	Categorías	Medición
<i>Edad</i>	Tiempo transcurrido desde el nacimiento de un ser vivo.	Cuantitativa de razón	Según clasificación	12-19, 20-29, 30-39, 40-49, 50-59, 60-69
<i>Sexo</i>	División del género humano en dos grupos: femenino o masculino.	Cualitativa Nominal	Según clasificación	Masculino y femenino

#### Operacionalización de las variables dependientes:

Variable	Definición	Tipo de Variable	Categorías	Medición
<i>Concentración de monóxido de carbono en sangre</i>	Niveles de carboxihemoglobina (HbCO) presentes en la sangre	Cuantitativa de razón	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estado inicial</li> <li>• Estado medio</li> <li>• Estado de coma</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 12-25% (HbCO)</li> <li>• 25-40% (HbCO)</li> <li>• 40-45% (HbCO)</li> </ul>

## **1.6. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.**

### **1.6.1. TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN.**

#### **a) TIPO DE INVESTIGACIÓN.**

Descriptivo, porque se describe una realidad.

#### **b) NIVEL DE INVESTIGACIÓN.**

Descriptivo, porque describe el nivel de concentración de monóxido de carbono en función al tiempo y lugar (Huaura y Huacho), se estima parámetro, se describe promedios y se estima parámetros con intervalos de confianza.

### **1.6.2. MÉTODO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.**

#### **a) MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN.**

##### **Método Químico Por Microdifusión (Técnica de Feldstein – Klendshoj).**

Se basa en la reacción de monóxido de carbono extraído de la sangre con el cloruro de paladio (reducción del paladio II a paladio metálico por el monóxido de carbono). El paladio reducido se separa por centrifugación, la solución sobrenadante (Cloruro de paladio que no ha sido reducido), se trata con yoduro de potasio logrando un complejo coloreado y se mide su densidad óptima a 500 nm.

### **Procedimiento:**

Se utiliza la cámara de Conway, se colocó 1 ml de sangre en el compartimiento externo y 2 ml de solución de cloruro de paladio en el compartimiento interno. Se tapó la cámara en forma parcial y se le agregó 1 ml de ácido sulfúrico al 10 % al compartimiento externo que contenía la sangre, inmediatamente se tapó herméticamente, luego reposó durante 1 hora a 60 °C en estufa eléctrica. De existir monóxido de carbono, la superficie de la solución del cloruro de paladio se cubrió con una platina plateada de paladio metálico el cual indica una prueba positiva cualitativa.

Se transvasó con una pipeta la solución de cloruro de paladio junto con el paladio metálico en un tubo de centrífuga, centrifugar a 3000 rpm por 5 minutos, para separar el paladio metálico, transvasando la solución sobrenadante a otro tubo de prueba, tomar 0.1 ml de esta solución en una fiola de 10 ml paralelamente se coloca 0.1 ml de cloruro de paladio a otra fiola de 10 ml (blanco). Agregar a cada fiola 1 ml de solución de goma arábica al 0.1 % y 1 ml de yoduro de potasio al 15 % mezclar bien y completar con agua destilada hasta 10 ml. Mezclar bien luego leer en el espectrofotómetro a 500 nm, llevando a cero con agua destilada.<sup>14</sup>

### **Cálculo:**

El cloruro de paladio tiene peso molecular de 177.61 g., contiene 106.7 g. de paladio metálico, que corresponde a 0.05335 mg por mililitro de solución 0.01 normal, de acuerdo al mecanismo de reacción cada mol de paladio se reduce por 1 mol de monóxido de carbono, o cada mg de ión paladio



corresponden a 0.26 mg de monóxido de carbono por lo cual se calcula de la siguiente manera:

$$\text{mg de Pd \%} = \frac{B \times P}{B} - x 0,05335$$

$$\text{mg de CO \%} = \frac{B \times P}{B} x 0,05335$$

DONDE:

B = Absorbancia óptima del blanco.

P = Absorbancia óptima del problema.

#### **Tratamiento estadístico de los datos.**

- Para la comparación de medias del valor de monóxido de carbono se utilizó la T de Student; Monóxido de carbono de los habitantes de la ciudad de Huacho versus Monóxido de carbono de los habitantes de la ciudad de Huaura.
- Para la comparación de medias del valor de monóxido de carbono se utilizó el Análisis de Varianza; Monóxido de carbono de los habitantes de la ciudad de Huacho versus Monóxido de carbono de los habitantes de la ciudad de Huaura por grupo etario.

- Para la comparación de medias del valor de monóxido de carbono se utilizó el Análisis de Varianza; Monóxido de carbono de los habitantes de la ciudad de Huacho versus Monóxido de carbono de los habitantes de la ciudad de Huaura por género.
- Se utilizaron los programas estadísticos: SPSS for Windows ® versión 10.07, Epi-Info versión 6.04d, Excel.

**b) DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.**

Diseño Transeccional Descriptivo:

$G_1$        $O_1$

*G<sub>1</sub>: Grupo de sujetos.*

*O<sub>1</sub>: Medición de los sujetos de un grupo.*

**1.6.3. POBLACIÓN Y MUESTRA DE LA INVESTIGACIÓN.**

**a) POBLACIÓN.**

Formada por los habitantes de los distritos de Huacho y Huaura, provincia de Huaura, departamento de Lima.

**b) MUESTRA.**

Se tomó una muestra probabilística (Azar) de 50 personas aparentemente sanas por ciudad, que transitan en la zona urbana de las ciudades de Huaura y Huacho.

Considerando que la afluencia de personas por las avenidas más transitadas de la ciudad durante las horas de recolección de muestra corresponden al 3.4% de la población general por ciudad entonces:

$$N^{\circ} = \frac{Z^2 \times p \times q}{e^2}$$

Donde al ser la proporción de habitantes circulantes el 3.4% de la población se estima que:

$p = 0.034$  y para el cálculo de  $q$  se conoce que  $p + q = 1$

$q = 0.966$

$z = 1.96$  al trabajar a un nivel de confianza del 95% según tabla estadística.

$e = 5\%$   $e = 0.05$

**Reemplazando los valores:**

$$n_0 = \frac{(1.96)^2 \times 0.034 \times 0.966}{(0.05)^2}$$

$$n_0 = 50.46940416$$

Ajustando el valor con las poblaciones reales de las ciudades de Huacho (N = 55,442) y Huaura (N = 31,212):

$$n^{\circ} = \frac{\frac{n_0}{1 + (n_0 - 1)}}{N}$$

**Para Huacho:**

$$n^{\circ} = \frac{\frac{50.46940416}{1 + (50.46940416 - 1)}}{55,442}$$

$$n^{\circ} = \frac{\frac{50.46940416}{1 + 49.46940416}}{55,442}$$

$$n^{\circ} = \frac{50.46940416}{1 + 8.922730811 \times 10^{-4}}$$

$$n^{\circ} = \frac{50.46940416}{1.000892273}$$

$$n^{\circ} = 50.42441182$$

$$n^{\circ} = 50$$

Para mayor explicación redondeamos el resultado porque son personas y no puede mostrarse con decimales.

**Para Huaura:**

$$n^{\circ} = \frac{50.46940416}{1 + \frac{(50.46940416 - 1)}{31212}}$$

$$n^{\circ} = \frac{50.46940416}{1 + \frac{49.46940416}{31212}}$$

$$n^{\circ} = \frac{50.46940416}{1 + 1.58494823 \times 10^{-3}}$$

$$n^{\circ} = \frac{50.46940416}{1.001584948}$$

$$n^{\circ} = 50.38953936$$

$$n^{\circ} = 50$$

Para mayor explicación redondeamos el resultado porque son personas y no puede mostrarse con decimales.

#### **1.6.4. TÉCNICAS, INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.**

##### **a) TÉCNICAS.**

La muestra seleccionada es de tipo probabilística (Azar) para tal efecto se seleccionaron los elementos muestrales; mediante el procedimiento de Tómbola (12) para alcanzar el tamaño de la muestra establecido, corresponde a las Avenidas más transitadas de ambas ciudades.

Se tomaron muestras de sangre de los habitantes de la zona urbana de la ciudad de Huacho y de la ciudad de Huaura, considerando diferentes sexos, y edades, aparentemente sanos.

Se tomó sangre venosa (brazo) con anticoagulante (oxalato de amonio 1.2%) en un volumen aproximado de 1.5 ml codificados, tomados 50 muestras de la ciudad de Huacho y 50 muestras de la ciudad de Huaura, para luego ser analizados en un tiempo no mayor de 24 horas. Se utilizó ficha de recolección de datos (Anexo).

##### **CRITERIOS DE INCLUSIÓN.**

- Personas aparentemente sanas.
- De ambos sexos.
- Zona urbana.
- Expuestos a contaminación ambiental por CO.

## CRITERIOS DE EXCLUSIÓN.

- Fumadores.
- Cocinan a gas o leña.
- Cercanía a pollerías.

Enfermedades cardiorrespiratorias.

### **b) INSTRUMENTOS.**

Se utilizó una ficha que nos permitió identificar los aspectos básicos, edad, sexo.

Para la cuantificación de CO se utilizó el método instrumental de análisis de CO requerido en el Método Químico por Microdifusión.

## **1.6.5. JUSTIFICACIÓN, IMPORTANCIA Y LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN.**

### **a) JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.**

La presente investigación se justifica en la necesidad de contar con datos sobre el estado real de los niveles de CO en sangre en los habitantes de las ciudades de Huacho y Huaura, que transitan en las calles más concurridas por las personas y vehículos motorizados entre las 13 horas y 15 horas, como la Av. 28 de julio en la ciudad de Huacho y la Av. Coronel Portillo en la ciudad de Huaura.

El presente trabajo expresa cuantitativamente los niveles de CO en sangre de los habitantes de Huacho y Huaura dando a conocer la existencia de los niveles de exposición y contaminación de este gas causado por emanaciones del parque automotor en aéreas urbanas y de tránsito.

**b) IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN.**

Se conoce que a exposición prolongada a altas concentraciones de CO, que lleva a un valor de carboxihemoglobina mayor de 50%, produce hipoxia tisular, lo que ocasiona lesiones graves del sistema nervioso central y periférico, por ende la importancia de conocer las condiciones en las cuales se puede adquirir este mal, a consecuencia de ello la importancia de esta investigación radica en contribuir con la información con base científica que hace conocer los datos actuales.

**c) LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN.**

El desinterés de algunas personas y desconocimiento de las autoridades sobre la intoxicación por CO.



## **CAPITULO II. MARCO TEÓRICO**

### **2.1. ANTECEDENTES.**

La intoxicación por monóxido de carbono (CO) es un problema de salud pública poco estudiado en nuestro medio, cuya principal fuente de contaminación es el incremento del parque automotor en las zonas urbanas. Por ello la inquietud de conocer cuáles son los valores de concentración de CO en sangre en habitantes de la ciudad de Huacho y Huaura expuestos al CO emitidos por los vehículos en las zonas urbanas de ambas ciudades.

#### **2.1.1. Nacionales:**

**2.1.1.1.** En un estudio realizado por Chipana en Bomberos Voluntarios Activos de la Compañía N° 28 Miraflores – Lima y de La Compañía N° 63 Ayacucho, 1998 se determinó los niveles sanguíneos de monóxido de carbono en bomberos y grupo control de personas aparentemente sanas de ambas ciudades<sup>4</sup>.

Este estudio presenta dos grupos de personas en cada ciudad, el primer grupo (caso) presenta mayor riesgo a intoxicación por CO, debido al trabajo que desempeñan, mientras que el otro grupo (control) lo conforman personas aparentemente sanas que no tienen el mismo desempeño laboral.

**2.1.1.2.** En el estudio realizado por Alvarado y Cataño, se determinó niveles de carboxihemoglobina HbCO en estudiantes de Farmacia y Bioquímica de la UNMSM; donde se evaluaron niveles sanguíneos de HbCO en cien alumnos de dos aulas y en horas diferentes (12:00 p.m. y 6:00 p.m.), así mismo se evaluó un grupo control de diez alumnos a los cuales se les tomó la muestra a las 8:00 a.m.<sup>2</sup>

Este estudio presenta tres grupos de estudiantes que están expuestos a la contaminación por CO en horas diferentes (8:00 a.m., 12:00 p.m., 6:00 p.m.). Los resultados fueron encontrados en la zona urbana de la ciudad de Lima (Av. Grau).

**2.1.1.3.** En los estudios realizado por Alcántara y Nonato, en el distrito de Lima, determinaron niveles de HbCO en policías de tránsito, chóferes, clasificándolos en no fumadores y fumadores<sup>1</sup>.

En el estudio realizado por Ramos y Reynoso, se determinó niveles de HbCO en transportistas de Lima

Metropolitana pertenecientes a cuatro empresas de transportes, de los cuales tres empresas transitan por el Centro de Lima y Avenidas altamente congestionadas, siendo la cuarta empresa elegida como grupo control, la que transita en una zona alejada del centro y con abundante vegetación<sup>21</sup>.

## **2.1.2. Internacionales:**

**2.1.2.1.** En otro estudio realizado en España por A. Dueñas y Col (Valladolid)<sup>5</sup>. Se encuentran valores de carboxihemoglobina sérica medida en no fumadores de 1.4 +/- 0.6 % (0.2 – 2.1) y de 4.1 +/- 2.2 % (1.9 – 8.9) en los fumadores, existiendo diferencias estadísticamente significativa entre ambos grupos ( $p < 0.01$ ). Es necesario establecer que determinadas zonas de esta ciudad, tienen cifras de CO ambiente de 10 a 20 ppm lo que en equilibrio induce cifras de hasta un 5 % en no fumadores. Este estudio presenta dos grupos de personas, el primer grupo (caso) presentan predisposición a intoxicación por CO, debido al hábito tabáquico, mientras que el otro grupo (control) lo conforman personas no fumadoras<sup>5</sup>.

**2.1.2.2.** Mientras que otro estudio realizado también en España por N. Bazonza y Col (Madrid)<sup>3</sup>, determina un valor promedio de concentración de HbCO en no fumadores con intervalos de predicción del 95 % fue del 1.53 % (0.78 – 1.85 %) y en los fumadores pasivos del 2.59 % (1.89 – 3.29). Este estudio presenta dos grupos de personas, el primer grupo (caso) presentan predisposición a intoxicación por CO,

debido al hábito tabáquico, mientras que el otro grupo (control) lo conforma personas no fumadoras<sup>3</sup>.

## **2.2. BASES TEÓRICAS.**

### **2.2.1. MONÓXIDO DE CARBONO.**

#### **PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS.**

El monóxido de carbono es un gas incoloro, inodoro e insípido, que comúnmente se forma durante la combustión incompleta de sustancias carbonosas, es un poco más ligero que el aire.

Las propiedades físicas son:

- Peso molecular de 28.0 g/mol.
- Punto de fusión de 205.1°C.
- Punto de ebullición de -191.5°C.
- Densidad relativa de 0.967 – 0.97 (Alvarado, 1992).

Es un gas químicamente no reactivo en condiciones normales de temperatura y presión (25°C y 1 Atm), se vuelve reactivo con temperaturas más altas (Escolar, 1999). El monóxido de carbono arde con llama azul uniéndose a un átomo de oxígeno, con la que se forma anhídrido carbónico. Es soluble en agua (Fernández, 1995).

## **ORIGEN DEL MONÓXIDO DE CARBONO.**

La combustión incompleta del carbón o de cualquier material que contenga carbono origina monóxido de carbono. Teniendo en cuenta que tanto en la industria como en el aspecto doméstico se emplean combustibles de todo tipo (Kerosene, madera petróleo y derivados, el carbón vegetal, etc.) Que inevitablemente originan monóxido de carbono como producto en el proceso de combustión.

### **2.2.2. FUENTES Y CONCENTRACIONES AMBIENTALES.**

#### **FUENTES NATURALES.**

No se conoce con exactitud la cantidad total de monóxido de carbono producida por las fuentes naturales, investigadores han estimado que las fuentes naturales fundamentalmente la oxidación del metano en la atmósfera y las emisiones de los océanos producen unas diez veces más monóxido de carbono que las fuentes artificiales, otras fuentes naturales se encuentran en los incendios forestales y de praderas, los volcanes, los gases de los pantanos y las tormentas eléctricas.

#### **FUENTES ARTIFICIALES.**

Los vehículos motorizados son entre muchos el principal contribuyente de las emisiones, la eliminación de desechos, y diversas actividades en las que se quema sustancias. El tremendo aumento del número y empleo de vehículos automotores ha sido acompañado por un rápido incremento de las emisiones de monóxido de carbono<sup>16</sup>.

La distribución y el empleo de gas natural, gas de carbón y la fabricación de automóviles son también una fuente artificial.

También es preciso señalar que el humo del tabaco es una importante fuente artificial de monóxido de carbono en ambientes cerrados y que las concentraciones de carboxihemoglobina encontrados en los fumadores, son siempre más elevadas que las personas que no fuman<sup>20</sup>.

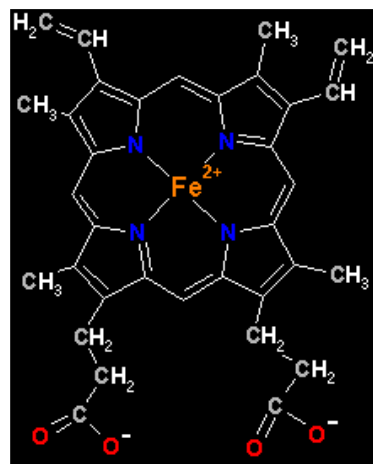
### **Concentraciones y exposiciones en la atmósfera.**

En las zonas urbanas las concentraciones por lo general se ajustan a un patrón diurno muy definido y a pesar de factores tales como la ubicación y las condiciones meteorológicas sus valores corresponden estrechamente a la intensidad del tránsito vehicular, en general se detectan un valor máximo inicial entre las 7 y las 9 de la mañana, que coinciden con el denso tránsito de la mañana y otros en las últimas horas de la tarde, hay excepciones que se apartan de este esquema típico, las concentraciones de monóxido de carbono son habitualmente más bajas durante los fines de semana que los días laborables y siguen un patrón diurno diferente.

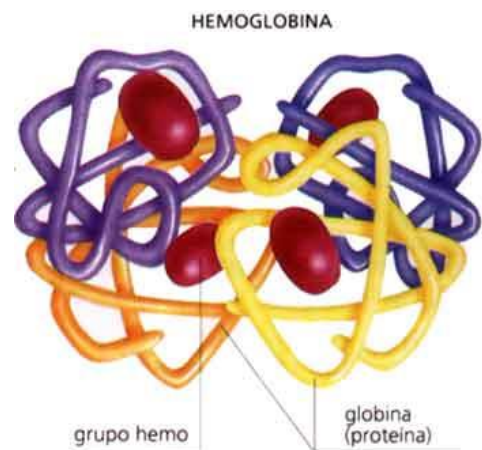
Según la Organización Mundial de la Salud, el nivel máximo permitido de monóxido de carbono en el aire es de 9 ppm para una exposición de 8 horas según la OMS.

### 2.2.3. HEMOGLOBINA:

En su interior, los glóbulos rojos contienen hemoglobina, una proteína constituida por cuatro cadenas de aminoácidos (subunidades de globina):  $\alpha_1$ ,  $\beta_1$ ,  $\alpha_2$  y  $\beta_2$ . Cada cadena se asocia a un grupo molecular, el grupo hemo, cada uno de los cuales cuenta con un átomo de hierro  $Fe^{2+}$  y  $Fe^{3+}$ , que fija una molécula de oxígeno. Al llegar a los pulmones expulsa el ácido carbónico y se llena de oxígeno, para transportarlo a cada célula del cuerpo.



Grupo Hemo



### 2.2.4 PATOGENIA.

El monóxido de carbono es ante todo un gas tóxico que actúa combinándose con la hemoglobina con la que forma un compuesto estable, la carboxihemoglobina la que no es apta para la función respiratoria. El mayor impacto del CO en la salud consiste fundamentalmente en que se establece un fuerte enlace con el átomo de hierro del grupo hemo de la hemoglobina y forma carboxihemoglobina; la hemoglobina queda bloqueada por el monóxido de carbono y ya no puede cumplir su función de

transporte del oxígeno desde los alvéolos pulmonares a las células. El monóxido de carbono tiene una afinidad por la hemoglobina unas 250 veces mayor que la del oxígeno. En ambientes contaminados por CO se puede producir una intoxicación aguda cuando los niveles de carboxihemoglobina en la sangre son superiores al 40% y la muerte se produce con niveles de 60 a 80 %. Cuando estos son superiores al 20% durante exposiciones prolongadas, como en el caso de los chóferes de taxis y autobuses, y en el de los vendedores ambulantes se produce una intoxicación crónica.

Al estudiar este fenómeno exhaustivamente se ha elaborado tres leyes, fundamentales para el conocimiento de los fenómenos que caracterizan a esa intoxicación, así como para su terapéutica:

1. El monóxido de carbono desplaza al oxígeno de la hemoglobina.
2. El oxígeno desplaza el monóxido de carbono de la carboxihemoglobina.
3. Cuando la sangre (tanto *in vitro* como *in vivo*) está en contacto con una mezcla de ambos gases, la concentración respectiva que alcanza ambos derivados hemoglobínicos  $G$  es función de las tensiones parciales que los dos gases tiene en la mezcla.

El resultado del bloqueo de la hemoglobina por el monóxido de carbono es una anoxemia, quedando privados los tejidos del suministro de oxígeno necesario para sus funciones metabólicas. Pero de acuerdo con la ley NiCloux, nunca llega a



estar totalmente saturado la hemoglobina de CO, si no que una parte está transformada en carboxihemoglobina, mientras que el resto sigue combinándose con el oxígeno al estado de oxihemoglobina y transportándolo a los tejidos. Las proporciones entre la hemoglobina oxicarbonada y la oxigenada señalan la gravedad de la intoxicación y por consiguiente es un índice de su pronóstico<sup>11</sup>.

Al formar carboxihemoglobina HbCO, el monóxido de carbono reacciona con el hierro del protoheme y establece firmes enlaces de coordinación; por lo tanto la carboxihemoglobina es tóxica porque es unas 250 veces más estable que la oxihemoglobina. El monóxido de carbono también se combina en forma reversible con la mioglobina y los citocromos. (OPS, 1989).

El monóxido de carbono inhibe el citocromo P- 450 y ocurre que en atmósferas con solo un 2 % de CO bloquean in vivo la hidroxilación de anilina y la desmetilación oxidativa de la amidopirina. Ante esto es lícito pensar en otras numerosas interferencias que la contaminación ambiental ha de producir en los procesos biológicos de óxido reducción<sup>22</sup>.

Al bloquear la citocromo oxidasa mitocondrial, se produce una sobrecarga oxidativa, causante de la desmielinización reversible en el sistema nervioso central, expresada en las manifestaciones tardías<sup>7</sup>.

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), se ha establecido que la concentración permisible de monóxido de carbono en sangre de seres humanos fisiológicamente sanos no fumadores y que habitan en zonas rurales es de 0.5 mg %.

La acción sanguínea del CO da lugar a una asfixia oxipriva, establecida de una manera brusca. El sistema nervioso con sus mayores exigencias de oxígeno, es el primero en acusar sus efectos y el que en mayor cuantía sufre sus consecuencias. Éstas, al principio son funcionales irreversibles, pero al cabo de un tiempo se produce focos de necrobiosis que explican las secuelas permanentes que quedan a veces después de una intoxicación oxicarbonada. Además de esta acción indirecta (asfíctica) sobre los tejidos el monóxido de carbono a dosis suficiente es un verdadero veneno celular<sup>11</sup>.

El metabolismo está determinado: por la cantidad de monóxido de carbono inhalado, la ventilación alveolar, la producción de monóxido de carbono endógeno, el volumen de sangre y la capacidad relativa de los pulmones<sup>5</sup>.

### **PRODUCCIÓN ENDÓGENA DE MONÓXIDO DE CARBONO.**

El catabolismo del hemo es la principal fuente de producción endógena de monóxido de carbono.

El hígado es probablemente la principal fuente de monóxido de carbono endógeno como consecuencia del aumento de los citocromos inducidos por ciertos fármacos, así mismo en la

médula ósea puede convertirse en una fuente importante de monóxido de carbono en homeopatías tales como la anemia sideroblástica. En las mujeres sucede un aumento durante la fase progesterónica del ciclo menstrual y aún más durante el embarazo según OPS.

### **REACCIÓN CON TEJIDOS Y FLUIDOS CORPORALES.**

El funcionamiento integrado de los aparatos respiratorios y cardiovascular para transportar oxígeno de la atmósfera a los diferentes tejidos del cuerpo proporciona la cantidad de oxígeno necesario para mantener el metabolismo de los tejidos, casi todo el oxígeno, excepto el disuelto en el plasma está unido en forma reversible a la hemoglobina contenida en los eritrocitos.

El monóxido de carbono se introduce en los pulmones con cada inspiración y se difunde a través de la membrana capilar, alveolar en forma similar a la de oxígeno, si durante varias horas se inspira aire con una concentración importante, el índice de absorción de CO disminuye de manera aproximadamente exponencial hasta que logra un estado de equilibrio en el cual la presión arterial del CO en la sangre capilar pulmonar es la misma que en la cavidad alveolar, el CO no sólo disminuye la cantidad total de oxígeno disponible mediante el reemplazo directo de este, sino que también altera la disociación del oxígeno restante que es retenida con más firmeza por la hemoglobina y liberado con tensiones de oxígeno más bajas.

Toda consideración de la toxicidad del CO debe incluir no sólo la disminución de la capacidad de la hemoglobina de transportar oxígeno, sino también la interferencia en la liberación de oxígeno en los tejidos, en los músculos se almacena cantidades considerables de CO de origen extravascular<sup>8</sup>.

### **EXCRECIÓN**

Los factores fundamentales son las cantidades presentes de monóxido de carbono y de oxígeno, el grado de ventilación y la calidad de barrera de difusión, la edad influye en estos últimos factores y parece que al aumentar la edad esa barrera se vuelve más densa y hay menos membrana de intercambio de gas.

La eliminación de CO se produce con rapidez al principio y se hace más lenta al transcurrir el tiempo, cuanto más baja es la concentración inicial de carboxihemoglobina, más lenta será la velocidad de eliminación (OPS).

### **ANATOMÍA PATOLÓGICA:**

En el examen externo del cadáver llama la atención la coloración rosada de la piel que imprime al cadáver un aspecto "como de vida". Las livideces, que son muy extensas, tienen igualmente una coloración más viva, rojo cereza; algunas veces se comprueban livideces paradójicas que se asientan en partes no declives.

Las lesiones presentes en el examen externo de los cadáveres de sujetos fallecidos por una intoxicación oxicarbonada aguda son las generales a todas las asfixias, a las que se añaden algunos rasgos peculiares:

1. La sangre aparece con fluidez superior a la normal y, sobre todo con una coloración rojo carmín muy viva. Dicha coloración es debido a la carboxihemoglobina.
2. Debido a esta coloración sanguínea, todos los órganos presentan un tinte rojizo acarminado, que le da al cadáver un aspecto muy característico.

Este carácter cromático se aprecia en las mucosas ocular y bucal así como en los diversos tejidos y tanto más cuanto más vascular sea el órgano. En el tejido muscular suele ser muy llamativo y también en hígado y riñones, etc.<sup>12</sup>

#### **2.2.4. EFECTOS SOBRE EL HOMBRE.**

##### **CUADRO CLÍNICO:**

En la exposición aguda, la gravedad de la sintomatología dependerá del tiempo de exposición, de la concentración de CO inspirado y de la presencia de un proceso patológico previo, especialmente vascular. Se distinguen tres períodos clínicos, de aparición gradual, con síntomas poco específicos que hacen difícil el diagnóstico si no existe una fuente de exposición clara.

1. **Estado inicial** (corresponde a una HbCO del 12 - 25 %), con síntomas inespecíficos: náuseas, vómitos, trastornos visuales, cefalalgia y a veces diarrea, especialmente en casos pediátricos. Puede haber clínica de angina de pecho en portadores de una coronariopatía.
  
2. **Estado medio**, de sintomatología moderada, con HbCO del 25 -40 %, que añade, a los síntomas iniciales, confusión, irritabilidad, impotencia muscular, trastornos en la conducta y obnubilación. Pueden objetivarse alteraciones en el ECG.
  
3. **Estado de coma** (HbCO superior al 40 – 45 %), con distintos grados de depresión del nivel de conciencia, acompañada de hiperreflexia, convulsiones e hipertermia. Puede aparecer hipotensión e infarto de miocardio, incluso en ausencia de coronariopatía previa. Cifras superiores al 60 % de carboxihemoglobina son potencialmente letales. (Farreras,1996)

La siguiente tabla nos muestra los síntomas de una intoxicación aguda a diferentes porcentajes de saturación en sangre:

<b>Porcentaje de saturación</b>	<b>Síntomas</b>
0.0 - 10	No se perciben.
10 - 20	Sensación de opresión en la frente, cefalea en ocasiones.
20 - 30	Cefalea, golpeteos en las sienes.
30 - 40	Intensa cefalea, debilidad, vértigo, visión borrosa, náuseas, vómitos.
40 - 50	Intensificación de los síntomas precedentes con mayor predisposición a la taquicardia y polípnea.
50 - 60	Taquicardia y polípnea manifiesta. Coma con convulsiones intermitentes.
60 - 70	Coma con convulsiones intermitentes, acción depresora sobre el corazón y la circulación, puede producirse la muerte.
70 - 80	Pulso débil, respiración lenta y muerte.

(Guatelli, 1989)

No puede hablarse con rigor de dosis tóxica absolutas, pues tratándose de la inhalación de un gas que se encuentra mezclado con el aire que se respira, los efectos tóxicos dependen de dos variables: La concentración que alcanza en el ambiente y el tiempo el cual se respira en esta atmósfera contaminada<sup>10</sup>.

### **EFFECTOS SOBRE EL SISTEMA CARDIOVASCULAR.**

En casos de intoxicación aguda por CO se han observado alteraciones funcionales del corazón (inestabilidad de la presión sanguínea y aceleración cardíaca, exacerbación de la angina de pecho), describieron alteraciones renales funcionales.

Se encontraron pruebas de miocardiosis en el 18 % de campesinos japoneses expuestos a una concentración media de monóxido de carbono, la exposición era consecuencia de pasar los meses de invierno preparando sus alimentos en locales cerrados calentados con fuegos de carbón de leña. Después de la exposición los campesinos presentaron síntomas de mareos, palpitaciones e insuficiencia cardiaca congestiva.

#### **Grupos sometidos a mayor riesgo:**

- Individuos que padecen enfermedades cardiovasculares y pulmonares obstructivas crónicas.
- Individuos que viven en zonas de gran altitud, los efectos del CO y de la hipoxia inducida por la altitud son similares, el CO produce efectos que agravan la deficiencia de oxígeno en zonas de gran altitud<sup>8</sup>.

#### **2.2.6. TRATAMIENTO.**

Una vez retirado el paciente del ambiente tóxico, el tratamiento se fundamentará en:

1. El soporte de las funciones vitales que lo requieran.
2. La administración de oxígeno al 100%.

La oxigenoterapia disocia la HbCO de un modo proporcional a la concentración de oxígeno administrado. Por esta razón, siempre



debe utilizarse oxígeno al 100%. El oxígeno puede administrarse en condiciones normobárica o hiperbárica. El oxígeno normobárico al 100% se aplicará durante 4 - 6 horas en intoxicaciones leves y durante el tiempo de espera de la cámara hiperbárica en los casos graves. La oxigenoterapia hiperbárica HbCO incrementa todavía más la disociación de la HbCO, reduciendo su semivida de 320 a 23 min. Se aplica en a una presión de 3 atmósferas y en una, dos o más sesiones. La OHb está indicada en los casos que presentan una elevación de la HbCO igual o superior al 20%. También debe aplicarse, sea cual fuere la concentración de HbCO, en intoxicados que se hallan en coma o lo han presentado en algún momento de la exposición y en los casos con sintomatología neurológica importante distinta del coma. La presencia de los factores coadyuvantes de gravedad mencionados justifica aún más la indicación de Oxihemoglobina<sup>8</sup>.

### CAPITULO III. PRESENTACIÓN, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

#### 3.1. ANÁLISIS DE TABLAS Y GRÁFICOS.

CUADRO Nº 1: VALORES PROMEDIO DE LA CONCENTRACIÓN DE MONÓXIDO DE CARBONO EN LOS HABITANTES DE LAS CIUDADES DE HUACHO Y HUAURA – 2014 Y SU SIGNIFICANCIA (Prueba T).

LUGAR	Nº de Muestra	Promedio de CO (mg %)	Valor Mínimo (mg %)	Valor Máximo (mg %)	DE	<i>p</i>
HUACHO	50	1,480	0,790	2,580	0,490	<b>0,0000</b>
HUAURA	50	0,914	0,470	2,390	0,518	

En el cuadro se observa un valor de  $p < 0,000$ ; lo que indica que existe una diferencia significativa.

**CUADRO Nº 2: VALORES PROMEDIO DE LA CONCENTRACIÓN DE MONÓXIDO DE CARBONO EN LOS HABITANTES DE LAS CIUDADES DE HUACHO Y HUAURA POR ETAPAS DE VIDA – 2014 Y SU SIGNIFICANCIA (Prueba T).**

ETAPAS DE VIDA	HUACHO		HUAURA		<i>P</i> por etapas de vida
	Nº de Observ.	CO (mg%)	Nº de Observ.	CO (mg%)	
12 – 19	13	1,735	7	0,853	<b>0,002175</b>
20 – 29	15	1,505	27	0,837	<b>0,000018</b>
30 – 39	7	1,403	7	1,016	0,140343
40 – 49	11	1,201	4	0,830	0,252584
50 - 59	4	1,467	2	2,150	0,132412
60 – 69	-	-	3	0,790	-
<b>TOTAL</b>	50		50		
<b><i>P</i> Total</b>	0,196783		<b>0,018736</b>		

En el cuadro se observa que en habitantes de la ciudad de Huacho no existe diferencia significativa de concentración promedio de CO en los diferentes grupos de edad ( $p = 0,196783$ ), mientras que en habitantes de la ciudad de Huaura existe diferencia significativa ( $p = 0,018736$ ).

**CUADRO N° 3: VALORES PROMEDIO DE LA CONCENTRACIÓN MONÓXIDO DE CARBONO EN LOS HABITANTES DE LAS CIUDAD DE HUACHO Y HUAURA POR SEXO – 2014 Y SU SIGNIFICANCIA (Prueba T).**

<b>SEXO</b>	<b>HUACHO</b>	<b>HUAURA</b>	<b><i>p</i></b>
	(promedio CO)(mg%)	(promedio CO)(mg%)	
<b>Masculino</b>	1,635	1,112	<b><i>0,000198</i></b>
<b>Femenino</b>	1,205	0,731	<b><i>0,001122</i></b>

En el cuadro se observa que existe diferencia significativa entre varones ( $p = 0,000198$ ) y mujeres ( $p = 0,001122$ ) entre ambas ciudades.

### **3.2. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.**

En nuestro estudio se halló una concentración promedio de CO en sangre de los habitantes de la ciudad de Huacho de 1,48 mg % y en los habitantes de la ciudad de Huaura de 0,91 mg % (CUADRO N° 1). Se demuestra la mayor concentración de CO en sangre de los habitantes de la ciudad de Huacho frente a los de la ciudad de Huaura ( $p = 0,0000$ ).

Siendo estos resultados mayores a los valores establecidos por la OMS (0,3 – 0,7 mg %) para personas no expuestas o ligeramente expuestas. El resultado es semejante a los valores hallados en el estudio realizado por (Alvarado, 1992), el que reporta concentraciones de carboxihemoglobina en estudiantes de la facultad de Farmacia y Bioquímica del UNMSM (Av. Grau); la concentración de carboxihemoglobina de nuestro estudio realizado en la ciudad de Huacho (1,48mg%) es mayor en comparación a la ciudad de Huaura (0,91 mg%).

Siendo estos resultados mayores a los valores establecidos por la OMS (0,3 – 0,7 mg %) para personas no expuestas o ligeramente expuestas.

Al comparar el grado de exposición por etapas de vida (CUADRO N° 2) de la ciudad de Huacho no se encuentra diferencia significativa ( $p = 0,196783$ ), por lo que se interpreta que todas las etapas de vida presentan concentraciones promedio similares; en lo que respecta a la ciudad de Huaura si existe diferencia significativa ( $p = 0,018736$ ) en las concentraciones promedio de todas las etapas de vida, lo que sugiere que todas estas etapas de vida tienen concentraciones promedio diferentes. Respecto a las etapas de vida afectadas, se encuentra que existe una diferencia significativa en los grupos de edad: 12 – 19 años ( $p = 0,002175$ ) y 20 – 29 años ( $p = 0,000018$ ). En los grupos de edad: 30 – 39 años ( $p = 0,140343$ ), 40– 49 años ( $p = 0,252584$ ) y 50 – 59 años ( $p = 0,132412$ ) no hay diferencias significativas tanto en habitantes de la ciudad de Huacho y Huaura con respecto al grado de exposición y afectación, lo que sugiere que los habitantes de estas etapas de vida están expuestos en igual medida. En la ciudad de Huacho el grupo etario que presenta mayor concentración de CO en sangre es el grupo de 12 – 19 (1,73 mg%), y en la ciudad de Huaura es el grupo etario 50 – 59 (2,15 mg%), estos valores son superiores a los encontrados en el estudio realizado por (Chipana,1999), el que reporta que en la ciudad de Lima la mayor concentración de CO en sangre se encuentra en el grupo de edad 28 – 32 (1,15 mg%) y en la ciudad de Ayacucho se encuentra en el grupo de edad 28 – 32 (0,70 mg%). Siendo estos resultados mayores a los valores establecidos por la OMS (0,3 – 0,7 mg %) para personas no expuestas o ligeramente expuestas.

El sexo masculino en ambas ciudades es el más afectado (CUADRO N° 3) con un promedio de concentración de CO; Huacho: 1,635 mg%; Huaura: 1,112 mg%. Además se encontró, que en ambos sexos de

habitantes de la ciudad de Huacho presentaron mayor concentración de CO en sangre (Masculino: 1,635 mg%, Femenino: 1,205 mg%) que en los habitantes de la ciudad de Huaura. Los habitantes de la ciudad de Huacho están más expuestos que los de la ciudad de Huaura por distribución de sexo (Masculino:  $p = 0,000198$ ; Femenino:  $p = 0,001122$ ). Siendo estos resultados mayores a los valores establecidos por la OMS (0,3 – 0,7 mg %) para personas no expuestas o ligeramente expuestas.

### 3.3. CONCLUSIONES.

1. La concentración promedio de monóxido de carbono en sangre en los habitantes de la ciudad de Huacho (1,48 mg%) es mayor, que en los habitantes de la ciudad de Huaura (0,91 mg%), debido al parque automotor que es más afluente en la ciudad de Huacho que en la ciudad de Huaura.
2. Existen diferencias en las concentraciones promedio para los grupos de edad de 12 - 19 años y 20 - 29 años, población joven con actividad física, en los habitantes de las ciudades de Huacho y Huaura, mientras que en los grupos de edad de 30 - 39, 40 - 49 población adulta sedentaria y 50 - 59 años son similares; el grupo de 60 – 69 años no es comparable por ausencia de muestra en habitantes de la ciudad de Huacho.
3. La concentración de monóxido de carbono en sangre es mayor en el sexo masculino para ambas ciudades, por ubicación de su centro laboral. Existe diferencia significativa entre varones ( $p = 0,000198$ ) y mujeres ( $p = 0,001122$ ) en ambas ciudades.

### **3.4. RECOMENDACIÓN.**

1. Promover la importancia del conocimiento de intoxicación causado por los gases como el monóxido de carbono emanado por los vehículos motorizados en la jurisdicción de Huaura, Huacho y afines.
2. Las Municipalidades a través de sus estamentos consideren las investigaciones universitarias como base de datos para implementar políticas en materia de salubridad frente a amenazas de gases tóxicos expelidos por el parque automotor.
3. Alertar a las autoridades Municipales y de Salud en base a trabajos de investigación universitaria sobre los riesgos y grado de exposición de la población a agentes tóxicos como el monóxido de carbono para la adopción de políticas que mejoren en pro de la salud de la población.
4. Ejecución de programas de vigilancia, control de la calidad del aire y monitoreo de sitios de riesgo como una medida preventiva y correctiva.
5. Verificar regularmente el óptimo estado de los aparatos productores de CO.



#### 4.5. FUENTES DE INFORMACIÓN.

1. **Alcántara C, Nonato L.** Estudio de la Contaminación Atmosférica por Monóxido de Carbono Ocasionado por el Parque Automotor y Determinación de Carboxihemoglobina en Grupos de Población de Riesgo. Trabajo de Tesis UNMSM. Lima - Perú: 1995.
2. **Alvarado P, Cataño L.** Determinación de Carboxihemoglobina por Espectrofotometría en Estudiantes de Farmacia y Bioquímica. Trabajo de Tesis UNMSM. Lima – Perú: 1992.
3. **Bahonza N, Pérez CM.** Relación entre Exposición al Humo del Tabaco y las Concentraciones de Carboxihemoglobina y Hemoglobina. Rev. Archivos de Bronco neumología Nº 7, Vol. 34. Madrid – España: 1998. P. 339-343.
4. **Chipana, J.** Evaluación Químico Toxicológico del Monóxido de Carbono en Bomberos Activos de la Compañía Nº 28 Miraflores – Lima y de La Compañía Nº 63 Ayacucho, 1998. Trabajo de Tesis. UNSCH Ayacucho – Perú: 1999.
5. **Dueñas L, Pérez C.** Concentraciones de Carboxihemoglobina y Factores de Riesgo de Intoxicación por Monóxido de Carbono. Rev. Medicina Clínica Nº 6. Valladolid – España: 1998. P. 237-238.
6. **Escolar JL, Bilbao JM.** Oxigenación Hiperbárica en Intoxicación por Monóxido de Carbono. Rev. Medicina Clínica Nº 16, Vol. 113, España: 1999. P. 639.
7. **Fabre, R.** Tratado de Toxicología. Madrid - España: Ed. Paraninfo. 1976.

8. **Farreras, R.** Medicina Interna. 13<sup>o</sup> Edición. Madrid - España: Ed. Mosby; 1996.
9. **Fernández, J.** Manual de procedimientos de Medicina Interna. México: Ed. Puebla; 1995.
10. **Calabuig, G.** Medicina Legal y Toxicología. 5ta. Edición. España: Ed. III Masson; 1999. P. 611-615.
11. **Guatelli, M.** Intoxicación Oxicarbonada. Primera Edición. Buenos Aires – Argentina: Ed. Universidad de Buenos aires; 1989.
12. **Harrison, R.** Principios de Medicina Interna. 14va Edición. España: Ed. McGraw Hill; 1998.
13. **Hernández, R.** Metodología de la Investigación. Colombia: Ed. McGraw Hill; 1997.
14. **Iovin E, Atilio A.** El laboratorio en la Clínica. 3ra Edición. Buenos Aires – Argentina: Ed. Médica Panamericana; 1985.
15. **Kore, E.** XXVII congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y ambiental (documental) Diagnóstico de las emisiones del parque automotor del Área Metropolitana de Lima (revista). Perú: CEPIS; 2000. P. 2.
16. **Loomis, A.** Fundamentos de Toxicología. España: Ed. Acriba Zaragoza; 1992.
17. **Ministerio de Salud Cuba.** Modelo Matemático Para el cálculo del Monóxido de Carbono en las Avenidas (revista). Cuba: 1992. P. 71.

18. **Norman GR, Streiner DL.** Bioestadística. Madrid – España: Ed. Mosby; 1996. P. 58, 6,242.
19. **Normas Legales,** Aprueban el reglamento de Estándares Nacionales De Calidad Ambiental del Aire. Lima- Perú: El Peruano; 2001. P. 205020,205053.
20. **OPS.** Criterios de Salud Ambiental 13, Monóxido de Carbono OMS, México: 1989 P. 3, 25-36.
21. **Ramos L, Reynoso R.** Evaluación toxicología de monóxido de carbono en transportistas de Lima Metropolitana. Trabajo de Tesis. UNMSM Lima – Perú: 1997.
22. **Repetto, M.** Toxicología Fundamental.3ra. Edición. Madrid – España: Ed. Díaz De Santos; 1997. P. 124.

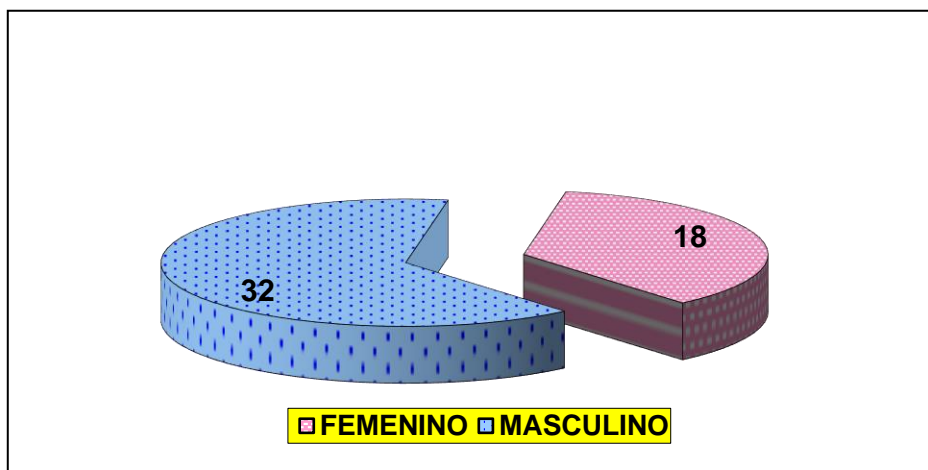
# **ANEXOS**

## MATRIZ DE CONSISTENCIA

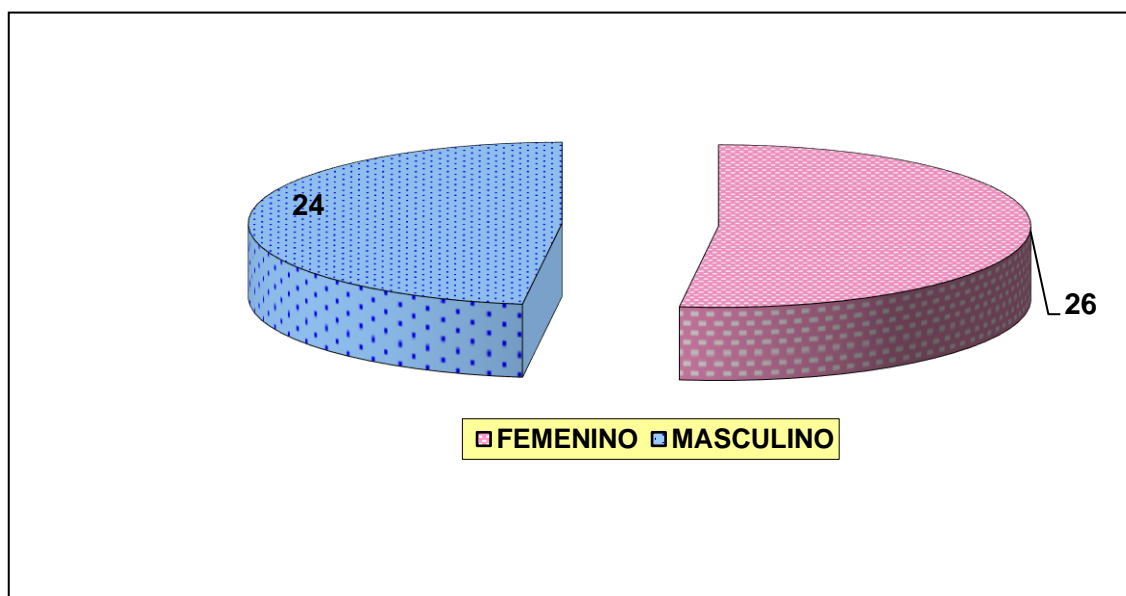
**TITULO DEL ESTUDIO: Evaluación de la concentración de monóxido de carbono en sangre de los habitantes de la ciudad de Huacho y Huaura, 2014.**

PROBLEMAS	OBJETIVOS	MARCO TEÓRICO	HIPÓTESIS	VARIABLES E INDICADORES	METODOLOGÍA
<p><b>Problema General.</b> ¿Cuál será la concentración de monóxido de carbono en sangre de los habitantes de la ciudad de Huacho en comparación a los de la ciudad del Huaura?</p> <p><b>Problemas Específicos.</b> *¿Cuál es la concentración de CO en sangre de los habitantes de la ciudad de Huacho y Huaura por grupo etario? *¿Cuál es la concentración de CO en sangre de los habitantes de la ciudad del Huacho y Huaura por género?</p>	<p><b>Objetivo General.</b> Determinar la concentración de monóxido de carbono en sangre de los habitantes de la ciudad de Huacho y los de la ciudad de Huaura.</p> <p><b>Objetivos Específicos.</b> *Determinar la concentración de monóxido de carbono en sangre de los habitantes de la ciudad del Huacho y Huaura por grupo etario. *Determinar la concentración de monóxido de carbono en sangre de los habitantes de la ciudad de Huacho y Huaura por género.</p>	<p>La contaminación ambiental por monóxido de carbono, producto del parque automotor afecta a la población de ciudades, incrementando el nivel de CO sanguíneo.</p> <p><b>Monóxido de carbono,</b> gas incoloro, inodoro, insípido y muy venenoso.</p> <p><b>Carboxihemoglobina,</b> formado por unión del monóxido de carbono a la hemoglobina, que es incapaz de transportar el oxígeno.</p> <p><b>Salud ambiental,</b> son todos aquellos aspectos de la salud humana, incluyendo la calidad de vida.</p> <p><b>Salud pública,</b> disciplina encargada de la protección de la salud.</p> <p><b>Toxicología,</b> rama de la Medicina que se ocupa del estudio y los efectos que sobre el organismo ostentan las sustancias tóxicas.</p> <p><b>Efectos en la salud,</b> En efecto, la contaminación atmosférica aumenta el riesgo de padecer enfermedades respiratorias..</p>	<p><b>Hipótesis General.</b> La concentración de monóxido de carbono en sangre de los habitantes de la ciudad de Huacho es mayor en comparación a los de la ciudad de Huaura.</p> <p><b>Hipótesis Específicos.</b> *La concentración de CO en sangre de los habitantes de la ciudad de Huacho es mayor a los de la ciudad de Huaura por grupo etario. *La concentración de CO en sangre de los habitantes de la ciudad de Huacho es mayor a los de la ciudad de Huaura por género.</p>	<p><b>Variable Dependiente.</b> Concentración de monóxido de carbono en sangre.</p> <p><b>Variable Independiente.</b> Habitantes de la ciudad de Huacho y Huaura. <b>Edad:</b> tiempo transcurrido desde el nacimiento de un ser vivo. <b>Sexo:</b> división del género humano en dos grupos: masculino y femenino.</p>	<p><b>Población.</b> Está conformado por los habitantes de la ciudad del Huacho y Huaura.</p> <p><b>Muestra.</b> Se tomara una muestra probabilística (azar) de 50 personas aparentemente sanas por ciudad. Que transitan en la zona urbana de las ciudades de Huacho y Huaura.</p> <p><b>Método.</b> Método químico por microdifusión (técnica de Feldstein – Klendshoj).</p> <p><b>Tratamiento Estadístico De Los Datos</b> T de Student (comparación de dos medias) CO Huacho vs. CO Huaura.</p>

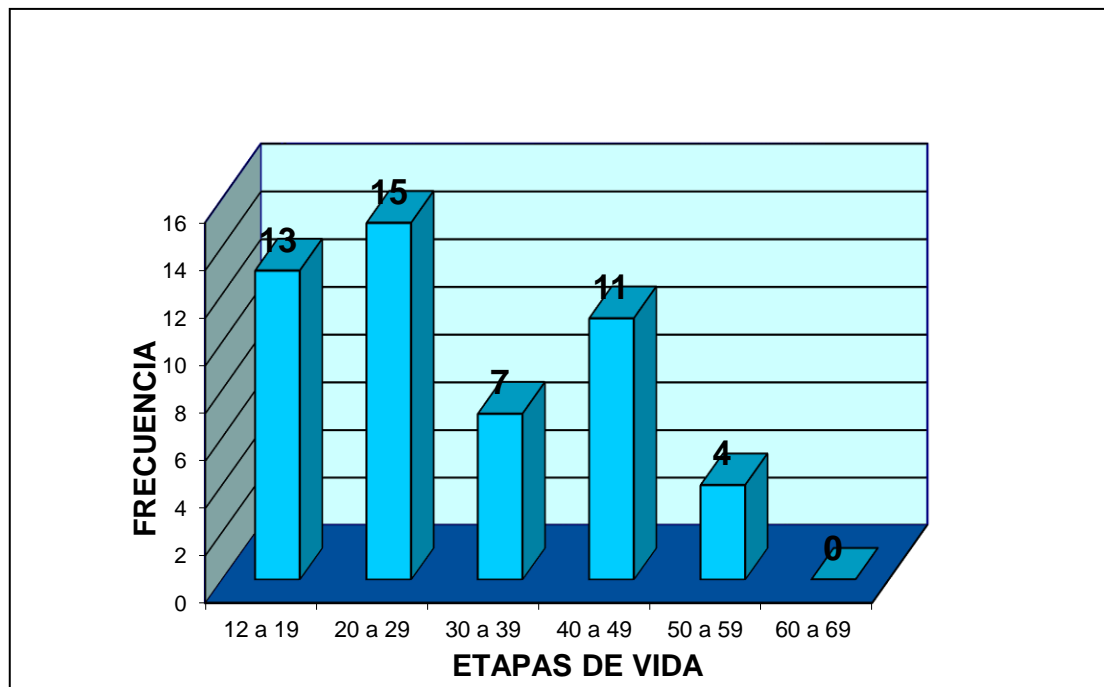
**GRÁFICO Nº 1: FRECUENCIA DE LAS PERSONAS MUESTREADAS POR GÉNERO EN LA CIUDAD DE HUACHO 2014.**



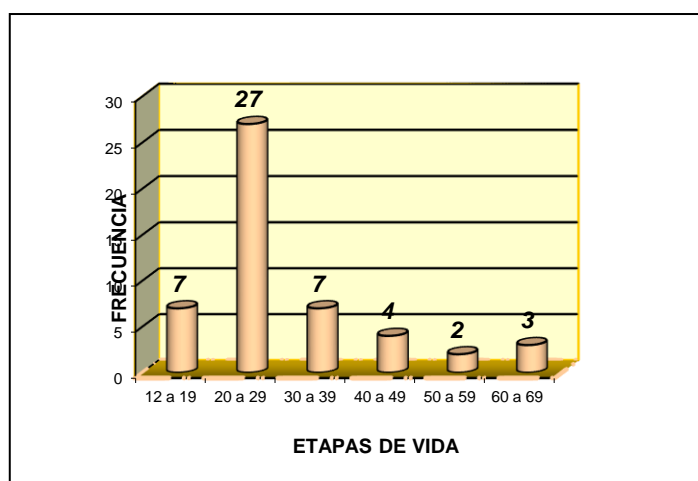
**GRÁFICO Nº 2: FRECUENCIA DE LAS PERSONAS MUESTREADAS POR GÉNERO EN LA CIUDAD DE HUAURA 2014.**



**GRÁFICO Nº 3: FRECUENCIA DE LAS PERSONAS MUESTREADAS POR GRUPO ETARIO EN LA CIUDAD DE HUACHO 2014.**



**GRÁFICO Nº 4: FRECUENCIA DE LAS PERSONAS MUESTREADAS POR GRUPO ETARIO EN LA CIUDAD DE HUAURA 2014.**



## FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

UNIVERSIDAD PARTICULAR ALAS PERUANAS –FILIAL HUACHO  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD ESCUELA PROFESIONAL DE  
FARMACIA Y BIOQUÍMICA

### “EVALUACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE MONÓXIDO DE CARBONO EN SANGRE DE LOS HABITANTES DE LA CIUDAD DE HUAURA Y HUACHO-2014”

FICHA N° :

#### I. DATOS GENERALES.

1. Nombre :
2. Edad :
3. Sexo :
4. Lugar(Ciudad) :
5. Dirección :

#### II. DATOS DE LABORATORIO.

1. Concentración de CO : ..... mg%

#### III. OBSERVACIONES

.....  
.....



## CONSENTIMIENTO INFORMADO

**Nombre del estudio:** Evaluación de la concentración de monóxido de carbono en sangre de los habitantes de la ciudad de Huacho y Huaura 2014.

**Institución:** Universidad Particular Alas Peruanas - Filial Huacho.

**Investigador Principal:** Antonia Paula Rodríguez Santos.

**Dirección:** calle Gral. Vidal N° 194 – Urb. San Martín - Huaura

Teléfono: 3412211.

**Patrocinador:** Mg. Q.F. Tania Torres Aguilar. Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

1. **Introducción:** La contaminación del aire es uno de los problemas más dispersos en el mundo actual, en zonas metropolitanas del planeta donde vive más del 50% de la población mundial que sufren o están expuestos a padecer secuelas de la contaminación ambiental, afectando la salud integral del hombre.

La contaminación por monóxido de carbono se ha incrementado en nuestro país en las últimas décadas, teniendo como una de las principales causas el incremento del parque automotor, observándose mayormente en la zona urbana de la ciudad de Huacho.

2. **¿De qué se trata el estudio?** el estudio se trata sobre la determinación de la concentración de monóxido de carbono en sangre de los habitantes de la ciudad del Huacho y Huaura por grupos de etario.
3. **¿Quiénes pueden participar en el estudio?** Pueden participar en el estudio los habitantes de la ciudad de Huacho y Huaura, de 12 – 69 años de edad de ambos sexos.
4. **¿Qué se me pedirá que haga si participo en este estudio?** Si acepta participar en el estudio le pediremos que responda a algunas preguntas sobre los síntomas de la intoxicación por monóxido de carbono, si se

encuentra expuesto ocupacionalmente, luego le tomaremos una muestra de sangre.

5. **¿Cuánto tiempo durara mi participación en el estudio?** El tiempo de participación será un aproximado de 20 minutos el que le tome responder las preguntas y que tomemos la muestra de sangre. Ambos procedimientos se realizaran en ese mismo momento y lugar.
6. **¿Existen riesgos para mí por participar en el estudio?** En estos tipos de procedimientos de toma de muestra de sangre, siempre se utiliza agujas y por lo tanto ocasionan un pequeño dolor pero no existen otros riesgos porque todo el material es descartable y lo hará un personal entrenado.
7. **¿Tendré algún beneficio por participar en el estudio?** Su participación ayudará a obtener un mejor diagnóstico sobre la intoxicación de monóxido de carbono en el distrito de Huacho y Huaura, lo que contribuirá a gestionar estrategias adecuadas que permitan mejorar las condiciones de salud.
8. **¿Me puedo retirar en cualquier momento?** Su participación en este estudio es totalmente voluntaria. Además si Ud. decide no seguir participando puede hacerlo libremente.
9. **Confidencialidad ¿Quién va a saber que yo estoy participando en el estudio?** Solo las personas a cargo del estudio tendrán acceso a sus datos personales, los que posteriormente serán analizados en forma codificada, sin revelar su identidad. Los resultados del estudio serán publicados en conjunto sin incluir ningún nombre u identificación.
10. **¿A quién llamo si tengo preguntas sobre el estudio?**
  - **El estudio:** al investigador principal: **(Antonia Rodríguez Santos)** llamando al teléfono; 3412211 o al correo electrónico: [antoniarodriguezsantos@hotmail.com](mailto:antoniarodriguezsantos@hotmail.com).
  - **Asesora:** **Dra. Tania Torres Aguilar. Universidad Nacional Mayor de San Marcos**, teléfono 966942217, o al correo electrónico: [tanittoa@hotmail.com](mailto:tanittoa@hotmail.com).

## **Declaración Voluntaria de Consentimiento Informado**

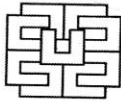
Yo, después de haber sido informado(a) sobre todos los aspectos del proyecto descritos en este formato y de haber recibido respuestas satisfactorias a todas mis preguntas y dudas sobre este proyecto, acepto libre y voluntariamente que he tenido oportunidad de hacer preguntas sobre este proyecto; entiendo los procedimientos que se realizarán y que la información se tratará confidencialmente sin revelar mi identidad en informes o publicaciones con los resultados de estos estudios.

Fecha:.....

\_\_\_\_\_  
Nombre y apellidos del participante

\_\_\_\_\_  
Firma

\_\_\_\_\_  
Firma del responsable del Proyecto



**GOBIERNO REGIONAL DE LIMA**

HOSPITAL HUACHO  
HUAURA OYÓN  
Y SBS.

Decenio de las Personas con Discapacidad en el Perú  
"AÑO DE LA PROMOCION DE LA INDUSTRIA RESPONSABLE Y  
DEL COMPROMISO CLIMATICO"

MEMORANDO N° 093-2014-GRL-DIRESA-HHHO Y SBS-UADI

A : **MC. VIRGINIA ARONI MEJIA**  
JEFA DE LA OFICINA DE APOYO ADMINISTRATIVO

ASUNTO : AUTORIZACION PARA TRABAJO INVESTIGACION

REFERENCIA : MEMORANDO N° 558-2014-GRL-DIRESA-HHHO.SBS.OAA

FECHA : Huacho, Diciembre 12 del 2014.

-----

Es grato dirigirme a Ud., para saludarla cordialmente y a la vez presentar a **SRTA. ANTONIA PAULA RODRIGUEZ SANTOS**, quien contando con vuestra opinión favorable, conjuntamente con el Jefe de la Microred de Huaura, está autorizada a recabar información para ejecutar el Proyecto de Tesis: **"EVALUACION DE LA CONCENTRACION DE MONOXIDO DE CARBONO EN SANGRE DE LOS HABITANTES DE LA CIUDAD DE HUACHO Y HUAURA 2014"**.

Atentamente,



**M.C. JORGE C. GARRO ESPINO**  
JEFE DE LA UNIDAD DE APOYO A LA DOCENCIA E INVESTIGACION  
CMP. 36566

JCGE/acvp.  
Cc. Interesada  
Archivo.

[www.hdhuacho.gob.pe](http://www.hdhuacho.gob.pe)

Central Telefónica 232 2634

Av. José Arnaldo Arámbulo La Rosa N° 251 - Huacho

Telefax: 239 5142 / 232 3181

## VISTA Nº 1

### MATERIALES Y REACTIVOS UTILIZADOS EN LA DETERMINACIÓN DE MONÓXIDO DE CARBONO EN SANGRE

- CLORURO DE PALADIO 0.01 N
- CLORURO DE POTASIO 15 %
- ÁCIDO SULFÚRICO 10 %
- GOMA ARÁBIGA 0.01 N
- CÁMARA DE CONWAY
- FIAS DE 10 ML
- MUESTRA : SANGRE HUMANA



## VISTA Nº 2

### PROCESAMIENTO DE LA MUESTRA EN LA CÁMARA DE CONWAY

- SE COLOCA EN EL COMPARTIMIENTO INTERNO CLORURO DE PALADIO 0.01 N.
- DESPUÉS SE COLOCA EN EL COMPARTIMIENTO EXTERNO SANGRE INMEDIATAMENTE DESPUÉS ÁCIDO SULFÚRICO.

