

NIVELES DE MONÓXIDO DE CARBONO EN EL CENTRO URBANO DEL CANTÓN BOLÍVAR

LEVELS OF CARBON MONOXIDE IN THE URBAN CENTER OF CANTÓN BOLÍVAR

Ronny Mauricio Pazmiño Vidal^{1*}

¹ Instituto de Postgrado, Programa de Maestría en Gestión Ambiental, Universidad Estatal del Sur de Manabí. Ecuador. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2067-3048>. Correo: pazmiño-ronny8109@unesum.edu.ec

Juan Manuel Guerrero Calero²

² Instituto de Postgrado, Programa de Maestría en Gestión Ambiental, Universidad Estatal del Sur de Manabí, Ecuador. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1356-0475>. Correo: juan.guerrero@unesum.edu.ec

* Autor para correspondencia: pazmiño-ronny8109@unesum.edu.ec

Resumen

El presente trabajo de investigación se desarrolló en el centro urbano del cantón Bolívar (parroquia Calceta), el cual tuvo como objetivo determinar los niveles de Monóxido de Carbono en dicha área de estudio. Para el efecto de este estudio, se inició con la identificación de las áreas que generan mayores niveles de Monóxido de Carbono (CO) dentro del casco urbano del cantón en mención; para ello, se hizo uso del método de campo, aplicando una ficha de observación; y, para el monitoreo de los niveles de CO, se utilizó un medidor de gas portátil Crowcon tetra 3 calibrado. Asimismo, se identificaron los factores contaminantes que inciden en la emisión del CO en el área de estudio, por medio de una encuesta aplicada a una muestra de 200 personas. Para finalizar, se compararon los resultados obtenidos con los límites permisibles de Monóxido de Carbono (CO) propuestos por la normativa ambiental vigente del Ecuador. Como resultados se obtuvo que, los niveles más altos de CO fueron de 3810 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ correspondiente a la Plaza cívica y de 3708 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en el Terminal terrestre; mientras que, en el área del Mercado central se registraron valores de 2708 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y en el GAD Municipal de 2436 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; con niveles más bajos se determinó la Parada de bus universitaria con 2217 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. En consecuencia, los datos registrados derivan del elevado flujo vehicular de estas zonas, que se da especialmente en horario de 12:30 PM a 13:00 PM, durante los días viernes y sábados.

Palabras clave: Contaminación atmosférica, emisiones atmosféricas, gases tóxicos, monóxido de carbono.

Abstract

The present research work was developed in the urban center of the Bolívar canton (Calceta parish), which had the objective of determining the levels of Carbon Monoxide in said study area. For the purpose of this study, it began with the identification of the areas that generate higher levels of Carbon Monoxide (CO) within the urban area of the canton in question; For this, the field method was used, applying an observation sheet; and, for the monitoring of CO levels, a calibrated Crowcon tetra 3 portable gas meter was used. Likewise, the polluting factors that affect the emission of CO in the study area were identified, through a survey applied to a sample of 200 people. Finally, the results obtained were compared with the permissible limits of Carbon Monoxide (CO) proposed by the current environmental regulations of Ecuador. As results, it was obtained that the highest levels of CO were 3810 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ corresponding to the Civic Square and 3708 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ in the Terrestrial Terminal; while, in the Central Market area, values of 2708 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ were recorded and in the Municipal GAD of 2436 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; with lower levels, the University bus stop was determined with 2217 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Consequently, the recorded data derives from the high vehicular flow in these areas, which occurs especially from 12:30 PM to 1:00 PM, on Fridays and Saturdays.

Keywords: *Atmospheric pollution, atmospheric emissions, toxic gases, carbon monoxide.*

Fecha de recibido: 12/04/2022

Fecha de aceptado: 01/06/2023

Fecha de publicado: 02/07/2023

Introducción

En la actualidad, una de las más grandes preocupaciones de la sociedad es el cuidado y preservación del medio ambiente, con el fin de remediar los daños que el hombre ha causado y evitar que este se siga deteriorando; ya que directa e indirectamente afecta la salud y el bienestar de los seres humanos y otros organismos (Domínguez, 2015). Para Estrada et al. (2016) la cantidad de contaminantes que el hombre aporta van comprometiendo cada día más la calidad ambiental del planeta, siendo la gran mayoría de ellos de origen antropogénico. Estos contaminantes han sido la consecuencia del desarrollo de procesos de tipo industrial, agrícola, agropecuario, clínico, entre otros; sin una adecuada planeación y sin tener en cuenta los impactos ambientales y para la salud pública.

Como parte de la contaminación ambiental, se encuentra la contaminación atmosférica; la cual, según el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia (2020) se trata de la presencia de pequeñas partículas o productos gaseosos en el aire que pueden implicar riesgo, daño o molestia para las personas, plantas y animales que se encuentran expuestas a dicho ambiente. Uno de los gases que inciden en esta contaminación; y, a su vez, ocasiona graves problemas de salud pública es el Monóxido de Carbono, el cual es un gas incoloro, inodoro e insípido; que se produce por la combustión incompleta de hidrocarburos como el carbón (Bolaños y Chacón, 2017). A pesar de que todas las personas están expuestas al CO en distintos

niveles, inhalarlo en grandes cantidades podría ser mortal, sin que la víctima se dé cuenta (Buchelli, et al., 2014).

En América Latina, los efectos del monóxido de carbono han sido significativos; siendo así que, alrededor de 83 mil muertes prematuras fueron atribuidas a la contaminación de aire por efecto del uso de combustibles, durante el año 2016 (Organización Panamericana de la Salud [OPS], 2016). En el caso de Ecuador, el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente [PNUMA] (2018) informó sobre el estado del medio ambiente en el país, dando a conocer que este cuenta con datos escasos acerca del estado de la calidad del aire a nivel nacional, debido a la falta de gestión y desarrollo de estudios que permitan determinar los gases que la preceden con exactitud (Cornelio et al., 2021; Fonseca & Cornelio, 2022).

Con base en los argumentos antes expuestos, y a falta de información objetiva sobre los niveles de contaminantes atmosféricos en el centro urbano del cantón Bolívar, provincia de Manabí, se halla necesario el desarrollo de este trabajo, cuya finalidad radica en determinar los niveles de Monóxido de Carbono en el casco urbano del área de estudio, aportando con información relevante que permita el mejoramiento de las políticas ambientales relacionadas con la calidad del aire; y, al mismo tiempo, contribuyan a la protección de la salud de la población y el medio ambiente del cantón.

Materiales y métodos

La presente investigación es de tipo descriptiva, no experimental con enfoque cuantitativo, basada en la búsqueda de información y el análisis e interpretación de datos.

Para el desarrollo de este estudio, se establecieron tres objetivos específicos descritos a continuación:

Objetivo 1. Identificar las áreas de mayor generación de niveles de monóxido de carbono en el centro urbano del cantón Bolívar

El método aplicable en la ejecución de este objetivo fue el de campo. En este caso, la identificación se hizo por medio de la observación, escogiendo cinco puntos de referencia para el monitoreo de los niveles de Monóxido de Carbono, cuyas áreas fueron seleccionadas por ser las más transitadas del centro urbano de la parroquia Calceta; esto, según el criterio del Director del Departamento de Planificación del GAD cantonal de Bolívar, mismo que, manifestó que en estas cinco áreas es donde existe una mayor circulación de vehículos dentro de la ciudad.

Una vez establecidas las áreas, se llevó a cabo el monitoreo del CO durante los meses de agosto, septiembre y octubre del presente año, de lunes a sábado con horarios diarios de 08:30 am, 12:30 pm y 17:30 pm; consideradas las horas adecuadas para la obtención de datos más veraces. Para monitorear los niveles de CO se utilizó un medidor de gases portátil Crowcon tetra 3 calibrado, este es un instrumento de medición compacto y fiable, preparado para todas las condiciones ambientales, puede detectar gases como: sulfuro de hidrógeno (H₂S), monóxido de carbono (CO), oxígeno (O₂) y metano (CH₄).

Cabe resaltar que, el instrumento antes mencionado proporciona datos en unidades de ppm; sin embargo, estos valores fueron transformados a unidades de ug/m³, con la finalidad de brindar una mejor comprensión

y comparación de los resultados con la normativa ambiental vigente. La ecuación utilizada para este fin es la propuesta por Barlau (2022), misma que se muestra a continuación:

$$\mu g/m^3 = ppm * PM * \left(\frac{10^3}{24,5}\right)$$

Por otro lado, para la medición del monóxido de carbono en las áreas seleccionadas se aplicó el siguiente formato:

Tabla 1. Ficha de monitoreo de los niveles de monóxido de carbono en el centro urbano de la parroquia Calceta, cantón Bolívar.

MONITOREOS DE (CO)			DÍAS																	
PUNTOS DE MUESTREO			Lunes			Martes			Miércoles			Jueves			Viernes			Sábado		
X	Y	ÁREA	8:30	12:30	17:30	8:30	12:30	17:30	8:30	12:30	17:30	8:30	12:30	17:30	8:30	12:30	17:30	8:30	12:30	17:30
		Terminal Terrestre																		
		Parada de Bus Universitaria																		
		Plaza Cívica																		
		Mercado Central																		
		GAD del Cantón Bolívar																		

Fuente. Elaboración propia.

Los datos obtenidos por el equipo fueron descargados con el software y fueron analizados respectivamente. Para registrar el gas, se realizó el cambio respectivo del sensor de gas. Los registros de medición se realizaron a 1,5 m de altura en relación al suelo. Los registros son almacenados en la memoria del equipo y luego son extraídos a una base de datos de Excel para su posterior análisis estadísticos en el software estadístico de Minitab 19, donde se determinó la diferencia de los monitoreos realizados en los cinco puntos diferentes utilizando la prueba de ANDEVA y TUKEY, a un nivel de confianza del 95% y un alfa de 0,05.

Para el procesamiento de datos se realizó utilizando el Software ARGIS, generando un mapa de dispersión del gas Monóxido de Carbono, que permite identificar el comportamiento de los gases en las zonas de investigación.

Objetivo 2. Establecer los factores contaminantes que inciden en la emisión monóxido de carbono en el cantón Bolívar

Inicialmente, se aplicó una ficha de observación en los tres puntos de monitoreo del CO, durante los días lunes, miércoles y viernes (agosto, septiembre y octubre); seleccionando el horario de las 12:30 pm para su efecto. Con esta ficha se pudo observar y analizar ciertas actividades recurrentes en los ciudadanos de las áreas de estudio, enfocadas en la generación del Monóxido de Carbono. En la siguiente tabla, se expone el formato establecido para esta actividad:

Tabla 2. Ficha de observación para la identificación de actividades que generan monóxido de carbono en el centro urbano de la parroquia Calceta, cantón Bolívar.

LUNES 01/agosto	PUNTOS DE MUESTREO																			
Actividades	Terminal terrestre				Parada de bus universitaria				Mercado central				Plaza Cívica				GAD Municipal			
	MF	F	O	N	MF	F	O	N	MF	F	O	N	MF	F	O	N	MF	F	O	N
Con qué frecuencia circulan vehículos en el área de estudio																				
Con qué frecuencia se observa la quema de madera en el área de estudio																				
Con qué frecuencia se dan incendios forestales en el área de estudio																				
Con qué frecuencia se observan personas fumando en el área de estudio																				
Otros factores influyentes (sociales, económicos, etc):																				
Observaciones: La ficha de observación fue aplicada en el horario de las 12:30, considerada la hora más adecuada para una mejor identificación de las actividades analizadas.																				
Recomendaciones:																				
Leyenda: MF (muy frecuente), F (frecuentemente), O (ocasionalmente), N (nunca).																				

Fuente. Elaboración propia, adaptada de la metodología de Serrano (2018).

Posteriormente, también fue aplicada una encuesta conformada por 6 preguntas cerradas, con opciones de respuestas objetivas. Esta técnica se aplicó a una muestra de 200 ciudadanos habitantes del casco urbano de Calceta. El formato de la encuesta se puede apreciar en el Anexo 2, de este documento. Los datos obtenidos fueron tabulados y procesados por medio del programa Microsoft Excel, representados en gráficos porcentuales de pastel. El análisis de los datos se efectuó por medio del método bibliográfico y el método analítico/sintético.

Objetivo 3. Comparar los resultados obtenidos con los límites permisibles de monóxido de carbono propuestos por la normativa ambiental vigente del Ecuador

Este objetivo se realizó tomando como referencia los límites permisibles propuestos por la normativa ambiental vigente del Ecuador (Acuerdo Ministerial 097-A), establecida para la concentración de Monóxido de Carbono en áreas urbanas; en donde se manifiesta que, las muestras determinadas de forma continua, en un período de ocho horas, no deben exceder los diez mil microgramos por metro cúbico ($10000 \mu\text{g}/\text{m}^3$) no más de una vez al año.

Además, la concentración máxima en una hora de Monóxido de Carbono, no deberá exceder treinta mil microgramos por metro cúbico ($30000 \mu\text{g}/\text{m}^3$) no más una vez al año. Para el análisis e interpretación de los resultados de este objetivo, se hizo uso del método inductivo.

Resultados y discusión

Resultado 1. Identificación de las áreas de mayor generación de niveles de monóxido de carbono en el centro urbano del cantón Bolívar

Se identificaron y eligieron las áreas de mayor generación de niveles de Monóxido de Carbono en los siguientes lugares: Terminal terrestre, Parada de bus universitaria, Plaza cívica, GAD municipal y Mercado central; cuya ubicación geográfica se muestra en el siguiente mapa de la parroquia Calceta, cantón Bolívar:

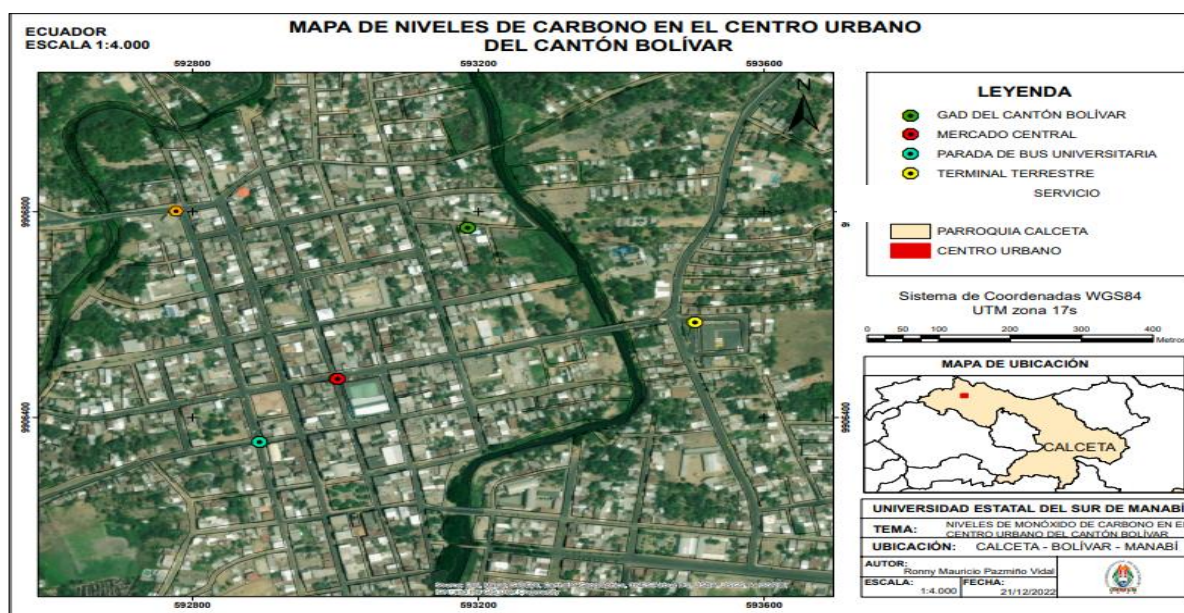


Figura 1. Mapa de puntos de monitoreo del cantón Bolívar.

Asimismo, se procedió al monitoreo de los niveles del Monóxido de Carbono en las cinco áreas de estudio, cuyos datos se presentan en las siguientes tablas por medio de las pruebas de ANOVA (para comparar las medias de las muestras generales) y Tukey (para agrupar las medias en diferentes grupos y compararlas entre sí); tal como se muestra a continuación:

Tabla 3. Medias comparativas mediante la prueba ANOVA.

Zonas	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
Plaza Cívica	18	3810	1288	(3282; 4339)
Terminal terrestre	18	3708	1202	(3180; 4237)
Mercado central	18	2798	1439	(2269; 3326)
GAD del cantón Bolívar	18	2436	712	(1908; 2965)
Parada de bus universitaria	18	2217	821	(1689; 2746)

Fuente. Elaboración propia.

En la tabla 3, se puede observar la aplicación de la prueba estadística ANOVA con un 95% de confiabilidad. Esta prueba presenta la comparación de las medias de las muestras generales en los cinco puntos de muestreo pertenecientes al casco urbano de Calceta; de lo cual, se puede evidenciar que, los dos grupos de medias que reflejan mayores niveles de CO son la Plaza Cívica y el Terminal terrestre, lo que demuestra que sí existe diferencia estadística en comparación a las medias de las demás zonas de estudio.

Tabla 4. Agrupación de información utilizando el método de Tukey, con un nivel de confianza de 95%.

Zonas	N	Media	Agrupación	
Plaza Cívica	18	3810	A	
Terminal terrestre	18	3708	A	
Mercado central	18	2798	A	B
GAD del cantón Bolívar	18	2436		B
Parada de bus universitaria	18	2217		B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes

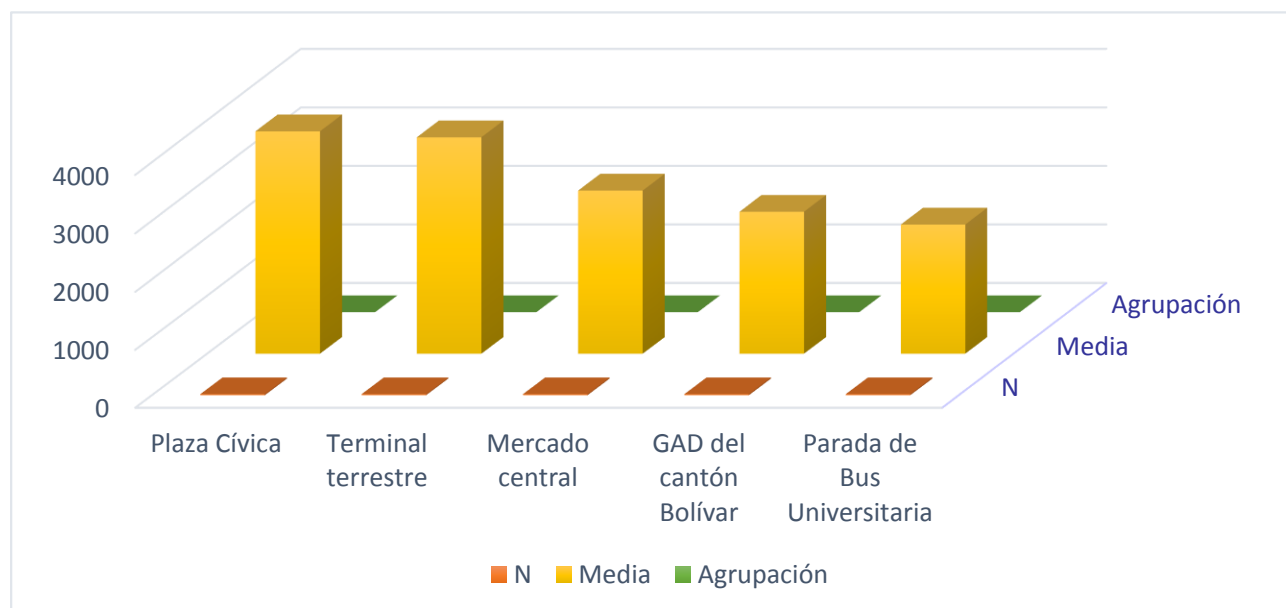


Figura 2. Graficación del método de Tukey representando en histogramas.

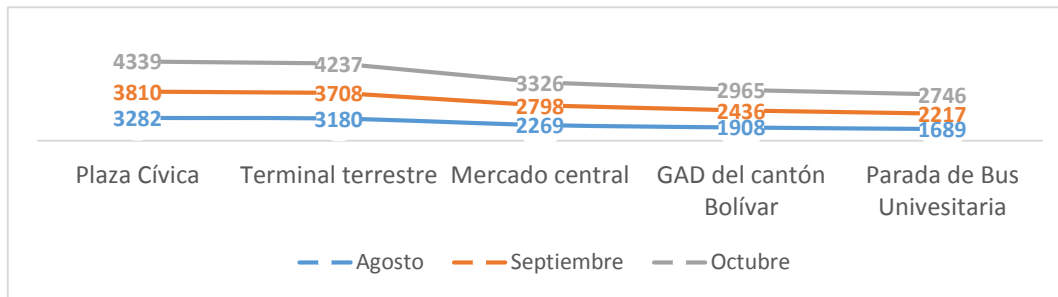


Figura 3. Graficación del método Tukey representado en series temporales.

En la tabla 4 (figura 2 y 3) se muestran los datos del monitoreo de Monóxido de Carbono realizado en el centro urbano de Calceta en el periodo de 8:30 a 17:30, como se observa en la tabla, los niveles más altos de CO registrados pertenecen al área de la Plaza Cívica con $3810 \mu\text{g}/\text{m}^3$; seguida por el Terminal terrestre con valores de $3708 \mu\text{g}/\text{m}^3$; no obstante, el Mercado central mostró valores de $2708 \mu\text{g}/\text{m}^3$, el GAD Municipal con niveles de $2436 \mu\text{g}/\text{m}^3$; y, finalmente, la Parada de buses que registró valores de $2217 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Asimismo, es evidente que algunas de las variables son significativamente diferentes entre sí, a excepción del Mercado central que comparte una agrupación siendo no significativa estadísticamente. Es relevante indicar que, los valores más altos del monitoreo se registraron a las 12:30 en cada una de las zonas estudiadas.

Por otro lado, es necesario manifestar que, la información antes expuesta se corrobora con la información presentada en la figura 4, donde se puede observar que las variables que no contienen un intervalo de cero son significativamente diferentes, tal como se muestra a continuación:

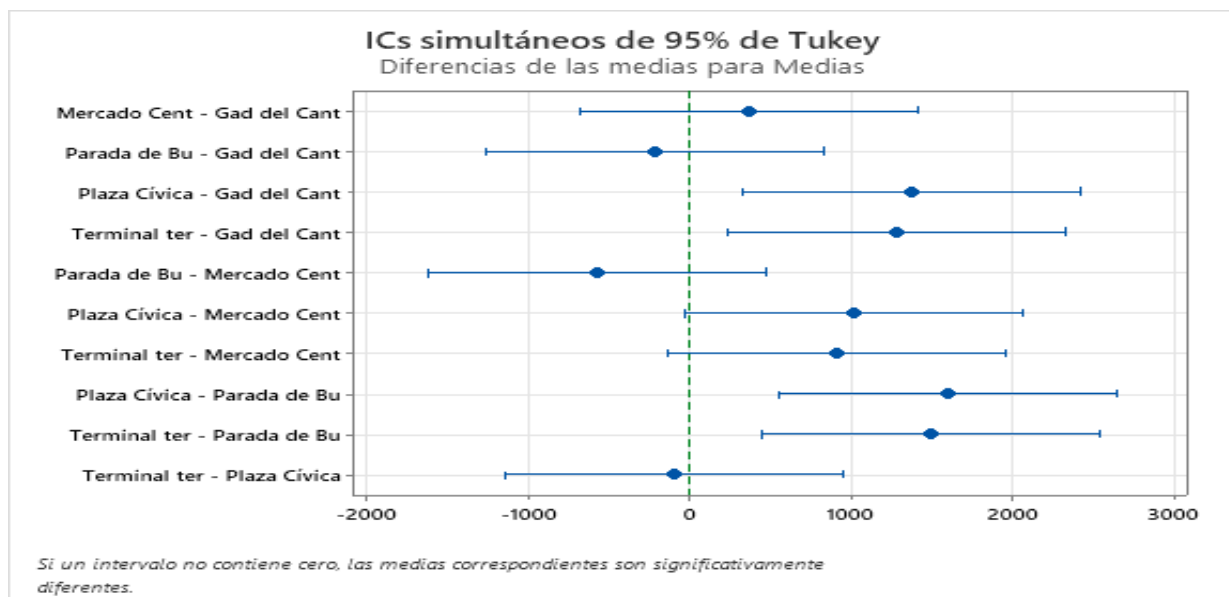


Figura 4. Diferencias entre los cinco puntos de muestreo de la concentración de Monóxido de Carbono (CO) en el cantón Bolívar (agosto a octubre 2022).

Consecuentemente, también se expone la figura 5, en donde se evidencia que los niveles de concentración de Monóxido de Carbono, se encuentra en la Plaza cívica, seguida por los niveles de concentración del Terminal terrestre. Este incremento probablemente se ha dado, debido a la alta frecuencia vehicular que transita por estas zonas a las 12:00 PM y por otros factores como el consumo continuo del cigarrillo en estas áreas.

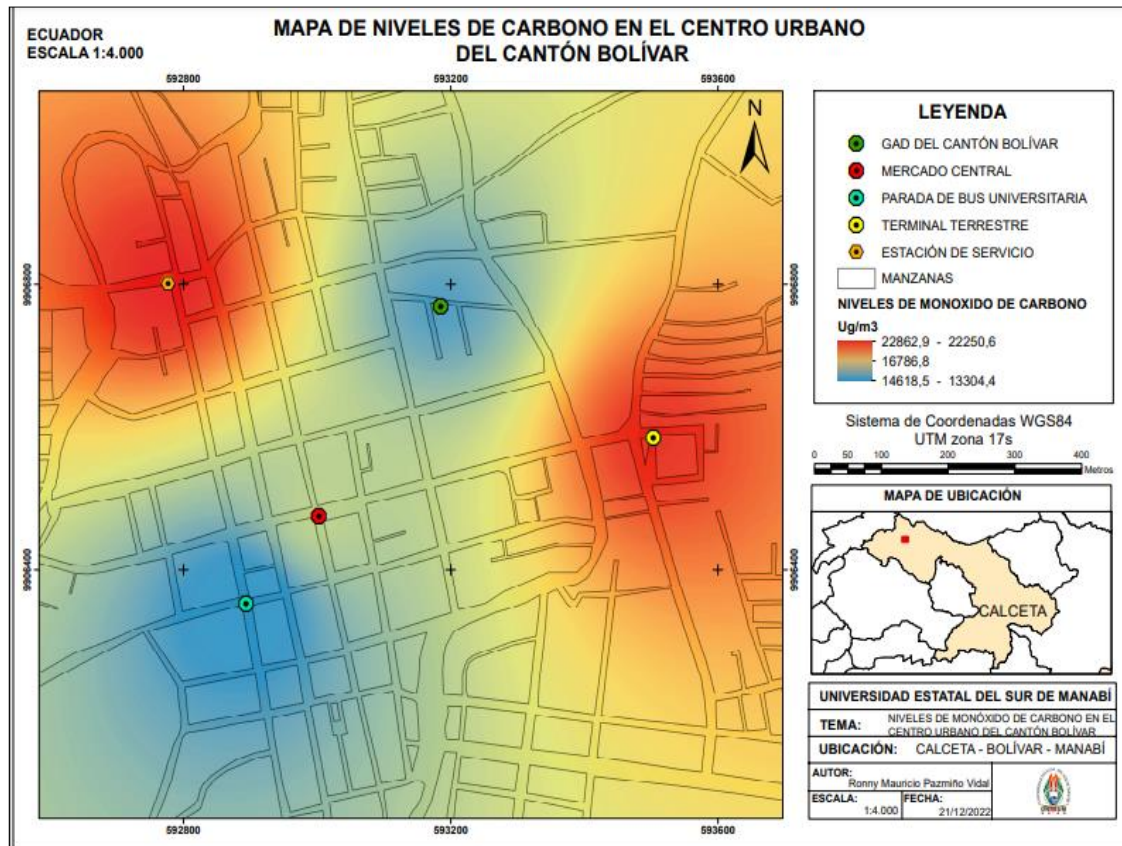


Figura 5. Horarios de concentración de CO en los puntos de muestreo del cantón Bolívar (agosto a octubre 2022).

De esta forma, lo asegura la Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades de Estados Unidos [ATSDR] (2022) quien formula que, los niveles más altos de Monóxido de Carbono se registran en lugares y horas del día con un alto tráfico vehicular, en donde las personas están expuestas a cantidades variables de este gas en el aire que inhalan.

Resultado 2. Establecimiento de los factores contaminantes que inciden en la emisión monóxido de carbono en el cantón Bolívar

De la primera actividad ejecutada, que corresponde a la aplicación de la ficha de observación (Anexo 1), se obtuvo que, la mayor parte de acciones identificadas durante los días de análisis fue la circulación de vehículos y el consumo de cigarrillo en las áreas de estudio. No se evidenció la quema de madera, de carbono y tampoco

incendios forestales, al tratarse de una zona urbana. Respecto a las áreas de Plaza Cívica y Terminal terrestre, la actividad más observada fue el tránsito vehicular, la cual es una de las acciones con mayor potencial para la emisión de CO en grandes cantidades. Por otro lado, en la Parada de bus universitaria, Mercado central y GAD Municipal, también se constató un continuo flujo vehicular, pero en menor porcentaje que en las primeras zonas mencionadas; además, en estas tres últimas áreas se pudo apreciar el consumo de cigarrillo en gran cantidad de personas que residen o transitan por estas vías, actividad que también es una práctica que contribuye al aumento de los niveles de CO en una zona determinada.

Como información adicional, en la siguiente tabla 5, se muestran los principales emisores de Monóxido de Carbono establecidos por la Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades de Estados Unidos [ATSDR] (2022), misma que consta de nueve parámetros que fueron analizados y de los cuales solo dos (smock de automóviles y humo de cigarrillo) fueron detectados en las áreas de estudio.

Tabla 5. Principales emisores de CO.

Emisores de CO	Hallados en esta investigación
Smock de automóviles	Si
Uso de cocinas a madera	No
Uso de hornos a gas	No
Uso de chimeneas	No
Presencia de volcanes	No
Incendios forestales	No
Quema de madera	No
Quema de carbón	No
Humo de cigarrillo	Si

Fuente. Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades de Estados Unidos [ATSDR] (2022).

Dentro de este contexto, también se exponen los resultados de la encuesta (Anexo 2) aplicada a los 200 ciudadanos habitantes del casco urbano de Calceta, mismos que se muestran a continuación: De la interrogante 1, los encuestados respondieron en un mayor porcentaje (22%) que, la zona con más actividad comercial dentro del casco urbano de Calceta es el Mercado central, seguida por la Plaza cívica con un 21%. Asimismo, un 17% de personas indicó que, la Parada de bus es la más comercial; en contraste, con el 13% de encuestados que refirieron a dos zonas como las más comerciales (GAD Municipal y el Terminal terrestre). Con menores porcentajes se encuentran Vía la Juanita (6%), Calle Salinas y la Avenida estudiantil, estas dos últimas con un 4% de referencia, respectivamente.

Respecto a la interrogante 2, el 22% de los encuestados indicó que, la zona con mayor flujo vehicular es el Terminal terrestre; el 21% señaló que, es la Plaza cívica y el 16% de encuestados mencionó que, es la Parada de bus universitaria. Por otro lado, la zona del Mercado y el GAD municipal, fueron referidas por un 12% de personas, cada una; seguida por la Vía la Juanita con un 7%. Finalmente, otro 5% de encuestados seleccionó a la Avenida estudiantil y el 5% restante a la Calle Salinas, como las zonas con mayor flujo vehicular. En el

caso de la interrogante 3, se observa que, el 38% de las personas encuestadas indicó que el tránsito vehicular en el casco urbano de Calceta no es elevado. Por su parte, el 32% señaló que, el flujo vehicular si es elevado en esta zona. Por último, el 30% de los encuestados manifestó que, el tránsito vehicular en el centro de la parroquia urbana solo es un poco elevado.

En cuanto a la interrogante 4, un 39% de las personas encuestadas señaló que si considera que el tránsito vehicular en Calceta genera niveles altos de Monóxido de Carbono. Por el contrario, un 26% manifestó que no; mientras que, el 35% restante de encuestados indicó que solo un poco el flujo vehicular influye en los niveles de CO en el centro urbano de la parroquia. En correspondencia a la interrogante 5, con el mayor porcentaje de encuestados (97%) que se refirieron a esta interrogante de forma negativa, está el hecho de que ellos nunca han evidenciado la quema de madera en el centro urbano de Calceta. En contraste, el 3% restante de encuestados afirmó que solo una vez pudieron evidenciar este hecho en el centro de Calceta.

De acuerdo a la interrogante 6, acerca de que, si los encuestados consideran que los niveles de Monóxido de Carbono que se generan en el casco urbano de Calceta sobrepasan los límites permisibles establecidos por la normativa ambiental nacional, un 36% mencionó que desconoce del tema; otro 26% manifestó que no considera que se sobrepasen estos límites; un 20% de las personas encuestadas mencionó que solo un poco; y, finalmente, el 18% de los encuestados indicó que si considera que se sobrepasan los límites establecidos por la normativa ambiental.

Estos resultados concuerdan con la investigación desarrollada por Obando et al. (2022) en la cual se determinó que, la concentración de Monóxido de Carbono se encontró en niveles elevados en las tres áreas evaluadas de la ciudad de Esmeraldas, con un valor máximo de $2845,5\mu\text{g}/\text{m}^3$, siendo esta área la de mayor congestión vehicular en la ciudad.

Respecto a la encuesta, en donde se evidenció que, el tránsito vehicular es considerada por los encuestados como un factor de gran influencia en la generación de CO en Calceta; la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos [EPA] (2022) menciona que, de sus investigaciones realizadas en entornos abiertos en diferentes ciudades de USA, el principal generador de CO también ha sido el tránsito vehicular, seguido por las chimeneas y los sistemas de calefacción utilizados por gran parte de la población norteamericana. No obstante, el Centro Nacional de Salud Ambiental de los Estados Unidos (2022) destaca que, existen otros factores que preceden la generación de monóxido de carbono, como: calderas, calentadores de queroseno, vehículos, estufas, entre otros; los cuales pueden acumularse en espacios abiertos y cerrados, perjudicando significativamente la salud pública.

Resultado 3. Comparación de los resultados obtenidos con los límites permisibles de monóxido de carbono propuestos por la normativa ambiental vigente del Ecuador

De los datos obtenidos del monitoreo del Monóxido de Carbono en los cinco puntos de estudio, se registraron valores de hasta $3810\mu\text{g}/\text{m}^3$, lo que quiere decir que, en las zonas monitoreadas se registran valores de Monóxido de Carbono por debajo de los límites permisibles; puesto que, según lo indica la normativa nacional, la concentración de CO en un período de ocho horas, no debe exceder los diez mil microgramos por metro cúbico ($10000\mu\text{g}/\text{m}^3$) no más de una vez al año.

Estos datos se compararan con los límites propuestos por organizaciones internacionales; siendo así que, la EPA establece un límite promedio de 10 mg/m^3 (9 ppm) de Monóxido de Carbono en el aire, durante un período de 8 horas que no debe sobrepasarse más de una vez al año; por lo tanto, una vez convertido este valor a las unidades correspondientes, genera un dato similar al propuesto por la legislación ecuatoriana; es decir que, comparando el límite propuesto por esta organización internacional, los niveles de CO encontrados en las áreas de estudio del centro urbano de Calceta, siguen estando dentro del rango permitido.

Asimismo, se expone el rango permisible establecido por la Administración de Salud y Seguridad Ocupacional [OSHA] quien propone un límite legal de 55 mg/m^3 (50 ppm) para Monóxido de Carbono en el aire durante una jornada diaria de 8 horas, no más de una vez al año; siendo este rango, más elevado que los antes expuestos. Por lo cual, basados en los datos de Monóxido de Carbono obtenidos en las áreas de estudio de Calceta; y comparados con el límite permisible establecido por esta organización, se puede asegurar que se siguen encontrando por debajo del rango propuesto.

Conclusiones

Se determinó que, las zonas analizadas fueron cinco, de las cuales solo dos (Plaza Cívica y Terminal terrestre) son las que registraron mayores niveles de concentración de Monóxido de Carbono, con valores de $3810 \mu\text{g/m}^3$ y $3708 \mu\text{g/m}^3$, respectivamente.

Respecto al horario de mayor generación del Monóxido de Carbono, los valores más elevados se registraron a las 12:30 en todas las zonas monitoreadas, lo cual se le otorga al hecho de que en este horario es cuando existe una mayor frecuencia vehicular dentro del cantón, pues se evidenció en los resultados que el flujo vehicular es la principal causa de generación de CO, seguido por el humo proveniente del consumo del cigarrillo.

Se constató que, los valores de Monóxido de Carbono obtenidos del monitoreo efectuado en las áreas del centro urbano de Calceta, se encuentran por debajo de los límites permisibles propuestos por la normativa ambiental nacional, la cual establece que las muestras determinadas de forma continua, en un período de ocho horas, no deben exceder los diez mil microgramos por metro cúbico ($10000 \mu\text{g/m}^3$) no más de una vez al año.

Referencias

- Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos [EPA]. (2022). *Monóxido de carbono*. <https://espanol.epa.gov/cai/monoxido-de-carbono#co2>
- Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades de Estados Unidos [ATSDR]. (2022). *Monóxido de Carbono (Carbon Monoxide)*. https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs201.html
- Bolaños, P., y Chacón, C. (2017). Intoxicación por monóxido de carbono. *Revista de Medicina Legal de Costa Rica*, 34(1). https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1409-00152017000100137

- Buchelli, H., Fernández, R., Rubinos, G., Martínez, C., Rodríguez, F. y Casan, P. (2014). Niveles elevados de carboxihemoglobina: fuentes de exposición a monóxido de carbono. Archivos de Bronconeumología. *Revista Elsevier España*. 50(11), 465-468. https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_nlinks&pid=S1409-0015201700010013700005&lng=en
- Centro Nacional de Salud Ambiental de los Estados Unidos. (2022). *Prevención de intoxicación por monóxido de carbono (CO)*. <https://www.cdc.gov/spanish/nceh/especiales/envenenamientoco/index.html#:~:text=El%20mon%C3%B3xido%20de%20carbono%20se,quemado%20carb%C3%B3n%20o%20madera.>
- Cornelio, O. M., Fonseca, B. B., & Marzo, F. R. (2021). Metodología para la reutilización de la basura tecnológica en la asignatura de Arquitectura de Computadoras. UNESUM-Ciencias. *Revista Científica Multidisciplinaria*, 5(2), 183-198.
- Domínguez, M. (2015). La contaminación ambiental, un tema con compromiso social. *Revista de Producción + Limpia*, 10(1). http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1909-04552015000100001
- Estrada, A., Gallo, M., y Núñez, E. (2016). Contaminación ambiental, su influencia en el ser humano, en especial: el sistema reproductor femenino. *Revista Universidad y Sociedad*, 8(3). http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2218-36202016000300010&script=sci_arttext&tlng=en
- Fonseca, B. B., & Cornelio, O. M. (2022). Sistemas de recomendación para la Gestión de Proyectos. Análisis Bibliométrico. *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas*, 15(5), 70-84.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia. (2020). *Contaminación atmosférica*. <http://www.ideam.gov.co/web/contaminacion-y-calidad-ambiental/contaminacion-atmosferica#:~:text=La%20contaminaci%C3%B3n%20atmosf%C3%A9rica%20es%20la,encuentran%20expuestas%20a%20dicho%20ambiente.>
- Obando, V., Castro, E., Cevallos, L., Bautista, R., Cabrera, O., y Cuello, M. (2022). Concentración de monóxido de carbono, dióxido de nitrógeno y dióxido de azufre en Esmeraldas, Ecuador. *Revista Científica Cumbres*, 8(1), 35-46. <https://investigacion.utmachala.edu.ec/revistas/index.php/Cumbres/article/view/613/233>
- Organización Panamericana de la Salud [OPS]. (2016). *Calidad del aire*. <https://www.paho.org/es/temas/calidad-aire>
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente [PNUMA]. (2018). *Red de Monitoreo Atmosférico*. <http://www.quitoambiente.gob.ec/index.php/politicas-y-planeacion-ambiental/red-de-monitoreo>