

Comportamiento de los niveles de carboxihemoglobina en un grupo de trabajadores informales de la ciudad de San Lorenzo

Behavior of carboxyhemoglobin levels in a group of informal workers in the city of San Lorenzo

NELLY ROCIO FIGUEREDO*

*Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias exactas y Naturales, Departamento de Química, Liapa. Email: rof8@gmail.com.

Resumen: Este artículo tiene el propósito de evaluar las consecuencias de exposición a niveles de monóxido de carbono (CO) en trabajadores informales con exposición crónica a emisiones sostenidas de monóxido de carbono. Estas emisiones provienen del parque automotor y la congestión vehicular, en una zona altamente comercial con masiva actividad urbana-laboral de la ciudad de San Lorenzo. De un total de 123 vendedores de carácter permanente e informal, apostados en los contornos del asfalto de una de las calles más concurridas de la localidad, se seleccionaron 40 vendedores expuestos al fenómeno, y paralelamente se seleccionaron a otros 40 vendedores denominados grupo control. Los individuos de este segundo grupo desarrollan sus actividades laborales dentro del mercado municipal de San Lorenzo, en lugares donde no se encuentran expuestos de manera directa al tráfico vehicular. Se midieron los niveles de carboxihemoglobina en sangre, dos veces por día (a la llegada y la salida de sus puestos de trabajo) durante 7 días, con un oxímetro portátil con tecnología rainbow, que analiza múltiples longitudes de onda de luz para medir con precisión la carboxihemoglobina (HbCO) de forma no invasiva.

Palabras clave: Carboxihemoglobina, Monóxido de Carbono, emisiones de vehículos, contaminación ambiental.

Abstract. This paper has the purpose of assessing the consequences of exposure to levels of carbon monoxide (CO) in informal workers with chronic exposure to sustained carbon monoxide emissions. These emissions come from the car fleet and vehicular congestion, in a highly commercial area, with a massive urban-labor activity in the city of San Lorenzo. Out of a total of 123 permanent and informal vendors, stationed on the asphalt contours of one of the busiest streets in the town, 40 vendors exposed to the phenomenon were selected, and in parallel, 40 other vendors called control group were selected. The individuals of this second group carry out their labor activities within the municipal market of San Lorenzo, in places where they are not directly exposed to vehicular traffic. The levels of carboxyhemoglobin in blood were measured, two times a day (at arrival and leaving their work places) during seven days, with a portable oximeter with rainbow technology, that analyzes multiple wavelengths of light to measure with Precision carboxyhemoglobin (HbCO) non-invasively.

Palabras clave: Carboxyhemoglobin, Carbon Monoxide, vehicle emissions, environmental pollution.

Introducción

Enger y Smith (2006) definen como contaminación del aire a la presencia en la atmósfera de uno o varios contaminantes, como polvos, gases, bruma, olores o vapores, en cantidades, características y duración, tales que esta presencia pueda dañar a la salud del hombre, de las plantas y de los animales, así como al estado de los bienes.

Los contaminantes atmosféricos que causan el deterioro de la atmósfera consisten en una gran variedad de gases, vapores y partículas. Algunos de los contaminantes más comunes del aire, consisten en gases inorgánicos, especialmente óxidos

de nitrógeno, azufre y carbono. Vapores orgánicos de varios tipos, constituyen una clase importante de contaminantes atmosféricos (Stanley, 2007).

La contaminación debida al exceso de circulación rodada es provocada sobre todo por la quema incompleta de combustibles fósiles, en especial gasolina y gasoil. La mayor preocupación por la contaminación que produce el tráfico rodado se refiere a las zonas urbanas, en donde un gran volumen de vehículos y elevadas cifras de peatones comparten las mismas calles (Castells & Bordas 2012).

El monóxido de carbono (CO) es un gas incoloro, inodoro, insípido, no irritante ni inflamable,

Recibido: 22/07/2019 Aceptado: 22/10/2019



que está presente o se forma cuando las materias carbonáceas, a través de equipos defectuosos que utilizan combustibles gaseosos, sólidos u oleosos, combustionan de forma incompleta o defectuosa. El mismo tiene gran afinidad por la hemoglobina; 200 a 300 veces mayor que la del oxígeno y como resultado la carboxihemoglobina formada es incapaz de transportar oxígeno a los tejidos (Mencías & Mayero, 2000)

Es un gas incoloro, inodoro e insípido, su densidad es del 96,5% de la del aire y es muy poco soluble en agua. En términos de masa es el contaminante más abundante y ampliamente distribuido (Orozco et al., 2003).

El CO, puede enfermar y matar repentinamente. El mismo se encuentra en emanaciones de combustión, tales como las que producen los automóviles y los camiones, los motores pequeños de gasolina, cocinas, faroles, madera y carbón encendido, cocinas de gas y sistemas de calefacción. El CO proveniente de estas fuentes puede acumularse en espacios cerrados o semicerrados. Las personas que

se encuentran en estos espacios pueden intoxicarse si lo respiran (Davis & Masten, 2005).

Según Verdejo (2000) es letal a bajas dosis debido a su facilidad para combinarse con la hemoglobina (Hb) contenida en la sangre, dando lugar a un compuesto conocido como carboxi-hemoglobina (COHb), reduciendo la capacidad de la misma para transportar oxígeno (O₂).

Con las concentraciones típicas encontradas en las calles (30 mg/m³ en horas picos de tráfico), el CO causa somnolencia, dolores de cabeza y cansancio bajo una exposición prolongada (Ortman et al, 2003).

El CO afecta el sistema cardiovascular, produciendo alteraciones electrocardiográficas, tales como, taquicardia sinusal y fibrilación auricular. La presencia de COHb en el músculo cardiaco produce disminución de la oxigenación con aumento o descensos bruscos de la presión diastólica debido al efecto inotrópico negativo de la CO(Hb) (Jaimes & Hernández 1990).

Levitzky (2013) indica que el CO es pernicio-

Tabla 1. Estadísticos descriptivos de los niveles de carboxihemoglobina por día del grupo de casos, en la entrada (E)

Estadísticos		Carboxihemoglobina en la entrada, grupo de casos						
		COHb. Día1.E	COHb. Día2.E	COHb. Día3.E	COHb. Día4.E	COHb. Día5.E	COHb. Día6.E	COHb. Día7.E
Media		3,75	4,00	4,33	4,50	4,72	4,20	4,15
I. C. para la media al 95%	Lím. Inf.	2,95	3,27	3,61	3,76	4,03	3,49	3,46
	Lím. Sup.	4,55	4,73	5,04	5,24	5,42	4,91	4,84
Media recortada al 5%		3,69	4,00	4,19	4,33	4,67	4,17	4,14
Mediana		3,00	3,00	3,50	4,00	5,00	4,00	4,00
Varianza		6,244	5,179	5,046	5,385	4,666	4,933	4,592
Desv. típ.		2,499	2,276	2,246	2,320	2,160	2,221	2,143
Mínimo		0	0	1	1	1	0	0
Máximo		9	8	10	11	9	9	8
Rango		9	8	9	10	8	9	8
Amplitud intercuartil		4,00	4,00	3,00	3,00	3,00	3,75	4,00
Asimetría		0,404	0,275	0,900	1,037	0,118	0,444	0,025
Curtosis		-0,849	-0,906	0,059	0,788	-0,896	-0,705	-1,058

so por varias razones. Una persona que respira concentraciones muy bajas de CO puede alcanzar lentamente niveles de carboxihemoglobina (COHb) en la sangre que amenazan la vida, debido a que el CO tiene una alta afinidad por la hemoglobina (Hb).

Según Ponce et al., (2005) la concentración ambiental de CO depende principalmente de la densidad vehicular, y está influenciada por la topografía y condiciones climáticas. En las calles la concentración del monóxido de carbono es máxima en la ladera a nivel del pavimento

Materiales y métodos

Se midieron los niveles de carboxihemoglobina en sangre a los cuarenta trabajadores expuestos al fenómeno, grupo caso y a los otros cuarenta denominados grupo control, con un oxímetro portátil de marca masimo modelo RAD 57 con tecnología rainbow que analiza múltiples longitudes de onda de luz para medir con precisión la carboxihemoglobina (HbCO) de forma no invasiva.

Se estudió los niveles de carboxihemoglobina medidos en ambos grupos durante 7 días de seguimiento en dos momentos del día denominado como entrada, al llegar en sus lugares de trabajo (COHb.Día1.E al COHb.Día7.E) y salida, momento en el que las personas se disponían a dar por terminada su jornada laboral (COHb.Día1.S al COHb.Día7.S).

Para el análisis e interpretación de datos, en principio se desarrolló un análisis exploratorio de datos según Pérez (2004), y para complementar, con respecto a las diferencias significativas, se empleó un método estadístico no paramétrico conforme Siegle (2001).

Resultados y discusión

Niveles de carboxihemoglobina

Entrada

Los niveles de carboxihemoglobina encontrados en la entrada (E) de las personas expuestas a la zona de alto tráfico vehicular (Tabla 1), tuvieron un promedio que va en aumento desde el primer día hasta el quinto día (3,75 a 4,72), luego fue descendiendo hasta un poco menos de lo que era en el tercer día

(4,15). Del mismo modo ocurre con la mediana (de 3,00 a 5,00) luego baja y permanece estable (4,00) en los dos últimos días.

Los valores mínimos varían entre 0,00 a 1,00 siendo los mayores de estos mínimos en los días tercero, cuarto y quinto; en cuanto a los valores máximos varían entre 8,00 a 11,00 alcanzando el mayor nivel en los días tercero y cuarto para luego descender paulatinamente hasta un nivel 8,00 en el séptimo día, cosa que es parecido con los días dos y el quinto.

Los niveles de carboxihemoglobina encontrados en la salida (S) de las personas expuestas a la zona de alto tráfico vehicular (Tabla 2), tuvieron un promedio que va en aumento desde el primer día hasta el quinto día (5,45 a 6,65), luego tuvo un descenso casi igualando con lo del segundo día (5,73), y en el último día nuevamente con un aumento similar a lo de tercer día (6,15).

Estas mediciones tienen poca probabilidad de una distribución normal ($p < 0,05$), excepto lo del séptimo día con la corrección de Shapiro-Wilk ($p > 0,05$), sin embargo las mediciones son homogéneas, asimismo se ha encontrado un valor anómalo considerado como atípico superior (*) en el día cuatro, según las gráficas de cajas y bigotes (Figura 1). Con la prueba Estadística No Paramétrica la de Friedman (Tabla 3), no se ha encontrado diferencia estadísticamente significativa de los niveles

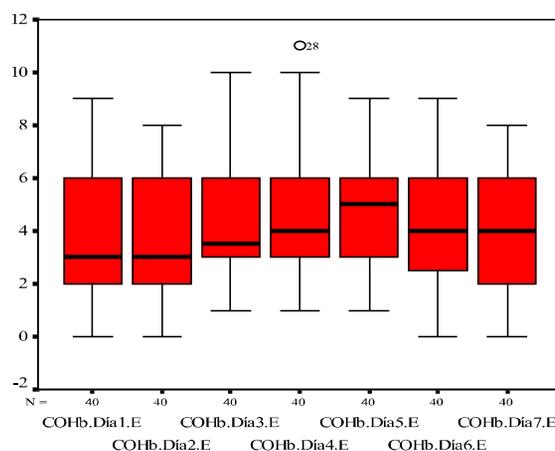


Figura 1. Cajas y bigotes de los niveles de Carboxihemoglobina por día del grupo de casos, en la entrada.

Tabla 2. Estadísticos descriptivos de los niveles de carboxihemoglobina por día del grupo de casos, en la salida (S)

Estadísticos		Carboxihemoglobina en la salida, grupo de casos						
		COHb. Día1.S	COHb. Día2.S	COHb. Día3.S	COHb. Día4.S	COHb. Día5.S	COHb. Día6.S	COHb. Día7.S
Media		5,45	5,70	6,18	6,53	6,65	5,73	6,15
I.C. para la media al 95%	Lím. Inf.	4,74	5,00	5,40	5,80	6,01	4,99	5,60
	Lím. Sup.	6,16	6,40	6,95	7,25	7,29	6,46	6,70
Media recortada al 5%		5,39	5,69	6,17	6,50	6,67	5,67	6,17
Mediana		5,00	6,00	6,00	6,00	6,50	5,00	6,00
Varianza		4,921	4,831	5,840	5,179	3,977	5,230	3,003
Desv. típ.		2,218	2,198	2,417	2,276	1,994	2,287	1,733
Mínimo		2	1	2	3	3	2	2
Máximo		10	10	11	11	10	10	10
Rango		8	9	9	8	7	8	8
Amplitud intercuartil		4,00	4,00	4,75	3,00	3,00	4,00	2,00
Asimetría		0,300	0,022	0,255	0,035	0,002	0,330	0,131
Curtosis		-1,142	-0,856	-0,901	-1,051	-0,730	-0,977	0,149

carboxihemoglobina en el transcurso del tiempo, en la entrada ($p=0,255$).

Salida

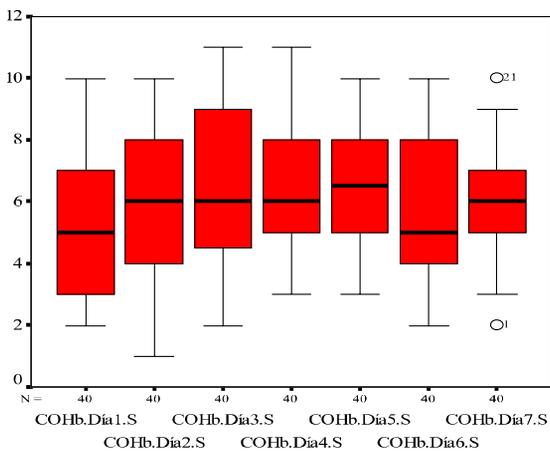


Figura 2. Cajas y bigotes de los niveles de carboxihemoglobina por día del grupo de casos, en la salida.

Los niveles de carboxihemoglobina encontrados en la salida (S) de las personas expuestas a la zona de alto tráfico vehicular (Tabla 2), tuvieron un promedio que va en aumento desde el primer día hasta el quinto día (5,45 a 6,65), luego tuvo

Tabla 3. Resumen estadístico y la significancia con la prueba de Friedman del grupo de casos, en la entrada.

Grupo de casos	Rango promedio		
COHb.Día1.E	3,39	N	40
COHb.Día2.E	3,76	Chi-cuadrado	7,770
COHb.Día3.E	4,30	gl	6
COHb.Día4.E	4,39	Sig. asintót.	0,255
COHb.Día5.E	4,36		
COHb.Día6.E	3,94		
COHb.Día7.E	3,86		

un descenso casi igualando con lo del segundo día (5,73), y en el último día nuevamente con un aumento similar a lo de tercer día (6,15).

Del mismo modo ocurre con la mediana, hasta el quinto día va en aumento (de 5,00 a 6,50) luego un descenso hasta el séptimo día equilibrándose con los días dos, tres y cuatro (6,00), es decir que los días dos, tres, cuatro y séptimo las medianas tuvieron el mismo comportamiento estable (6,00). Los valores mínimos varían entre 1,00 a 3,00 siendo los mayores de estos mínimos en los días cuarto y quinto; en cuanto a los valores máximos varían entre 10,00 a 11,00 alcanzando el mayor nivel en los días tercero y cuarto para luego descender y permanecer estable con el resto de los días, a un nivel 10,00.

Estas mediciones tienen poca probabilidad de una distribución normal ($p < 0,05$), excepto lo del segundo día con la corrección de Shapiro-Wilk ($p > 0,05$); por otro lado las mediciones no son homogéneas, y también se ha detectado valores anómalos superior e inferior en el séptimo día ($^{\circ}$), sin embargo estos valores están en el rango de las demás mediciones diarias, según las gráficas de cajas y bigotes (Figura 2).

Con la prueba Estadística No Paramétrica de Friedman (Tabla 4), se ha encontrado diferencia estadísticamente significativa de los niveles de carboxihemoglobina en el transcurso del tiempo, en donde los mayores valores se concentran para

los días tres, cuatro, cinco y siete, siendo en el quinto día la concentración más alta de todos, en la salida ($p < 0,001$).

Comparación de los valores de carboxihemoglobina obtenidos de la muestra que son expuestas al fenómeno con un grupo control

Con el objeto de dar una síntesis en cuanto al comportamiento de los niveles de carboxihemoglobina, en dos puntos de referencias denominados casos y controles, así como en los momentos temporales (días de seguimiento) tanto en la entrada de los vendedores en sus trabajos y salida de la misma, se ha hecho comparaciones de los resultados, tanto descriptivos como las pruebas de hipótesis.

Entrada (grupo control)

Los niveles de carboxihemoglobina encontrados en la entrada (E) en las personas pertenecientes al grupo control (que no están expuestas) experimentan una tendencia similar a la de las personas expuestas, éste en todo momento están por debajo de los niveles alcanzados de las personas expuestas, dos veces menos (2,3 primer día a 2,7 en el séptimo día) (Tabla 5).

Del mismo modo ocurre con la mediana (de 3,0 a 5,0) luego baja y permanece estable (4,00) en los dos últimos días; mientras que, los del grupo control en todo momento permanecen estable (2,0), pero a un nivel muy por debajo comparado con el otro

Tabla 4. Pruebas de normalidad de los niveles de carboxihemoglobina por día del grupo de casos, en la salida. *) Corrección de la significación de Lilliefors

	Kolmogorov-Smirnov(*)			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
COHb.Día1.S	0,165	40	0,008	0,915	40	0,005
COHb.Día2.S	0,152	40	0,020	0,945	40	0,053
COHb.Día3.S	0,162	40	0,010	0,943	40	0,044
COHb.Día4.S	0,192	40	0,001	0,936	40	0,026
COHb.Día5.S	0,128	40	0,098	0,954	40	0,101
COHb.Día6.S	0,174	40	0,004	0,931	40	0,017
COHb.Día7.S	0,234	40	0,000	0,941	40	0,039

Estadísticos		Grupo	Carboxihemoglobina						
			COHb. Día1.E	COHb. Día2.E	COHb. Día3.E	COHb. Día4.E	COHb. Día5.E	COHb. Día6.E	COHb. Día7.E
Media		Control	2,3	2,4	2,6	2,5	2,4	2,5	2,7
		Caso	3,8	4,0	4,3	4,5	4,7	4,2	4,2
IC para la media al 95%	Lím. Inf.	Control	1,7	1,7	1,9	1,7	1,6	1,7	1,9
		Caso	3,0	3,3	3,6	3,8	4,0	3,5	3,5
	Lím. Sup.	Control	2,9	3,2	3,4	3,2	3,2	3,3	3,5
		Caso	4,5	4,7	5,0	5,2	5,4	4,9	4,8
Media recortada al 5%		Control	2,2	2,3	2,4	2,2	2,2	2,3	2,5
		Caso	3,7	4,0	4,2	4,3	4,7	4,2	4,1
Mediana		Control	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
		Caso	3,0	3,0	3,5	4,0	5,0	4,0	4,0
Varianza		Control	3,3	5,4	5,5	5,7	6,6	6,3	6,1
		Caso	6,2	5,2	5,0	5,4	4,7	4,9	4,6
Desv. típ.		Control	1,8	2,3	2,3	2,4	2,6	2,5	2,5
		Caso	2,5	2,3	2,2	2,3	2,2	2,2	2,1
Mínimo		Control	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		Caso	0,0	0,0	1,0	1,0	1,0	0,0	0,0
Máximo		Control	6,0	8,0	9,0	10,0	9,0	9,0	10,0
		Caso	9,0	8,0	10,0	11,0	9,0	9,0	8,0
Rango		Control	6,0	8,0	9,0	10,0	9,0	9,0	10,0
		Caso	9,0	8,0	9,0	10,0	8,0	9,0	8,0
Amplitud intercuartil		Control	2,0	2,0	2,0	2,8	2,0	2,8	2,0
		Caso	4,0	4,0	3,0	3,0	3,0	3,8	4,0
Asimetría		Control	0,8	1,1	1,1	1,4	1,4	1,2	1,2
		Caso	0,4	0,3	0,9	1,0	0,1	0,4	0,0
Curtosis		Control	-0,3	0,2	0,9	1,8	1,1	0,9	1,2
		Caso	-0,8	-0,9	0,1	0,8	-0,9	-0,7	-1,1

Tabla 5. Estadísticos descriptivos de los niveles de carboxihemoglobina por día de los grupos de casos y controles, en la entrada (E)

grupo de casos (las personas expuestas), inclusive en el quinto día éste último grupo le supera en más de la mitad.

Los valores mínimos varían entre 0,0 a 1,0 para el grupo de casos, siendo los mayores de estos mínimos en los días tercero, cuarto y quinto; sin

embargo en lo del grupo control permanecen estable en todo momento (0,0) y por debajo del otro grupo. En cuanto a los valores máximos varían entre 8,00 a 11,00 del grupo de casos, alcanzando el mayor nivel en los días tercero y cuarto para luego descender paulatinamente hasta un nivel 8,00 en

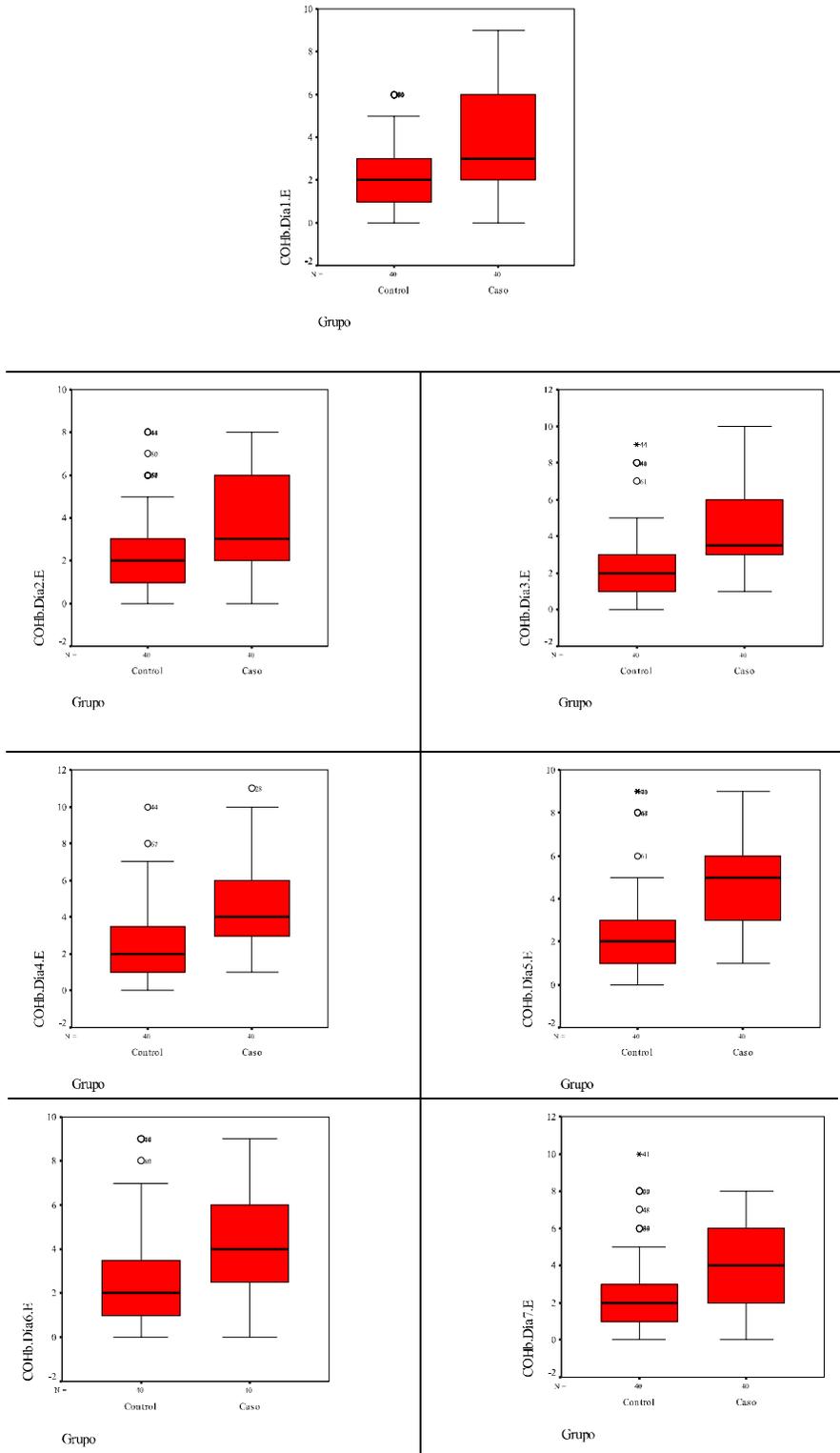


Figura 3. Cajas y bigotes de los niveles de carboxihemoglobina por día de los grupos de casos y controles, en la entrada (E)

Comportamiento de los niveles de carboxihemoglobina en un grupo de trabajadores informales de la ciudad de San Lorenzo

el séptimo día, cosa que es parecido con los días dos y el quinto; la misma tendencia para el grupo control hasta el cuarto día (6,0 a 10) luego tuvo un descenso y estable hasta el sexto día (9,0) para luego nuevamente alcanzar el pico máximo el último día.

Estas mediciones de todo momento del tiempo, tanto para el grupo de casos y controles, tienen poca probabilidad de una distribución normal ($p < 0,05$), excepto lo del séptimo día con la corrección de Shapiro-Wilk ($p > 0,05$); sin embargo las mediciones no son homogéneas comparado entre

éstos grupos para todos los días, llevando la mayor variabilidad los del grupo expuestos, asimismo se ha encontrado valores anómalos considerados como atípicos superiores ($^{\circ}$) en todo momento del día, sin embargo estos valores anómalos están en los rangos de los valores alcanzados del grupo de casos, según las gráficas de cajas y bigotes (Figura 3).

Con la prueba Estadística No Paramétrica la de Friedman, no se ha encontrado diferencia estadísticamente significativa de los niveles de carboxihemoglobina en el transcurso del tiempo, en ambos

Tabla 6. Estadísticos descriptivos de los niveles de carboxihemoglobina por día de los grupos de casos y controles, en la salida (S)

Estadísticos	Grupo	Carboxihemoglobina							
		COHb. Día1.S	COHb. Día2.S	COHb. Día3.S	COHb. Día4.S	COHb. Día5.S	COHb. Día6.S	COHb. Día7.S	
Media	Control	2,8	2,9	3,3	3,1	3,2	3,4	3,6	
	Caso	5,5	5,7	6,2	6,5	6,7	5,7	6,2	
IC. para la media al 95%	Lím. Inf.	Control	2,1	2,2	2,5	2,2	2,4	2,6	2,7
		Caso	4,7	5,0	5,4	5,8	6,0	5,0	5,6
	Lím. Sup.	Control	3,4	3,7	4,1	4,0	3,9	4,3	4,5
		Caso	6,2	6,4	6,9	7,3	7,3	6,5	6,7
Media recortada al 5%	Control	2,7	2,8	3,1	2,9	3,0	3,3	3,4	
	Caso	5,4	5,7	6,2	6,5	6,7	5,7	6,2	
Mediana	Control	2,0	2,0	3,0	2,0	2,0	3,0	3,0	
	Caso	5,0	6,0	6,0	6,0	6,5	5,0	6,0	
Varianza	Control	3,9	5,6	5,9	7,5	5,6	6,8	7,9	
	Caso	4,9	4,8	5,8	5,2	4,0	5,2	3,0	
Desv. típ.	Control	2,0	2,4	2,4	2,7	2,4	2,6	2,8	
	Caso	2,2	2,2	2,4	2,3	2,0	2,3	1,7	
Mínimo	Control	,0	,0	,0	,0	1,0	,0	,0	
	Caso	2,0	1,0	2,0	3,0	3,0	2,0	2,0	
Máximo	Control	7,0	9,0	10,0	10,0	9,0	10,0	11,0	
	Caso	10,0	10,0	11,0	11,0	10,0	10,0	10,0	
Rango	Control	7,0	9,0	10,0	10,0	8,0	10,0	11,0	
	Caso	8,0	9,0	9,0	8,0	7,0	8,0	8,0	
Amplitud intercuartil	Control	2,0	3,0	3,0	3,0	1,8	3,8	3,0	
	Caso	4,0	4,0	4,8	3,0	3,0	4,0	2,0	
Asimetría	Control	1,0	1,1	,8	1,2	1,4	1,1	1,1	
	Caso	,3	,0	,3	,0	,0	,3	,1	
Curtosis	Control	,1	,4	,4	,5	1,1	,3	,3	
	Caso	-1,1	-,9	-,9	-1,1	-,7	-1,0	,1	

grupos de casos y controles, en la entrada ($p=0,255$; $p=0,633$; respectivamente).

Salida

Los niveles de carboxihemoglobina encontrados en la salida (S) de las personas expuestas a la zona de alto tráfico vehicular (Tabla 6), tuvieron un promedio que va en aumento desde el primer día hasta el quinto día (5,5 a 6,7), luego fue bajándose hasta equilibrarse con lo de tercer día (6,2) en el día siete; a pesar de que las personas del grupo control (que no están expuestas) experimenten una tendencia similar pero más prolongado llegando la crecida hasta el día siete, éste en todo momento están por debajo de los niveles alcanzados de las personas expuestas, unas dos veces menos (2,8 primer día a 6,2 en el séptimo día).

Del mismo modo ocurre con la mediana (de 5,0 a 6,5) luego baja en los dos últimos días, en donde se equilibra con los días dos, tres y cuatro (6,0); mientras que, los del grupo control en casi todo momento permanecen estable (2,0 para primero, segundo, cuarto y quinto día; y 3,00 para tercero, sexto y séptimo día), pero a un nivel muy por debajo comparado con el otro grupo de casos, inclusive en el quinto día éste último grupo le supera en más de la mitad.

Los valores mínimos varían entre 1,0 a 3,0 para el grupo de casos, siendo los mayores de estos mínimos en los días cuarto y quinto; sin embargo en lo del grupo control permanecen estable en casi todo momento 1,0 en el quinto día y 0,0 en las demás, y la mayoría de éstos están por debajo o nivelado con el otro grupo. En cuanto a los valores máximos, varían entre 10,0 a 11,00 del grupo de casos, alcanzando el mayor nivel en los días tercero y cuarto, en los demás días son iguales a 10,0; la misma tendencia para el grupo control hasta el cuarto día (7,0 a 10) al día siguiente tuvo un descenso pero después nuevamente aumentó continuando hasta el último día (11,0), que es el nivel máximo en este grupo.

Estas mediciones de todo momento del tiempo, tanto para el grupo de casos y controles, tienen poca probabilidad de una distribución

normal ($p<0,05$), excepto lo del segundo día para el grupo expuestos con la corrección de Shapiro-Wilk ($p>0,05$); en mayoría de las mediciones del grupo control están por debajo de los niveles del grupo expuesto, con una homogeneidad comparando entre éstos grupos para casi todos los días a excepción del último día, que arroja mayor variabilidad los del grupo control, asimismo se ha encontrado valores anómalos considerados como atípicos superiores ($^{\circ}$) hasta el sexto día, pero estos valores están dentro del rango encontrado en el grupo expuesto, sin embargo en el séptimo día ha ocurrido lo contrario, es decir a pesar la existencia de valores anómalos superiores en inferiores para el grupo de casos, estos están por debajo de los niveles encontrados en el grupo control, según las gráficas de cajas y bigotes, en la salida (Figura 4).

Con la prueba Estadística No Paramétrica, la de Friedman, las diferencias encontradas de los niveles de carboxihemoglobina son muy significativas, incluso al 1% o menos de error ($p<0,001$) del grupo que están expuestos; sin embargo, no ocurre así con el grupo de no expuestos en forma directa (control) que al 5% de error no son significativos, pero al 10%, sí los son ($p=0,095$), es decir con el paso de los días se detectaron concentraciones de niveles de carboxihemoglobina diferentes, tanto para grupo casos y controles, siendo los del grupo expuestos muy significativo y los del grupo control un poco más leve, ambos en la salida del trabajo.

Conclusión

Los niveles promedio de COHb en el inicio y en el término de las jornadas laborales de las personas expuestas a la zona de alto tráfico vehicular tuvieron un promedio máximo general por encima de los que presentaron las personas que conforman el grupo control, trabajadores no expuestos al fenómeno que en todo momento exhiben valores hasta dos veces menor con respecto al primero.

En los trabajadores expuestos, en el horario de la salida del trabajo se observan valores que

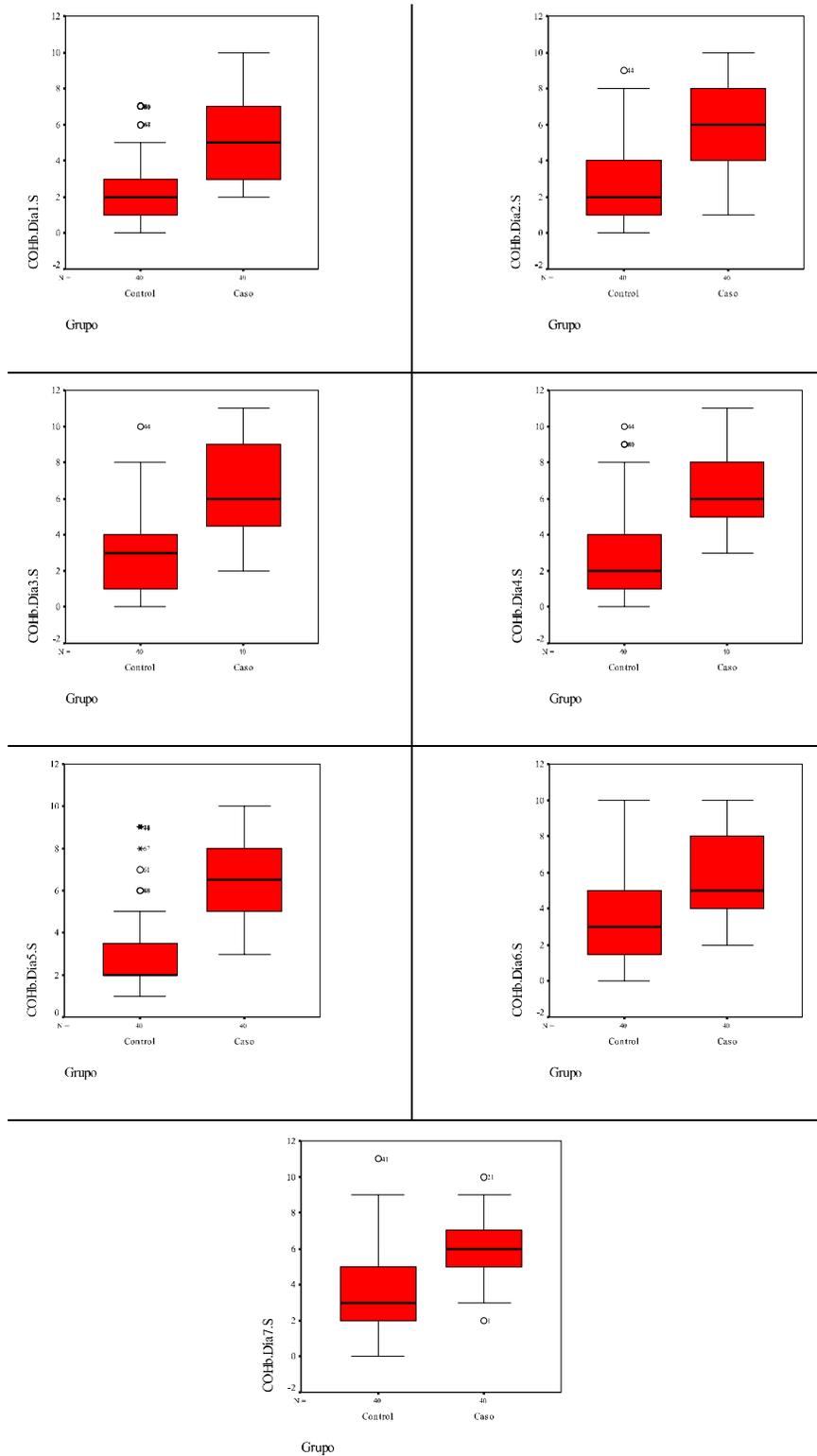


Figura 4. Cajas y bigotes de los niveles de carboxihemoglobina por día de los grupos de casos y controles, en la salida.

exhiben un aumento en los niveles de COHb con respecto al inicio de sus jornadas laborales. No se registra disminución del porcentaje de COHb a lo largo de una semana, con respecto a los horarios de entrada y salida, se observan valores que se mantienen o bien aumentan a lo largo de la jornada. Las personas más susceptibles a sufrir incidencia del CO sobre su bienestar laboral pertenecen a los grupos sociales más desprotegidos.

Literatura citada

- Castells, X.E. & Bordas, S. (2012). *Energía, Agua, Medioambiente, territorialidad y Sostenibilidad*. 1 ed. España: Díaz de Santos. 975 pp.
- Davis, M. & Masten, S. (2005). *Ingeniería y Ciencias Ambientales*. México: McGraw-Hill. 750 pp.
- Enger, E. & Smith, B. (2006). *Ciencia Ambiental*. 10 ed. México: McGraw-Hill. 476 pp.
- Jaimes, M. & Hernández, L. (1990). Determinación de niveles sanguíneos de carboxihemoglobina como función de la exposición al monóxido de carbono en la ciudad de Bogotá. *Revista Colombiana de Ciencias Químico-Farmacéuticas*, 18: 21-27.
- Mencías Rodríguez, E. & Mayero Franco, L. M. (2000). *Manual de toxicología básica*. España: Díaz de Santos. 767 pp.
- Orozco, B., Pérez, A., Alafayate, J., Rodríguez, F. & González, N. (2003). *Contaminación Ambiental: una visión desde la Química*. 1 ed. México: Paraninfo. 688 pp.
- Ortmann, R., Hess, W., Moncher, B. & Eggers, M. (2003). *Técnicas de gases de escape para motores de gasolina*. 2 ed. Barcelona: Bosch. 97 pp.
- Ponce, R.; Peña, L.; Ramírez, M.; Villena, J.; Roe, E.; Villena, J. (2005). Variación del Nivel de Carboxihemoglobina en Corredores Aficionados en Ambientes con Tránsito de Vehículos motorizados en el Distrito de San Isidro. *Revista Médica Herediana*, 16(4): 266-272.
- Siegle, S. (2001). *Estadística no paramétrica aplicada a las ciencias de la conducta*. 2 ed. México, Trillas. 346 pp.
- Stanley, E. (2007). *Introducción a la Química Ambiental*. 1 ed. México: Reverté. 725 pp.