



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

**DETERMINACIÓN DE CARBOXIHEMOGLOBINA AL
INICIO Y FINAL DE JORNADA DIURNA EN
VENDEDORES DE KIOSCOS EN EL ÁREA DE
EMBARQUE DEL TERMINAL TERRESTRE DE CUENCA.**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIA AL
TÍTULO DE BIOQUÍMICO FARMACÉUTICO.**

AUTORAS
María Soledad Bravo Medina
Sandi Cecilia Mora Ortega

DIRECTORA DE TESIS
Dra. Ruth Eugenia Rosas Castro Mgs.

**CUENCA, ECUADOR
2016**



RESUMEN

Con un diseño de casos y controles y previa monitorización de monóxido de carbono (CO) ambiental se realizó una medición de carboxihemoglobina (% COHb), inicio y final de la jornada de trabajo empleando CO-oximetría de pulso, a 45 vendedores que permanecen más de ocho horas diarias en kioscos ubicados en la zona de embarque de la Terminal Terrestre de la ciudad de Cuenca.

Para garantizar precisión y confiabilidad del dato la medición se realizó por tres días consecutivos y a la misma hora. El resultado obtenido en los vendedores considerados expuestos (casos) al CO proveniente de la combustión vehicular se comparó con el obtenido en un grupo no expuesto (control), de características demográficas similares pero residente en zonas suburbanas.

La curva de monitorización de CO ambiental por ocho horas mostró elevaciones por encima del límite máximo permisible desde las 12h00, con un descenso a valores permisibles en las dos primeras horas de la tarde y una elevación a partir de las 15h00 que tiende a elevarse progresivamente.

El % COHb final (5.4 ± 1.21) después de 8 horas de jornada fue mayor que el obtenido al inicio de jornada (3.2 ± 0.59). La diferencia fue altamente significativa ($p < 0.001$). El % COHb del grupo control fue significativamente menor que los obtenidos en el grupo expuesto ($p < 0.001$).

El 60% de vendedores que tuvo % COHb elevada desde antes de la primera medición se incrementó al 97% al final de jornada [RR 1.6 (IC95%: 1.2 – 2.1)].

Con base en los resultados consideramos que la zona de embarque, un ambiente en el que circulan diariamente más de 600 automotores, es una zona de posible riesgo para la salud humana.

Palabras clave: monóxido de carbono, carboxihemoglobina, contaminación ambiental, factor de riesgo, Co-oximetría de pulso.



ABSTRACT

Using a desing of cases and controls and previous carbon monoxide (environmental CO) monitoring, a measurement of carboxyhemoglobin (% COHb) was taken from 45 vendors that remain at kiosks located in the boarding area of the Bus Terminal of the city of Cuenca for more than eight hours a day, before and after their woking day using the pulse CO-oximeter method.

To ensure the accuracy and reliability of the data, the measurements were conducted for three consecutive days at the same times each day. The result obtained in the experimental group of vendors exposed to CO from vehicular combustión was compared with that obtained in an unexposed control group with similar demographic characteristics, but living in suburban areas.

Graphing the curve of environmental CO for eight hours showed elevations above the maximum permissible limit from 12h00, with a descent to allowable levels in the first two hours of the evening, and an elevation from 15h00 that tends to rise progressively.

The final % COHb (5.4 ± 1.21) after 8 hours a day was higher than at the beginning of day (3.2 ± 0.59). The difference was very significant ($p < 0.001$). The % COHb of the control group was significantly lower than those obtained in the exposed group ($p < 0.001$).

The 60% of sellers who already had a high % COHb before the first measurement of increased to 97% at the end of day [RR 1.6 (95% CI: 1.2 - 2.1)].

Based on the results, we believe that the boarding area, an environment where over 600 vehicles circulate daily, is an area of risk to human health.

Key words: carbon monoxide, carboxyhemoglobin, environmental pollution, risk factor, CO-oximeter.



ÍNDICE DE CONTENIDO

Contenido	pág.
RESUMEN.....	2
ABSTRACT	3
LISTA DE TABLAS	7
LISTA DE FIGURAS	9
LISTA DE ANEXOS	10
ABRVIATURAS Y SIMBOLOGÍA.....	11
CLÁUSULA DE DERECHO DEL AUTOR.....	13
CLÁUSULA DE PROPIEDAD INTELECTUAL.....	15
DEDICATORIA.....	17
AGRADECIMIENTOS	18
INTRODUCCIÓN.....	19
1.-MONÓXIDO DE CARBONO	21
1.1-Generalidades del monóxido de carbono	21
1.2.-Fuentes	21
1.2.1.-Endógenas.....	21
1.2.2.-Exógenas.....	22
1.3.-Monóxido de carbono en el ambiente	23
1.3.1.-Calidad de aire (índice de calidad de aire AQI)	23
1.3.2.-Contaminación atmosférica.....	23
1.3.3.-Contaminantes atmosféricos.....	24
1.3.4.-Límites de exposición	27
1.3.5.-Estudio de la polución del Terminal Terrestre de la ciudad de Cuenca	29
1.4.-Fisiopatología	30
1.5.-Toxicocinética.....	31
1.6.-Mecanismo de toxicidad del monóxido de carbono	31
1.7-Efectos del monóxido de carbono nivel de hemoglobina	32
1.7.1.-Unión del monóxido de carbono a la hemoglobina.....	32
1.7.2.-Efectos del monóxido de carbono en la cadena respiratoria	33
1.7.3.-Aumento de óxido nítrico libre intracelular	35



1.7.4.-Unión a la mioglobina	35
1.8.-Manifestaciones clínicas.....	35
1.9.-Carboxihemoglobina.....	37
1.9.1.-Niveles de carboxihemoglobina	37
1.10.-Diagnóstico de carboxihemoglobina	37
1.11.-Tratamiento	38
1.12.-Prevención	39
2.-METODOLOGÍA	41
2.1.-Tipo de estudio o investigación.....	41
2.2.-Relación de variables	41
2.3.-Población de estudio	41
2.4.-Estrategia muestral.....	41
2.5.-Criterio de inclusión y exclusión.....	42
2.5.1.-Criterios de inclusión de casos.....	42
2.5.2.-Criterios de exclusión de casos.....	42
2.5.3.-Criterios de inclusión de controles	42
2.5.4.-Criterios de exclusión controles	42
2.6.-Procedimientos y técnicas	43
2.6.1.-Procedimiento cumplido para la investigación.....	43
2.6.2.-Monitoreo ambiental del monóxido de carbono	44
2.6.3.-Técnica.....	44
2.6.3.1.-Masimo Radical 7	45
2.6.3.2.-Principios de funcionamiento	45
2.6.3.3.-Principios en los que se rige la CO-oximetría.....	48
2.6.3.4.-Factores que afectan la oximetría de pulso.....	49
2.7.-Medidor de monóxido de carbono (ALTAIR 4X MSA)	49
2.8.-Análisis de la información	50
2.9.-Aspectos éticos de la investigación	51
3.-RESULTADOS	53
3.1.-Flujograma del estudio	53
3.2.-Características de la población de estudio (casos)	54
3.3.-Distribución de la muestra	56
3.4.-Medición del porcentaje de carboxihemoglobina	57



3.5.-Condiciones de los grupos en cuanto a las mediciones de porcentaje de carboxihemoglobina.....	58
3.6.-Análisis de varianza del porcentaje carboxihemoglobina	59
3.7.-Comparación del porcentaje de carboxihemoglobina inicio y final de jornada	60
3.8.-Características del grupo control	61
3.9.-Comparación del porcentaje de carboxihemoglobina entre expuestos vs no expuestos a monóxido carbono.....	63
3.10.-Comparación de los valores del porcentaje de carboxihemoglobina en los vendedores al inicio y final de jornada según condiciones de trabajo	64
3.11.-Monitoreo monóxido de carbono en la zona de embarque durante el día	65
3.11.1.- Monóxido de carbono en la zona de embarque.....	69
3.12.- Concentraciones promedios por ocho horas de monóxido de carbono ambiente en la zona de embarque del Terminal Terrestre de la ciudad de Cuenca.....	70
4.-DISCUSIÓN.....	71
5.-CONCLUSIONES.....	81
6.-RECOMENDACIONES.....	82
BIBLIOGRAFÍA.....	83
ANEXOS	88



LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Concentraciones de contaminantes comunes que definen los niveles de alerta, alarma y de emergencia en la calidad del aire.....	28
Tabla 2: Características demográficas de 45 vendedores expuestos a la emisión de monóxido de carbono en la Zona de Embarque de la Terminal Terrestre de Cuenca. Cuenca 2016.....	54
Tabla 3: Análisis de distribución de la edad de los vendedores mediante la prueba de Kolmogorov Smirnov para una muestra.....	56
Tabla 4: Valores del %COHb en mediciones diarias a inicio y fin de jornada, durante tres días.....	57
Tabla 5: Análisis de Varianza de los % COHb, iniciales y finales, de los tres días para verificar la similitud de las mediciones.....	58
Tabla 6: Comparación del % COHb inicial vs la % COHb final, de cada día.....	59
Tabla 7: Comparación mediante la prueba t de Student de las modificaciones de %COHb obtenidas al inicio vs final de jornada, durante tres días consecutivos y su valor promedio.....	60
Tabla 8: Características demográficas de 45 habitantes residentes en un sector suburbano de la ciudad de Cuenca no expuestos permanentemente a la emisión de gases de la combustión de los automotores.....	61
Tabla 9: Comparación mediante la prueba t de Student de las modificaciones de %COHb obtenidas en los vendedores al final de jornada y en el grupo control en una medición.....	63
Tabla 10: Valores normales vs elevados de % COHb en 45 vendedores de la Zona de Embarque de la Terminal Terrestre con mínimo de 2 años de	

MARÍA SOLEDAD BRAVO MEDINA y SANDI CECILIA MORA ORTEGA



permanencia habitual y por lo menos 8 horas diarias en la zona de exposición.....64

Tabla 11: Modificaciones de CO en la zona de embarque en ug/m³ por hora, desde las 08h00 hasta las 16h00. Valores promedio de cada hora.....69

Tabla 12: Correlación del CO ambiental y % COHb promedio final de los vendedores de Kioscos de la zona de embarque del Terminal Terrestre.....70



LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Zona de embarque de la Terminal Terrestre de la ciudad de Cuenca.....	29
Figura 2: Fisiopatología de la toxicidad por monóxido de carbono.....	30
Figura 3: Representación esquemática de los efectos del monóxido de carbono en los citocromos de la cadena respiratoria mitocondrial.....	34
Figura 4: Representación esquemática de los efectos del monóxido de carbono.....	36
Figura 5: MASIMO Radical 7 CO-oxímetro de pulso.....	45
Figura 6: Analizador de gases ALTAIR 4X MSA.....	49
Figura 7: Características demográficas de la población de estudio.....	55
Figura 8: Características demográficas de la población control.....	62
Figura 9: Monitoreo en la zona de embarque primer día.....	65
Figura 10: Monitoreo en la zona de embarque segundo día.....	66
Figura 11: Monitoreo en la zona de embarque tercer día.....	67
Figura 12: Monitoreo en la zona de embarque promedio global.....	68



LISTA DE ANEXOS

Anexo 1: Consentimiento informado para la participación de personas adultas en el estudio que determina la carboxihemoglobina al inicio y final de jornada diurna en vendedores de kioscos en el área de embarque del Terminal Terrestre de Cuenca.....	89
Anexo 2: Formulario de recopilación de la información.....	92
Anexo 3: Flujograma del procedimiento de medición.....	94
Anexo 4: Características demográficas personales y ocupacionales de la población de estudio.....	95
Anexo 5: Medición de carboxihemoglobina (% COHb) inicio y final de jornada laboral diurna en la zona de embarque del Terminal Terrestre de Cuenca.....	97
Anexo 6: Características demográficas y medición del % COHb en grupo control.....	99
Anexo 7: Concentraciones horarias de Monóxido de Carbono (CO) ambiental en área de embarque de la Terminal Terrestre de la ciudad de Cuenca, medidas con el equipo <i>ALTAIR 4X MSA</i> perteneciente a la empresa Grupo China Gezhouba Compañía Limitada Cuenca Enero 2016.....	101
Anexo 8: Comparaciones múltiples con la corrección de Bonferroni.....	102
Anexo 9: Certificado de calibración de equipo de monitoreo de CO ambiental <i>ALTAIR 4X MSA</i>	103
Anexo 10: Comparación del % COHb entre los valores diarios y promedios del grupo expuesto vs control.....	104
Anexo 11: Registro fotográfico.....	105



ABREVIATURAS Y SIMBOLOGÍA

A	Absorbancia
ATA	Atmósferas Absolutas
ATP	Adenosintrifosfato
AQI	Índice de calidad de Aire
CO	Monóxido de Carbono
COHb	Carboxihemoglobina
COVs	Compuestos orgánicos volátiles
EPOC	Enfermedad pulmonar obstructiva crónica
EMOV	Empresa Municipal de Movilidad
FADH₂	Dinucleótido de flavina-adenina, forma reducida
HAPs	Hidrocarburos aromáticos policíclicos
Hb	Hemoglobina
I	Intensidad de la luz transmitida
IQ	Calidad de la señal
Ir	Infrarroja
MetH	Metahemoglobina
NAD	Dinucleótido de nicotinamida-adenina
NBO	Oxígeno Normobárico
NECAA	Norma Ecuatoriana de Calidad del Aire Ambiente
NOx	Óxido Nítrico
LED	Diodos emisores de luz
O₂	Oxígeno
O₃	Ozono troposférico
O₂Hb	Oxihemoglobina



OHB	Oxígeno Hiperbárico
OMS	Organización Mundial de la Salud
PI	Índice de perfusión
PM	Material Particulado
PO₂	Presión de Oxígeno
ppm	Partes por Millón
SpMetHb	Saturación de metahemoglobina
SNC	Sistema Nervioso Central
SpCO	Saturación de Carboxihemoglobina
SpHb	Saturación de Hemoglobina Total
SpO₂	Saturación de Oxígeno
VLA	Valor límite Ambiental
VLB	Valor límite Biológico



Universidad de Cuenca
Clausula de derechos de autor

Maria Soledad Bravo Medina autora de la tesis "DETERMINACIÓN DE CARBOXIHEMOGLOBINA AL INICIO Y FINAL DE JORNADA DIURNA EN VENDEDORES DE KIOSCOS EN EL ÁREA DE EMBARQUE DEL TERMINAL TERRESTRE 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 hiciere de este trabajo, no implicará afección alguna de mis derechos morales o patrimoniales como autora.

Cuenca, 25 de Abril de 2016.

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Soledad Bravo Medina".

—
María Soledad Bravo Medina

C.I: 1103767644



Sandi Cecilia Mora Ortega autora de la tesis "DETERMINACIÓN DE CARBOXIHEMOGLOBINA AL INICIO Y FINAL DE JORNADA DIURNA EN VENDEDORES DE KIOSCOS EN EL ÁREA DE EMBARQUE DEL TERMINAL TERRESTRE 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 hiciere de este trabajo, no implicará afección alguna de mis derechos morales o patrimoniales como autora.

Cuenca, 25 de Abril de 2016.

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Sandi Mora".

Sandi Cecilia Mora Ortega

C.I: 0106668809



Universidad de Cuenca
Clausula de propiedad intelectual

María Soledad Bravo Medina, autora de la tesis "DETERMINACIÓN DE CARBOXIHEMOGLOBINA AL INICIO Y FINAL DE JORNADA DIURNA EN VENDEDORES DE KIOSCOS EN EL ÁREA DE EMBARQUE DEL TERMINAL TERRESTRE DE CUENCA", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autora.

Cuenca, 25 de Abril de 2016.



A handwritten signature in black ink, appearing to read "Soledad" above "Bravo Medina".

María Soledad Bravo Medina

C.I: 1103767644



Universidad de Cuenca
Clausula de propiedad intelectual

Sandi Cecilia Mora Ortega, autora de la tesis "DETERMINACIÓN DE CARBOXIHEMOGLOBINA AL INICIO Y FINAL DE JORNADA DIURNA EN VENDEDORES DE KIOSCOS EN EL ÁREA DE EMBARQUE DEL TERMINAL TERRESTRE DE CUENCA", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autora.

Cuenca, 25 de Abril de 2016.

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Sandi Mora O".

Sandi Cecilia Mora Ortega

C.I: 0106668809



DEDICATORIA

El presente trabajo va dedicado a Dios, por permitirme llegar a este momento tan especial en mi vida; por los triunfos y etapas difíciles que me han enseñado a valorarlo cada día más.

A mis padres y hermanas por ser las personas que me han acompañado durante todo mi trayecto estudiantil y de vida.

Sandi Mora

Este trabajo y el esfuerzo puesto para su realización se lo dedico a Dios y especialmente a mis padres y hermanos que supieron brindarme su apoyo, cariño y ayuda incondicional que fue el mejor impulso para conseguir cumplir con una meta, un sueño, un ideal, que me permita seguir creciendo y superarme todos los días.

Soledad Bravo



AGRADECIMIENTOS

Gracias a Dios por la sabiduría, entendimiento, y la fuerza que nos permitieron alcanzar este objetivo en nuestras vidas.

A nuestras Familias por todo su apoyo, amor, confianza y ejemplo de lucha que fue nuestro modelo a seguir para lograr un escalón más en nuestra formación y ser personas de bien con ganas de trabajar por un futuro mejor.

A la Empresa Pública Municipal de Movilidad, Tránsito y Transporte de Cuenca (EMOV) por su apoyo y cooperación en el desarrollo de este trabajo de tesis, de manera especial al Ing. Mateo Cobos Gerente de la EMOV por autorizar el uso de las instalaciones del Terminal Terrestre de la ciudad de Cuenca, así como al personal administrativo que labora en el Terminal Terrestre y que nos brindó todas las facilidades para realizar el presente trabajo.

A la Dra. Ruth Rosas Castro Mgs. quien con sus conocimientos supo orientar con mucha dedicación, esmero y paciencia la realización de este trabajo. Gracias por la confianza y el apoyo brindado.

Al Dr. Iván Orellana MsC. por su valiosa colaboración y ayuda en el desarrollo de este trabajo.



INTRODUCCIÓN

La intoxicación por monóxido de carbono (CO) se debe a una exposición prolongada a pequeñas cantidades del gas, el cual se encuentra presente en forma natural en la atmósfera en concentraciones mínimas de 0.001% y adquiere cada vez más importancia, debido a la combustión incompleta de motores de gas, humo de tabaco, mal funcionamiento de hornos y procesos industriales (Vargas, 2014).

En 1895, se descubrió por primera vez el efecto que el (CO) tiene sobre la hemoglobina; la exposición al CO es por lo tanto uno de los riesgos de la civilización moderna, hasta en las calles más frecuentadas de las grandes ciudades, se ha demostrado que el aire tiene una concentración de gas suficiente como para causar síntomas leves en personas que permanecen durante largos períodos en ella (Vargas, 2014).

En el Ecuador existe la Legislación Ambiental Secundaria del Ministerio del Ambiente en la que, se encuentra la Norma Ecuatoriana de Calidad de Aire Ambiente (NECCA), cuyo propósito es proteger la salud y el medio ambiente, estableciendo el límite máximo permisible de concentración de contaminantes en el aire ambiente (Ministerio del Ambiente, 2012).

El estudio se enfoca en una de las zonas con mayor frecuencia vehicular del Terminal Terrestre de la ciudad de Cuenca, como son los andenes de llegada y salida de los autobuses, por lo que la investigación pretende correlacionar los valores de carboxihemoglobina de los vendedores de kioscos con el CO en el aire del ambiente.

Este documento ofrecerá una fuente de información para todos los involucrados en el control de la contaminación ambiental y riesgos para la salud humana del Municipio, Ministerio de Salud Pública y región Austral; sobre las condiciones ambientales a las que se encuentra expuesta la población en estudio.



Además permitirá que la población en estudio tome en cuenta ciertas recomendaciones que se establecen para el personal expuesto a la contaminación con CO; logrando que las personas involucradas puedan prevenir las posibles consecuencias en la salud debido a la intoxicación por CO.



1.- MONÓXIDO DE CARBONO

1.1.- Generalidades del monóxido de carbono

El CO se caracteriza por ser un gas tóxico, inodoro, incoloro, menos denso que el aire por lo que, se disemina con facilidad y al ser no irritante para las vías respiratorias se denomina como el homicida invisible y silencioso. El CO puede inducir efectos nocivos para la salud, en función de su concentración en el aire del ambiente y del tiempo de exposición, que podrían llegar a causar la muerte en pocos minutos o generar secuelas neurológicas irreversibles (Oliu, Nogué, & Miró, 2010).

La intoxicación por CO es un problema frecuente, muchas veces no diagnosticado, ni sospechado durante la atención de urgencia. El conocimiento de las manifestaciones clínicas inducidas por la inhalación de este peligroso gas y la posibilidad de determinar la presencia de carboxihemoglobina (COHb) en sangre, junto a otros estudios complementarios, son elementos esenciales para su correcto diagnóstico y tratamiento (García, 2011).

El envenenamiento por CO a menudo se cita como una forma de hipoxia debido a la deficiencia oxígeno y a la pérdida de la capacidad de la hemoglobina (Hb) de transportar al mismo, ya que la afinidad de la hemoglobina para el CO es mayor que para el oxígeno, razón por la cual no se ve afectada el contenido total de Hb en la sangre (Guerrero & Batres, 2004).

1.2.- Fuentes

1.2.1.- Endógenas: El cuerpo humano produce de forma continua pequeñas cantidades de CO, como uno de los productos finales del catabolismo de la Hb y otros grupos hemo. En cantidades fisiológicas el CO endógeno funciona como un neurotransmisor, podría modular favorablemente la inflamación, la apoptosis y la proliferación celular, además de regular la biogénesis mitocondrial. De esta



manera es normal que en un individuo sano exista una saturación de COHb del 1 al 2 % de la hemoglobina total (García, 2011).

1.2.2.- Exógenas: El CO se produce por la combustión de materiales con carbono en ambientes pobres en oxígeno. Se detalla la información científica del Ministerio de Salud de Argentina que realiza en el año 2011 la identificación de fuentes exógenas.

- A nivel doméstico el CO se origina en los artefactos que queman gas, carbón, leña, querosén, alcohol, o cualquier otro combustible. El gas natural no contiene CO en su composición, pero su combustión incompleta es capaz de generarlo. Entre los artefactos que queman gas, los más frecuentemente involucrados en los eventos de intoxicación son: calefones (72%), termotanques, cocinas, hornos, entre otros.
- El humo de tabaco contiene aproximadamente 400 ppm. Esto provoca que una persona que fuma 20 cigarrillos por día alcance un nivel de (COHb) de 5-10%. Lo mismo ocurre en fumadores pasivos cuando viven en ambientes con elevados niveles de humo de tabaco.
- Fuentes industriales productoras de químicos como el formaldehído.
- Entre las maquinarias de combustión interna, predominan los motores de vehículos como causa de contaminación ambiental. Se ha determinado que en una gran ciudad, en una hora pico, la concentración de CO en una calle muy transitada puede alcanzar 115 partes por millón (ppm), superando ampliamente las 9 ppm consideradas como el nivel guía de calidad de aire de exteriores como promedio para ocho horas de exposición (OMS). Los motores de automóviles pueden ser la causa de intoxicación letal dentro de un garaje público o de una vivienda, o aún para los que viajan dentro, si los conductos de escape de gases son defectuosos.



1.3.- Monóxido de carbono en el ambiente

La Norma Ecuatoriana de Calidad del Aire Ambiente (NECAA) en su libro VI anexo 4 define:

“Contaminación del aire: La presencia de sustancias en la atmósfera, que resultan de actividades humanas o de procesos naturales, presentes en concentración suficiente, por un tiempo suficiente y bajo circunstancias tales que interfieren con el confort, la salud o el bienestar de los seres humanos o del ambiente”.

El desarrollo tecnológico, el crecimiento demográfico, la industrialización y el uso de nuevos métodos en la agricultura, son factores que contribuyen a que entren al ambiente, de manera continua, cantidades crecientes de sustancias químicas, sintéticas y naturales, cuyas interacciones y efectos adversos son cada vez más frecuentes causando problemas ambientales.

1.3.1.- Calidad de Aire (Índice de calidad de Aire AQI)

Airnow (2014) menciona que el AQI (es un índice para la presentación de informes de calidad de aire). El AQI se enfoca en efectos sobre la salud que pueden surgir dentro de unas pocas horas o días después de respirar aire contaminado.

Entre los contaminantes del aire se pueden mencionar ozono a nivel del suelo, la contaminación de partículas, también conocida como material particulado (PM), CO, dióxido de azufre (SO_2) y dióxido de nitrógeno (NO_2) (Pérez, 2015).

1.3.2.- Contaminación atmosférica

La contaminación del aire representa una amenaza importante para la salud pública en todo el mundo. Según la OMS más de dos millones de muertes prematuras anuales son atribuibles a los efectos de la contaminación del aire en espacios abiertos urbanos y en espacios cerrados. Más de la mitad de esta carga MARÍA SOLEDAD BRAVO MEDINA y SANDI CECILIA MORA ORTEGA



de enfermedad recae en las poblaciones de los países en desarrollo. Numerosos estudios epidemiológicos evidencian como la exposición crónica a contaminantes relacionados al tráfico vehicular y la industria química y petroquímica, tales como PM, metales, hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs), compuestos orgánicos volátiles (COVs) y gases inorgánicos (SO_2) y óxidos de nitrógeno (NO_x), produce efectos adversos al desarrollo y la función pulmonar, expresados frecuentemente en término de asma o enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC), e incremento de la mortalidad principalmente en niños (Colman & Mulle, 2013).

1.3.3.- Contaminantes atmosféricos

Como se mencionó anteriormente se entiende como contaminación atmosférica la presencia en la atmósfera de sustancias en una cantidad que pueda generar riesgo o complicaciones para la salud, por lo tanto cuando se habla de contaminantes atmosféricos se pueden mencionar un sin número de sustancias consideradas como tales sin embargo entre las que pueden generar un mayor impacto tenemos: partículas en suspensión dióxido y monóxido de carbono, óxido de nitrógeno y azufre, metales pesados, ozono troposférico (O_3) entre otros contaminantes.

A su vez los contaminantes atmosféricos pueden tener carácter local si los efectos relacionados se evidencian en el foco emisor o en sus inmediaciones, o planetario cuando los efectos se pueden evidenciar en zonas alejadas a las que contienen él o los focos.

Echarri, (2007) menciona como contaminantes principalmente a:

- Las partículas en suspensión que son sustancias sólidas o líquidas que se suspenden en el aire como gases, polvo, polen, humo aerosoles y hollín. Se generan principalmente por la combustión de motores sin embargo pueden ser procedentes de reacciones químicas, se identifican por su



tamaño cuando es inferior a 10 μm se denominan PM10 estas partículas suelen llegar a las vías respiratorias superiores pudiendo alojarse en la tráquea, o incluso llegar hasta los bronquios, mientras que las partículas con tamaños inferiores a 2,5 μm denominadas PM2,5 pueden llegar a los alvéolos pulmonares. Tanto las PM10 como las PM2,5 se conocen también como fracciones respirables.

Se mencionan también las PM0.1 cuyo tamaño es menor a 0.1 μm su estudio está aún en fase preliminar pero se considera que pueden llegar al torrente sanguíneo.

Los efectos que pueden producir las partículas en suspensión por lo tanto van a estar asociadas al tamaño y a la concentración presente en la atmósfera.

- Dióxido de carbono (CO_2), es un gas incoloro, inodoro no tóxico presente en la atmósfera de manera natural y con importante papel en el ciclo del carbono en el de la fotosíntesis.

También es un producto de la combustión de sustancias que contengan carbono generalmente hidrocarburos en las zonas urbanas. El CO_2 como contaminante de la atmósfera está aumentando de forma constante y se asocia con el fenómeno del calentamiento global, teóricamente se ha demostrado que es uno de los causantes de producir un incremento de la temperatura de la Tierra (efecto invernadero).

- Monóxido de Carbono (CO), es un gas incoloro, inodoro, es tóxico y puede ser mortal ya que puede impedir el transporte de oxígeno en la sangre por tener mayor afinidad con la hemoglobina. El CO se ha considerado como responsable de la muerte de un gran número de personas en incendios, lugares cerrados como habitaciones garajes que puedan contener un foco emisor. Aproximadamente el 90% del CO existente en la atmósfera se forma naturalmente en reacciones químicas por la oxidación del metano y se elimina cuando se produce su oxidación a dióxido de carbono.



En las zonas urbanas un gran porcentaje del CO generalmente es producido por la combustión incompleta de la gasolina en los motores de vehículos, de allí la elevada concentración que puede encontrarse en el ambiente de la urbe.

- Dióxido de azufre (SO_2), es un gas incoloro no inflamable de olor fuerte e irritante tiene una vida media corta.

Se producen principalmente por la combustión de procesos industriales, combustión de carbón y petróleo, calderas de calefacción y por metalurgia. Aproximadamente la mitad puede depositarse en la superficie y el resto se convierte en iones sulfato (SO_4^{2-}). Por esta razón es un importante factor en la lluvia ácida que es muy nociva especialmente para las plantas, también puede afectar los materiales de construcción que contienen carbón.

- Óxidos de nitrógeno (NO_x), son compuestos formados por nitrógeno y oxígeno, incluyen el óxido nítrico NO, y el dióxido de nitrógeno NO_2 .

El NO es un gas incoloro e inodoro, mientras que el NO_2 es un gas café rojizo de olor fuerte y puede ser asfixiante

Se producen principalmente en las combustiones que se realizan a elevadas temperaturas en los motores, y los procesos térmicos productores de energía.

El que se emite en mayor proporción es el NO pero se oxida rápidamente a NO_2 que es el que tiene mayor predominio en la atmósfera. Son trascendentales en la formación del “smog” fotoquímico, e influyen en reacciones de formación y destrucción del ozono así también en el fenómeno de la lluvia ácida. A elevadas concentraciones producen daños en la salud.

- Metales pesados, en este grupo se pueden considerar al plomo, arsénico, cadmio, cromo, cobre, mercurio, níquel, selenio, vanadio y zinc. En términos generales la mayor parte de ellos proceden de la combustión del carbón, derivados del petróleo, metalurgia y transporte. Su presencia en la atmósfera es en concentraciones bajas sin embargo si no se degradan mediante procesos biológicos o químicos pueden llegar a acumularse en la atmósfera.



El metal pesado más importante en la contaminación atmosférica es el plomo (Pb), porque tiene la capacidad de formar compuestos orgánicos.

Generan un riesgo directo para la salud ya que el organismo no tiene la capacidad de metabolizarlos.

- Ozono Troposférico (O_3), es un gas oxidante y componente natural de la atmósfera sin embargo cuando su concentración es superior a la normal se puede considerar como contaminante atmosférico. Es un gas de color azulado de olor característico.

El O_3 troposférico es un fuerte irritante que promueve el envejecimiento prematuro y la rigidez de los tejidos pulmonares. (EMOV, 2013).

Según la OMS, las concentraciones horarias de $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pueden causar irritación de los ojos, de las mucosas nasal y orofaríngea, dolor subesternal, tos y dolor de cabeza, náusea y cefalea. Los grupos más sensibles lo constituyen personas que sufren asma, bronquitis crónica y enfisema.

El benceno, es un contaminante cancerígeno asociado con la leucemia y otras afecciones en la salud. La OMS no establece ningún nivel de exposición máximo que se pueda considerar seguro (EMOV, 2013).

1.3.4.- Límites de exposición

Se encuentran establecidos límites de exposición a nivel mundial de acuerdo con la OSHA (Occupational Safety & Health Administration). El contenido de CO de la atmósfera en una habitación, edificio, vehículo, o de cualquier espacio cerrado se mantiene a no más de 50 ppm (0,005%) como una exposición de ocho horas promedio y las personas se deben retirar del espacio cerrado si la concentración de CO excede de un límite máximo de 100 ppm (0,01%) (Bejarando & Pietro, 2014).

De acuerdo a la Legislación Ambiental Secundaria del Ministerio del Ambiente, en su norma (NECAA) establece los siguientes valores de referencia de los contaminantes presentes en el aire ambiente.



Tabla N° 1: Concentraciones de contaminantes comunes que definen los niveles de alerta, alarma y de emergencia en la calidad del aire.

Contaminante y período de medición	Alerta	Alarma	Emergencia
Monóxido de Carbono Concentración promedio en ocho horas (ug/m ³)	15000	30000	40000
Oxidantes Foto químicos, expresados como ozono. Concentración promedio en ocho horas (ug/m ³)	200	400	600
Óxidos de Nitrógeno, como NO ₂ Concentración promedio en ocho horas (ug/m ³)	1000	2000	3000
Dióxido de Azufre Concentración promedio en ocho horas (ug/m ³)	200	1000	1800
Material Particulado PM10 Concentración promedio en ocho horas (ug/m ³)	250	400	500
Material Particulado PM.5 Concentración promedio en ocho horas (ug/m ³)	150	250	350

NOTA: Todos los valores de concentración expresados en microgramos por metro cúbico de aire, a condiciones de 25°C y 760mmHg.

Fuente: (NECCA, Junio 2011).



1.3.5.- Estudio de la polución del Terminal Terrestre de la ciudad de Cuenca



Figura 1: Zona de embarque de la Terminal Terrestre de la ciudad de Cuenca.
Fuente: El Mercurio, Enero 2016.

La Terminal Terrestre es la principal estación de autobuses intercantonales e interprovinciales de la ciudad de Cuenca, Ecuador. Se encuentra ubicada al noreste de la ciudad entre las avenidas Gil Ramírez Dávalos y España, y entre la calle Chapetones y del Chorro, a 1,1 km del Aeropuerto Mariscal Lamar y a 2,1 km del Centro Histórico de Cuenca.

Adicional al transporte de buses interprovincial, sirve como estación de transferencia para el sistema de tranvía de Cuenca y las líneas troncales de la ciudad, 100, 101 y 102.

Está administrada por la empresa municipal EMOV, que se encarga de la movilidad y control vehicular de la ciudad de Cuenca, según datos obtenidos de la administración del terminal terrestre la frecuencia promedio diaria de vehículos que salen de la zona de embarque es de 680 (EMOV_EP, 2014).



1.4.- Fisiopatología

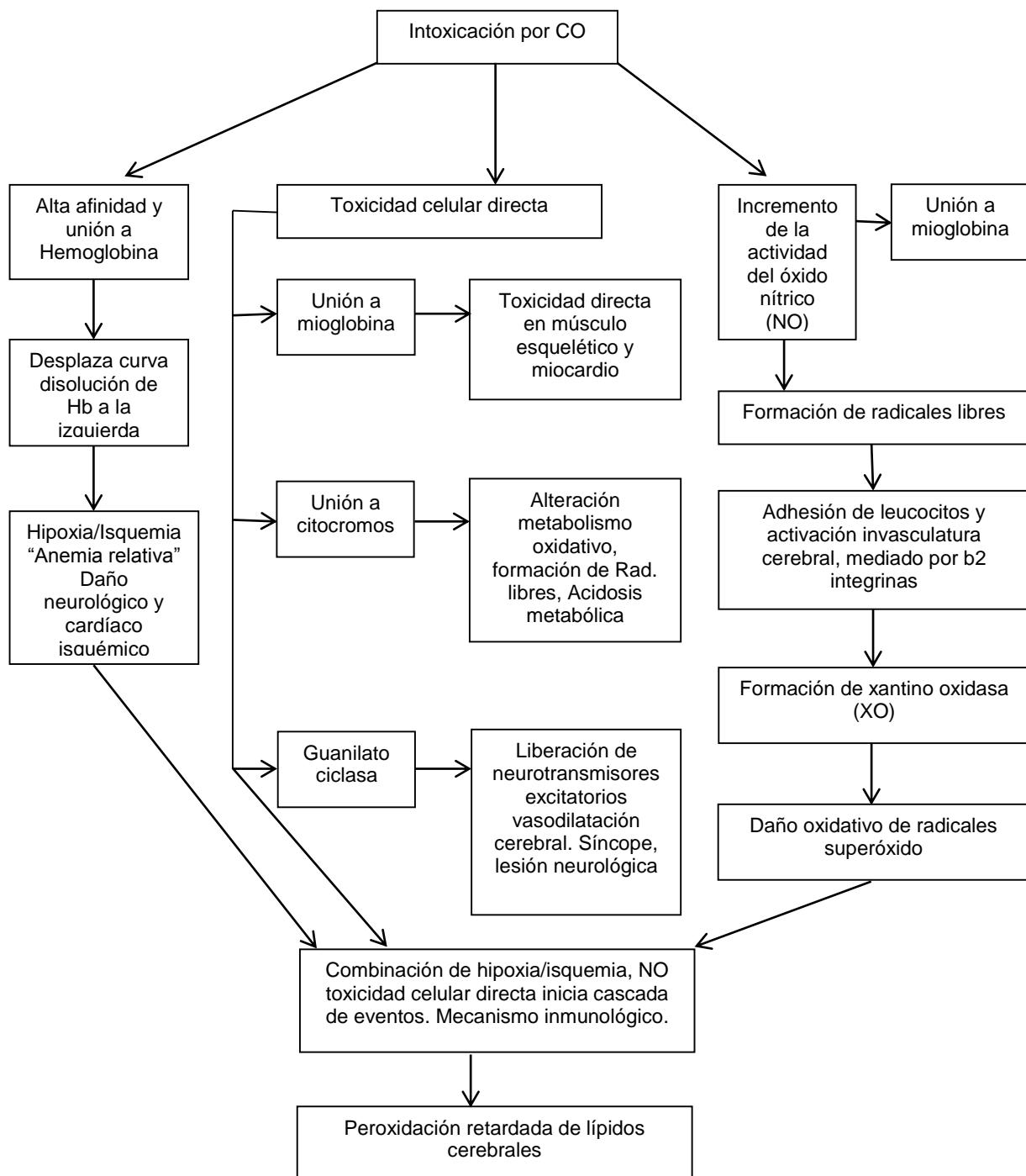


Figura 2: Fisiopatología de la toxicidad por monóxido de carbono.

Fuente: (Vargas & Machado, 2014)



1.5.- Toxicocinética: absorción, distribución y eliminación

El CO se elimina a través de la vía respiratoria posteriormente al ser inhalado en el aire libre como tóxico, debido a que la COHb es totalmente disociable y una vez que la exposición se ha terminado, el pigmento volverá a la oxihemoglobina. El CO cruza fácilmente la placenta y los alveolos pulmonares. El transporte de CO entre la apertura de las vías respiratorias (boca y nariz) y la Hb de los glóbulos rojos es controlado principalmente por procesos físicos. La transferencia de CO a los sitios de unión a la Hb se lleva a cabo en dos pasos secuenciales:

1. La transferencia de CO en una fase de gas, entre la abertura de las vías respiratorias y los alvéolos.
2. La transferencia en una fase "líquida" a través de la interfase aire-sangre, incluyendo los glóbulos rojos. Aunque la acción mecánica del sistema respiratorio y la difusión molecular dentro de los alvéolos son los principales mecanismos de transporte en la fase gaseosa, la difusión de CO a través de la barrera de alvéolos - capilares, plasma y células rojas de la sangre es el mecanismo virtual en el líquido fase (Bejarando & Pietro, 2014).

1.6.- Mecanismo de toxicidad del monóxido de carbono

Cuando se produce la inhalación de CO, esta sustancia tóxica llega a los alvéolos pulmonares y posteriormente al torrente sanguíneo, es allí donde se combinará con diversas sustancias, como: Hb, que al combinarse con el CO formarán la COHb, la que presenta una capacidad de unión de 200 a 250 veces mayor que el oxígeno (O_2). Al no existir el O_2 suficiente se produce una disfunción respiratoria y ulteriormente una hipoxia tisular.

Proteínas como la mioglobina muscular y mioglobina cardíaca, que al unirse al CO causarán una disfunción muscular a nivel del miocardio. Las citocromo - c - oxidasa, que son enzimas intracelulares los que al adherirse al CO, dificultan la respiración celular además de la generación de adenosintrifosfato (ATP), lo que



ocasionará una hipoxia celular, acidosis metabólica, oxidación de ácidos nucleicos y proteínas esenciales, desencadenando finalmente en la lesión y muerte celular (Ortíz & Mamani, 2013).

1.7.- Efectos del monóxido de carbono a nivel de la hemoglobina

El CO es uno de los contaminantes ambientales que manifiesta en mayor grado su toxicidad directamente sobre el sistema respiratorio, cerca del 80 al 90% de este gas se une a la Hb luego de ser absorbido, cambiando su curva de disociación por alteración de la estructura tridimensional; este efecto repercute en la aparición de hipoxia tisular directa por disminución de la capacidad de transporte de O₂ hacia los tejidos y su liberación posterior hacia la célula (Heredia, 2014).

La Hb es una proteína globular constituida por cuatro cadenas polipeptídicas (dos alfa y dos beta). Cada una de las cadenas, contiene un grupo prostético, denominado hemo, el cual a su vez contiene un átomo de hierro, que por su estado de oxidación tiene la capacidad de fijar reversiblemente una molécula de O₂. Cuando una molécula de O₂ se une a la Hb, se producen cambios conformacionales que modulan una mayor o menor actividad de la proteína para unir o soltar el ligando, en un proceso que se conoce como alosterismo.

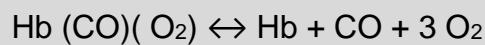
La afinidad de la Hb por el oxígeno es dependiente de esta transición conformacional que define dos estados denominados tenso (T) y relajado (R). En el estado T o de baja afinidad, la Hb se encuentra desoxigenada, y las probabilidades de unión con el O₂ son mínimas. El estado R o de alta afinidad, por el contrario, presenta una alta tendencia a fijar el O₂ (Macarulla, 2003)

1.7.1.- Unión del monóxido de carbono a la hemoglobina

Bioquímicamente se une al hierro de la Hb al igual que el oxígeno, pero con mucha mayor afinidad. Es unas 250 veces más afín que el O₂. Como las formas T y R de la Hb son inconvertibles y las uniones del O₂ y del CO al hierro son



cooperativas (“*todo o nada*”), la presencia de un 0,1% de CO ocasionaría la muerte.



forma T

forma R

En efecto, en el equilibrio la presencia del CO desplaza fuertemente la reacción hacia la izquierda, impidiendo la liberación del O₂ en los tejidos. Además el CO interfiere la respiración celular, al unirse a determinados citocromos (cuando el átomo de hierro está en forma ferrosa), paralizando la fosforilación oxidativa.

Fisiológicamente se produce una molécula de CO en el paso de la porfirinas a bilirrubina, lo cual hace que el 1% de la hemoglobina circulante esté permanentemente unida al CO.

Adicionalmente, la afinidad de la Hb por el oxígeno es directamente proporcional a la presión parcial de O₂, pO₂, la cual es mayor en los pulmones (12.7 kPa) comparada con la de los tejidos (4 kPa) (Macarulla, 2003)

1.7.2.- Efectos del monóxido de carbono en la cadena respiratoria mitocondrial

El CO puede unirse a otras hemoproteínas como: citocromo oxidasa, citocromo P450, mioglobina e hidroperoxidasa interfiriendo con el mecanismo normal de la cadena respiratoria. El CO puede inhibir la citocromo oxidasa bloqueando así la transferencia de electrones, de esta manera se reduce la capacidad de la célula para producir energía y generando radicales libres que pueden producir daño en proteínas, lípidos y ácidos nucleicos causando citotoxicidad directa del CO (Guyton, 2006).



El CO tiene una alta afinidad por los radicales metálicos de los citocromos se unen principalmente al citocromo a3 del complejo IV o Citocromo C-Oxidasa de la cadena mitocondrial. La cadena mitocondrial obtiene energía desde las moléculas NAD (dinucleótido de nicotinamida-adenina) y FADH₂ (dinucleótido de flavina-adenina, forma reducida) de las cuales toma un electrón que se transporta a través de la cadena mitocondrial por distintas reacciones químicas. Cuando el CO se une a la citocromo c-oxidasa bloquea el último paso de la respiración mitocondrial, por lo tanto disminuye la producción del ATP y se desvían los electrones producidos dando origen a radicales libres (Heredia Cabrera, 2014).

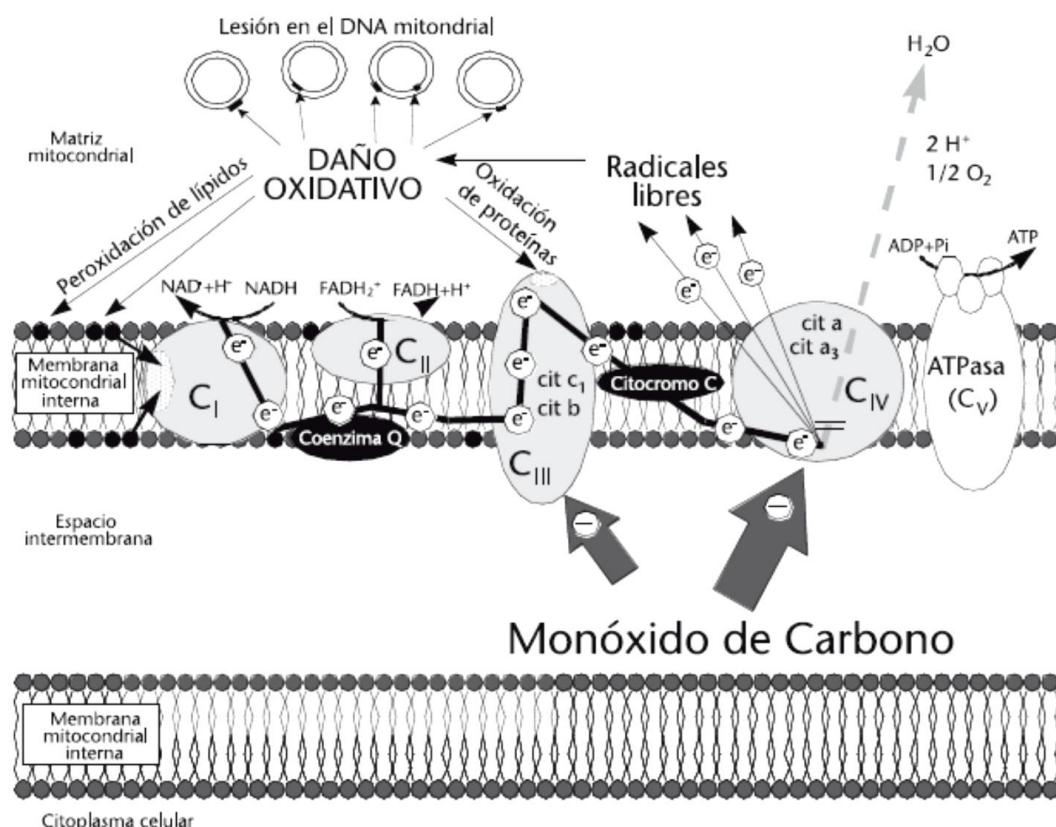


Figura 3: Representación esquemática de los efectos del monóxido de carbono en los citocromos de la cadena respiratoria mitocondrial.

Fuente: (Oliu, Nogué, & Miró, 2010).



1.7.3.- Aumento de óxido nítrico libre intracelular.

El (NO-) de manera fisiológica está ligado a proteínas y actúa en varias vías metabólicas para mantener un correcto nivel intracelular. El CO se une a los ligandos del NO- de forma que aumenta el NO- libre intracelular y reacciona con radicales superóxido y genera peroxinitritos que poseen gran capacidad oxidante y nitrogenante, que causan daño a las macromoléculas y desencadena una cascada de fenómenos inflamatorios que aumentan la lesión a nivel del SNC (Oliu & Inoriza, 2011).

1.7.4.- Unión a la mioglobina

El CO también se une a una proteína similar a la hemoglobina, la mioglobina, que es incolora y está presente en el músculo y su función es transferir a éste el oxígeno; al formarse carboximiyoglobina y carboximiocardioglobina; puede producir trastornos cardíacos como alteración del ritmo e isquemia de miocardio; aun cuando la víctima presente niveles de apenas 6% de COHb (Heredia, 2014).

1.8.- Manifestaciones clínicas

Los signos y síntomas característicos de dicha intoxicación generalmente son:

Según el grado de intoxicación, el cuadro clínico es variable, desde síntomas inespecíficos leves, hasta la muerte por afectación grave del sistema nervioso central (SNC) y/o cardiovascular. La clínica aguda depende del órgano diana afectado por la hipoxia en cada caso. La afectación del SNC produce cefalea, síncope y lipotimias, disminución variable del nivel de conciencia desde la obnubilación hasta el coma, convulsiones, ataxia, alteraciones del comportamiento, mareos y sensación de inestabilidad y pérdida generalizada de fuerza.

La afectación del sistema cardiovascular produce palpitaciones, opresión torácica, alteraciones del ritmo cardíaco y alteración isquémica cardiaca en



cualquier forma de presentación, sobre todo en pacientes con coronariopatía previa.

Los síntomas sistémicos, pueden presentarse náuseas, vómitos, diarrea, astenia, impotencia muscular, debilidad y rabdomiolisis.

Las alteraciones crónicas de pacientes que han sido sometidos a este tipo de intoxicación pueden manifestarse entre los tres y doscientos cuarenta días después de la exposición, éstas pueden ser: dificultad en el aprendizaje, problemas de memoria, disgrafia, apraxia, astenia, sordera transitoria, mialgia, lentitud en la realización de movimientos voluntarios y entre los más severos se considera a los síntomas presentes en la enfermedad de Parkinson, convulsiones, cambios de personalidad e incluso demencia (Ortiz & Mamani, 2013); (Oliu, Nogué, & Miró, 2010).

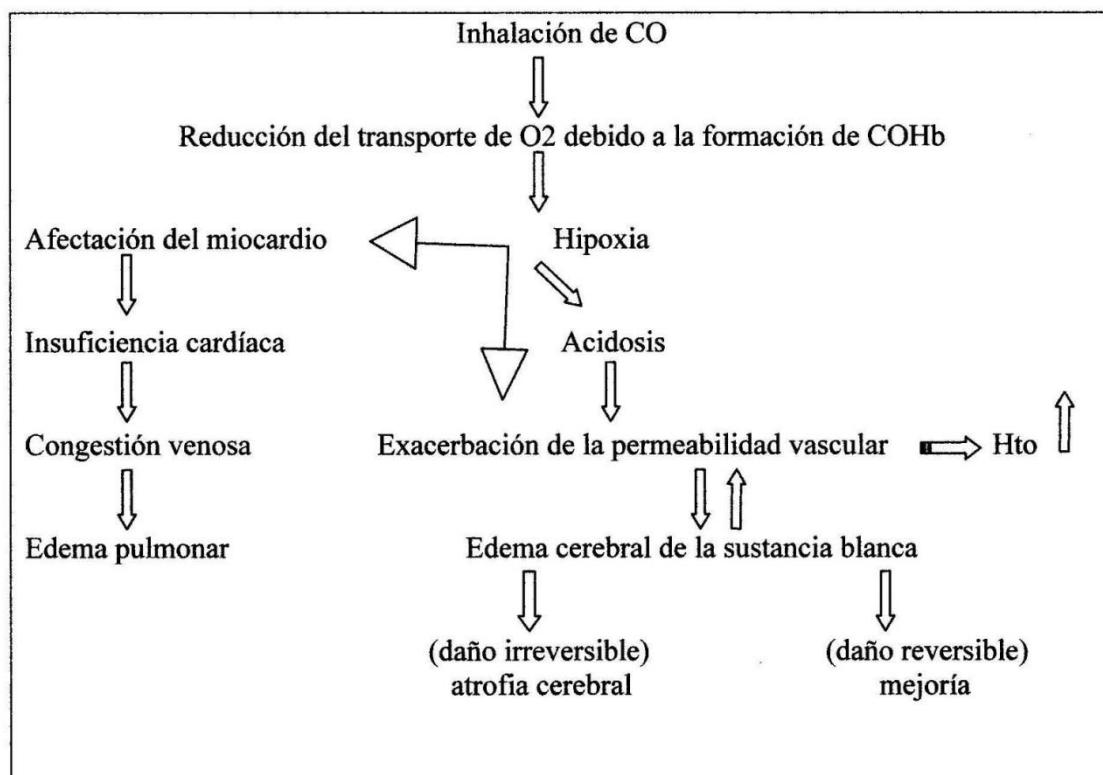


Figura 4: Representación esquemática de los efectos del monóxido de carbono.
Fuente: (Jhosvin, Barrera. Universidad de San Martín de Porres. Chiclayo, 2010).



1.9.- Carboxihemoglobina

La carboxihemoglobina se origina de la combinación del CO y la Hb, esta se produce cuando la hemoglobina queda expuesta al CO. “La afinidad de la hemoglobina por el monóxido de carbono es de 250 veces superior a la del oxígeno, por lo que la molécula de hemoglobina se ve rápidamente saturada por el monóxido de carbono, impidiendo así la fijación del oxígeno en ella (Guerrero & Batres, 2004).

1.9.1.- Niveles de carboxihemoglobina

Según la OMS (2007).

- No fumadores: vecinos rurales: 0.5 -2.5%
- VLB (Valor límite biológico): 3.5% de COHb en hemoglobina total; 20 ppm 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%

Según Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT, 2013).

- VLB: 3,5% de COHb al final de jornada laboral.

1.10.- Diagnóstico de carboxihemoglobina

El monitoreo a la exposición a monóxido de carbono, se puede realizar a través de la determinación de biomarcadores y medición de concentraciones ambientales.

- **Carboxihemoglobina en sangre.** Es un biomarcador de exposición de alta especificidad, refleja la dosis interna de monóxido de carbono en la



sangre. También se considera un biomarcador de efecto precoz en cuanto refleja alteraciones bioquímicas y fisiológicas en la estructura de la hemoglobina y en el proceso biológico de oxigenación celular y tisular (Rosas, 2014).

- **Gasometría arterial.** Es un examen que mide la presión parcial de oxígeno disuelto en el plasma (PO_2) y no el unido a la hemoglobina 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 (Rosas, 2014).
- **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 COHb en el aire espirado de una persona, 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 (Rosas, 2014).
- **Hemograma.** Analiza los niveles de hemoglobina, 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, 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 (Durán, 2015).

1.11.- Tratamiento

El tratamiento debe ser inmediato y consiste principalmente en la administración de oxígeno en casos de urgencia y el control médico respectivo para evitar complicaciones posteriores.



Criterio de tratamiento con Oxígeno Normobárico (NBO): Administrar en forma precoz y continua oxígeno normobárico al 100%, durante no menos de 6 horas, mediante máscara no recirculante con reservorio a alto flujo (10-12 L/min). Este tratamiento es el indicado para todo paciente expuesto a CO que no cumpla con los criterios para Oxígeno Hiperbárico o ante la no disponibilidad del mismo. Continuar hasta recuperación clínica y normalización de COHb.

Criterios de tratamiento con Oxígeno Hiperbárico (OHB): Este tratamiento se define como la respiración de oxígeno al 100% dentro de una cámara hiperbárica con presión absoluta mayor de 1,4 atmósferas, por un período de 90-120 minutos. Aunque claramente a 2,5 atmósferas absolutas (ATA) ocurre una reducción de la vida media de COHb a 20 minutos, a lo que se adiciona que el oxígeno hiperbárico aumenta la cantidad de oxígeno disuelto alrededor de 10 veces permitiendo satisfacer las necesidades metabólicas básicas, la indicación de terapia con OHB sigue siendo controvertida. Los ensayos aleatorios existentes no establecen si la administración de OHB a los pacientes con intoxicación por CO reduce la incidencia de patología y/o secuelas neurológicas, en comparación con el suministro de Oxígeno Normobárico.

La terapia con OHB, debería ser tenida en cuenta para aquellos pacientes que presenten intoxicaciones graves, en las siguientes circunstancias y dentro de las 6 a 12 horas de la exposición.

- Trastornos neurológicos: pérdida transitoria o prolongada de la conciencia
- Convulsiones
- Acidosis grave
- Mayores a 36 años de edad con exposición ≥ 24 horas (incluyendo la exposición intermitente), o con un nivel de COHb $\geq 25\%$ (García, 2011)

1.12.- Prevención

Las recomendaciones para prevenir toxicidad por CO van desde el mejoramiento y el adecuado manejo de calentadores de gas, estufas, hornos, en las ciudades MARÍA SOLEDAD BRAVO MEDINA y SANDI CECILIA MORA ORTEGA



donde se use gas natural como fuente de energía. Además, el uso de catalíticos en los escapes de los vehículos, así como la reglamentación y el establecimiento de políticas gubernamentales para el control de emisiones tóxicas de automotores y empresas (Vargas & Machado, 2014).

En cuanto al personal expuesto es recomendable que las personas trabajen en entornos abiertos, o con ventiladores extractores en funcionamiento. Además se debe procurar que la exposición no sea continua de ser posible se debe tratar de tener una exposición intermitente y no mayor a 7 horas. El uso de equipo de protección como mascarillas con filtros puede aportar a evitar la exposición en el lugar del foco emisor.

También el personal expuesto debe realizar actividad física frecuente y visitar lugares ventilados y con un nivel de contaminación menor.

Las personas con una exposición prolongada deben ser instruidas y capacitadas para reconocer la sintomatología que puede generar una intoxicación.

Por parte de los empleadores o administradores de lugares con elevada contaminación se deben identificar las fuentes potenciales de emisión, y comprobar periódicamente si existe exposición al CO y sus límites para determinar si existe peligro.

Si se produjera una intoxicación grave se debe retirar a la persona afectada del área de exposición y solicitar ayuda a los servicios de emergencia.



2.- METODOLOGÍA

2.1.- Tipo de estudio o investigación

La investigación se desarrolló con un diseño de cortes y controles en una cohorte, con modalidad antes y después, respecto de la exposición a emisiones de monóxido de carbono proveniente de los automotores, en su lugar de trabajo. Los resultados obtenidos en este grupo se compararon con el resultado obtenido en una única medición de la COHb realizada a un grupo no expuesto a emisiones de monóxido de carbono.

2.2.- Relación de variables

VARIABLE	TIPO	RELACIÓN
Exposición al monóxido de carbono	Nominal	Independiente
Carboxihemoglobina	Continua	Dependiente
Características personales y de trabajo: sexo, edad, tiempo de exposición, actividad física y hábito de fumar.	Nominal	Intervinientes

2.3.- Población de estudio

Población: El universo de estudio estuvo constituido por 90 personas. La mitad de ellas ($n = 45$) dedicadas a vender sus productos en kioscos ubicados en el área de embarque de la Terminal Terrestre de la ciudad de Cuenca a quienes se consideró grupo expuesto. Y la otra mitad ($n = 45$) a quienes se consideró grupo no expuesto (control) estuvo constituido por personas residentes en Lazareto y Miraflores, zonas urbano marginales de la ciudad de Cuenca.

2.4.- Estrategia muestral

La muestra se seleccionó con una estrategia propositiva, esto es incluyendo en el estudio a todos los vendedores de la Terminal Terrestre, de la ciudad de Cuenca, que desearon participar voluntariamente. De acuerdo al tamaño de



muestra obtenido en la zona de exposición se reclutó igual número de personas residentes en una zona urbano marginal de la ciudad considerada no expuesta a gases emitidos por la combustión de los automotores.

El grupo control se seleccionó mediante un muestreo por conveniencia.

2.5.- Criterios de inclusión y exclusión

2.5.1.- Criterios de inclusión de casos

Se incluyó a los vendedores formales de kioscos de la zona de embarque de la Terminal Terrestre de la ciudad de Cuenca, hombres y mujeres, mayores de edad, no fumadores, con permanencia mayor a ocho horas en su lugar de trabajo que manifestaron su voluntad de participar libre y voluntariamente previa la firma del consentimiento informado.

2.5.2.- Criterios de exclusión de casos

Se excluyeron a vendedores fumadores habituales, embarazadas y personas no expuestas a emisiones de la combustión en automotores por lo menos 8 horas al día.

2.5.3.- Criterios de inclusión de controles

Se incluyó hombres y mujeres mayores de edad no fumadores, no expuestas a emisiones de la combustión que manifestaron su voluntad de participar libre y voluntariamente previa la firma del consentimiento informado.

2.5.4.- Criterios de exclusión de controles

Se excluyó a menores de edad, embarazadas, y fumadores habituales.



2.6. Procedimientos y técnicas

2.6.1.- Procedimiento cumplido para la investigación

- **Aprobación.** Se solicitó aprobación del estudio a la Unidad de Titulación de la Carrera de Bioquímica y Farmacia de la Universidad de Cuenca.
- Para obtener el consentimiento informado se realizó una reunión con cada uno de los vendedores de los kioscos de la zona de embarque para explicarles la finalidad de la investigación.
- **Consentimiento informado.** Se obtuvo la firma del consentimiento informado de las personas que aceptaron participar en la investigación. Anexo 1.
- **Lectura inicial.** Se realizó una lectura de la CO-oximetría de pulso individual de cada uno de los participantes antes de iniciar la jornada de trabajo durante tres días consecutivos cumpliendo el fluograma descrito en el Anexo 3.
- **Formulario de recopilación de la información.** Se recopiló la información en un formulario diseñado específicamente para el efecto. Anexo 2.
- **Lectura final.** Se realizó una lectura de la CO-oximetría de pulso individual de cada uno de los participantes al terminar la jornada de trabajo, durante tres días consecutivos, con el mismo fluograma descrito en el Anexo 3.
- **Grupo de comparación.** Una vez cumplidas las mediciones en el grupo de estudio en la zona de embarque se realizó una medición en el mismo número de personas voluntarias seleccionadas por conveniencia en dos sectores urbano marginales de la ciudad de Cuenca, Lazareto y Miraflores, considerados como sitios con exposición mínima o nula a las emisiones de los automotores.



2.6.2.- Monitoreo ambiental del Monóxido de carbono

- Paralelamente a la medición de la CO-oximetría de pulso se realizó un monitoreo del CO ambiental en la misma zona de embarque de la Terminal y durante el mismo número de días que se tomó las mediciones a los participantes en el estudio. Se realizó el monitoreo durante tres días por ocho horas. El monitoreo fue realizado utilizando un equipo calibrado perteneciente a la empresa Grupo China Gezhouba Compañía Limitada de la ciudad de Cuenca.

2.6.3.- Técnica

Equipo utilizado. El equipo que se utilizó está validado por estudios clínicos, uno de ellos realizado en California con 452 muestras de sangre, en las que se midió la presencia de COHb y se la comparó con las medidas de saturación de carboxihemoglobina (SpCO) obtenidas mediante el uso de CO-oxímetros de pulso Rainbow™ SET. El rango de valores de sensibilidad para captación fue 0,9 a 39,9%. El sesgo y la precisión por la diferencia entre SpCO y COHb fueron de -0,2% y 2,8%, respectivamente. Los resultados muestran que Masimo Rainbow™ SET (CO-oximetría de pulso) mide con precisión los niveles de COHb (MASIMO Corporation™, 2006).



2.6.3.1.- Masimo radical 7.



Figura 5: MASIMO Radical 7 CO-oxímetro de pulso.

Fuente: Autoras

El Rad-7 es un monitor no invasivo que mide la saturación de oxígeno arterial y la frecuencia cardíaca. El Rad-7 cuenta con una pantalla monocromática con LED que muestra continuamente valores numéricos para la saturación de oxígeno (SpO_2), la frecuencia cardíaca, el índice de perfusión (PI), Saturación de Hemoglobina total (SpHb), ($SpCO$) y el indicador de identificación y calidad de la señal (IQ®) (Corporation, 2009).

2.6.3.2- Principios de funcionamiento.

El pulsicooxímetro, dotado de la tecnología Rainbow SET® (Signal Extraction Technology), trabaja con un tipo especial de sensor (Rainbow® DCI-dc3), compuesto por diodos emisores de luz y un fotodetector.



Dicho sensor, colocado en un dedo de la mano no dominante del paciente y conectado por un cable al aparato, permite conocer de manera inmediata y no invasiva las propiedades de la sangre, mediante una ecuación de calibración de múltiples longitudes de onda. Así, distingue derivados de la hemoglobina, como la oxihemoglobina, la COHb y la Metahemoglobina (MetHb) (Sánchez & Bordona, 2012).

La COHb absorbe muy poca luz en el rango del infrarrojo, mientras que en el rango de 660 nm absorbe tanta luz como la oxihemoglobina.

El principio en el que se fundamenta la oximetría es la ley de Beer. La técnica se basa en el análisis espectrofotométrico que miden porciones de luz transmitida y absorbida por la hemoglobina combinado con el principio de la plethysmografía. Una sustancia química es capaz de absorber luz (o radiación electromagnética) de determinadas longitudes de onda. Si un haz de luz monocromática (una longitud de onda) incide sobre una solución de una sustancia que la absorbe, la intensidad de la luz transmitida es menor que la incidente. Así la transmitancia (T) de una solución se define como la fracción incidente de luz transmitida por la solución. Se expresa en porcentaje:

$$T = \frac{I}{I_o}$$

T= Transmitancia

I= Intensidad de la luz transmitida

I_o = Intensidad de la luz incidente

La absorbancia es el logaritmo decimal del inverso de la transmitancia. La ecuación es la siguiente:

$$A = -\log_{10} T = -\log\left(\frac{I}{I_o}\right)$$



A= Absorbancia

T= Transmitancia

La fracción de luz absorbida en una longitud de onda específica, se denomina absorvidad o coeficiente de extinción.

La absorbancia de una sustancia en solución depende del espesor de la muestra, de la concentración del compuesto absorbente y de la naturaleza química de éste. Esto se expresa mediante la ley de Lambert-Beer.

Ley de Lambert-Beer

La absorbancia de una radiación monocromática es directamente proporcional al espesor de la radiación a través de la solución y a la concentración de la especie absorbente que se encuentra en solución:

$$A = \epsilon c L$$

A= Absorbancia

ϵ = Absortividad molar

c = Concentración (mg/L o mol/L)

L= Trayectoria de la radiación a través de la muestra (cm)

Esta ley se aplica a sustancias que absorben energía radiante y relaciona la concentración de un soluto en solución con la intensidad de la luz transmitida a través de la solución (López-Herranz, 2003).

La absorbancia de una solución es directamente proporcional a su trayectoria de la concentración a mayor número de moléculas mayor interacción de la luz con ellas; también depende de la distancia que recorre la luz por la solución a igual concentración, cuanto mayor distancia recorre la luz por la muestra más moléculas se encontrará y por último, depende de ϵ , una constante de proporcionalidad denominada coeficiente de extinción que es específica de cada cromóforo. Como A es adimensional, las dimensiones de ϵ dependen de las de c y L.



La ley de Lambert-Beer se cumple para soluciones diluidas; para valores de ϵ altos, ϵ varía con la concentración, debido a fenómenos de dispersión de la luz, agregación de moléculas, cambios del medio, entre otros (Díaz et al., 2005).

2.6.3.3.-Principios en los que se rige la CO-oximetría.

1. Los componentes de la oxihemoglobina (sangre oxigenada) y de la desoxihemoglobina (sangre no oxigenada) difieren en cuanto a la absorción de la luz visible e infrarroja. Utiliza un sistema de pulsaciones de dos longitudes de onda para distinguir entre sangre oxigenada y sangre desoxigenada. Los datos de la señal se obtienen haciendo pasar luz roja (rd) (longitud de onda de 660 nm) e infrarroja (ir) (longitud de onda de 905 nm) a través de un lecho capilar (por ejemplo, la punta de un dedo, una mano o un pie) y midiendo los cambios en la absorción de la luz durante el ciclo de pulsaciones de la sangre. El Rad-7 usa un sensor con diodos emisores de luz (LED) roja e infrarroja que transmiten luz a través del sitio hacia un fotodiodo (fotodetector). El fotodetector recibe la luz, la convierte en una señal electrónica y la envía al Rad-7 para ser calculada.

Cuando el dispositivo recibe la señal del sensor, utiliza la tecnología de extracción de señal Masimo SET para calcular la SpO₂, SpHb, SpCO, SpMetHb, IP del paciente. La temperatura máxima de la superficie cutánea se mide a una temperatura ambiente menor a 41°C, lo cual es verificado por los procedimientos de prueba de temperatura de la piel con que cuenta el sensor de Masimo.

2.-La cantidad de sangre arterial en el tejido cambia con el pulso (fotopletismografía). Por lo tanto, también cambia la cantidad de luz absorbida por las diferentes cantidades de sangre arterial (Corporation, 2009).



2.6.3.4.-Factores que afectan la oximetría de pulso.

- **Sitio de colocación del sensor:** El tiempo en detectar el % COHb es diferente, en la oreja puede ser de 10 segundos, en un dedo de la mano puede ser de 30 segundos y posiblemente más tardado en los dedos de los pies.
- **Esmalte de uñas:** El color rojo, negro y verde, pueden causar errores en la lectura de %COHb, debido a que alteran la absorbancia lumínica e interfieren con las dos longitudes de onda. Las micosis también pueden interferir con la lectura.
- **Factores extrínsecos:** Pueden interferir con las lecturas, las dividimos en dos, las que provienen del exceso de ruido, luz ambiental, ruidos cinéticos y electrocauterio. Los que ocasionan una señal baja como estados de hipoperfusión y colocación inadecuada del sensor (Rojas, 2006).

2.7.-Medidor de monóxido de carbono (ALTAIR 4X MSA)



Figura 6: Analizador de gases ALTAIR 4X MSA

Fuente: MSA



Descripción: El ALTAIR 4X es un detector multigas extremadamente durable que mide simultáneamente hasta cuatro gases de una amplia gama de opciones de sensores XCell incluyendo: gases combustibles, O₂, CO, H₂S, SO₂ y NO₂. Para la medición de las concentraciones de CO de hasta 1000 ppm (0,1 Vol. %) en el aire del ambiente. A través de la función de alarma libremente ajustable, el medidor de gas advierte al usuario de manera óptica y acústica de las concentraciones de gas peligrosas. La concentración de gas se medirá en la apertura del sensor frontal.

El equipo muestra la concentración del gas en partes por millón (ppm) o mg/m³ (MSA, 2010)

Rango de aplicación.

- Control de los sistemas de calefacción, calderas de gas, chimeneas.
- Control de la calidad del aire (túneles, calderas de gas)
- Detección del CO en el aire en zonas de fumadores (% CO).
- Detección en los incendios (bomberos, departamento de incendios) (Rosero, 2014).

2.8.- Análisis de la información

Una vez recopilada la información se ingresó en una matriz de datos de un programa de computadora, el paquete estadístico IBM SPSS™ versión 19.0 en español para Windows™ una marca comercial de Microsoft Corporation™.

Se analizó con estadística descriptiva e inferencial. Las variables discretas fueron operacionalizadas en número de casos (n) y sus porcentajes (%) y las variables continuas en promedios ± desviación estándar ($\bar{x} \pm DE$).

Para estimar la variación entre los valores de % COHb tomados en los tres días a los participantes del estudio se utilizó ANOVA tanto para la cuantificación al inicio de jornada como al término de la misma. Así también la modificación del CO ambiental medida en los tres días (variaciones inter e intragrupos). Cuando nos referimos a este grupo a menudo utilizamos la denominación expuesto.



Se tomaron los promedios de las tres mediciones de inicio de jornada así como de las tres mediciones de fin de jornada como valores representativos de la muestra y de la misma manera el promedio del CO ambiental obtenido en las tres mediciones.

Se contrastó los promedios obtenidos antes y después de jornada, tanto de % COHb como de CO ambiental, mediante la t de Student.

Con base en los valores normales de % COHb, establecidos internacionalmente, realizamos una dicotomización del grupo para estimar la proporción de personas que ya tienen valores por encima de los normales (proporción obtenida antes de la jornada) y las que diariamente caen dentro de ese rango (proporción obtenida después de la jornada). La medida de asociación fue calculada mediante la prueba de McNemar.

Adicionalmente, se compararon los valores de % COHb obtenidos, antes y después de la jornada, en el grupo expuesto a los gases de la combustión (zona de embarque) con los valores obtenidos en la población no expuesta (Miraflores y Lazareto) mediante la t de Student. En todas las pruebas estadísticas se consideraron significativos los valores de $p < 0.05$.

Los resultados se presentan en tablas simples de distribución de frecuencias para las variables nominales y en tablas de doble entrada para las pruebas estadísticas. Algunos datos, según su relevancia, son presentados con gráficos recomendados por la metodología según el tipo de variable.

2.9.- Aspectos éticos de la investigación

Por el diseño del estudio se recurrió a la firma del consentimiento informado a pesar de que no se trata de una intervención sino de un estudio observacional que adopta la modalidad de casos y controles



Se garantizó el derecho a la privacidad de los participantes manteniendo el anonimato de sus nombres e identificándolos únicamente por un número asignado en la matriz de datos.

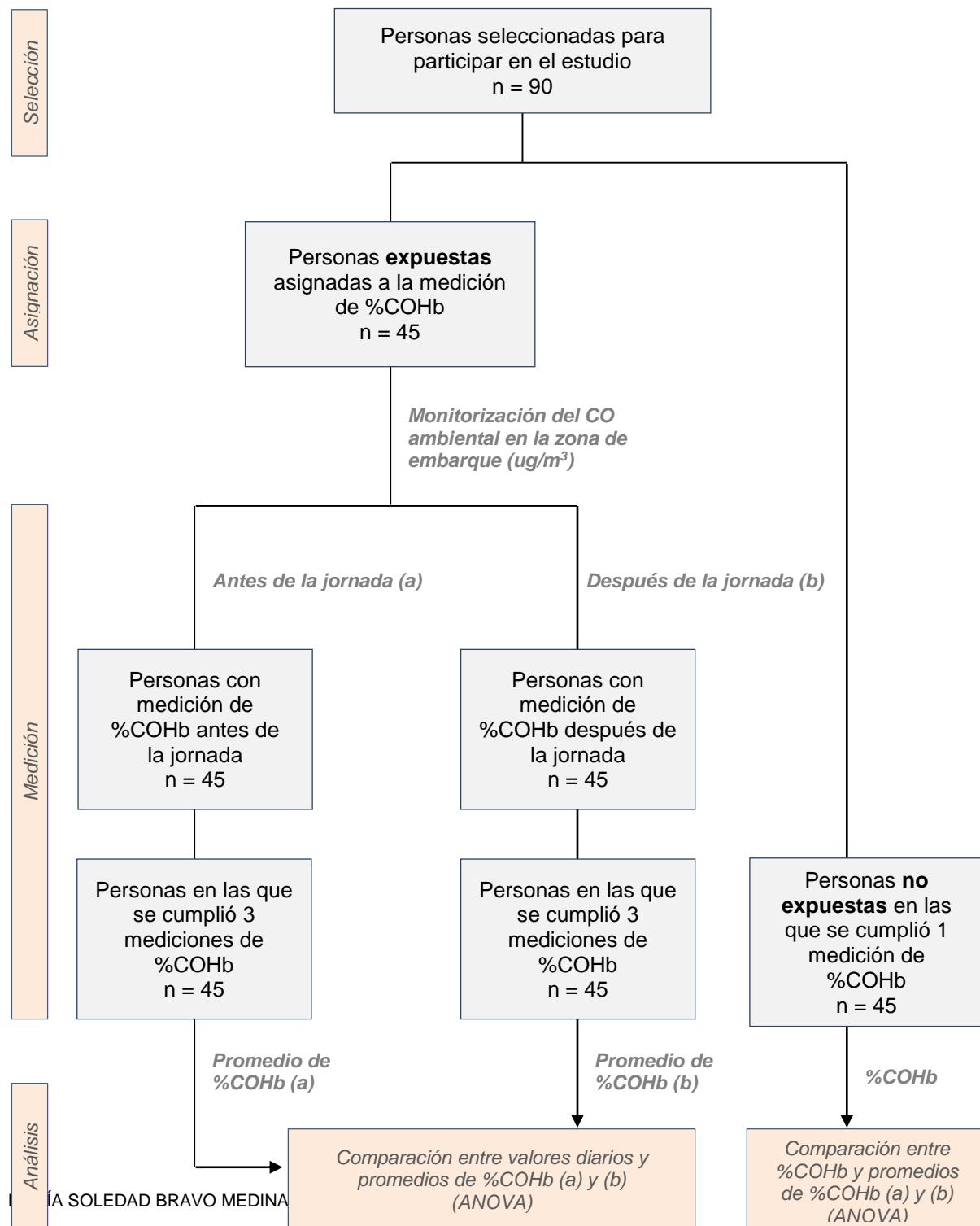
La investigación cumple los objetivos expresados en el reglamento de titulación por tanto está exento de conflictos de interés porque no responde a auspicios económicos de terceros, el financiamiento de los materiales requeridos para la investigación proviene de las postulantes al título profesional.

El informe final de la investigación pasará a formar parte del repositorio bibliográfico digital de la Universidad de Cuenca, según sus atribuciones legales, respetando eso sí los derechos de propiedad intelectual de las autoras y la posibilidad de que la información sea utilizada por instituciones de salud locales y nacionales.



3.- RESULTADOS

3.1.- Flujoograma del estudio





3.2.- Características de la población de estudio (casos)

Las características demográficas de los casos de estudio se encuentran detalladas en el Anexo 4.

Tabla 2. Características demográficas de 45 vendedores expuestos a la emisión de monóxido de carbono en la Zona de Embarque de la Terminal Terrestre de Cuenca. Cuenca 2016.

Variable	N	%
Sexo		
Femenino	29	64.4
Masculino	16	35.6
Edad		
20 a 40 años	24	53.3
41 a 60 años	15	33.33
61 a 80 años	6	13.3
Actividad física		
Siempre	9	20.0
Ocasional	19	42.2
Nunca	17	37.8

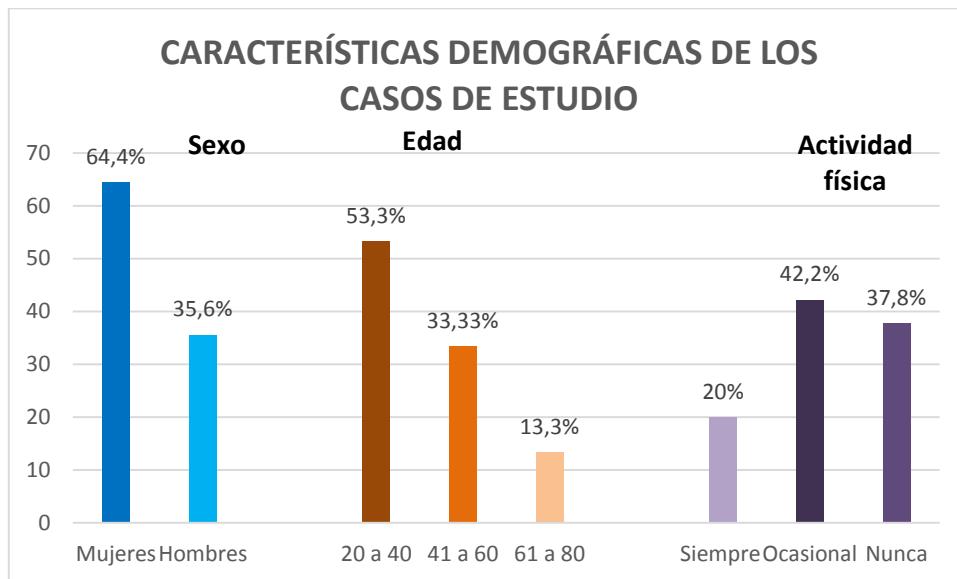


Figura 7: Características demográficas de la población de estudio.

La Tabla 2 y la Figura 7 indican que la población expuesta (casos) a la emisión de monóxido de carbono en la zona de embarque del Terminal Terrestre, estuvo representada por un 64,4% de mujeres y un 35,6% de hombres.

En cuanto a la edad el 53,3 % se encuentra entre 20 a 40 años, un 33,33% entre 41 a 60 años y un 13,3 % entre 61 a 80 años.

Respecto a la actividad física un 20 % lo hace siempre, el 42,2 % de manera ocasional y un 37,8 % nunca realiza actividad física.



3.3.- Distribución de la muestra

Tabla 3. Análisis de distribución de la edad de los vendedores mediante la prueba de Kolmogorov Smirnov para una muestra.

		Edad
Número de participantes		45
Parámetros normales (a,b)	Media	43,02
	Desviación típica	13,991
Diferencias más extremas	Absoluta	0,135
	Positiva	0,135
	Negativa	-0,108
Z de Kolmogorov-Smirnov		0,907
Significancia asintótica (bilateral)		0,383

a La distribución de contraste es la Normal.

b Se han calculado a partir de los datos.

El promedio de edad de la población fue de $43,02 \pm 13,9$ años entre un mínimo de 23 y un máximo de 80 años.

Las diferencias extremas: positiva, negativa y absoluta de la edad con respecto de la campana de Gauss no difiere significativamente ($p=0,383$), por tanto asumimos que esta variable sigue una distribución normal y por ello utilizamos los estadísticos paramétricos para las variables continuas.



3.4.- Medición del porcentaje de carboxihemoglobina.

Los valores de las mediciones de los tres días se detallan en el Anexo 5.

Tabla 4. Valores del % COHb en mediciones diarias a inicio y fin de jornada, durante tres días (casos).

Equipo MASIMO RAD 7 CO – oximetría de pulso	% COHb Min - Máx	$\bar{X} \pm DE$
<i>Inicio de jornada</i>		
Primer día	2.0 – 4,4	3.2 – 0.6
Segundo día	2.0 – 4.5	3.2 – 0,5
Tercer día	2.1 – 4.9	3.2 – 0.6
Promedio	2-1 – 4.6	3.2 – 0.5
<i>Finalización de jornada</i>		
Primer día	2.8 – 7.4	5.1 – 1.2
Segundo día	3.2 – 7.3	5.2 – 1.1
Tercer día	3.0 – 7.5	5.4 – 1.2
Promedio	3.0 – 7.3	5.2 – 1.1

DE= Desviación estándar

Los valores mínimos, máximos, los promedios y la desviación estándar del % COHb obtenidos de los días uno, dos y tres fueron similares. Siendo el promedio mínimo 2,1% y el máximo 4,6%, la media 3,2 con una desviación estándar de 0,5 al inicio de jornada y al final de jornada fue el promedio mínimo 3,0 % y el máximo 7,3%, la media de 5,2 con una desviación estándar de 1,1.



3.5.- Condiciones de los grupos en cuanto a las mediciones del porcentaje de carboxihemoglobina.

Tabla 5. Análisis de Varianza de los % COHb, iniciales y finales, de los tres días para verificar la similitud de las mediciones.

CO – oximetría de pulso	% COHb Min - Máx	$\bar{X} \pm DE$	Valor P
<i>Inicio de jornada</i>			
Primer día	2,0 – 4,4	3.2 – 0.6	
Segundo día	2.0 – 4.5	3.2 – 0,5	Levene 0.623 ANOVA 0.996
Tercer día	2.1 – 4.9	3.2 – 0.6	
<i>Finalización de jornada</i>			
Primer día	2.8 – 7.4	5.1 – 1.2	
Segundo día	3.2 – 7.3	5.2 – 1.1	Levene 0.996 ANOVA 0.858
Tercer día	3.0 – 7.5	5.4 – 1.2	
Inicio de jornada	Levene p=0,623		ANOVA p=0,996
Final de jornada	Levene p=0,996		ANOVA p=0,858
DE=desviación estándar			

Se aplicó Levene para realizar igualdad de varianzas, al inicio de jornada p=0,623 y final de jornada p=0,996, posterior a esto se realizó un ANOVA que comparo los % COHb iniciales y finales de los tres días, no se encontró diferencia estadísticamente significativa, al inicio de jornada p=0,996 y al final p=0,858 (ANOVA).



3.6.- Análisis de Varianza del porcentaje de carboxihemoglobina.

Tabla 6. Comparación del % COHb inicial vs la % COHb final, de cada día.

CO – Oximetría de pulso	% COHb Min - Máx	$\bar{X} \pm DE$
<i>Primer día</i>		
Inicio de jornada	2,0 – 4,4	3.2 ± 0.65
Final de la jornada	2.8 – 7.4	5.1 ± 1.21
<i>Segundo día</i>		
Inicio de jornada	2.0 – 4.5	3.2 ± 0.59
Final de la jornada	3.2 – 7.3	5.2 ± 1.19
<i>Tercer día</i>		
Inicio de jornada	2.1 – 4.9	3.2 ± 0.68
Final de la jornada	3.0 – 7.5	5.4 ± 1.21

p<0,001

DE=desviación estándar

Comparando las mediciones realizadas a inicio de jornada con las de fin de jornada, en los tres días, se encontró una diferencia estadísticamente significativa p< 0.001 (ANOVA).



3.7.- Comparación del porcentaje de carboxihemoglobina a inicio y final de jornada

Tabla 7: Comparación mediante la prueba t de Student de las modificaciones de % COHb obtenidas al inicio vs final de jornada, durante tres días consecutivos y su valor promedio.

CO – oximetría de pulso	% COHb Inicio jornada	% COHb Fin jornada	Valor p
Primer día	3.2 ± 0.65	5.1 ± 1.21	< 0.001
Segundo día	3.2 ± 0.59	5.2 ± 1.19	< 0.001
Tercer día	3.2 ± 0.68	5.4 ± 1.21	< 0.001
Promedio	3.2 ± 0.59	5.4 ± 1.21	< 0.001

p<0,001

Los promedios de % COHb obtenidos al fin de la jornada fueron estadísticamente significativos comparados con los de inicio de jornada en todos los días que se realizó las mediciones p< 0,001.



3.8.- Características del grupo control

Dado el diseño del estudio que incorporó un grupo de comparación al que nos referimos como no expuesto (control), representado por un número igual de participantes seleccionados por un muestreo por conveniencia según el lugar de residencia y dos variables demográficas como la edad y el sexo.

Las características demográficas del grupo control se encuentran detalladas en el Anexo 6.

Tabla 8. Características demográficas de 45 habitantes residentes en un sector suburbano de la ciudad de Cuenca no expuestos permanentemente a la emisión de gases de la combustión de los automotores.

Variable	N	%
Sexo		
Femenino	20	44.4
Masculino	25	55.6
Edad		
20 a 40 años	23	51.1
41 a 60 años	17	37.8
61 a 80 años	5	11.1
Sector		
Lazareto	27	60.0
Miraflores	18	40.0

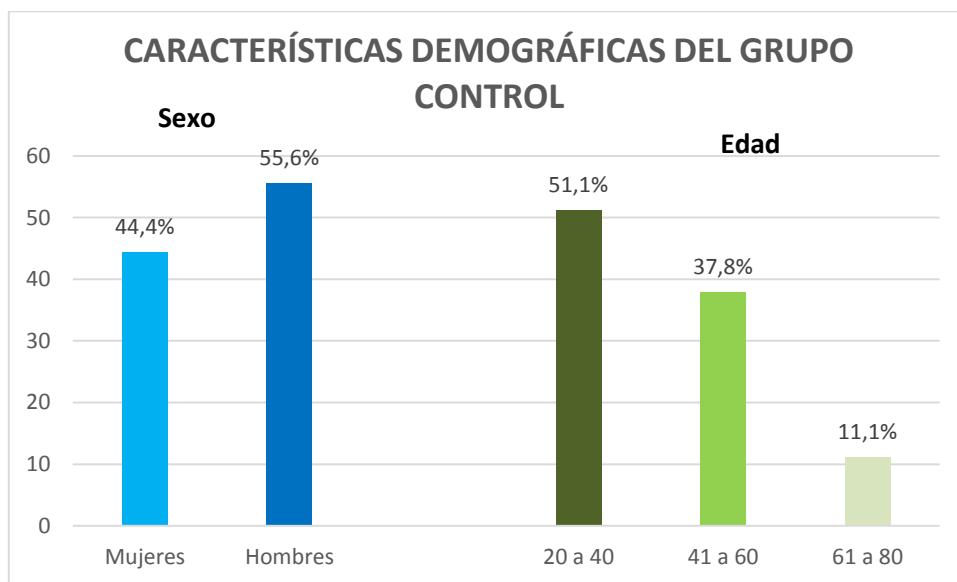


Figura 8: Características demográficas de la población control.

La Tabla 8 y la Figura 8 indican que la población no expuesta (control) a la emisión de monóxido de carbono, estuvo representada por un 44,4% de mujeres y un 55,6% de hombres.

En cuanto a la edad el 51,1 % se encuentra entre 20 a 40 años, un 37,8 % entre 41 a 60 años y un 11,1 % entre 61 a 80 años.



3.9.- Comparación del porcentaje de carboxihemoglobina entre expuestos vs no expuestos a monóxido de carbono

Tabla 9. Comparación mediante la prueba t de Student de las modificaciones de % COHb obtenidas en los vendedores al final de jornada y en el grupo control en una medición.

CO – Oximetría de pulso	% COHb Inicio de jornada	% COHb Fin de jornada	Control*
Primer día	3.2 ± 0.65	5.1 ± 1.21	
Segundo día	3.2 ± 0.59	5.2 ± 1.19	1.35 ± 0.42**
Tercer día	3.2 ± 0.68	5.4 ± 1.21	
Promedio	3.2 ± 0.59	5.4 ± 1.21	

* Al grupo control se realizó únicamente una medición

** Todas las comparaciones dieron un valor de p< 0.001.

La comparación de cada uno de los valores de % COHb, obtenidos al inicio y fin de la jornada y sus respectivos promedios, con el valor obtenido en el grupo control, nos mostró que todas las diferencias fueron altamente significativas p< 0,001.



3.10.- Comparación de valores del porcentaje de carboxihemoglobina en los vendedores, al inicio y final de la jornada según condiciones de trabajo.

Tabla 10. Valores normales vs elevados de %COHb en 45 vendedores de la Zona de Embarque de la Terminal Terrestre con mínimo de 2 años de permanencia habitual y por lo menos 8 horas diarias en la zona de exposición.

	%COHb elevada	%COHb normal	RR (IC 95%)	Valor p
Inicio de jornada (n = 45)	27 (60.0)	18 (40.0)		
		1.6 (1.2 – 2.1)	< 0.001	
Fin de jornada (n=45)	44 (97,7)	1 (2,2)		

p< 0,001

De los 45 participantes (casos), al inicio de jornada 27 presentaron un % COHb elevada y 18 tenía un % COHb normal. Al finalizar la jornada 44 tenían un % COHb elevada y solo una persona tuvo % COHb normal.

Encontrando que la diferencia es altamente significativa p< 0.001, (Prueba de Mc Nemar).



3.11.- Monitoreo de CO en la zona de embarque durante el día

Se realizó un monitoreo ambiental en la zona de embarque, donde permanecen los vendedores durante su jornada laboral diurna desde las 8 horas hasta las 16 horas. Las emisiones de CO se midieron en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y el procedimiento fue realizado por empresa Grupo China Gezhouba Compañía Limitada durante tres días por un período de 8 horas.

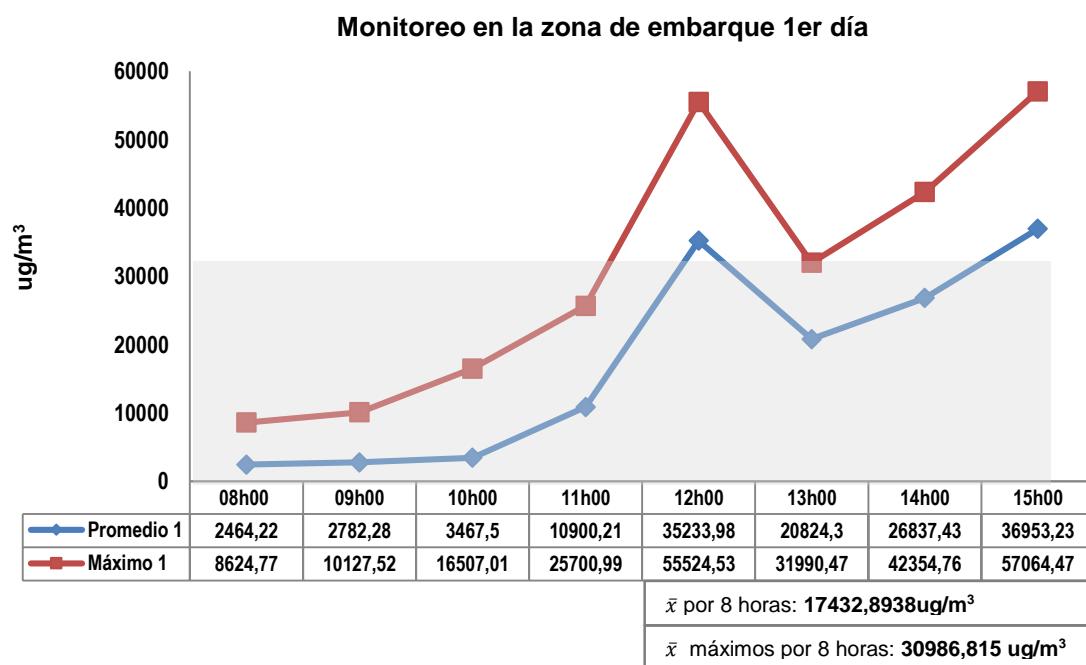


Figura 9: Monitoreo en la zona de embarque primer día.

Las líneas azules muestran el promedio de CO por hora y las rojas el máximo alcanzado cada hora. La zona gris demarca el límite máximo permisible de CO por hora.

Se evidencia que de 8 horas hasta las 11 horas el CO se eleva hasta el límite máximo permisible, a las 12 horas sobrepasa este límite, descendiendo en la hora siguiente y a partir de las 15 horas supera de nuevo el límite establecido.

El promedio para 8 horas fue de 17432,8938 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. El promedio de máximos por 8 horas fue de 30986,815 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

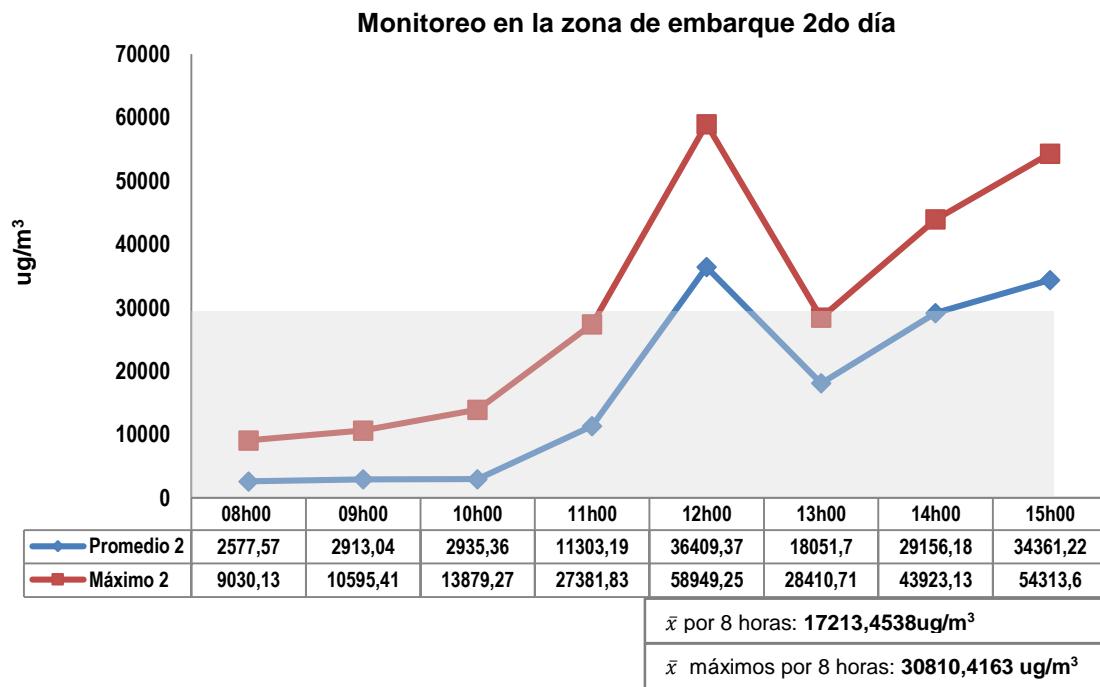


Figura 10: Monitoreo en la zona de embarque segundo día.

Las líneas azules muestran el promedio de CO por hora y las rojas el máximo alcanzado cada hora. La zona gris demarca el límite máximo permisible de CO por hora.

Se evidencia que de 8 horas hasta las 11 horas el CO se eleva hasta el límite máximo permisible, a las 12 horas sobrepasa este límite, descendiendo en la hora siguiente y a partir de las 15 horas supera de nuevo el límite establecido.

El promedio para 8 horas fue de 17213,4538 ug/m³. El promedio de máximos por 8 horas fue de 30810,4163 ug/m³.

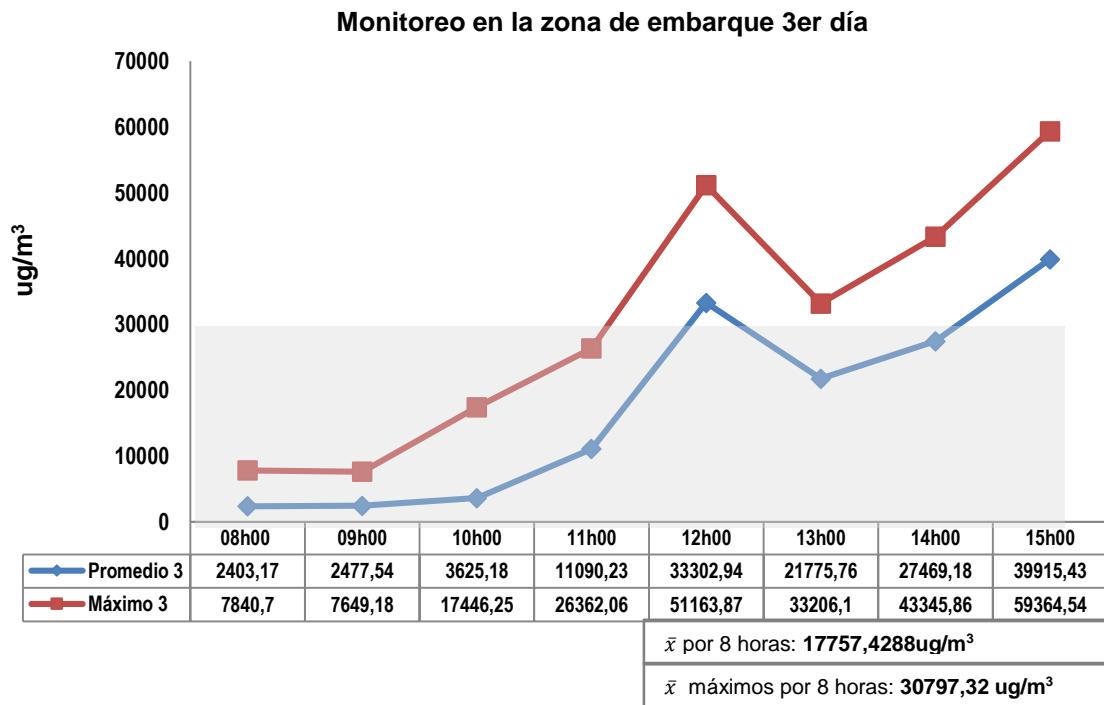


Figura 11: Monitoreo en la zona de embarque tercer día.

Las líneas azules muestran el promedio de CO por hora y las rojas el máximo alcanzado cada hora. La zona gris demarca el límite máximo permisible de CO por hora.

Se evidencia que de 8 horas hasta las 11 horas el CO se eleva hasta el límite máximo permisible, a las 12 horas sobrepasa este límite, descendiendo en la hora siguiente y a partir de las 15 horas supera de nuevo el límite establecido.

El promedio para 8 horas fue de 17757,4288 ug/m³. El promedio de máximos por 8 horas fue de 30797,32 ug/m³.

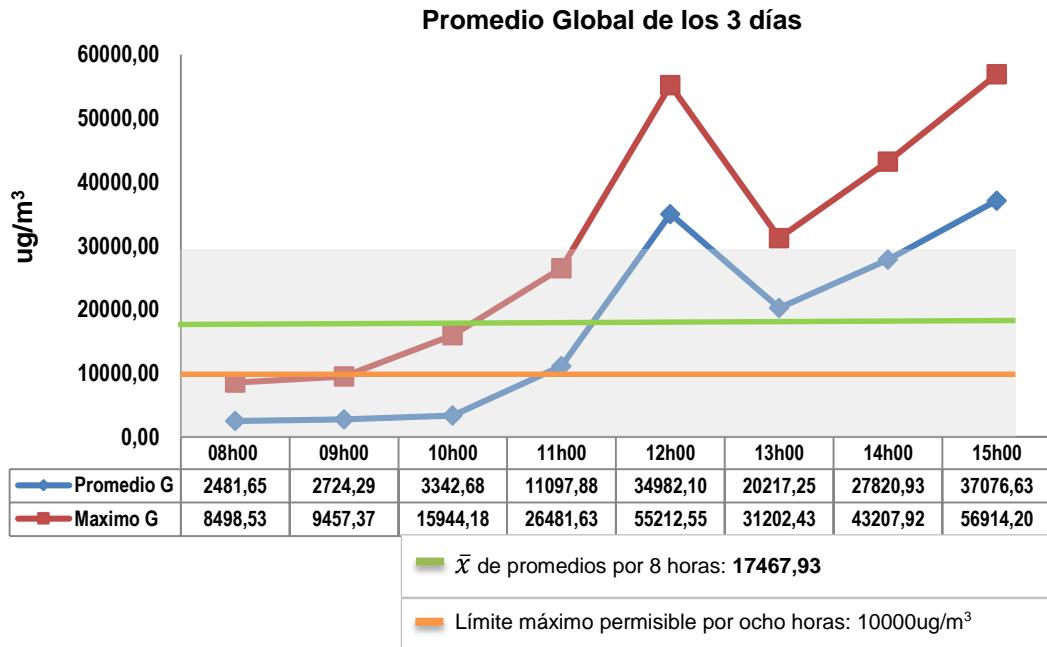


Figura 12: Monitoreo en la zona de embarque promedio global.

Las líneas azules muestran el promedio de CO por hora y las rojas el máximo alcanzado cada hora. La zona gris demarca el límite máximo permisible de CO por hora. La línea verde indica el promedio global por 8 horas, y la línea naranja el límite establecido por la norma para 8 horas.

La significancia (fijada en el valor $p < 0,05$) se muestra en la columna gris del Anexo 8, para los valores de CO medidos desde las 8 horas hasta las 16 horas durante tres días y mostradas a través de dos polígonos de frecuencias: azul para los valores promedios y rojo para los valores máximos alcanzados. El análisis se realizó sobre los promedios y la diferencia asintótica que se puede visualizar de éstos y los máximos fue similar en el gráfico de los tres días y el promedio.

El promedio global para 8 horas fue de 17467,93 ug/m³.



3.11.1- Monóxido de carbono en la zona de embarque

Tabla 11. Modificaciones de CO en la zona de embarque en ug/m³ por hora, desde las 08h00 hasta las 16h00. Valores promedio de cada hora.

	\bar{X}	$\pm DE$	$IC_{media} (95\%)$	ug/m^3 Mínimo - Máximo
08h00 a 09h00	2481,6 ± 72,2		2366,6 ± 2596,6	2403,1 – 2577,5
09h00 a 10h00	2724,2 ± 182,4		2433,9 ± 3014,6	2477,5 – 2913,0
10h00 a 11h00	3342,6 ± 295,1		2873,0 ± 3812,2	2935,3 – 3625,1
11h00 a 12h00	11097,8 ± 164,6		10835,9 ± 11359,8	10900,2 – 11303,1
12h00 a 13h00	34982,0 ± 1280,6		32944,3 ± 37019,8	33302,9 – 36409,3
13h00 a 14h00	20217,2 ± 1579,7		17703,4 ± 22731,1	18051,7 – 21775,7
14h00 a 15h00	27820,9 ± 978,7		26263,5 ± 29378,3	26837,4 – 29156,1
15h00 a 16h00	37076,6 ± 2269,1		33465,8 ± 40687,3	34361,2 – 39915,4

p=0,000

DE=desviación estándar

Esta tabla resume las modificaciones del CO medido en la Zona de Embarque. Véase las comparaciones por hora en la tabla de ANOVA en el Anexo 8 (Bonferroni). Encontrando una diferencia estadísticamente significativa p= 0,000.



3.12.- Concentraciones promedio por ocho horas de monóxido de carbono ambiente en la zona de embarque del Terminal Terrestre de Cuenca.

Tabla 12.- Correlación del CO ambiental y % COHb promedio final de los vendedores de Kioscos de la zona de embarque del Terminal Terrestre.

	PROMEDIO POR 8 HORAS CO ug/m ³	PROMEDIO % COHb FINAL DE JORNADA
DÍA 1	17432,8938	5.1
DÍA 2	17213,4538	5.2
DÍA 3	17757,4288	5.4

$R^2 = 0.73$

Hubo correlación entre los valores promedio de CO ambiental para 8 horas y los valores promedio del % COHb medido al final de jornada ($R^2 = 0.73$).



4.- DISCUSIÓN

El CO es un compuesto inflamable, insípido, incoloro y es producido por la combustión parcial de los carburantes como gas, kerosene, gasolina, carbón, madera, tabaco, entre otros, es una de las descripciones más conocidas de esta sustancia química. Sin embargo, dos características, de conocimiento un tanto privativas del ámbito sanitario, como la gran afinidad por la hemoglobina y la posibilidad cada vez más creciente de exponerse a su ingreso al organismo en el ambiente laboral constituyen aspectos relevantes para la salud humana y ameritan todas las investigaciones que permitan aclarar aspectos aún no dilucidados.

Uno de estos aspectos, precisamente el laboral, fue el apremio de la presente investigación que tomó como población de estudio a un grupo de vendedores que por su condición deben permanecer de diez a doce horas en un ámbito muy circunscrito, la zona de embarque de la Terminal Terrestre de la ciudad de Cuenca, lugar donde ingresan y egresan a la vez por lo menos un automotor cada minuto, según el número de unidades con que cuentan las empresas de movilización registradas en el departamento municipal de transporte terrestre (EMOV, 2016).

A partir de 2011 los valores de concentración de este gas, contenido inadvertidamente en muchos ambientes, se miden en promedios anuales determinados por protocolos para el monitoreo y seguimiento de la calidad del aire elaborados por los organismos responsables del ambiente, la vivienda y el desarrollo territorial, que se han creado en muchos países. En nuestro caso este tipo de regulaciones son parte en la nueva constitución vigente desde 2008 y en los enunciados del buen vivir (Constituyente, 2008). Actualmente el Ministerio del Ambiente controla estos parámetros de contaminación mediante la normativa que establece para CO un límite permisible por una hora de 30000 ug/m³ y para ocho horas de 10000 ug/m³.



El indicador con que se dosifican los gases tóxicos en la atmósfera, entre ellos el CO ambiental, sigue siendo las denominadas partes por millón (ppm) que hace referencia a la “*proporción de la concentración de una sustancia con respecto a la concentración de otra, como una unidad de soluto disuelta en un millón de unidades de disolvente*” (Mosby, 2003). También se puede expresar en cualquier otra relación de unidades de medida como peso – peso o volumen – volumen, aunque estas expresiones están generalmente relegadas al ámbito de la física o la química.

Dentro del ámbito sanitario tienen más utilidad las mediciones en microgramos de CO por metro cúbico de aire respirable ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) y la determinación del CO ligado a la hemoglobina expresado en porcentaje y medido a través de la gasometría en sangre obtenida directamente de la circulación o indirectamente a través de la saturometría de pulso. En ambos casos la medición es un porcentaje diferencial de la presión parcial de O_2 ligado a la hemoglobina, fracción sanguínea con la que el CO tiene más afinidad que el O_2 . La molécula de CO ligada a la Hb forma la COHb que se denomina carboxihemoglobina (Effros RM, 2010).

En nuestro estudio utilizamos las dos unidades: $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para medición de las concentraciones horarias de CO ambiental en la zona de embarque de la Terminal Terrestre y porcentaje de COHb para determinación del CO disuelto en el torrente circulatorio. Aunque algunos investigadores recomiendan utilizar una fórmula con un factor constante para conversión de $\mu\text{g}/\text{m}^3$ a % COHb otros desaconsejan el procedimiento por tratarse de unidades diferentes que dependen no sólo de factores fisiológicos individuales sino de otros como la presión parcial de los gases que se miden y la presión atmosférica del lugar donde se realiza la medición (Mayer AS, 2010).

Antes de analizar los resultados más relevantes del presente trabajo es necesario referirnos a dos aspectos fundamentales: la confiabilidad del dato y la importancia de los hallazgos. En la investigación con seres humanos la primera



debe estar garantizada siempre por la seriedad del equipo de trabajo que participó en el cumplimiento de la metodología propuesta en el protocolo de investigación y la segunda por la calidad de los instrumentos utilizados para la obtención del dato (Argimon & Jiménez, 2004).

Nos referiremos al primer aspecto. El flujograma con que se inicia el capítulo de resultados garantiza la seriedad con que el equipo participante cumplió la propuesta. Si bien la Declaración CONSORT recomienda usar este flujograma estrictamente para los estudios clínicos de grupos paralelos, aleatorizados, el hecho de: 1) comparar los resultados con la modalidad antes-después en una cohorte expuesta a monóxido de carbono, 2) contrastar estos resultados para rechazar la hipótesis nula, y 3) confrontar estas mediciones con una similar realizada en un grupo no expuesto a la emisión de monóxido de carbono, nos otorga cierta propiedad para resumir el procedimiento de la siguiente manera.

Fueron seleccionados 90 participantes divididos en dos grupos: un grupo expuesto (casos) compuesto por 45 vendedores de la zona de embarque de la Terminal Terrestre y otro de igual número de personas pero no expuesto (control), por tanto residentes en sectores suburbanos de la ciudad. A su vez, en el grupo expuesto se realizaron dos mediciones del % COHb: una al inicio de una jornada de ocho horas diarias de trabajo que generalmente se inicia a las 8 horas y la otra al final de la misma, comúnmente a las 18 horas. Para obtener mayor confiabilidad en el dato las mediciones se repitieron por tres días consecutivos en idénticas condiciones de manera que la dosificación de la COHb expresada en porcentaje, tanto al inicio como al final de jornada, representó en realidad el promedio de tres mediciones.

El análisis de varianza de estos valores (Tabla 5) muestra que no hubo diferencias significativas ($p=0,623$ inicio de jornada) y ($p=0,996$ final de jornada) entre ellos asegurando que el procedimiento fue correctamente realizado. El estadístico de la prueba de Levene, que nos asegura que las varianzas son homogéneas, garantiza que ANOVA está aplicado con propiedad sobre la



comparación de las medias obtenidas en los tres días que tomó el estudio. A su vez el estadístico de ANOVA nos ratifica el enunciado realizado sobre los resultados.

Al respecto, fueron comparables los promedios de edad del grupo expuesto (43.02 ± 13.9 años) y de control (42.5 ± 14.3 años). $p= 0.882$ (t de Student) y también lo fueron la distribución por sexo ($p = 0.058$) y por subgrupos de edad ($p = 0.936$) (Prueba de Mann Whitney). El grupo expuesto a la emisión de monóxido de la combustión de automotores estuvo representado por un predominio de mujeres, con una edad de 20 a 40 años como subgrupo más representativo. En el grupo control predominó el sexo masculino con edades comprendidas de 20 a 40 años.

La comparación entre los valores del % COHb obtenidos al final de jornada fueron significativamente mayores que los de inicio de jornada ($p < 0,001$) en todos los tres días que se realizó las mediciones. Este resultado reafirma la orientación de la investigación y permite cumplir todos los objetivos que justificaron la propuesta metodológica.

La comparación de cada uno de los valores del % COHb, obtenidos al inicio y final de jornada y sus respectivos promedios con el valor obtenido en el grupo control nos mostró que todas las diferencias fueron altamente significativas $p < 0,001$, lo que evidenció una exposición a monóxido de carbono durante la jornada laboral. El % COHb sobrepasa el valor límite establecido en las normas.

En el segundo aspecto, referente a la calidad y por ende confiabilidad de los instrumentos utilizados para la medición, tanto del CO ambiental como de la COHb, es indispensable señalar que nos respaldamos en el informe de la monitorización del aire ambiental de la zona de embarque realizado por la empresa Grupo Chin Gezhouba Compañía Limitada, radicada en nuestra ciudad y poseedora de equipos que cumplen esta función. Las figuras 9 al 12 construidos con los valores de las tablas, que acompañan a los polígonos de



frecuencia respectivos, muestran una tendencia similar en los tres días de monitorización continua durante 8 horas.

El valor global de la monitorización representa, así como en las mediciones anteriormente descritas, un promedio de tres días (Tabla 11) con la particularidad de que los incrementos del CO ambiental se fueron acumulando hasta que después de las tres horas sobrepasó el límite máximo permisible. Luego, en la hora siguiente disminuyó al rango de normalidad para nuevamente sobreponerse el límite en los próximos 60 minutos y posteriormente continuar elevándose. Estas curvas idénticas, en términos de significancia estadística, podrían ser explicadas en función de las denominadas “horas pico”, período del día en que salen y llegan más automotores a la Terminal Terrestre.

Sea como fuese, el cumplimiento de uno de los objetivos específicos del estudio fue tener la certeza de que la monitorización del CO ambiental sea confiable. El análisis de varianza con la corrección de Bonferroni aplicado sobre los datos proporcionados por el consorcio que realizó las mediciones así lo confirma (Tabla 11 y Anexo 8) $p= 0,000$.

Las concentraciones de CO ambiental promedio varían durante las ocho horas de monitoreo sobreponiendo el límite de referencia de la norma NECCA (Tulas) establecida para ocho horas 10000 ug/m^3 .

El coeficiente de correlación de Pearson entre los promedios de CO ambiental por ocho horas y el % COHb de la población de estudio expuesta al CO fué $R^2=0,73$, por lo que existió correlación entre los dos valores.

Sobre la validez del dispositivo con que se efectuó la determinación porcentual de la COHb en cada uno de los vendedores, es indispensable señalar que el Radical-7™, marca registrada de Masimo™ US es además de un monitor indirecto de gases sanguíneos, un oxímetro de pulso de tecnología digital que a través de un software (2296) proporciona una estimación cuantitativa del porcentaje de COHb en la circulación periférica. Ha sido validado por estudios



clínicos y la recomendación de su uso por organismos como la FDA (US Food and Drug Administration) y su homóloga europea EMEA (European Medicines Agency) parten de la recomendación de expertos que publican los resultados de sus investigaciones en la literatura médica indexada a nivel internacional en bases de datos como la Biblioteca Nacional de Medicina (NLM) y el Instituto Nacional de Salud de los Estados Unidos (NIH) accesibles a través de la internet (PubMed, 2016).

Desde la última década del siglo XX se vienen realizando pruebas con dispositivos fabricados para determinar de una forma no invasiva el volumen de Hb y a su vez una forma de estimar indirectamente el contenido de CO en la circulación, datos de interés supremo en la mujer embarazada. Las primeras investigaciones para validar estos instrumentos se realizaron comparando el rango de precisión entre los valores obtenidos en muestras sanguíneas arteriales y las lecturas por oximetría y CO-oximetría de pulso. En este ámbito donde se busca precisión y confiabilidad es razonable que sólo la perfección de los dispositivos asegure el menor margen de error y esto ha hecho que la tecnología se incline al servicio de la salud poniendo a disposición, no sólo de las instituciones sino aún de las personas, aparatos cada vez más útiles y accesibles, en cuanto a su costo.

En el 2012 en el Instituto de Investigación Clínica Torrance de Lomita, CA (EUA) se comparó la exactitud en la medición de la hemoglobina por tres métodos: CO-oximetría de pulso, espectrofotometría y análisis de una muestra sanguínea. En base de los resultados obtenidos en 152 participantes con una edad promedio de 46 años y un 69% de mujeres, los investigadores concluyeron que los dos métodos: CO-oximetría y espectrofotometría eran similares y confiables enfatizando, eso sí, la ventaja que tienen los procedimientos no invasivos (Raikhel, 2012).

En 2013, en el hospital King's College de Londres, UK, fue puesto a prueba el instrumento que utilizamos en nuestro estudio, exactamente el modelo Masimo



Rainbow SET® Radical 7™. En 137 muestras de sangre de embarazadas planificadas para cesárea las lecturas de la CO-oximetría fueron menos exactas que las obtenidas con un dispositivo de fotometría. Los dos instrumentos fueron evaluados con respecto de los resultados de laboratorio (Skelton, y otros, 2013). La conclusión de los investigadores no pone en tela de duda la utilidad de la CO-oximetría ni de la fotometría sino ratifica el hecho de que la analítica de laboratorio sigue siendo la más precisa, criterio que sin duda será válido hasta perfeccionar los sistemas utilizados para las mediciones indirectas. De otro lado, el rigor metodológico de la validación de pruebas diagnósticas no puede prescindir de la “prueba de oro” que seguirá siendo el análisis de muestras obtenidas por métodos invasivos asistidos por las pruebas bioquímicas de gabinete (Riegelman, 1992).

Una de las ventajas de los métodos indirectos, experimentada particularmente en el presente estudio, es la posibilidad cierta de acceder a la información buscada sin mayor objeción de los sujetos de investigación cuya negativa es inmediata cuando se propone utilizar métodos invasivos para obtención de muestras de tejidos como el sanguíneo. Por este camino, el estudio no hubiese sido posible.

En 2014 en el Departamento de Anestesiología del Hospital de Mujeres Mercy de Heidelberg en Victoria, Australia, se realizó una estimación de la hemoglobina a través de una investigación clínica controlada aleatorizada a 141 embarazadas, por tres métodos: CO-oximetría, fotometría y laboratorio portátil. El dispositivo no invasivo fue uno de los nuevos modelos de Masimo™ fabricante de la serie Pronto-7™ y Radical-7™. Los resultados procesados con ANOVA mostraron que la CO-oximetría y fotometría mantienen cierto nivel de imprecisión aunque no significativo pero se recomendó detectarlo y corregirlo mediante lecturas repetidas de la prueba (Hiscock R. S., 2014). Este criterio nos llevó a apoyarnos en una variación del procedimiento, es decir no se repitió la lectura de la muestra sino se obtuvieron muestras repetidas tanto del CO ambiental



como del % COHb individual utilizando como dato confiable el promedio de las tres mediciones. El ANOVA realizado con las mediciones repetidas no encontró variaciones significativas. La Tabla 11 y las Figuras precedentes resumen el análisis y muestran la similitud de la curva de tendencias, respectivamente.

El último reporte con el uso del dispositivo Radical-7™ ha sido publicado en mayo del 2015 y forma parte de una revisión sistemática con metaanálisis realizados conjuntamente por los Departamentos de Farmacología de la Universidad de Melbourne y Anestesiología del Hospital de Mujeres Mercy de Heidelberg en Victoria, Australia. La conclusión de los revisores ratificó el hecho que la CO-oximetría y los métodos colorimétricos fueron menos precisos que las pruebas de laboratorio (Hiscock & Kumar, 2015).

Entendido así, debemos asumir que los resultados de nuestro estudio fueron confiables en la medida que las investigaciones realizadas lo señalan, siempre y cuando se cumplan los rigores del diseño metodológico. Queda en manos de la tecnología y el desarrollo de la ingeniería la posibilidad de alcanzar información cada vez más exacta según los instrumentos que nos puedan proporcionar sobre todo cuando la investigación involucra a personas.

En nuestro estudio estas personas fueron 45 vendedores de kioscos con edades comprendidas entre 20 - 80 años, que realizan sus actividades en una zona expuesta a la emisión de gases de los automotores en un período no menor a 10 horas diarias y en forma ininterrumpida. De observaciones no investigadas pero comunes a todas las terminales de autobuses se ha llegado a admitir que el área donde están ubicados estos expendios se encuentra expuesta al CO pero no existen publicaciones, por lo menos en nuestro medio, que proporcionen información confiable. De ahí que por lo menos dos son los aspectos relevantes del presente estudio: 1) verificar la magnitud de la polución ambiental en la zona de embarque de la terminal terrestre de Cuenca y 2) estimar, en base de esos hallazgos, el riesgo para la salud de los vendedores al encontrarse expuestos a un riesgo ambiental inevitable.



El primer aspecto quedó suficientemente explicado y respaldado con las publicaciones que avalan el dispositivo que utilizamos. Adicionalmente, la cuantificación del CO ambiental fue confiada, como opción alterna pero de mayor seriedad, a un consorcio internacional radicado en la ciudad que garantizó la veracidad de los datos.

La estimación de riesgo es un cálculo estadístico basado en una estrategia metodológica cuyo requisito es la exposición a un factor, en este caso nocivo para la salud. Verificar el cumplimiento de esa condición implica *seguirles los pasos tanto al “factor” como a la “persona expuesta”* y la mejor forma de hacerlo es a través de los estudios que en epidemiología se denominan *de cohortes* (Hernández, 2007).

Si bien nuestro estudio no es de cohortes el hecho de que un grupo de vendedores respire durante por lo menos ocho diarias una atmósfera cargada de monóxido de carbono, y esta situación pueda ser verificada a través de los resultados analizados. Los resultados obtenidos como el incremento significativo de los promedios del % COHb al término de una jornada laboral apoyan la lógica de un estudio de cohorte. Con un antecedente de mucho interés: el 60% de ellos inicia la jornada con un % COHb elevada, porcentaje que al final de jornada se convierte en el 97.7%. Este antecedente orienta hacia un efecto de la exposición al CO señalando que la permanencia de todos los vendedores en la zona de embarque es mayor a los dos años; lo que se reflejó también mediante el coeficiente de correlación de Pearson $R^2=0,73$.

Los resultados de la Tabla 10 analizados a través del estimador de riesgo relativo [RR 1.6 (1.2 – 2.1)] no sólo permite contrastar la hipótesis de estudio sino constituye un dato relevante a la hora de divulgarlo a la comunidad sanitaria representada en cualquier nivel de la sociedad por organismos como: seguridad ambiental, higiene municipal, sistema nacional de salud, facultades de ciencias de la salud, colegios profesionales y sociedades científicas afines.



Finalmente, las características etarias y la distribución según sexo, de los participantes en el estudio, describen a una población en edad de mayor producción económica con un significativo aporte laboral de la mujer propio de la sociedad moderna. Precisamente, estos aspectos hacen que los resultados de la investigación deban ser tomados en cuenta por lo que representan: una alerta para los organismos involucrados en proteger a la comunidad frente a los riesgos para su salud como el monóxido de carbono.



5. CONCLUSIONES

- La concentración atmosférica de CO en el aire ambiental de la zona de embarque de la Terminal Terrestre de Cuenca, donde se ubican los vendedores de kioscos, sobrepasa los límites máximos permisibles ($30.000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ por hora) desde el mediodía, con un descenso de corta duración en las dos primeras horas de la tarde y un incremento a partir de las 15h00 que, según las curvas de medición muestra una tendencia a elevarse, como se puede evidenciar en el valor promedio para 8 horas ($10000 \mu\text{g}/\text{m}^3$) superando el límite establecido, a un valor promedio de los tres días de medición de $17467,93 \mu\text{g}/\text{m}^3$, lo que indica exposición a CO.
- El % COHb medido al fin de jornada en los vendedores ubicados en la zona de embarque, tras ocho horas de exposición diaria al CO, muestra un aumento altamente significativo al comparar con el % COHb de inicio de jornada (3.2 ± 0.59 vs. 5.4 ± 1.21 , $p < 0.001$)
- El promedio de % COHb del grupo control (1.35 ± 0.42), cuya residencia está ubicada en una zona no expuesta a las emisiones de CO de la combustión vehicular, fue significativamente menor, con respecto de los promedios de inicio (3.2 ± 0.59) y fin de jornada (5.4 ± 1.21). $p < 0.001$.
- El contenido de CO ambiental en la zona de embarque de la Terminal Terrestre de Cuenca, es un factor de riesgo para la salud humana. Su exposición por un período mayor a 8 horas está relacionado con la elevación de % COHb al final de jornada ($R^2=0,73$).
- Después de analizar los resultados, el % COHb y las mediciones de CO ambiental, sobrepasan los límites establecidos respectivamente en las normas; por lo tanto se concluye que existe una exposición al monóxido de carbono en la zona de embarque del Terminal Terrestre de Cuenca durante la jornada laboral.



6. RECOMENDACIONES

- Los resultados de esta investigación deben ser difundidos a los organismos públicos y privados encargadas de propiciar el bienestar de la comunidad a fin de establecer medidas correctivas.
- Es importante que se realice un estudio de comparación del % COHb empleando pruebas de laboratorio por espectrofotometría y la CO-oximetría de pulso.
- En cuanto al lugar de trabajo es importante que se cuente con ventiladores extractores en buen estado y el personal expuesto debe utilizar equipo de protección, realizar actividad física permanente de preferencia en lugares con buena ventilación. De producirse una intoxicación grave se debe retirar a la persona afectada del área de exposición y solicitar ayuda a los servicios de emergencia.
- Las autoridades encargadas de las regulaciones en cuanto a gestión ambiental deben realizar un monitoreo periódico del CO, para garantizar el cumplimiento de las normas y con ello evitar los efectos nocivos en la salud de los trabajadores
- Se recomienda realizar investigaciones de exposición a CO en lugares de trabajo tales como metalmecánica, talleres de mantenimiento de automotores, entre otros.



BIBLIOGRAFÍA

- Argimon, J. M., & Jiménez, J. (2004). *Métodos de investigación clínica y epidemiológica*. Madrid: Elsevier España S.A.
- Airnow. (2014). Air Quality Index (AQI) - A Guide to Air Quality and Your Health. Retrieved from:
<http://www.airnow.gov/index.cfm?action=aqibasics.aqi#mod>.
Fecha de consulta Octubre 5 de 2015.
- Bejarano, M., & Pietro, F. (2014). *Estudio por la intoxicación por monóxido de carbono y otros gases en Colombia*. Bogotá: U.D.C.A.
- Colman, L., & Mulle, A. (2013). *CONTAMINACIÓN DEL AIRE POR COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES Y MATERIAL PARTICULADO EN LA PLATA Y ENSENADA*. Argentina: CIMA.
- Constituyente, A. (2008). *Nueva Constitución del Ecuador*. Montecristi: Publicaciones Oficiales.
- Corporation, M. (2009). *Manual del operador del Rad-7 Signal Extraction Pulse Oxímetro*. Estados Unidos: MASIMO CORPORATION.
- Durán, V. (2015). *DETERMINACIÓN DE CARBOXIHEMOGLOBINA AL INICIO Y FINAL DE JORNADA LABORAL EN TRABAJADORES DE ESTACIONES DE SERVICIOS DE GASOLINERAS DE LA ZONA SURESTE DE LA CIUDAD DE CUENCA*. Cuenca.
- Echarri, L. (2007). *Contaminación de la atmósfera*. España: Universidad de Navarra.
- Effros RM, S. E. (2010). Acid-base balance. En B. C. Mason RJ, Murray & Nadel's *Textbook of Respiratory Medicine* (pág. cap 7). Philadelphia, PA: Saunders Elsevier.



EMOV. (02 de 03 de 2016). *Empresa Pública Municipal de Movilidad, Tránsito y Transporte de Cuenca.* Obtenido de Cuenca, GAD Municipal:
<http://www.emov.gob.ec/>

EMOV, R. d. (2013). *Informe de la Calidad del Aire de Cuenca.* Cuenca: Departamento de Relaciones Públicas de la EMOV.

EMOV_EP. (11 de Marzo de 2014). Terminal Terrestre de Cuenca.

García, S. (2011). *GUÍA DE PREVENCIÓN, DIANÓSTICO, TRATAMIENTO Y VIGILANCIA EPIDEMIOLÓGICA DE LAS INTOXICACIONES POR MONÓXIDO DE CARBONO.* (Primera ed.). Argentina: Printing shop.

Guerrero, N., & Batres, D. (2004). *DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE CARBOXIHEMOGLOBINA EN EL PERSONAL DOCENTE, ADMINISTRATIVO Y ESTUDIANTIL DE LA FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL PARA EVALUAR LOS NIVELES DE CONTAMINACIÓN QUE CAUSA EL INGENIO CHAPARRASTIQUE EN LA CIUDAD DE SAN IGUEL.* El Salvador: Universidad del Salvador.

Guyton, A. (2006). *Fisiología Humana.* México: McGraw Hill.

Guzñay, D., & Loayza, M. (2007). *DETERMINACION DE MONOXIDO DE CARBONO EN EL TERMINAL TERRESTRE DE CUENCA.* Cuenca.

Heredia, G. (2014). *EVALUACIÓN A LA EXPOSICIÓN AL MONÓXIDO DE CARBONO EN HABITANTES DE LA CIUDAD DE AZOGUES.* Cuenca.

Hernández, M. (2007). *Diseño y análisis de estudios.* Madrid: Panamericana.

Hiscock, R. S. (2014). Comparison of Massimo Pronto-7 and HemoCue Hb 201+ with laboratory haemoglobin estimation: a clinical study. *Anaesth Intensive Care,* 608-13.



Hiscock, R., & Kumar, D. y. (2015). Systematic review and meta-analysis of method comparison studies of Masimo pulse co-oximeters (Radical-7™ or Pronto-7™) and HemoCue® absorption spectrometers (B-Hemoglobin or 201+) with laboratory haemoglobin estimation. *Anaesth Intensive Care*, 341-50.

INEN, I. E. (2015). SISTEMA DE GESTION DE CALIDAD, AMBIENTE, SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO. 1-25.

Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, I. (2013). *Límites de Exposición Profesional para Agentes Químicos en España*. Madrid.

Kot, J., & Sićko, Z. y. (2008). Carbon monoxide pulse oximetry vs direct spectrophotometry for early detection of CO poisoning. *Anestezjol Intens Ter*, 75-8.

Macarulla, J. M. (2003). *Bioquímica Humana*. Barcelona: Editorial Reverté S. A.

Mayer AS, M. L. (2010). Evaluation of respiratory impairment and disability. En M. J. Mason RJ, *Murray and Nadel's Textbook of Respiratory Medicine* (pág. cap 27). Philadelphia, PA: Saunders Elsevier.

Ministerio de Salud, P. d. (2011). *GUÍA DE PREVENCIÓN, DIANÓSTICO, TRATAMIENTO Y VIGILANCIA EPIDEMIOLÓGICA DE LAS INTOXICACIONES POR MONÓXIDO DE CARBONO*. (Primera ed.). Argentina: Printing shop.

Mosby. (2003). *Diccionario de Medicina, Enfermería y Ciencias de la Salud*. Madrid: Elsevier Science Imprint.

Oliu, G., & Inoriza, J. (2011). INTOXICACIONES POR MONÓXIDO DE CARBONO. *Toxicología Clínica*, 556.



- Oliu, G., Nogué, S., & Miró, Ó. (23 de Marzo de 2010). Intoxicación por monóxido de Carbono: claves fisiopatológicas para un buen tratamiento. *Servicio de Medicina Interna*(22), 451-459.
- Ortíz, S., & Mamani, W. (2013). INTOXICACIÓN POR MONÓXIDO DE CARBONO. *Revista de Actualización Clínica*.(23), 1842-1846.
- Raikhel, M. (2012). Accuracy of noninvasive and invasive point-of-care total blood hemoglobin measurement in an outpatient setting. *Postgrad Med*, 250-5.
- Riegelman, R. K. (1992). *Cómo estudiar un estudio y probar una prueba: lectura crítica de la literatura médica*. Washington: Little, Brown and Company.
- Rojas, E. (Abril - Junio de 2006). Factores que afectan la oximetría de pulso. *Anestesiología*., XXIX(1), 193-198.
- Rosas, R. (2014). *RIESGO TOXICOLÓGICO DEL MONÓXIDO DE CARBONO EN EL AMBIENTE LABORAL DE LA EMPRESA CONSORCIO REVISIÓN VEHICULAR DANTON CUENCA*. Cuenca.
- Rosero, S. (2014). ALCOMAX. Recuperado el 20 de Noviembre de 2015, de <http://www.alcomaxecuador.com/detectores-de-gases.html>
- Sánchez, J., & Bordona, M. (2012). *PULSOCOOXIMETRÍA, COOXIMETRÍA EN AIRE ESPIRADO Y ANÁLISIS DE COTININA EN ORINA EN LA VALORACIÓN DEL CONSUMO DE TABACO Y FACTORES DE RIESGOS CARDIOVASCULARES EN FUMADORES EN DESHABITUACIÓN*. Valladolid: Universidad de Valladolid.
- Shapiro, M. (2007). *Gases Sanguíneos*. Madrid: McGraw Hill.
- Skelton, V., Wijayasinghe, N., Sharafudeen, S., Sange, A., Parry, N., & Junghans, C. (2013). Evaluation of point-of-care haemoglobin measuring devices: a comparison of Radical-7™ pulse co-oximetry, HemoCue®)



and laboratory haemoglobin measurements in obstetric patients.
Anaesthesia, 40-5.

Vargas, L. (2014). TOXICIDAD POR MONÓXIDO DE CARBONO. *Toxicología*, XVII(83), 582.



ANEXOS



Anexo 1

CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA LA PARTICIPACIÓN DE PERSONAS ADULTAS EN EL ESTUDIO QUE DETERMINA LA CARBOXIHEMOGLOBINA AL INICIO Y FINAL DE JORNADA DIURNA EN VENDEDORES DE KIOSCOS EN EL ÁREA DE EMBARQUE DEL TERMINAL TERRESTRE DE CUENCA

Estimado señor:

La presente tiene por objetivo informarle que usted puede participar en el estudio de investigación que se va a realizar con la participación de docentes y estudiantes de la Carrera de Bioquímica y Farmacia de la Universidad de Cuenca. La Investigación a desarrollar es: **DETERMINACIÓN DE CARBOXIHEMOGLOBINA AL INICIO Y FINAL DE JORNADA DIURNA EN VENDEDORES DE KIOSCOS EN EL ÁREA DE EMBARQUE DEL TERMINAL TERRESTRE 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 el porcentaje de carboxihemoglobina (%COHb) mediante el uso del Co-oxímetro de pulso MASIMO Radical – 7 al inicio y final de jornada laboral diurna.
- Determinar la concentración atmosférica de monóxido de carbono (CO) en el área de embarque del Terminal Terrestre de Cuenca.
- Comparar los valores del %COHb obtenidos con los valores de referencia de %COHb establecidos.
- Comparar los valores obtenidos de %COHb de inicio y final de jornada diurna y relacionar con la exposición a CO.



- Establecer el nivel de contaminación debida a la exposición al CO de los pacientes que participen en la investigación.
- Dar a conocer los resultados a pacientes participantes en la investigación así como a los directivos del Terminal Terrestre de Cuenca.
- Incentivar el cuidado de la salud personal de los pacientes participantes en la investigación.

IMPORTANCIA DEL ESTUDIO: Si usted participa de esta investigación, usted podrá colaborar a la determinación del porcentaje de carboxihemoglobina (%COHb) formado, relacionado al inicio y final de su jornada laboral diurna.

PROCEDIMIENTO A SEGUIR: Si usted participa en esta investigación se realizará el siguiente procedimiento:

A cada participante se realizará dos mediciones de %COHb mediante el uso del Cooxímetro de pulso MASIMO Radical – 7 al inicio y final de la jornada laboral diurna.

Preparación del paciente para la medición:

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

Técnica:

1. Verificar que el paciente esté en reposo.
2. Limpiar el lugar donde se colocará el sensor (dedo de la mano) con alcohol isopropílico al 70% o con una crema rubefaciente (10% a 30% de salicilato de metilo y 2% a 10% de mentol) durante 10 a 30 segundos.
3. Colocar el sensor en el dedo de la mano del paciente asegurando que el emisor y fotodetector estén alineados de manera directa.
4. En caso de que el paciente lleve uñas postizas o demasiado esmalte de uñas se debe buscar otro lugar para aplicar el sensor o retirar el esmalte.



5. Verificar que no se produzca la alarma por parte del equipo para garantizar la medición.
6. En caso de producirse errores se repetirá la medición.
7. Ingresar los datos de las mediciones de cada paciente a una base de datos para su respectivo análisis y procesamiento.

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

- Conocer el nivel de exposición al CO en su lugar de trabajo.
- Informarse de la importancia de realizar esta determinación en lugares donde puede existir una elevada exposición al CO.

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

Usted puede retirarse en cualquier momento si así lo desea.

Si tiene alguna duda sobre este proyecto, puede dirigir sus preguntas en cualquier momento de su participación a la Dra. Ruth Rosas Castro docente en el área de Análisis Toxicológico 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 de todos los aspectos de las características de este estudio. DETERMINACIÓN DE CARBOXIHEMOGLOBINA AL INICIO Y FINAL DE JORNADA DIURNA EN VENDEDORES DE KIOSCOS EN EL ÁREA DE EMBARQUE DEL TERMINAL TERRESTRE DE CUENCA.

FIRMA DEL VOLUNTARIO

ALUMNA Soledad Bravo

ALUMNA Sandi Mora

Dra. Ruth Rosas Castro MSc.

**Anexo 2****FORMULARIO DE RECOPILACIÓN DE LA INFORMACIÓN**

DETERMINACIÓN DE CARBOXIHEMOGLOBINA AL INICIO Y FINAL DE JORNADA DIURNA EN VENDEDORES DE KIOSCOS EN EL ÁREA DE EMBARQUE DEL TERMINAL TERRESTRE DE CUENCA.

RESPONSABLES: Soledad Bravo y Sandi Mora.

NOMBRES Y APELLIDOS:

EDAD: AÑOS

GÉNERO: MASCULINO
 FEMENINO

PROCEDENCIA: URBANO
 RURAL

HÁBITO DE FUMAR: NO
 SI

TIEMPO DE PERMANENCIA EN EL LUGAR DE TRABAJO:

MAYOR A 8 HORAS
MENOR A 8 HORAS

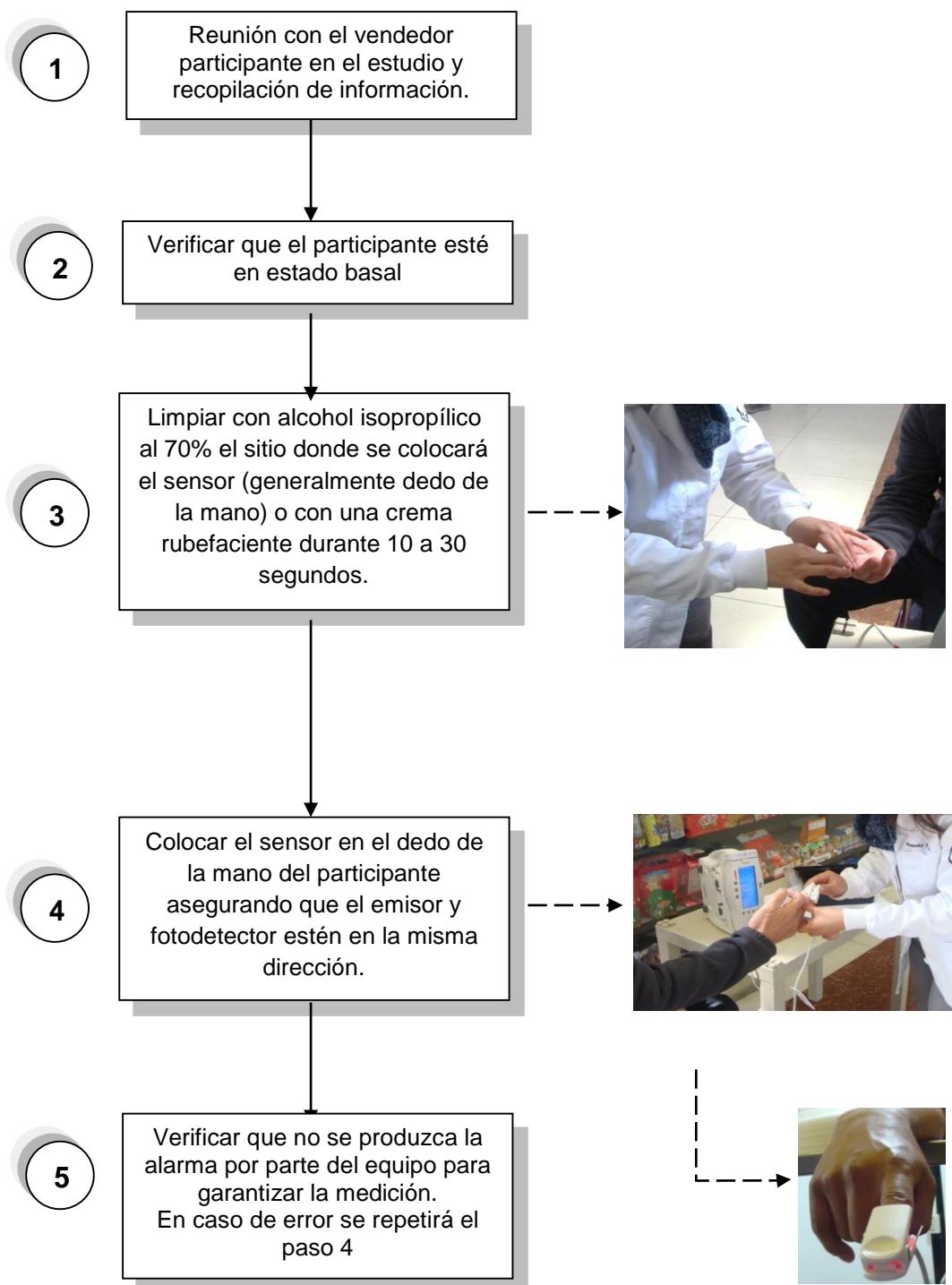
REALIZA ALGUNA ACTIVIDAD FÍSICA:

SIEMPRE
OCASIONALMENTE
NUNCA



Anexo 3

FLUJOGRAMA DEL PROCEDIMIENTO DE MEDICIÓN





Anexo 4

**CARACTERÍSTICAS DEMOGRÁFICAS PERSONALES Y OCUPACIONALES
DE LA POBLACIÓN DE ESTUDIO**

Nº MUESTRA	EDAD	GÉNERO	PROCE-DENCIA	HÁBITO DE FUMAR	PERMA-NENCIA LUGAR DE TRABAJO	ACTIVIDAD FÍSICA
1	80	M	URBANA	NO	>8	OCASIONAL
2	23	F	URBANA	NO	>8	SIEMPRE
3	29	F	URBANA	NO	>8	NUNCA
4	33	M	URBANA	NO	>8	OCASIONAL
5	57	F	URBANA	NO	>8	SIEMPRE
6	31	F	URBANA	NO	>8	NUNCA
7	47	F	URBANA	NO	>8	NUNCA
8	40	M	URBANA	NO	>8	OCASIONAL
9	29	F	URBANA	NO	>8	OCASIONAL
10	28	M	URBANA	NO	>8	OCASIONAL
11	68	F	URBANA	NO	>8	OCASIONAL
12	46	F	URBANA	NO	>8	NUNCA
13	30	M	URBANA	NO	>8	NUNCA
14	28	M	URBANA	NO	>8	SIEMPRE
15	61	F	URBANA	NO	>8	NUNCA
16	58	M	URBANA	NO	>8	NUNCA
17	32	F	URBANA	NO	>8	OCASIONAL
18	45	F	URBANA	NO	>8	NUNCA
19	38	F	URBANA	NO	>8	OCASIONAL
20	60	F	URBANA	NO	>8	NUNCA
21	40	F	URBANA	NO	>8	OCASIONAL
22	58	F	URBANA	NO	>8	NUNCA
23	50	M	URBANA	NO	>8	OCASIONAL
24	28	F	URBANA	NO	>8	SIEMPRE
25	67	M	URBANA	NO	>8	NUNCA
26	43	F	URBANA	NO	>8	OCASIONAL
27	35	F	URBANA	NO	>8	OCASIONAL
28	30	F	URBANA	NO	>8	OCASIONAL
29	28	M	URBANA	NO	>8	SIEMPRE
30	45	M	URBANA	NO	>8	OCASIONAL
31	57	F	URBANA	NO	>8	NUNCA
32	62	F	URBANA	NO	>8	NUNCA
33	41	M	URBANA	NO	>8	NUNCA
34	37	F	URBANA	NO	>8	OCASIONAL
35	25	F	URBANA	NO	>8	SIEMPRE
36	55	M	URBANA	NO	>8	OCASIONAL
37	41	F	URBANA	NO	>8	NUNCA
38	35	F	URBANA	NO	>8	OCASIONAL
39	39	M	URBANA	NO	>8	SIEMPRE
40	36	F	URBANA	NO	>8	OCASIONAL
41	63	F	URBANA	NO	>8	NUNCA



42	40	M	URBANA	NO	>8	OCASIONAL
43	57	F	URBANA	NO	>8	NUNCA
44	37	F	URBANA	NO	>8	SIEMPRE
45	24	M	URBANA	NO	>8	SIEMPRE



Anexo 5

MEDICIÓN DE CARBOXIHEMOGLOBINA (% COHb) INICIO Y FINAL DE JORNADA LABORAL DIURNA EN LA ZONA DE EMBARQUE DEL TERMINAL TERRESTRE DE CUENCA.

Nº MUESTRA	REGISTRO DE MEDICIONES DE %COHb								
	INICIO DE JORNADA				FINAL DE JORNADA				
	MEDICIÓN DÍA 1 %COHb	MEDICIÓN DÍA 2 %COHb	MEDICIÓN DÍA 3 %COHb	%COHb PROMEDIO	MEDICIÓN DÍA 1 %COHb	MEDICIÓN DÍA 2 %COHb	MEDICIÓN DÍA 3 %COHb	%COHb PROMEDIO	
1	3.1	2.9	3	3	6,4	6,3	6,2	6,3	
2	2,3	2	2,1	2,1	3,4	3,2	3,3	3,3	
3	2,4	3	2,7	2,7	5,8	5,6	5,7	5,7	
4	2,9	3,7	3,6	3,4	4,5	4,7	4,9	4,7	
5	3	3,1	3,5	3,2	4,1	4,8	4,7	4,5	
6	3,9	4,1	4	4	5,2	5,6	5,7	5,5	
7	3,2	3,8	3,5	3,5	7,1	6,7	6,9	6,9	
8	3,2	3,5	3,2	3,3	5	4,7	5,3	5	
9	2,7	2,9	3,1	2,9	4,3	4,5	4,4	4,4	
10	2,6	2,8	2,7	2,7	4,2	3,9	4,2	4,1	
11	3,8	3,4	3,3	3,5	6,8	6,2	6,5	6,5	
12	4,1	4	4,2	4,1	5,9	5,8	6	5,9	
13	3,7	3,2	3,6	3,5	4,7	5,1	4,9	4,9	
14	2,9	2,7	2,5	2,7	3,9	3,7	4,1	3,9	
15	4,1	4	3,9	4	7,4	7	7,5	7,3	
16	3,8	3,9	4	3,9	6,1	6,3	6,2	6,2	
17	2,8	2,7	2,9	2,8	4,5	4,8	5,1	4,8	
18	3,4	3,2	2,7	3,1	5,3	5,5	6	5,6	
19	2,9	3,1	3	3	4,7	5,2	4,8	4,9	
20	4	4,2	4,1	4,1	6,5	6,8	7,1	6,8	
21	3,5	3,7	3,9	3,7	5	5,6	5,9	5,5	
22	3,7	3,9	3,8	3,8	6,6	6,4	7,1	6,7	
23	3,8	3,6	4	3,8	5,1	5,4	5,4	5,3	
24	2,9	2,5	2,1	2,5	3,5	3,6	4,3	3,8	
25	4	4,1	4,2	4,1	6,9	7,3	7,1	7,1	



26	3,4	2,9	3	3,1	5,2	5,7	5,9	5,6
27	2,6	2,7	2,8	2,7	4,1	4,4	3,8	4,1
28	3	3,3	3,6	3,3	4,2	4	4,4	4,2
29	2,3	2,5	2,4	2,4	3,5	3,6	3,7	3,6
30	4	3,9	3,8	3,9	5,8	5,9	6	5,9
31	3,8	3,3	3,4	3,5	6,7	6,9	7,1	6,9
32	4,4	4,5	4,9	4,6	7,1	7,3	7,2	7,2
33	3,4	3	3,2	3,2	5,2	5,4	5,6	5,4
34	2,9	2,5	2,4	2,6	4,5	4,4	4,6	4,5
35	2	2,6	2,3	2,3	3,4	3,2	3,6	3,4
36	3,1	3	2,9	3	5,4	5,8	5,9	5,7
37	3,8	3,3	3,4	3,5	6,5	6,3	6,1	6,3
38	2,7	2,9	2,8	2,8	4,7	4,9	4,5	4,7
39	2,2	2,7	2,6	2,5	3,6	3,6	3,9	3,7
40	3,4	2,9	3	3,1	6,2	6,6	6,7	6,5
41	4,2	4	4,1	4,1	7	6,8	7,2	7
42	3	3,1	3,5	3,2	5,5	5,3	5,1	5,3
43	4,4	4,3	4,5	3,5	5,7	5,9	6,1	5,9
44	2,8	2,9	2,7	2,8	3,7	3,5	3,9	3,7
45	2	2,4	2,2	2,2	2,8	3,2	3	3



Anexo 6

CARACTERÍSTICAS DEMOGRÁFICAS Y MEDICIÓN DEL % COHb EN GRUPO CONTROL

Nº MUESTRA	GÉNERO	EDAD	SECTOR	%COHb
1	F	51	LAZARETO	1
2	F	47	LAZARETO	1,9
3	M	36	LAZARETO	1,3
4	F	22	LAZARETO	0,7
5	M	68	LAZARETO	1,5
6	M	29	LAZARETO	1,1
7	M	37	LAZARETO	1,7
8	F	42	LAZARETO	2
9	F	64	LAZARETO	1,3
10	M	40	LAZARETO	1,6
11	F	55	LAZARETO	0,9
12	M	48	LAZARETO	1,9
13	M	56	LAZARETO	1,1
14	F	26	LAZARETO	0,8
15	M	50	LAZARETO	1,8
16	F	40	LAZARETO	1,2
17	F	60	LAZARETO	1,6
18	F	31	LAZARETO	1,4
19	M	24	LAZARETO	2
20	M	60	LAZARETO	1,4
21	M	44	LAZARETO	0,9
22	F	30	LAZARETO	1,5
23	F	53	LAZARETO	1,2
24	M	32	LAZARETO	0,9
25	M	27	LAZARETO	2
26	F	50	LAZARETO	1,7
27	M	31	LAZARETO	1,1
28	F	51	MIRAFLORES	1,4
29	M	67	MIRAFLORES	0,7
30	F	41	MIRAFLORES	1,3
31	M	30	MIRAFLORES	1
32	M	35	MIRAFLORES	2
33	M	28	MIRAFLORES	0,8
34	M	68	MIRAFLORES	2,1
35	F	44	MIRAFLORES	1,5



36	F	37	MIRAFLORES	1,8
37	M	25	MIRAFLORES	1,2
38	F	59	MIRAFLORES	0,8
39	F	29	MIRAFLORES	1
40	M	33	MIRAFLORES	1,8
41	F	23	MIRAFLORES	1,3
42	M	54	MIRAFLORES	0,7
43	M	75	MIRAFLORES	1
44	M	39	MIRAFLORES	1,2
45	M	25	MIRAFLORES	2

Anexo 7

Concentraciones horarias de Monóxido de Carbono (CO) ambiental en área de embarque de la Terminal Terrestre de la ciudad de Cuenca, medidas con el equipo ALTAIR 4X MSA perteneciente a la empresa Grupo China Gezhouba Compañía Limitada. Cuenca Enero 2016.

UBICACIÓN	HORA	CONCENTRACIÓN DE GASES	MONITOREO 1 CO (ug/m ³) 25/01/2016	MONITOREO 2 CO (ug/m ³) 26/01/2016	MONITOREO 3 CO (ug/m ³) 27/01/2016	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE / h (ug/m ³)	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE POR 8 horas. (ug/m ³)	
Zona de embarque del Terminal Terrestre	8:00 – 9:00	Promedio	2464,22	2577,57	2403,17	30.000,00	10.000,00	
		Máximo	8624,77	9030,13	7840,7	30.000,00		
	9:00 – 10:00	Promedio	2782,28	2913,04	2477,54	30.000,00		
		Máximo	10127,52	10595,41	7649,18	30.000,00		
	10:00 – 11:00	Promedio	3467,5	2935,36	3625,18	30.000,00		
		Máximo	16507,01	13879,27	17446,25	30.000,00		
	11:00 – 12:00	Promedio	10900,21	11303,19	11090,23	30.000,00		
		Máximo	25700,99	27381,83	26362,06	30.000,00		
	12:00 – 13:00	Promedio	35233,98	36409,37	33302,94	30.000,00		
		Máximo	55524,53	58949,25	51163,87	30.000,00		
	13:00 – 14:00	Promedio	20824,3	18051,7	21775,76	30.000,00		
		Máximo	31990,47	28410,71	33206,1	30.000,00		
	14:00 – 15:00	Promedio	26837,43	29156,18	27469,18	30.000,00		
		Máximo	42354,76	43923,13	43345,86	30.000,00		
	15:00 – 16:00	Promedio	36953,23	34361,22	39915,43	30.000,00		
		Máximo	57064,47	54313,6	59364,54	30.000,00		
Media de promedios por 8 horas			17432,8938	17213,4538	17757,4288			
Media de máximos por 8 horas			30986,815	30810,4163	30797,32			

Anexo 8

COMPARACIONES MÚLTIPLES CON LA CORRECCIÓN DE BONFERRONI

(I) Hora	(J) Hora	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Valor P	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite superior	Límite inferior
8h00	9,00	-242,63500	806,05349	1,000	-3073,9954	2588,7254
	10,00	-861,02750	806,05349	1,000	-3692,3879	1970,3329
	11,00	-8616,22500(*)	806,05349	0,000	-11447,5854	-5784,8646
	12,00	-32500,44500(*)	806,05349	0,000	-35331,8054	-29669,0846
	13,00	-17735,60000(*)	806,05349	0,000	-20566,9604	-14904,2396
	14,00	-25339,27750(*)	806,05349	0,000	-28170,6379	-22507,9171
	15,00	-34594,97500(*)	806,05349	0,000	-37426,3354	-31763,6146
9h00	8,00	242,63500	806,05349	1,000	-2588,7254	3073,9954
	10,00	-618,39250	806,05349	1,000	-3449,7529	2212,9679
	11,00	-8373,59000(*)	806,05349	0,000	-11204,9504	-5542,2296
	12,00	-32257,81000(*)	806,05349	0,000	-35089,1704	-29426,4496
	13,00	-17492,96500(*)	806,05349	0,000	-20324,3254	-14661,6046
	14,00	-25096,64250(*)	806,05349	0,000	-27928,0029	-22265,2821
	15,00	-34352,34000(*)	806,05349	0,000	-37183,7004	-31520,9796
10h00	8,00	861,02750	806,05349	1,000	-1970,3329	3692,3879
	9,00	618,39250	806,05349	1,000	-2212,9679	3449,7529
	11,00	-7755,19750(*)	806,05349	0,000	-10586,5579	-4923,8371
	12,00	-31639,41750(*)	806,05349	0,000	-34470,7779	-28808,0571
	13,00	-16874,57250(*)	806,05349	0,000	-19705,9329	-14043,2121
	14,00	-24478,25000(*)	806,05349	0,000	-27309,6104	-21646,8896
	15,00	-33733,94750(*)	806,05349	0,000	-36565,3079	-30902,5871
11h00	8,00	8616,22500(*)	806,05349	0,000	5784,8646	11447,5854
	9,00	8373,59000(*)	806,05349	0,000	5542,2296	11204,9504
	10,00	7755,19750(*)	806,05349	0,000	4923,8371	10586,5579
	12,00	-23884,22000(*)	806,05349	0,000	-26715,5804	-21052,8596
	13,00	-9119,37500(*)	806,05349	0,000	-11950,7354	-6288,0146
	14,00	-16723,05250(*)	806,05349	0,000	-19554,4129	-13891,6921
	15,00	-25978,75000(*)	806,05349	0,000	-28810,1104	-23147,3896
12h00	8,00	32500,44500(*)	806,05349	0,000	29669,0846	35331,8054
	9,00	32257,81000(*)	806,05349	0,000	29426,4496	35089,1704
	10,00	31639,41750(*)	806,05349	0,000	28808,0571	34470,7779
	11,00	23884,22000(*)	806,05349	0,000	21052,8596	26715,5804
	13,00	14764,84500(*)	806,05349	0,000	11933,4846	17596,2054
	14,00	7161,16750(*)	806,05349	0,000	4329,8071	9992,5279
	15,00	-2094,53000	806,05349	0,441	-4925,8904	736,8304
13h00	8,00	17735,60000(*)	806,05349	0,000	14904,2396	20566,9604
	9,00	17492,96500(*)	806,05349	0,000	14661,6046	20324,3254
	10,00	16874,57250(*)	806,05349	0,000	14043,2121	19705,9329
	11,00	9119,37500(*)	806,05349	0,000	6288,0146	11950,7354
	12,00	-14764,84500(*)	806,05349	0,000	-17596,2054	-11933,4846
	14,00	-7603,67750(*)	806,05349	0,000	-10435,0379	-4772,3171
	15,00	-16859,37500(*)	806,05349	0,000	-19690,7354	-14028,0146
14h00	8,00	25339,27750(*)	806,05349	0,000	22507,9171	28170,6379
	9,00	25096,64250(*)	806,05349	0,000	22265,2821	27928,0029
	10,00	24478,25000(*)	806,05349	0,000	21646,8896	27309,6104
	11,00	16723,05250(*)	806,05349	0,000	13891,6921	19554,4129
	12,00	-7161,16750(*)	806,05349	0,000	-9992,5279	-4329,8071
	13,00	7603,67750(*)	806,05349	0,000	4772,3171	10435,0379
	15,00	-9255,69750(*)	806,05349	0,000	-12087,0579	-6424,3371
15h00	8,00	34594,97500(*)	806,05349	0,000	31763,6146	37426,3354
	9,00	34352,34000(*)	806,05349	0,000	31520,9796	37183,7004
	10,00	33733,94750(*)	806,05349	0,000	30902,5871	36565,3079
	11,00	25978,75000(*)	806,05349	0,000	23147,3896	28810,1104
	12,00	2094,53000	806,05349	0,441	-736,8304	4925,8904
	13,00	16859,37500(*)	806,05349	0,000	14028,0146	19690,7354
	14,00	9255,69750(*)	806,05349	0,000	6424,3371	12087,0579

* La diferencia de medias es significativa al nivel 0,05.



Anexo 9

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN DE EQUIPO DE MONITOREO DE CO AMBIENTAL
ALTAIR 4X MSA.

	CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN Ciudadela Guayaquil, calle 1era mz 21 solar 10 Guayaquil - Ecuador. Ptc: 04-2282007. Fax: ext. 403 http://www.elcrom.com mail: ventas@elcrom.com		
CERTIFICADO No: 0807-03-15			
IDENTIFICACION DEL CLIENTE			
EMPRESA:	GRUPO CÍNSIA GEÓGRAFIA COMPAÑIA LIMITADA		
DIRECCION:	Av. 34 de mayo y avenida a Turi		
TELÉFONO:	072817882, 07245953		
IDENTIFICACION DEL EQUIPO			
EQUIPO:	ANALIZADOR DE GASES		
MARCA:	MSA		
MODELO/TIPO:	ALTAIR 4X		
SERIE:	00285344		
CÓDIGO ASIGNADO EN ELICROM:	EC-2015-2361		
UNIDAD DE MEDIDA:	%O ₂ ; %LEL; ppmCO; ppmH ₂ O		
RESOLUCIÓN:	0,1%O ₂ ; 1%LEL; 1ppmCO; 1ppmH ₂ O		
EQUIPOS UTILIZADOS			
CÓDIGO	NOMBRE	MARCA	MODELO
EL.MI.034	GAS PARTON CARBON MONOXIDE(CO) HYDROGEN SULFIDE(H ₂ S) METANE(CH ₄) OXYGEN(O ₂) NITROGEN(N ₂)	QASO	00ES-421
EL.PT.059	TERMOMIGRÓMETRO	SPEK SCIENTIFIC	800641
FECHA CAL.			
PROCEDIMIENTO:	GENERAL		
LUGAR DE CALIBRACIÓN:	LABORATORIO ELCROM		
TEMPERATURA MEDIA °C:	22,7 °C		
HUMEDAD MEDIA %RH:	48% RH		
CALIBRACIÓN			
Unidad de Medida	Patrón	Equipo	Corrección
%O ₂	18,0	18,0	0,0
%LEL	50	50	0
ppmCO	100	100	0
ppmH ₂ O	25	25	0
OBSERVACIONES			
La incertidumbre típica de medición se ha determinado conforme al documento EA 4/02 Este certificado no podrá reproducirse excepto en su totalidad sin la aprobación escrita del laboratorio Elcrom Calibración El presente certificado se refiere solamente al equipo arriba descrito al momento del ensayo.			
CALIBRACION REALIZADA POR: Eison Guizamano			
FECHA CALIBRACION	27-may-15		
AUTORIZADO POR: Ing. Salino Pineda GERENTE TECNICO	 RECIBIDO POR: RESPONSABLE - CLIENTE		



Anexo 10

COMPARACIÓN DEL % COHB ENTRE LOS VALORES DIARIOS Y PROMEDIOS DEL GRUPO EXPUESTO VS CONTROL.

	Promedio del grupo control = 1.3578					
	<i>t</i>	<i>gl</i>	<i>Sig. (bilateral)</i>	<i>Diferencia de medias</i>	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
					<i>Inferior</i>	<i>Superior</i>
1 día CO inicial	19,472	44	0,000	1,88887	1,6934	2,0844
2 día CO inicial	21,370	44	0,000	1,90220	1,7228	2,0816
3 día CO inicial	18,793	44	0,000	1,91109	1,7061	2,1160
Promedio CO inicial	21,122	44	0,000	1,87998	1,7006	2,0594
1 día CO final	21,129	44	0,000	3,83553	3,4697	4,2014
2 día CO final	21,904	44	0,000	3,91776	3,5573	4,2782
3 día CO final	22,454	44	0,000	4,05553	3,6915	4,4195
Promedio CO final	8,599	89	0,000	1,96776	1,5130	2,4225



Anexo 11

REGISTRO FOTOGRÁFICO



ZONA DEL GRUPO DE COMPARACIÓN (LAZARETO)

Fotografía: Autoras



ZONA DEL GRUPO DE COMPARACIÓN (MIRAFLORES)

Fotografía: Autoras



PROCESO DE MEDICIÓN



Fotografía: Autoras



Fotografía: Autoras



ZONA DE ESTUDIO



Fotografía: Autoras