
Relación entre las restricciones del tránsito vehicular y las tendencias del COVID-19: caso de estudio ecuatoriano

Relationship between vehicle traffic restrictions and COVID-19 trends: an ecuadorian case study

Relação entre restrições de tráfego de veículos e tendências COVID-19: um estudo de caso equatoriano

Yasmany García¹ , María Soledad Segarra¹ , Belizario Zárate¹ , Marlon Cobos¹ 

¹Departamento de Geología y Minas e Ingeniería Civil. Universidad Técnica Particular de Loja. Loja-Ecuador. Correo: ydgarcia1@utpl.edu.ec, mssegarra@utpl.edu.ec, bazarate@utpl.edu.ec, macobos4@utpl.edu.ec

Fecha de recepción: 12 de junio de 2020.

Fecha de aceptación: 20 de junio de 2020

RESUMEN

El objetivo de esta investigación es analizar la influencia de las restricciones del tránsito vehicular sobre el número de contagios y fallecimientos por el COVID-19 en una ciudad al sur del Ecuador. Se analizó el tránsito de ingreso y salida a la ciudad, las leyes gubernamentales y las tendencias del COVID-19 en la zona de estudio. Como resultado, las restricciones del tránsito vehicular influyeron sobre el número de contagios semanales, así como los fallecimientos semanales por el coronavirus.

Palabras claves: tránsito vehicular, COVID-19, número de contagios semanales, número de fallecimientos semanales.

ABSTRACT

This study aims to analyze the impact of vehicular traffic restrictions on the number of infections and deaths by COVID-19 in a city in southern Ecuador. Traffic into and out of the city, government laws, and COVID-19 trends in the study area were analyzed. As a result, vehicle traffic restrictions influenced the number of weekly infections, as well as weekly deaths from the coronavirus.

Keywords: vehicular traffic, COVID-19, number of weekly infections, number of weekly deaths.

RESUMO

Este estudo tem como objetivo analisar o impacto das restrições de tráfego de veículos no número de infecções e mortes por COVID-19 em uma cidade no sul do Equador. Foram analisados o tráfego de entrada e saída da cidade, as leis do governo e as tendências do COVID-19 na área de estudo. Como resultado, as restrições de tráfego de veículos influenciaram o número de infecções semanais, bem como as mortes semanais pelo coronavírus.

Palavras-chave: tráfego de veículos, COVID-19, número de infecções semanais, número de mortes semanais.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, a nivel mundial existen más de 200 países con casos reportados por coronavirus [1]. El COVID-19, declarado como pandemia en marzo del 2020 por la OMS [2], ha obligado a la mayoría de países a implementar medidas de restricción para reducir su propagación y consecuentemente reducir el número de víctimas. El COVID-19 ha obligado a declarar en cuarentena al mundo entero. La cuarentena implica restricción para no salir de los hogares o instalaciones designadas y el distanciamiento social permite reducir interacciones entre personas que pueden estar infectados pero aún no se han identificado, por lo tanto no han sido aislados. Esta medida obligó a restringir el transporte aéreo, así como el transporte terrestre público y privado para evitar el desplazamiento de personas infectadas y el contacto con las sanas. Es así que, sólo se permitían viajes para actividades esenciales para la vida tales como el suministro de alimentos, medicinas, etc. Estas variaciones en los patrones de movilidad mencionados tuvieron y tendrán impactos socio-económicos a corto y largo plazo.

El COVID-19 ha modificado los patrones de movilidad que se ven en todo el mundo [3], especialmente por las restricciones impuestas [4], [5]. Estos nuevos patrones tienen un impacto directo sobre economía mundial [6], [7], al reducir el transporte de bienes y servicios. A pesar de esto, existen algunos aspectos positivos de la reducción del transporte, como la mejora en la transparencia del agua en el lago de Venecia [8] o la reducción en la contaminación del aire [9], [10], [11], [12]. Este descenso en la contaminación del aire es un tema complejo que también depende de condiciones favorables climatológicas [9], [13]; además no se conoce si esta mejora continuará en el largo plazo [12]. Otros impactos positivos y negativos de la restricción del transporte se seguirán analizando en los próximos años, así como su influencia en el número de contagiados y/o fallecidos. En este campo, por ejemplo, en Corea del Sur se encontraron relaciones positivas entre la reducción del tránsito vehicular y el número de nuevos casos [4] y en Wuhan (China) se encontró una asociación positiva entre la carga de pasajeros multiplicada por la infectividad local en Wuhan y el número de casos reportados fuera de Wuhan [14]. Así mismo, la reducción del tráfico de vuelos domésticos en China tuvo una relación estadística significativa con el volumen de pasajeros de las regiones dentro de China y una correlación significativa entre los casos internacionales y el volumen de pasajeros [15].

En lo que se refiere a Ecuador, éste reportó su primer caso de COVID-19 el 29 de febrero del 2020. El 14 de marzo, el gobierno, mediante Comité de Operaciones de Emergencias (COE) [16], suspendió todos los vuelos internacionales y al día siguiente se suspendió las actividades académicas en todo el territorio. El 17 de marzo se restringió la libre circulación de vehículos y personas entre las 21h00 a 05h00 y se suspendieron los vuelos nacionales de pasajeros, además se suspendieron las actividades laborales presenciales. A partir del 18 de marzo se suspendió el transporte público entre cantones y provincias, y, también se implementó varias restricciones vehiculares, es decir, un vehículo podía circular hasta 4 días a la semana, en función del último dígito de la patente del vehículo. Esto fue coherente con los resultados preliminares a nivel mundial, en donde una política de restricción de tráfico fue efectiva para enfrentar la pandemia [17]. El 21 de marzo el toque de queda se modifica a 19h00 a 05h00 y el 25 de marzo a 14h00 a 05h00. El 28 de marzo se aumentan las restricciones vehiculares, por lo que un vehículo podía circular hasta dos días a la semana y a partir del 06 de abril sólo una vez a la semana. En todo momento, los vehículos relacionados con actividades esenciales como salud, alimentación y seguridad podían circular con la presentación de un salvoconducto. A partir del 04 de mayo se empezaron a liberar algunas restricciones y se establecieron 3 colores que se están aplicando de manera diferenciada en las diferentes ciudades del país.

En este escenario sin precedentes, esta investigación tuvo por objetivo analizar la influencia del tránsito en la ciudad de Loja (sur del Ecuador) sobre el número de contagios y fallecimientos de la zona por el COVID-19. Se analizaron las cuatro vías de ingreso/salida de la ciudad, las restricciones vehiculares impuestas por el estado y las tendencias del COVID de la zona. La información fue recolectada con video cámaras instaladas en las cuatro vías del estudio. Para mostrar los resultados de esta investigación, el resto del artículo se organiza de la siguiente manera. En metodología se describe la zona de estudio, los datos de tránsito, decisiones del gobierno y estadísticas de contagios y fallecimientos de la zona. Luego en la sección de resultados se analiza el comportamiento vehicular durante el COVID-19 y se lo compara con el año 2019. Además, se analiza el impacto de esta disminución vehicular durante el COVID-19. Finalmente, se resaltan las principales conclusiones del trabajo.

MÉTODO

Metodología

Las variables principales de este estudio corresponden a los datos de tránsito vehicular, las decisiones gubernamentales y el número de contagiados y fallecidos reportados. Por lo tanto, en esta sección se detalla la recolección de datos de esas variables, así como su procesamiento. En primer lugar, se inicia con la descripción de la zona de estudio y las carreteras de prueba. Posteriormente, se detalla la metodología de recolección de datos de tráfico. Luego, se detallan las decisiones gubernamentales tomadas en la zona, y finalmente, se muestran las estadísticas en el número de contagios y fallecimientos.

Zona de estudio

La ciudad de Loja está ubicada al sur del Ecuador, tiene una población de 215000 habitantes [18] y alrededor de 50000 vehículos registrados [19]. Por su topografía montañosa y falta de espacio, esta ciudad no tiene aeropuerto. El aeropuerto más cercano se encuentra ubicado en la ciudad de Catamayo, y sólo realiza vuelos domésticos a Quito y Guayaquil. Ante esta limitación, no se analizaron las restricciones aplicadas a los vuelos domésticos ni su influencia sobre las estadísticas del COVID-19. La ciudad, que se encuentra en la provincia al sur del Ecuador, tiene 4 ingresos/salidas principales: E35 (Saraguro – Loja), E50 (Catamayo – Loja), E50 (Zamora – Loja) y E682 (Malacatos – Loja). Estas carreteras, de dos carriles, la conectan con el resto de capitales provinciales de las diversas regiones del país.

Datos de tránsito

Los datos de tránsito fueron recolectados en las cuatro vías de ingreso/salida de la ciudad por parte del Observatorio de Seguridad Vial de la UTPL. Estas carreteras tienen un carril en cada sentido de circulación. En esas vías se instalaron cuatro equipos de conteo vehicular basado en el procesamiento de videos. Los equipos fueron instalados y calibrados en marzo del 2019 y desde ahí están registrando los datos de tránsito. Cada equipo tiene una cámara tipo bala, un tablero general de conexiones, una minicomputadora (PC) con software de procesamiento de video, panel solar fotovoltaico y una estructura metálica de soporte, tal como se muestra en la Figura 1. El equipo registra los vehículos usando visión artificial y las clasifica en tres categorías: liviano, mediano y pesado. Esas categorías se establecen en función de la longitud del vehículo detectado. El equipo también realiza la distribución direccional de cada ruta y la velocidad instantánea de cada vehículo. Los datos son procesadas y guardados en la PC, donde luego son enviadas a un servidor mediante tecnología GPRS.

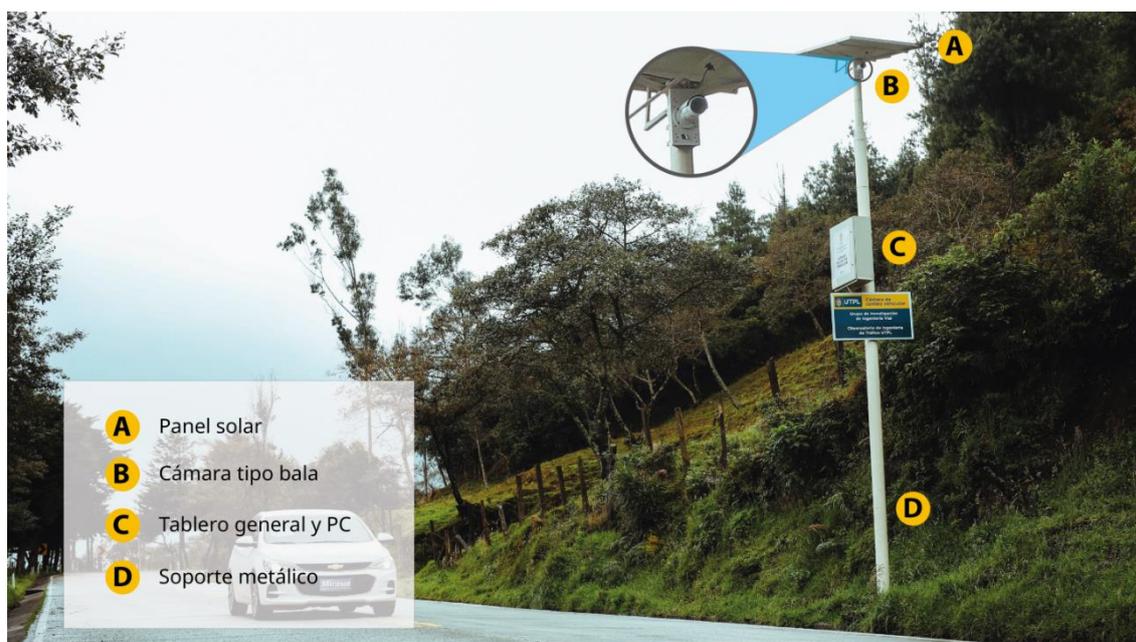


Figura 1. Equipo de conteo vehicular en la vía Loja-Zamora (E50).

Estos datos se pueden solicitar en la página del observatorio <https://conteovehicular.kradac.com/utpl/home> [20]. Los datos de tránsito de los meses de marzo a mayo del 2019, que es donde sucedieron las restricciones, se compararon con los del año anterior, para analizar su variación.

Decisiones gubernamentales

Las decisiones gubernamentales que afectan a la movilidad fueron recolectadas del COE nacional y del COE local [16]. El resumen de estas medidas se muestra en la Tabla 1. Estas medidas corresponden a restricciones en la movilidad dentro y fuera del país. Fueron incrementando su severidad conforme se detectaron más casos por COVID-19. A partir del 21 de mayo del 2020, el COE nacional autorizó a la ciudad para iniciar con el alivio de las medidas restrictivas.

Tabla 1. Decisiones gubernamentales que afectan la movilidad de la ciudad en estudio [16].

Fecha de inicio de medida	Fecha de fin de medida	Afectación	Observación	Toque de queda
14 de marzo del 2020	Continúan*~	Vuelos internacionales	Se suspenden	Ninguno
15 de marzo del 2020	Continúan*	Educación	Se suspenden	Ninguno
17 de marzo del 2020	31 de mayo del 2020°	Vuelos nacionales	Se suspenden	21h00 a 05h00
17 de marzo del 2020	31 de mayo del 2020°	Actividades laborales presenciales	Se suspenden	21h00 a 05h00
18 de marzo del 2020	21 de mayo del 2020°	Transporte interprovincial e intercantonal	Se suspenden	21h00 a 05h00
18 de marzo del 2020	21 de marzo del 2020	Circulación vehicular	Pueden circular hasta 4 días por semana	21h00 a 05h00
21 de marzo del 2020	25 de marzo del 2020	Circulación vehicular	Pueden circular hasta 4 días por semana	19h00 a 05h00
25 de marzo del 2020	28 de marzo del 2020	Circulación vehicular	Pueden circular hasta 4 días por semana	14h00 a 05h00
28 de marzo del 2020	06 de abril del 2020	Circulación vehicular	Pueden circular hasta 2 días por semana	14h00 a 05h00

06 de abril del 2020	21 de mayo del 2020	Circulación vehicular	Pueden circular hasta 1 día por semana	14h00 a 05h00
21 de mayo del 2020	31 de mayo del 2020	Circulación vehicular	Pueden circular hasta 2 días por semana	21h00 a 05h00

* Fecha de corte: 31 de mayo del 2020. ~ Sólo se permitían vuelos humanitarios o para retorno de ciudadanos, ° Se reinician con menos restricciones.

Estadísticas de contagios y fallecimientos

Las estadísticas de contagios fueron obtenidas del Ministerio de Salud [21]. Hasta el 31 de mayo del 2020 la ciudad tuvo 280 casos confirmados y 12 personas fallecidas. El detalle de estos valores se puede ver en la Figura 2.

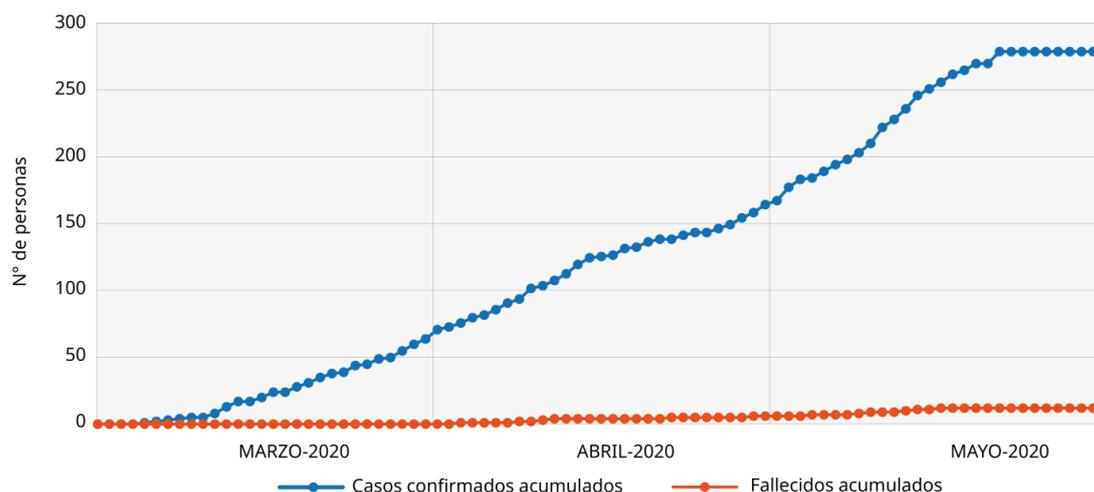
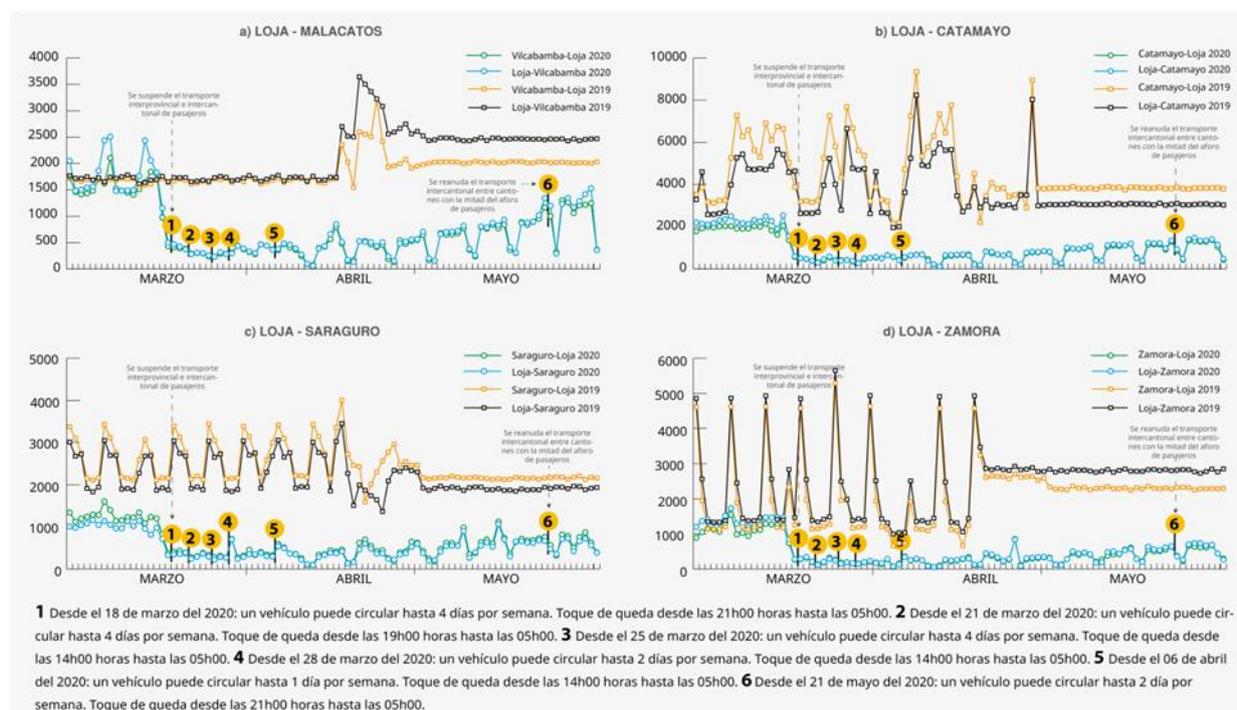


Figura 2. Número de contagiados y fallecidos entre marzo a mayo del 2020 en la ciudad en estudio [21].

RESULTADOS

En esta sección se presentan dos aspectos principales: a) el comportamiento del tránsito durante el COVID-19 y b) su relación con el número de contagiados y fallecidos. El tránsito vehicular en las vías de acceso a la ciudad durante la emergencia sanitaria (marzo, abril y mayo del 2020) por el COVID-19 y se relacionaron con los datos de tránsito del año 2019 para los mismos meses. Luego, se hace un análisis del impacto que tiene la disminución vehicular en el número de contagios y fallecimientos por el COVID-19.

Análisis del comportamiento vehicular durante el COVID-19



De los datos del Observatorio de Seguridad Vial de la UTP, se extrajo el tránsito promedio diario de los meses de marzo, abril y mayo del 2019 y se los comparó con los del 2020. Estos resultados se presentan en la Figura 3, donde, también se colocaron las principales leyes gubernamentales del COE nacional y local que afectaron a la movilidad de la zona.

Figura 3. Variación del tránsito promedio diario en las vías de acceso a la ciudad en estudio, durante la emergencia sanitaria por el COVID-19 y su relación con los mismos meses en el 2019 [20], [21].

En la Figura 3, se puede ver, que en todas las vías hubo una disminución del tránsito con respecto al 2019. El tránsito promedio diario mensual se redujo entre 12% y 58%. A partir del 18 de marzo del 2020 (1), que es cuando empezaron las restricciones de movilidad, se observa una disminución del tránsito en las cuatro vías de acceso/salida de la ciudad. Las modificaciones del toque de queda o las restricciones de acuerdo al último dígito de la patente vehicular (2, 3, 4 y 5) hicieron muy poca diferencia con respecto a la medida inicial. En todos los casos, a partir del 06 de abril del 2020 (5) se observa un aumento del número progresivo de vehículos hasta el 21 de mayo del 2020 (6), que es cuando se empiezan a alivianar las restricciones. Hasta el 31 de mayo del 2020 la mayoría de vías, excepto la Loja-Malacatos, están muy lejos de volver a alcanzar su tránsito normal registrado en el 2019. Además, desde el 18 de marzo del 2020 hasta el 31 de mayo del 2020 se observan descensos bruscos del tránsito, los cuales se deben a que los vehículos no podían circular los fines de semana. Esta tendencia también se puede ver en los informes de movilidad local por el COVID-19 que se obtiene de la aplicación de Google Traffic [22] para la zona en estudio.

Por otro lado, para analizar con mayor profundidad la variación del tránsito de acuerdo con las restricciones vehiculares por semana y con el toque de queda, se realizaron los diagramas de cajas y bigotes, tal como se muestra en la Figura 4.

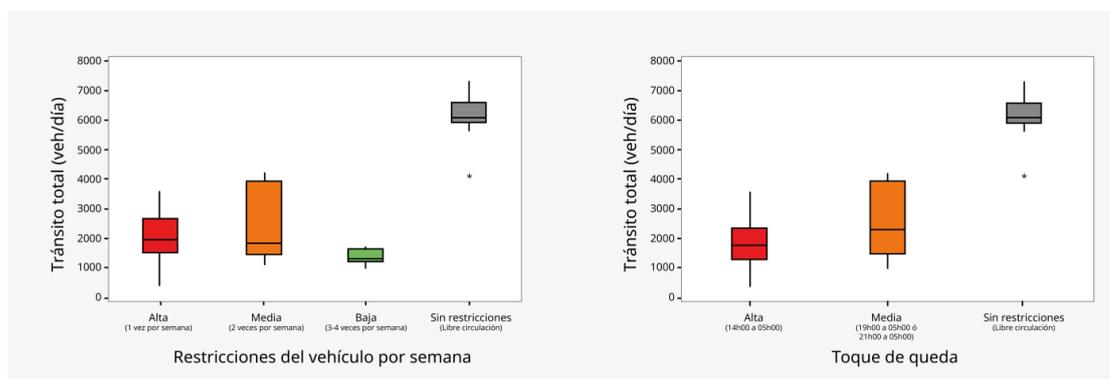


Figura 4. Diagrama de cajas y bigotes del tránsito total y las restricciones vehiculares por semana y el toque de queda [20].

Para este análisis se utilizó como tránsito total la sumatoria del TPDA de las cuatro vías. A la izquierda, en lo que se refiere a las restricciones del vehículo en base al último dígito de su patente, cuando las limitaciones de movilidad fueron mayores el tránsito fue bajo y fue aumentando conforme se aliviaban las medidas. Esta tendencia, no se produce cuando existió una restricción baja (3-4 veces por semana), lo cual pudo deberse a que hubo muy pocos días con esa condición (10 días) a diferencia del resto de restricciones que tuvieron más días. El valor máximo se obtuvo cuando no hubo restricciones. Por otro lado, a la derecha, en lo que se refiere al toque de queda, en restricciones altas el volumen del tránsito fue bajo y fue aumentando con un toque de queda menos severo. Así mismo, el máximo volumen se consiguió cuando no hubo toque de queda. A pesar de que se muestra coherencia en estas gráficas para las vías de acceso/salida y su respecto por parte de las personas, las rutas de la ciudad (vías de acceso/salida y calles locales) registró un 42.5% de incumplimiento a la restricción vehicular [23].

Análisis del impacto de la disminución vehicular durante el COVID-19

Un efecto positivo de la disminución vehicular es reducción en las emisiones de gases contaminantes, mientras que uno negativo es el impacto sobre la economía de la región, dado que los bienes y servicios no pueden ser transportados. Estos efectos han sido ampliamente discutidos en la literatura previa, pero pocos han analizado la influencia de la reducción del número de vehículos sobre el número de contagios, principalmente porque es un evento sin precedentes.

Para realizar este análisis se utilizó la base de datos del tránsito total de las vías y el número de contagios de la zona. En primer lugar, entre 5-14 días puede tardar el coronavirus en mostrar los síntomas una vez infectado/a [24]. Entonces, a partir del primer caso reportado en la zona (05 de marzo del 2020) se consideró el tránsito total entre 5 a 14 días antes de esa fecha. Se utilizó regresión lineal simple para determinar

la relación estadística entre estas dos variables. Los coeficientes de determinación (R^2) fueron aumentando desde 0.11 (5 días) hasta 0.14 (14 días) con relaciones negativas. El tránsito tuvo un valor p de 0.003 (5 días) y de 0.000 (14 días), lo que representa significancia estadística al 95% de confiabilidad de esta variable con respecto al número de contagios. A pesar de esto, el tránsito total explica muy poco de la variable número de contagios. En este escenario, se decidió utilizar el tránsito acumulado y el número de contagios acumulado durante una semana. Este periodo de tiempo se adoptó por dos razones: a) no existen mucha diferencia entre elegir cualquier número entre 5-14 días y b) en una semana se inicia y termina el ciclo de restricciones (por ejemplo, en el fin de semana no se transita). El periodo de una semana también fue elegido por una investigación previa [4]. Con esos datos, se calibraron dos ecuaciones lineales, tal como se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2. Calibración de ecuaciones lineales simples entre el tránsito y el número de contagios y fallecimientos por COVID-19.

Condición	$\beta_0 + \epsilon$ (valor t; valor p)	β_1 (valor t; valor p)	R^2 ajustado
Número de contagios semanales (NCS)*	37.48 (8.08; 0.000)	-0.0009 (-4.17; 0.002)	0.58
Número de fallecimientos semanales (NFS)**	1.94 (4.05; 0.002)	-0.00006 (-2.58; 0.026)	0.32

*NCS = 37.48 – 0.0009 TTS; ** NFS=1.94 – 0.00006 TTS; TTS= tránsito total semanal de todas las vías de ingreso/salida de la ciudad

En las ecuaciones calibradas se puede ver que el tránsito tiene una influencia negativa significativa, es decir, a mayor número de contagios o fallecimientos semanales por COVID-19, menor es el tránsito. Esta relación también fue encontrada en 15 regiones de Corea del Sur [4]. Pareciera que no es coherente, dado que mientras más sea la exposición (más movilidad) mayor será el número de contagios y por consiguiente los fallecimientos; sin embargo, hay que considerar que para que estas ecuaciones se apliquen deben suceder dos condicionantes: a) que exista una pandemia y b) que el gobierno haya impuesto restricciones vehiculares. Entonces, las ecuaciones permiten estimar el número de contagiados y el número de fallecimientos una vez que se haya activado las restricciones de movilidad, por lo tanto, los resultados son de las curvas de contagios y fallecimientos aplanadas. La relación con los contagios y fallecimientos también se debe a las medidas de aislamiento aplicadas. En el caso de que no existan medidas de restricción vehicular, no se podrán aplicar.

CONCLUSIONES

El objetivo de esta investigación analizar la influencia del tránsito sobre el número de contagios y fallecimientos de la zona por el COVID-19. Para ello se recolectaron datos de tránsito, del número de contagios y de las leyes impuestas por el gobierno y

que afectaron a la movilidad. Luego de desarrollar el estudio, se presentan las siguientes conclusiones:

En primer lugar, se observó una reducción del tránsito en los meses de emergencia sanitaria por COVID-19 comparados con los del año 2019. Además, luego del inicio de las medidas de restricción, el tránsito promedio diario tuvo una reducción similar, cuya mayor disminución se encuentra en los fines de semana. A partir de la restricción impuesta más fuerte hasta el inicio de alivio de las medidas, se notó un incremento gradual del tránsito. En general, se observó una disminución coherente con las medidas aplicadas, es decir, mayores restricciones redujeron la circulación vehicular, mientras que en restricciones leves, se aumentó el movimiento de vehículos en las vías analizadas.

Además, se encontró una relación estadísticamente significativa entre el número de contagios y el tránsito registrado en las vías entre 5-14 días, que puede tardar en aparecer síntomas del contagio. Esta relación se obtuvo en base a regresión lineal simple. Se calibraron dos ecuaciones lineales que relacionan el número de contagios y fallecimientos semanales con el tránsito acumulado en todas las vías durante esa misma semana. La primera tuvo un valor más alto de coeficiente de determinación (0.58) que la de número de fallecimiento, sin embargo, deben ser utilizadas con precaución dado que su ajuste depende no sólo de factores de reducción de movilidad sino también del aislamiento, nivel de cumplimiento de las leyes, higiene personal, etc.

Esta investigación tiene varias limitaciones. Primeramente, sólo se analizó una ciudad de tamaño mediano del Ecuador que puede diferir con otras ciudades del mismo país o de otro país similar. Sólo se incluyeron las 4 principales vías de acceso/salida de la ciudad y no la movilidad interna de la misma. Y sólo se analizaron las restricciones vehiculares, sin considerar las restricciones de vuelos. Sin embargo, pesar de estas limitaciones, el estudio presenta un aporte metodológico para evaluar el tránsito, las medidas gubernamentales y los efectos de una pandemia de esta naturaleza en Ecuador o en otros países similares de Latinoamérica. Permite observar la influencia de las medidas de restricción gubernamentales sobre la población. Finalmente, soporta a la idea de que en un nuevo evento similar, la restricción vehicular como una medida indirecta para reducir el contacto entre personas sanas e individuos contagiados, es efectiva para reducir los contagios y fallecimientos.

FUENTES DE FINANCIAMIENTO

Esta investigación fue financiada por la Universidad Técnica Particular de Loja.

DECLARACIÓN DE CONFLICTO DE INTERÉS

Los autores declaran la no existencia de conflicto de interés alguno.



APORTE DEL ARTÍCULO EN LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Este estudio aporta a la línea de investigación de Seguridad Vial. Permite identificar problemas futuros y tendencias en el campo del estudio de la Seguridad vial e Ingeniería de tránsito, en entornos urbanos y rurales tomando en consideración la relación conductor – peatón.

DECLARACIÓN DE CONTRIBUCIÓN DE CADA AUTOR

Todos los autores participaron activamente en todas las fases de la investigación.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Secretaría Nacional de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación (SENESCYT) de la República del Ecuador y a la Universidad Técnica Particular de Loja por la ayuda otorgada para el desarrollo de esta investigación.

REFERENCIAS

- [1] Worldometer, “Coronavirus Cases,” COVID-19 coronavirus pandemic, 2020. [Online]. Available: <https://www.worldometers.info/coronavirus/coronavirus-cases/#daily-cases>. [Accessed: 02-Jun-2020].
- [2] OMS, “Alocución de apertura del Director General de la OMS en la rueda de prensa sobre la COVID-19 celebrada el 11 de marzo de 2020,” 2020. [Online]. Available: <https://www.who.int/es/dg/speeches/detail/who-director-general-s-opening-remarks-at-the-media-briefing-on-covid-19---11-march-2020>. [Accessed: 02-Jun-2020].
- [3] Apple, “COVID-19 - Informes de tendencias de movilidad - Apple,” 2020. [Online]. Available: <https://www.apple.com/covid19/mobility>. [Accessed: 02-Jun-2020].
- [4] H. Lee et al., “The Relationship between the COVID-19 Prevalence Trend and Transportation Trend in South Korea,” *Int. J. Infect. Dis.*, vol. 96, pp. 399–407, May 2020.
- [5] A. Aloí et al., “Effects of the COVID-19 Lockdown on Urban Mobility: Empirical Evidence from the City of Santander (Spain),” *Sustainability*, vol. 12, no. 9, p. 3870, May 2020.
- [6] E. K. Mindarta, M. Sangadji, A. Chandra, Rumbiati, and P. T. Nguyen, “Will coronavirus trigger global transportation recession?,” *Int. J. Adv. Sci. Technol.*, vol. 29, no. 8 Special Issue, pp. 999–1003, Apr. 2020.
- [7] S. M. Iacus, F. Natale, C. Santamaria, S. Spyrtatos, and M. Vespe, “Estimating and projecting air passenger traffic during the COVID-19 coronavirus outbreak and its socio-economic impact,” *Saf. Sci.*, vol. 129, Sep. 2020.

- [8] F. Braga, G. M. Scarpa, V. E. Brando, G. Manfè, and L. Zaggia, “COVID-19 lockdown measures reveal human impact on water transparency in the Venice Lagoon,” *Sci. Total Environ.*, vol. 736, Sep. 2020.
- [9] P. Sicard et al., “Amplified ozone pollution in cities during the COVID-19 lockdown,” *Sci. Total Environ.*, vol. 735, p. 139542, Sep. 2020.
- [10] L. Y. K. Nakada and R. C. Urban, “COVID-19 pandemic: Impacts on the air quality during the partial lockdown in São Paulo state, Brazil,” *Sci. Total Environ.*, vol. 730, Aug. 2020.
- [11] S. Mahato, S. Pal, and K. G. Ghosh, “Effect of lockdown amid COVID-19 pandemic on air quality of the megacity Delhi, India,” *Sci. Total Environ.*, vol. 730, Aug. 2020.
- [12] Q. Wang and M. Su, “A preliminary assessment of the impact of COVID-19 on environment – A case study of China,” *Sci. Total Environ.*, vol. 728, Aug. 2020.
- [13] A. Kerimray et al., “Assessing air quality changes in large cities during COVID-19 lockdowns: The impacts of traffic-free urban conditions in Almaty, Kazakhstan,” *Sci. Total Environ.*, vol. 730, Aug. 2020.
- [14] S. Zhao et al., “Quantifying the association between domestic travel and the exportation of novel coronavirus (2019-nCoV) cases from Wuhan, China in 2020: A correlational analysis,” *J. Travel Med.*, vol. 27, no. 2, Mar. 2020.
- [15] H. Lau et al., “The positive impact of lockdown in Wuhan on containing the COVID-19 outbreak in China,” *J. Travel Med.*, May 2020.
- [16] Gestión de Riesgos, “COE Nacional – Servicio Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias,” 2020. [Online]. Available: <https://www.gestionderiesgos.gob.ec/coe-nacional/>. [Accessed: 02-Jun-2020].
- [17] X. Pan, D. M. Ojcius, T. Gao, Z. Li, C. Pan, and C. Pan, “Lessons learned from the 2019-nCoV epidemic on prevention of future infectious diseases,” *Microbes Infect.*, vol. 22, no. 2, pp. 86–91, Mar. 2020.
- [18] INEC, “Censo de Población y Vivienda en el Ecuador, Fascículo provincial Loja,” 2010.
- [19] INEC, “Vehículos Matriculados – Serie Histórica 2008-2014,” 2014. [Online]. Available: <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/vehiculos-matriculados-serie-historica-2008-2014/>. [Accessed: 25-Jun-2019].
- [20] Observatorio de Seguridad Vial, “Sistema Conteo Vehicular,” 2020. [Online]. Available: <https://conteovehicular.kradac.com/utpl/home>. [Accessed: 03-Jun-2020].
- [21] Ministerio de Salud Pública, “Coronavirus COVID 19 – Ministerio de Salud Pública,” 2020. [Online]. Available: <https://www.salud.gob.ec/coronavirus-covid-19/>. [Accessed: 03-Jun-2020].

[22] Google, “Informes de movilidad local sobre el COVID-19 - Ecuador,” 2020.

[23] El comercio, “Ibarra, Loja, Machala, Santo Domingo, Quito y Guayaquil, las ciudades que registraron más aglomeraciones de personas este martes 5 de mayo | El Comercio,” 2020.

[24] OMS, “Coronavirus - Overview,” 2020. [Online]. Available: https://www.who.int/health-topics/coronavirus#tab=tab_1. [Accessed: 07-Jun-2020].

NOTA BIOGRÁFICA



Yasmany Damián García Ramírez. **ORCID ID**  <https://orcid.org/0000-0002-0250-5155>. Es docente-investigador de la Universidad Técnica Particular de Loja. Doctor en Ingeniería Civil por la Universidad Nacional de San Juan, Especialista en Ingeniería de Caminos de Montaña por la Universidad Nacional de San Juan. Su línea de investigación es diseño geométrico de carreteras y seguridad vial. Actualmente es investigador de la Universidad Técnica Particular de Loja de la ciudad de Loja (Ecuador).



María Soledad Segarra Morales. **ORCID ID**  <https://orcid.org/0000-0001-9657-4532>. Es docente-investigador de la Universidad Técnica Particular de Loja. Tiene una maestría en Ingeniería Geológica aplicada a la obra civil. Su línea de investigación es Seguridad vial e Ingeniería de Tráfico. Actualmente es investigadora de la Universidad Técnica Particular de Loja de la ciudad de Loja (Ecuador).



Belizario Amador Zárate Torres. **ORCID iD**  <https://orcid.org/0000-0002-3457-0381>. Es docente-investigador de la Universidad Técnica Particular de Loja. Doctorando en el programa de Doctorado en Ingeniería Civil por la Universidad de Granada – España. Tiene una maestría en Ingeniería Geológica aplicada a la obra civil. Su línea de investigación es Geomática aplicada a la infraestructura vial y movimientos de ladera. Actualmente es investigador de la Universidad Técnica Particular de Loja de la ciudad de Loja (Ecuador).



Marlon Augusto Cobos Ramón. **ORCID iD**  <https://orcid.org/0000-0002-7415-3347> Estudiante de la titulación de Ingeniería Civil de la Universidad Técnica Particular de Loja. Becario de investigación del Observatorio de Seguridad Vial. Actualmente cursa el último ciclo de la carrera de Ingeniería Civil de la Universidad Técnica Particular de Loja de la ciudad de Loja (Ecuador).



This work is licensed under the Creative Commons Attribution 4.0 International License. To view a copy of this license, visit <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/> or send a letter to Creative Commons, PO Box 1866, Mountain View, CA 94042, US