

UNIVERSIDAD DEL AZUAY
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
AUTOMOTRIZ

Incidencia de la movilidad universitaria, respecto a la concentración del monóxido de carbono en la ciudad de Cuenca de los años 2021, 2022 y 2023.

Trabajo de graduación previo a la obtención del título de:
INGENIERO EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ

Autor(es)

Espinoza Mogrovejo William Isaac
Vesaca Morocho Christian Xavier

Director

Ing. Mateo Coello Salcedo MSc.

CUENCA – ECUADOR
2024

DEDICATORIA

Esta tesis de grado realizada con todo el esmero, dedicación, y amor se la dedico a toda mi familia quienes supieron brindarme todo el apoyo moral en los momentos que más necesité y han desarrollado en mí un espíritu noble lleno de esperanzas para continuar con mi vida profesional y seguir cosechando nuevas metas siempre buscando la forma de contribuir para que el objetivo final pueda ser materializado. Gracias a todas esas personas que sin saberlo ayudaron de manera clara a la focalización y culminación de una carrera de estudios que sienta las bases de un mejor y próspero futuro.

Espinoza Mogrovejo William Isaac

Esta tesis está dedicada a mis queridos padres, quienes me han brindado su amor incondicional, su apoyo constante y su sabiduría a lo largo de mi vida. Gracias por enseñarme el valor del esfuerzo, la perseverancia y la integridad. Esta tesis es un reflejo de su dedicación y sacrificio, y de todas las oportunidades que me han brindado para seguir mis sueños. No hay palabras suficientes para expresar mi gratitud por todo lo que han hecho por mí. Esta obra es para ustedes.

Velesaca Morocho Christian Xavier

AGRADECIMIENTOS

Agradezco principalmente a Dios, por darme la fuerza necesaria para culminar esta meta. También de manera especial a mis padres, por su amor incondicional, su apoyo constante y sus sacrificios, que me han permitido llegar hasta aquí. Gracias por enseñarme el valor del esfuerzo y la perseverancia. A mi querida esposa, por su paciencia, comprensión y por ser mi fuente de inspiración; su apoyo y amor han sido fundamentales en este viaje. A mi tutor que ha sido una pieza clave en mi éxito académico, por lo que le estoy eternamente agradecido por su tiempo, dedicación y apoyo en este proyecto. profesional.

Espinoza Mogrovejo William Isaac

La culminación de esta tesis no habría sido posible sin el apoyo y la ayuda de muchas personas a las que me gustaría expresar mi más sincero agradecimiento. En primer lugar, a mis queridos padres, por su amor incondicional, su apoyo constante y su infinita paciencia. Gracias por ser mi mayor inspiración y mi fuente de fortaleza. Esta tesis es el fruto de su sacrificio y dedicación, y no habría sido posible sin su guía y ánimo en cada paso del camino. A mis queridas hermanas, por su compañerismo y su apoyo inquebrantable. Gracias por estar siempre ahí para mí, ofreciendo palabras de aliento y gestos de cariño que han sido fundamentales en este viaje. Su amor y amistad han sido una fuente constante de motivación y alegría. A mi tutor, por su orientación experta, su paciencia y sus valiosas sugerencias a lo largo de este proyecto. Sus conocimientos y su experiencia han sido esenciales para la realización de esta tesis.

Velesaca Morocho Christian Xavier

Incidencia de la movilidad universitaria, respecto a la concentración del monóxido de carbono en la ciudad de Cuenca de los años 2021, 2022 y 2023

Resumen

La presente investigación tiene como objetivo determinar la incidencia de la movilidad universitaria, respecto a la concentración del monóxido de carbono (CO) en la ciudad de Cuenca de los años 2021, 2022 y 2023. Para este objetivo, se utiliza una metodología descriptiva y correlacional, basada en datos de concentración de CO, recolectados del Instituto de Estudios de Régimen Seccional del Ecuador, en periodos de clases y no clases de las Universidades. Los datos fueron acondicionados y procesados, para obtener información que demuestre la relación entre la concentración del gas y la movilidad universitaria, todo con enfoque cuantitativo. Se concluyó que los resultados obtenidos reflejan un impacto significativo de la movilidad universitaria en los niveles de CO en la ciudad de Cuenca. Estos hallazgos permiten justificar la implementación de planes y acciones futuras que desincentivan el uso de vehículos privados, facilitando la toma de decisiones orientadas a mejorar la calidad del aire.

Palabras clave - Incidencia, monóxido de carbono, CO, movilidad universitaria, calidad de aire, movilidad sostenible.

Ing. Mateo Coello Salcedo Msc.
Director del trabajo de titulación

Ing. Robert Rockwood Iglesias Msc.
Coordinador de escuela

William Isaac Espinoza Mogrovejo – Christian Xavier Velesaca Morocho
Autores

Incidence of University Mobility, Regarding Carbon Monoxide Concentration in the City of Cuenca in the Years 2021, 2022, and 2023

Abstract

This research aims to determine the incidence of university mobility on the concentration of carbon monoxide in the city of Cuenca from 2021 to 2023. For this objective, a descriptive and correlational methodology is used, based on CO concentration data collected from the Institute of Regional Studies of Ecuador during university term periods and non-term periods. The data were conditioned and processed to obtain information that demonstrates the relationship between gas concentration and university mobility, all with a quantitative focus. It was concluded that the obtained results reflect a significant impact of university mobility on CO levels in the city of Cuenca. These findings justify the implementation of future plans and actions that discourage the use of private vehicles, facilitating decision-making aimed at improving air quality.

Keywords - Incidence, carbon monoxide, CO, university mobility, air quality, sustainable mobility.

Ing. Mateo Coello Salcedo Msc.

Thesis Director

Ing. Robert Rockwood Iglesias MSc.

School Director

William Isaac Espinoza Mogrovejo – Christian Xavier Velesaca Morocho
Authors

Índice

<i>DEDICATORIA</i>	<i>I</i>
<i>AGRADECIMIENTO</i>	<i>II</i>
<i>RESUMEN</i>	<i>III</i>
<i>ABSTRACT</i>	<i>IV</i>
<i>ÍNDICE</i>	<i>V</i>
<i>I. INTRODUCCIÓN</i>	<i>1</i>
<i>II. MATERIALES Y MÉTODOS</i>	<i>2</i>
<i>A. Patrones de movilidad universitaria</i>	<i>2</i>
<i>B. Concentración de monóxido de carbono</i>	<i>2</i>
<i>C. Relación entre concentración de CO y movilidad Universitaria</i>	<i>3</i>
<i>III. RESULTADOS</i>	<i>3</i>
<i>A. Tabla de calendarios académicos</i>	<i>3</i>
<i>B. Análisis de bases de datos</i>	<i>3</i>
<i>C. Incidencia de la movilidad universitaria</i>	<i>4</i>
<i>IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</i>	<i>5</i>
<i>REFERENCIAS</i>	<i>6</i>

Incidencia de la movilidad universitaria, respecto a la concentración del monóxido de carbono en la ciudad de Cuenca de los años 2021, 2022 y 2023

William Espinoza, Christian Velesaca, Ing. Mateo Coello Salcedo Msc., Ing. Andres Lopez PhD.

Ingeniería Mecánica Automotriz, Universidad del Azuay

Cuenca, Ecuador

willisac09@es.uazuay.edu.ec

chriss22@es.uazuay.edu.ec

mfcoello@uazuay.edu.ec

alopezh@uazuay.edu.ec

Resumen— La presente investigación tiene como objetivo determinar la incidencia de la movilidad universitaria, respecto a la concentración del monóxido de carbono en la ciudad de Cuenca de los años 2021, 2022 y 2023. Para este objetivo, se utiliza una metodología descriptiva y correlacional, basada en datos de concentración de CO, recolectados del Instituto de Estudios de Régimen Seccional del Ecuador, en periodos de clases y no clases de las Universidades. Los datos fueron acondicionados y procesados, para obtener información que demuestre la relación entre la concentración del gas y la movilidad universitaria, todo con enfoque cuantitativo. Se concluyó que los resultados obtenidos reflejan un impacto significativo de la movilidad universitaria en los niveles de CO₂ en la ciudad de Cuenca. Estos hallazgos permiten justificar la implementación de planes y acciones futuras que desincentivan el uso de vehículos privados, facilitando la toma de decisiones orientadas a mejorar la calidad del aire.

Palabras clave: Incidencia, monóxido de carbono, CO, movilidad universitaria, calidad de aire, movilidad sostenible.

Abstract— This research aims to determine the incidence of university mobility on the concentration of carbon monoxide in the city of Cuenca from 2021 to 2023. For this objective, a descriptive and correlational methodology is used, based on CO concentration data collected from the Institute of Regional Studies of Ecuador during university term periods and non-term periods. The data were conditioned and processed to obtain information that demonstrates the relationship between gas concentration and university mobility, all with a quantitative focus. It was concluded that the obtained results reflect a significant impact of university mobility on CO levels in the city of Cuenca. These findings justify the implementation of future plans and actions that discourage the use of private vehicles, facilitating decision-making aimed at improving air quality.

Key words: Incidence, carbon monoxide, CO, university mobility, air quality, sustainable mobility.

I. INTRODUCCIÓN

Cuenca es reconocida como una ciudad universitaria debido a

la presencia de cuatro destacadas instituciones de educación superior que atraen a una gran cantidad de estudiantes y académicos. La Universidad de Cuenca, situada en el centro histórico, se destaca por su larga tradición académica y su énfasis en la investigación. La Universidad del Azuay, localizada en el sur de la ciudad, es conocida por su enfoque en la innovación y la sostenibilidad. La Universidad Politécnica Salesiana, ubicada en el sector occidental, sobresale por su formación técnica y tecnológica, mientras que la Universidad Católica de Cuenca, con campus en varios puntos estratégicos, combina una sólida formación académica con valores éticos. En total, estas universidades albergan aproximadamente a 76000 personas entre estudiantes, profesores y personal administrativo [1]. Esta considerable población universitaria representa casi el 10% de los viajes diarios en la ciudad, impactando significativamente la movilidad urbana y resaltando la necesidad de implementar estrategias de transporte sostenible.

La movilidad en las comunidades universitarias implica numerosos desplazamientos que a menudo se realizan en modos de transporte que utilizan combustibles fósiles, los cuales generan gases contaminantes, tanto de tipo criterio como de efecto invernadero. Entre los gases criterio se encuentra el CO, un contaminante que, al superar ciertos límites de concentración, puede resultar sumamente perjudicial para la salud, provocando desde problemas respiratorios hasta graves afecciones cardiovasculares, constituyendo así un problema de salud pública. El estudio de este fenómeno es crucial para comprender y mitigar su impacto en la calidad del aire y la salud de las personas, destacando la necesidad de promover alternativas de transporte más sostenibles dentro de estos entornos educativos [2].

El Instituto de Estudios de Régimen Seccional del Ecuador (IERSE) ha estado colaborando estrechamente con la Empresa Pública Municipal de Movilidad, Tránsito y Transporte de Cuenca (EMOV EP) en el desarrollo y mantenimiento de una avanzada plataforma de monitoreo de la calidad del aire. Para obtener estos datos, se ha instalado una estación automática de monitoreo de la calidad del aire en el centro histórico de la ciudad, como se observa en la Figura 1, esta estación es la encargada de recopilar todos los datos que se obtienen diariamente de calidad de aire complementada por 20 sensores ubicados estratégicamente que validan los datos de la estación. Estos sensores, equipados con

tecnología de última generación, garantizan la precisión y confiabilidad de las mediciones en tiempo real, monitoreando las concentraciones que se muestra en la Figura 2 de la plataforma del IERSE. Además, los sensores recopilan datos sobre parámetros meteorológicos, incluyendo precipitación, radiación solar global, velocidad y dirección del viento, temperatura y humedad relativa. Los datos obtenidos se reflejan en valores de mg/m^3 actualizados constantemente, lo que permite identificar si las concentraciones de estos contaminantes superan los límites establecidos por las normativas ambientales y de salud pública.[3].



Fig. 1 Estación automática de calidad del aire y meteorología.



Fig. 2 Plataforma web del Instituto de Estudios de Régimen Seccional del Ecuador . <https://ierse.uazuay.edu.ec/>.

El desplazamiento de los estudiantes universitarios no solo tiene implicaciones en términos de comodidad y accesibilidad, sino también en términos de impacto ambiental. La investigación muestra que las emisiones de vehículos desempeñan un papel destacado en la calidad del aire, y los estudiantes son una población significativa que contribuye a este problema [4]. Además, los contaminantes asociados con el tráfico, como las partículas PM10 y PM2.5, así como el ozono (O₃), se han relacionado con la aparición de síntomas de enfermedades respiratorias, lo que subraya aún más la importancia de abordar este problema [2].

Aunque la movilidad académica es esencial para el intercambio de conocimientos y la colaboración internacional, también tiene un impacto ambiental significativo debido a las emisiones de carbono asociadas con los viajes aéreos [5]. Este aspecto plantea desafíos importantes para las instituciones educativas que buscan equilibrar la necesidad de conectividad

global con la responsabilidad ambiental. Asimismo, la elección del medio de transporte está influenciada por una serie de factores, que van desde la comodidad hasta la sostenibilidad y la seguridad [6].

Para abordar estos problemas, se han propuesto una serie de medidas de mitigación. Por ejemplo, la planificación de rutas de transporte y peatonales adecuadas puede ayudar a reducir la congestión y, por lo tanto, las emisiones de vehículos cerca de las instituciones educativas [7]. Del mismo modo, la instalación de filtros de contaminantes en áreas de alto tráfico puede mejorar la calidad del aire local. Además, estrategias como los servicios públicos de bicicletas, la gestión de estacionamientos y la promoción del transporte público han demostrado ser eficaces para reducir el uso de vehículos privados [8].

Aunque se han identificado oportunidades para minimizar las emisiones durante los desplazamientos, todavía queda mucho por hacer. Se necesitan incentivos adicionales para fomentar comportamientos de viajes más sostenibles, y la optimización de la infraestructura de transporte podría ayudar a mejorar la eficiencia y reducir las emisiones [9].

Actualmente, no se han llevado a cabo investigaciones sobre la relación entre la movilidad universitaria y la concentración de CO en la ciudad de Cuenca. Por ello, esta investigación tiene como objetivo determinar la incidencia de la movilidad universitaria en la ciudad de Cuenca, específicamente en lo referente a los niveles de CO durante el período 2021, 2022 y 2023. Este estudio busca llenar el vacío existente en la literatura y proporcionar datos esenciales para entender cómo los patrones de desplazamiento de la comunidad universitaria influyen en la calidad del aire en la ciudad.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

A. Patrones de movilidad universitaria.

Se analizaron los patrones de movilidad universitaria mediante la revisión de los calendarios académicos de las cuatro universidades de Cuenca, con el fin de identificar los períodos en los que coincidieron las clases y las vacaciones durante los años 2021, 2022 y 2023. Para lograrlo, se construyó una matriz en una hoja de cálculo que identificó claramente los períodos de clase y no clase para cada universidad. Esta matriz permite visualizar las coincidencias y traslapes en los calendarios académicos, proporcionando una base para analizar la relación entre la movilidad universitaria y la concentración de CO en la ciudad durante los distintos periodos académicos.

B. Concentración de monóxido de carbono.

Se solicitó al IERSE los datos de concentración de CO en unidades de mg/m^3 , especificados en términos de medidas de tendencia central máxima, mediana y moda, correspondientes a los períodos detallados en el acápite "A". A partir de esta información, se elaboraron tres bases de datos, denominadas B1, B2 y B3, que se utilizaron para los análisis posteriores y que serán detalladas a continuación.

Base de datos (B1). Valores de máximo, mediana y moda para todos los períodos detallados en el acápite "A". Se realizó un análisis de significancia estadística mediante las pruebas de T-Student para datos con distribución normal y U-Mann Whitney

para datos con distribución no normal. Para encontrar la normalidad de la base de datos se implementó la prueba de kolmogorov-smirnov ($n > 50$).

Base de datos (B2). Valores de máxima, mediana y moda para 30 días ininterrumpidos de clase y 30 días de no clase. y se aplicó el mismo análisis estadístico a los datos que en la base de datos B1.

Base de datos (B3). Se obtuvieron los datos de los días típicos martes, miércoles y jueves (criterios de inclusión) para periodos de clase y no clase. Se obtuvieron datos de promedio de CO cada media hora para cada uno de los días para ver la concentración a lo largo de las mañanas de los días de clase y no clase.

C. Relación entre concentración de CO y movilidad Universitaria.

Para encontrar la relación entre la concentración de CO y la movilidad universitaria, se realizó una comparación utilizando boxplots y un análisis de significancia estadística para los análisis B1 y B2. Se emplearon las pruebas de Mann-Whitney para datos con distribución no normal y la prueba T de Student para datos con distribución normal.

Para el análisis B3, se generaron gráficas de tendencia con el fin de observar si existía un cambio en la concentración de CO a lo largo de las mañanas en términos de valores máximos y promedios dentro de los días típicos, relacionado con la movilidad universitaria. Este enfoque permitió una evaluación detallada de cómo los patrones de movilidad afectan la calidad del aire en diferentes momentos del día.

III. RESULTADOS

A. Tabla de calendarios académicos.

Una vez recopilados los calendarios académicos de las cuatro universidades de la ciudad de Cuenca, Se puede observar en la Tabla 1 los días en que las universidades entran a sus respectivos periodos académicos, A partir de estos datos, se determinaron los días en que todas las universidades están en clases, aquellos en los que se traslapan fechas académicos y aquellos en los que ninguna universidad tiene clases. En la tabla se puede apreciar que en el periodo de estudio se cumplieron 4 periodos académicos ordinarios íntegramente.

TABLA 1
PERIODOS ACADÉMICOS DE LAS 4 PRINCIPALES
UNIVERSIDADES DE LA CIUDAD DE CUENCA

Periodo Académico	Semestre I		Semestre II	
	Inicio	Fin	Inicio	Fin
Universidad A	20-sep-21	19-feb-22	21-mar-22	29-jul-22
Universidad B	11-oct-21	12-feb-22	28-mar-22	30-jul-22

Universidad C	4-oct-21	28-feb-22	11-abr-22	3-ago-22
Universidad D	27-sep-21	21-feb-22	21-mar-22	8-ago-22
	Semestre III		Semestre IV	
Periodo Académico	Inicio	Fin	Inicio	Fin
Universidad A	1-sep-22	7-feb-23	9-mar-23	11-ago-23
Universidad B	19-sep-22	3-feb-23	1-mar-23	31-ago-23
Universidad C	3-oct-22	1-feb-23	20-mar-23	26-jul-23
Universidad D	3-oct-22	13-feb-23	13-mar-23	31-jul-23

En la tabla 2 se muestra las fechas en donde las 4 universidades están en clases de los respectivos semestres de los años 2021, 2022 y 2023 y no clase.

TABLA 2
PERIODOS DE CLASES Y NO CLASES 4 UNIVERSIDADES

Periodos de clases de las 4 universidades		
	Inicio	Fin
Semestre I	11-oct-21	12-feb-22
Semestre II	11-abr-22	29-jul-22
Semestre III	3-oct-22	1-feb-23
Semestre IV	20-mar-23	26-jul-23
Periodos de no clases de las 4 universidades		
	Inicio	Fin
No clases I	28-feb-22	21-mar-22
No clases II	8-ago-22	1-sep-22
No clases III	13-feb-23	1-mar-23
No clases IV	31-ago-23	4-sep-2023

B. Análisis de bases de datos.

Una vez recopiladas las bases de datos la cual tiene un muestreo de 670 datos para cada medida de tendencia central para el análisis B1, se procedió al análisis de los histogramas, los cuales muestran las distribuciones de cada medida de tendencia central; mediana, promedio y máximos en mg/m^3 . Además, se evaluaron los valores de normalidad con la prueba de Kolmogorov-smirnov para cada una de las distribuciones en la Tabla 3.

En la Figura 3 se muestra un histograma con una distribución normal de la base de datos en términos de máximos de la concentración del monóxido de carbono en unidades de mg/m^3 de los periodos académicos de clases y no clases de los años 2021.2022 y 2023 del análisis B1.

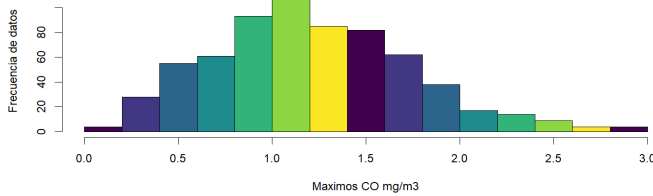


Fig. 3 Histograma de la base de datos (B1) en término de máximo de CO.

En la Tabla 3 se presentan los resultados de la variable p-value obtenidos de las pruebas de normalidad de datos realizadas en R-Studio. Estos resultados indican que los valores máximos siguen una distribución normal ya que tiene un valor de 0.1104 el cual nos indica, que si es mayor a 0.005 que es la significancia alfa para este estudio la distribución de los datos son normales.

TABLA 3
VALORES OBTENIDOS DE LAS PRUEBAS DE ESTADÍSTICA DE NORMALIDAD DE DATOS

Prueba de normalidad de las bases de datos análisis B1				
Variable	Ha	Ho	Resultado	Prueba
Máximo CO mg/m^3		0.1104	Distribución normal	Kolmogorov v-Smirnov
Promedio CO mg/m^3	4.004e-10		Distribución no normal	Kolmogorov v-Smirnov
Mediana CO mg/m^3	2.2e-16		Distribución no normal	Kolmogorov v-Smirnov

Una vez recopiladas las bases de datos la cual tiene un muestreo de 60 datos para el análisis B2 para cada medida de tendencia central: máximo, mediana y promedio, se procedió a analizar el histograma presentado en la Figura 4, lo cual muestra la distribución en términos de máximos en mg/m^3 de 30 días de clases ininterrumpidas y 30 días que las universidades suspenden las actividades académicas. Además, se evaluaron los valores indicados en la Tabla 4, correspondiente a la prueba de Kolmogorov-smirnov del análisis estadístico realizado en R-Studio.

En la Figura 4 se tiene una distribución normal de la base de datos en términos de máximos de la concentración del monóxido de carbono en mg/m^3 de 30 días de clases ininterrumpidas y 30 días de no clases de los años 2021.2022 y 2023.

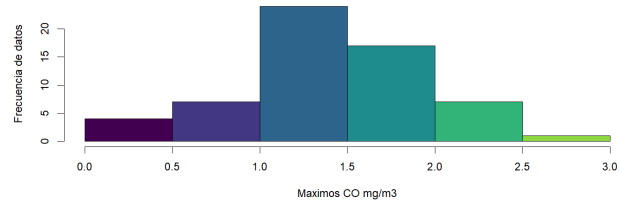


Fig. 4 Histograma del análisis B2 en términos de máximos de 30 días de clases y no clases con distribución normal

En la Tabla 4 se presentan los resultados de la variable p-value obtenidos de las pruebas de normalidad de datos realizadas en R-Studio. Estos resultados indican que los valores máximos siguen una distribución normal ya que tiene un valor de 0.6241 el cual nos indica que si es mayor a 0.005 que es la significancia alfa para este estudio la distribución de los datos son normales.

TABLA 4
VALORES OBTENIDOS DE LAS PRUEBAS DE ESTADÍSTICA DE NORMALIDAD DE DATOS

Prueba de normalidad de las bases de datos análisis B2				
Variable	Ha	Ho	Resultado	Prueba
Máximo CO mg/m^3		0.6241	Distribución normal	Kolmogorov v-Smirnov
Promedio CO mg/m^3	0.000184		Distribución no normal	Kolmogorov v-Smirnov
Mediana CO mg/m^3	0.000531		Distribución no normal	Kolmogorov v-Smirnov

Al analizar los resultados obtenidos de las pruebas de normalidad, se trabaja con valores máximos en unidades de mg/m^3 , ya que estos valores de concentración de CO tienen una distribución normal y podemos aceptar la hipótesis establecida en la investigación.

C. Incidencia de la movilidad universitaria

Al realizar el análisis estadístico con los boxplots de las Figuras 5 y 6 dan un resultado, que se tiene un impacto de la incidencia de la movilidad universitaria con respecto al CO en el periodo de estudio de cada día registrado cuando las universidades tiene clases normales y cuando no hay clases por diferentes motivos como vacaciones, actividades de cada universidad, etc.

La Figura 5 muestra dos boxplot los cuales el uno es de días de no clases y el otro días de clases normales registrados durante los periodos académicos a lo largo de años de investigación registrados diariamente.

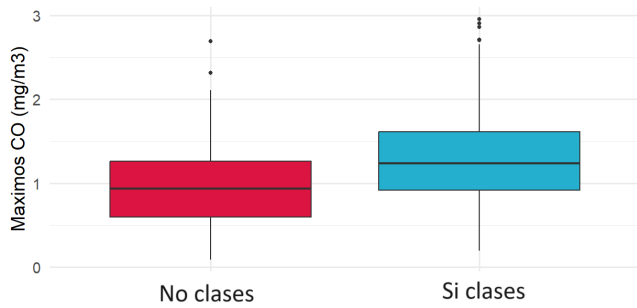


Fig. 5 Comparación de máximos de CO en días de clases y no clases de los años 2021,2022,2023

TABLA 5
VALORES OBTENIDOS DE LAS PRUEBAS DE ESTADÍSTICA DE SIGNIFICANCIA DE DATOS DEL ANÁLISIS B1

Resultados pruebas para análisis B1		
Análisis	T- Student (P-value)	Significancia
Máximo CO mg/m ³	1.029e-11	Existe significancia

En la tabla 5 muestra que existe significancia para el análisis B2 de los días ya especificados anteriormente ya que el valor p-value es igual a 1.029e-11 teniendo en cuenta que si el valor es menor a 0.005 tendremos una significancia, queda demostrado que la movilidad universitaria si tiene una incidencia significativa del CO en la ciudad de Cuenca.

La Figura 6 muestra dos boxplot los cuales el uno es de días de no clases y el otro días de clases normales durante 30 días ininterrumpidos registrados durante los periodos académicos a lo largo de los años de investigación.

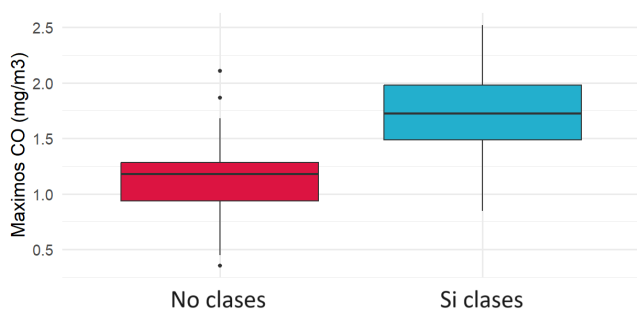


Fig. 6 Comparación de máximos de CO durante 30 días de clases y no clases de los años 2021,2022,2023

TABLA 6
VALORES OBTENIDOS DE LAS PRUEBAS DE ESTADÍSTICA DE SIGNIFICANCIA DE DATOS DEL ANÁLISIS B2

Resultados pruebas para análisis B2			
Análisis	U Mann Whitney	T- Student (P-value)	Significancia

	(P-value)		
Máximo CO mg/m ³		3.791e-07	Existe significancia
Promedio CO mg/m ³	0.002103		Existe significancia

Los resultados de la tabla 6 muestran una significancia en los términos de máximo y promedio ya que son menores a 0.005 que es el valor de la significancia estadística, destacando especialmente los valores máximos registrados de monóxido de carbono en mg/m³. Estos hallazgos indican una incidencia significativa de la movilidad universitaria en los niveles de CO en la ciudad.

En la imagen 7, muestran los promedios de las concentraciones de CO contra los horarios seleccionados en el transcurso del día, se observa que en las primeras horas de la mañana no hay un cambio significativo en las emisiones de CO entre los días con clases y sin clases. Sin embargo, a partir de las 11 a.m., las concentraciones de CO son notablemente más altas cuando las universidades están en clases. Este aumento sugiere que la actividad universitaria, incluyendo el tráfico y otras actividades, tiene un impacto significativo en la calidad del aire durante las horas centrales del día.

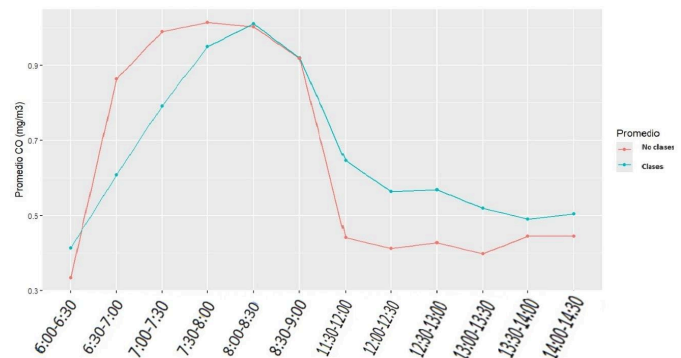


Fig.7 Comparación de promedios de CO en días de clases y no clases de los días típicos.

IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El análisis de los datos de concentración de CO en la ciudad de Cuenca entre los años 2021 y 2023 reveló una relación significativa con la movilidad universitaria. Los resultados de los análisis B1, B2 y B3 a lo largo de los periodos académicos, los días ininterrumpidos de clases y las mañanas de los días típicos indicaron que durante los periodos de mayor actividad académica, los niveles de CO aumentaron, sugiriendo que el tránsito de estudiantes y personal universitario contribuye sustancialmente a la concentración de este contaminante. Por el contrario, en los periodos de menor actividad universitaria, como las vacaciones y días de no clases se observó una disminución en la concentración de CO. Estos hallazgos señalan a la movilidad universitaria como un factor clave en la variación de la calidad del aire en Cuenca. La evidencia obtenida subraya la importancia de implementar estrategias de movilidad sostenible y políticas ambientales en el ámbito universitario para reducir el impacto sobre la contaminación atmosférica en la ciudad.

Es crucial contar con esta evidencia científica como línea base, ya que no ha existido anteriormente, para evaluar futuras acciones destinadas a desincentivar el uso de vehículos privados en la movilidad universitaria. Además, otros estudios han mostrado resultados similares, confirmando que la movilidad universitaria tiene un impacto significativo en la calidad del aire[10].

Se recomienda actualizar constantemente este registro anualmente para mantener un histórico de los datos y ampliar el análisis para incluir PM2.5, a fin de obtener una comprensión más completa de la contaminación del aire y sus variaciones a lo largo del tiempo.

REFERENCIAS

- [1] J. Espinoza, «Universidades y politécnicas se concentran en pocas ciudades», Primicias. Accedido: 28 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.primicias.ec/noticias/firmas/universidades-politecnicas-ciudades-educacion-ecuador/>
- [2] M. F. Zakaria, E. Ezani, N. Hassan, N. A. Ramli, y M. I. A. Wahab, «Traffic-related Air Pollution (TRAP), Air Quality Perception and Respiratory Health Symptoms of Active Commuters in a University Outdoor Environment», *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 228, p. 012017, feb. 2019, doi: 10.1088/1755-1315/228/1/012017.
- [3] IERSE, «Plataforma de visualización y publicación de contaminantes atmosféricos en tiempo real de la ciudad de Cuenca (Ecuador)», IERSE - Universidad del Azuay. Accedido: 1 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://ierse.uazuay.edu.ec/>
- [4] M. Senegačnik, A. Baggia, B. Jarc Kovačič, M. Vovk, y O. Cherednichenko, «Opportunities for Sustainable Mobility Promotion among Students of the University of Maribor, Faculty of Organizational Sciences», en *39th International Conference on Organizational Science Development*, University of Maribor Press, 2020. doi: 10.18690/978-961-286-388-3.57.
- [5] V. Ahonen, M. Siljander, P. Pellikka, T. Johansson, y M. Rask, «The Sustainability of Academic Air Mobility in Finnish Universities», *Sustainability*, vol. 13, n.º 5, p. 2948, mar. 2021, doi: 10.3390/su13052948.
- [6] J. Cruz-Rodríguez, A. Luque-Sendra, A. de las Heras, y F. Zamora-Polo, «Analysis of Interurban Mobility in University Students: Motivation and Ecological Impact», *Int. J. Environ. Res. Public Health*, vol. 17, n.º 24, p. 9348, dic. 2020, doi: 10.3390/ijerph17249348.
- [7] F. An, J. Liu, W. Lu, y D. Jareemit, «A review of the effect of traffic-related air pollution around schools on student health and its mitigation», *J. Transp. Health*, vol. 23, p. 101249, dic. 2021, doi: 10.1016/j.jth.2021.101249.
- [8] F. LUCAS GARCÍA, J. RACERO MORENO, C. TORRECILLAS, y J. M. GARCIA SANCHEZ, «ANÁLISIS DE LA MOVILIDAD EN CAMPUS UNIVERSITARIOS INTEGRADOS EN ZONAS URBANAS», *DYNA Ing. E Ind.*, vol. 91, n.º 1, pp. 336-345, 2016, doi: 10.6036/7660.
- [9] C. Clevenger, M. Abdallah, A. Tawfik, B. Adame, D. Akalp, y M. Ozbek, «Exploring Student Commute Behavior and Identifying Opportunities to Minimize Commute GHG and Air Pollution Emissions: A Case Study», en *Construction Research Congress 2016*, American Society of Civil Engineers, may 2016. doi: 10.1061/9780784479827.238.
- [10] F. LUCAS GARCÍA, J. RACERO MORENO, C. TORRECILLAS, y J. M. GARCIA SANCHEZ, «ANÁLISIS DE LA MOVILIDAD EN CAMPUS UNIVERSITARIOS INTEGRADOS EN ZONAS URBANAS», *DYNA Ing. E Ind.*, vol. 91, n.º 1, pp. 336-345, 2016, doi: 10.6036/7660.