



Revista de Estudiantes de Economía / Volumen 3 / Número 7 / Enero-diciembre 2023

INTERCAMBIO

Accidentes de tránsito por sectores de la malla vial: caso Bogotá en 2018

*Traffic accidents by road
network zones: the case
of Bogota in 2018*

.....
*Nicolás Torres López y
Julián Eduardo Rangel Sarmiento*

E-ISSN 2619-6131



Accidentes de tránsito por sectores de la malla vial: caso Bogotá en 2018*

Traffic accidents by road network zones: the case of Bogota in 2018

Nicolás Torres López**

Julián Eduardo Rangel Sarmiento**

Resumen

En este estudio, se fusionan diversos conjuntos de datos administrativos, para estimar los determinantes de las probabilidades de accidentes de tránsito en lugares específicos de la red vial de Bogotá en 2018. Se encuentra que: (i) la distancia al semáforo más cercano y el número de carriles no tienen un efecto significativo en la ubicación de los accidentes en el norte de Bogotá; (ii) es menos probable que ocurran accidentes cuando se aumenta la distancia a las estaciones de TransMilenio. Además, los accidentes a alta velocidad son más probables en el norte, especialmente en los tramos de la vía. Se insta a los responsables de políticas a considerar estrategias a largo plazo para mitigar las externalidades negativas del transporte.

Clasificación JEL: C4, R41, R42, R58

Palabras claves: accidentes de tránsito, externalidades del transporte, logit, Latinoamérica



* **Artículo recibido:** 7 de junio de 2023 | **aceptado:** 29 de enero de 2024 | **modificado:** 18 de febrero de 2024.

** Estudiantes de economía de la Escuela de Economía de la Universidad Sergio Arboleda.
Correos electrónicos: nicolas.torres01@usa.edu.co - julian.rangel01@usa.edu.co

Abstract

In this study, various administrative data sets are merged to estimate the determinants of the probabilities of traffic accidents in specific locations of Bogotá's Road Network in 2018. It is found that: (i) the distance to the nearest traffic light and the number of lanes does not have a significant effect on the location of accidents in the north of Bogotá; (ii) accidents are less likely to occur when the distance to TransMilenio stations increases. In addition, high-speed accidents are more likely in the north, especially on the road sections. Policy makers are urged to consider long-term strategies to mitigate the negative externalities of transportation.

JEL classification: C4, R41, R42, R58

Keywords: traffic accidents, transportation externalities, logit, Latin America

1. Introducción

Los accidentes de tránsito son una externalidad negativa con impactos socioeconómicos y psicológicos (Danilevičius & Bogdevičius, 2018; Gorea, 2016; Masilkova, 2017; OMS, 2021). Pueden causar estrés postraumático, ansiedad, depresión, entre otros trastornos, e incluso paraplejía o parálisis cerebral (Campos & López, 2008; Montes & Ledesma, 2021; OMS, 2021). A largo plazo, pueden llevar a una disminución en las habilidades sociales y la disposición para trabajar o estudiar (Mayou et al., 1993).

Además, estos accidentes afectan a la sociedad y la economía, generando congestiones de tráfico y altos gastos gubernamentales (Parry et al., 2007; Santos et al., 2010). Para ilustrar la magnitud del problema, en Bogotá, Colombia, el costo medio de un accidente es de \$2.330.000 pesos colombianos del 2011, y el riesgo de lesión o mortalidad es 2 a 3 veces mayor que en Nueva York (Gómez-Restrepo et al., 2014; Mangones et al., 2017). Estos costos son explicados en el 55% de las veces por choques que involucran a un peatón (Gómez-Restrepo et al., 2014).

Esta investigación busca estimar los determinantes de las probabilidades de accidentes de tránsito en lugares específicos de la red vial, utilizando datos de siniestros viales de Bogotá en 2018 de la Secretaría de Movilidad de Bogotá y modelos logísticos.

El estudio es relevante por varias razones: llena un vacío en la literatura existente de accidentes de tránsito; proporciona una base para la formulación de políticas basadas en evidencia para mejorar la seguridad vial y así reducir las externalidades negativas que esta problemática genera; y se espera que las ciudades estén más densamente pobladas en las próximas décadas, lo que aumenta las probabilidades de accidentes de tránsito.

El artículo se divide en seis secciones: introducción, revisión de antecedentes, presentación de datos, descripción de la metodología, análisis de resultados, y conclusiones y recomendaciones de política.

2. Antecedentes

La literatura empírica ha identificado una serie de factores que influyen en la probabilidad de accidentes de tránsito. Estos factores se pueden agrupar en tres categorías principales: características ambientales, características de las vías y los conductores, y políticas de intervención.

En primer lugar, las características ambientales, tales como la densidad poblacional, la proximidad a lugares clave como paradas de autobús y centros de negocios (CBD), la presencia de señales de tráfico, y el horario y día de la semana, juegan un papel crucial en la ocurrencia de accidentes de tránsito. En las ciudades, los accidentes ocurren principalmente durante el día, pero aumentan en las noches de viernes y sábado (Abdel-Aty & Radwan, 2000; Ahmed et al., 2004; Bagloee & Asadi, 2016; Cabrera et al., 2020; Gómez, 2013; Li & Zhao, 2022; Mphela, 2020).

En segundo lugar, las características de las vías y los conductores también son determinantes. Factores como el ancho del carril, la presencia de carriles de giro, el estado físico y mental del conductor y la velocidad son críticos. Es importante destacar que la velocidad incrementa la cantidad de accidentes y lesiones graves (Amoh-Gyimah et al., 2017; Aziz et al., 2013; Cerwick et al., 2014; Chen & Fan, 2019; Elvik, 2005; Haleem et al., 2015; Herd et al., 1980; Li & Zhao, 2022; Su et al., 2023; Theofilatos & Yannis, 2014; Tulu et al., 2017).

En tercer lugar, las políticas de intervención de vehículos, inspecciones periódicas y leyes sobre el uso del cinturón también contribuyen a disminuir la accidentalidad. Además,

mejorar la iluminación y proporcionar puentes peatonales son medidas efectivas (Bagloee & Asadi, 2016; Cerwick et al., 2014; Hakim et al., 1991; Hasanat et al., 2022; Zou & Yue, 2017).

Finalmente, cabe resaltar que la mayoría de las investigaciones se centran en el riesgo de los peatones, utilizando modelos logísticos para estimar la probabilidad de lesiones (Amoh-Gyimah et al., 2017; Chen & Fan, 2019; Damsere-Derry et al., 2018; Hasanat et al., 2022; Jiménez-Mejías et al., 2016; Sun et al., 2019; Uddin & Ahmed, 2018).

3. Datos

Se utilizan varios conjuntos de datos administrativos que pueden vincularse mediante identificadores individuales. La información sobre todos los accidentes de tránsito en 2018 proviene de la Secretaría de Movilidad Distrital de Bogotá. Estos datos, enriquecidos con georreferenciación y datos adicionales de la Secretaría Distrital de Bogotá, incluyendo la ubicación de las estaciones de TransMilenio y semáforos, permiten obtener las distancias desde los lugares de los accidentes hasta estos puntos.

Igualmente, se utiliza la Malla Vial Integral de Bogotá, suministrada por la Secretaría de Movilidad Distrital, de la cual se determina el número de carriles en el lugar del accidente. Finalmente, se recurre a la Secretaría Distrital de Planeación para obtener información sobre la población y el área de las Unidades de Planeamiento Zonal (UPZ) de Bogotá, lo que posibilita calcular la densidad poblacional por UPZ.

En la Tabla 1 se ofrece una visión detallada de diversas variables, tanto dependientes como explicativas, de la nueva base de datos de accidentes de tránsito. Entre las variables dependientes, que abarcan la ubicación en el norte de la ciudad y el tipo de vía (calle o carrera/transversal), se observa una distribución casi uniforme, con medias de 0.48 y 0.53, respectivamente.

En lo que respecta a las variables explicativas, se destaca una variabilidad significativa en las distancias al semáforo más cercano y a TransMilenio, evidenciada por las medias y desviaciones estándar considerables. Los accidentes, ya sean asociados con bicicletas, estado de embriaguez, huecos (baches), menores de edad, motos, peatones o alta velocidad, presentan una frecuencia relativamente baja.

El registro horario de los accidentes muestra una media cercana a las 13 horas (1 PM). El número promedio de carriles es de aproximadamente 1.59, con cierta variabilidad. Por último, la densidad poblacional por M2 exhibe variabilidad, aunque su interpretación requiere un contexto adicional.

En cuanto a los tipos de vehículos involucrados en los accidentes, en la Gráfica 1 se observa que para 2018 los vehículos livianos lideran la lista, seguidos de las motocicletas y las bicicletas. Finalmente, en la última década hubo un crecimiento en el número de accidentes de tránsito en la ciudad.

Tabla 1. Hechos estilizados

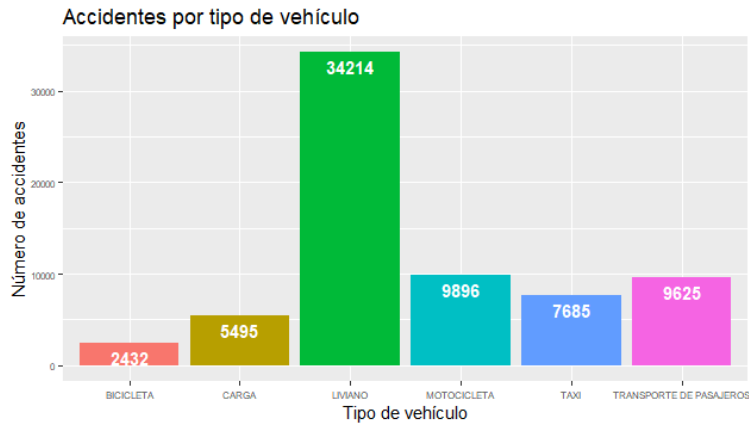
| Variable | Media | SD | Min | Max | N |
|--|---------|---------|------|----------|-------|
| a) Variables dependientes | | | | | |
| Norte de la ciudad | 0.48 | 0.50 | 0 | 1 | 32894 |
| Tipo de vía | 0.53 | 0.50 | 0 | 1 | 32894 |
| b) Variables explicativas | | | | | |
| Distancia al semáforo más cercano (M2) | 252.22 | 404.65 | 0.03 | 6587.10 | 32894 |
| Distancia a TransMilenio (M2) | 1206.71 | 1186.41 | 2.25 | 10247.92 | 32894 |
| Accidente con estado de embriaguez | 0.01 | 0.11 | 0 | 1 | 32894 |
| Accidente debido a un hueco (bache) | 0.01 | 0.08 | 0 | 1 | 32894 |
| Accidente con alta velocidad | 0.01 | 0.10 | 0 | 1 | 32894 |
| Hora registrada del accidente | 12.84 | 5.40 | 0 | 23 | 32894 |
| Número de carriles | 1.59 | 1.22 | 0 | 8 | 32894 |
| Densidad poblacional por M2 | 190.35 | 97.04 | 0.00 | 467.70 | 32894 |

Fuente: elaboración propia con datos de la Secretaría de Movilidad y Secretaría Distrital de Planeación.

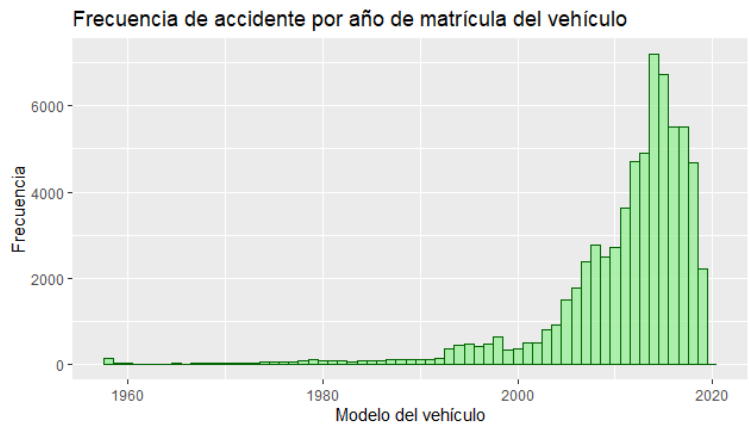
Nota: M2 representa metros cuadrados.

Gráfica 1. Accidentes de tránsito por tipo de vehículo y gravedad

(a)



(b)



Fuente: elaboración propia con datos de siniestros viales para el 2018, Malla Vial Integral de Bogotá y de las UPZ. Estos provienen de la Secretaría de Movilidad y Secretaría Distrital de Planeación.

4. Metodología

Se estiman regresiones logísticas, utilizando dos variables dependientes. La primera corresponde a los accidentes de tránsito que ocurren al norte en contraposición a los que suceden en el sur de la ciudad, delimitando la ciudad en dos a partir de la calle 26 (Avenida el Dorado). La segunda variable dependiente se basa en los tipos de vía existentes en Bogotá, utilizando las calles como unos (1) y las carreras y transversales como ceros (0). Estas variables están representadas en la ecuación **(1)** como :

$$y_i = \beta + \eta Sem_i + \omega TM_i + \psi Emb_i + \gamma Hue_i + \rho Vel_i + \tau carriles_i + \kappa X_i + \epsilon_i$$

en donde i representa el identificador único del accidente. β es el intercepto, Sem_i y TM_i representan la distancia al semáforo y a la estación de TransMilenio más cercana, respectivamente. Emb_i , Hue_i , Vel_i hacen referencia a variables binarias si en el accidente estuvo presente estado de embriaguez, un hueco y alta velocidad, correspondientemente. El coeficiente del número de carriles está representado por τ . X_i es la matriz de variables de control, que incluye variables dummy por hora, día y mes del suceso, además de la densidad poblacional por UPZ. Por último, los errores estándar son consistentes con la heterocedasticidad.

Con los resultados de las estimaciones anteriores, se obtienen los *odds ratios*, con el fin de tener resultados con una mayor interpretabilidad que los efectos marginales. Esta metodología es frecuentemente utilizada en las investigaciones que estiman las probabilidades de accidentes de tránsito (Jiménez-Mejías et al., 2016; Pour-Rouholamin & Zhou, 2016). Así mismo, se utilizan tres muestras: i) con todos los datos, ii) con los datos que sólo incluyen los accidentes de las intersecciones y iii) los que se produjeron en medio de los tramos de las vías. A partir de estas submuestras se cumplen los objetivos de esta investigación.

5. Resultados y discusión

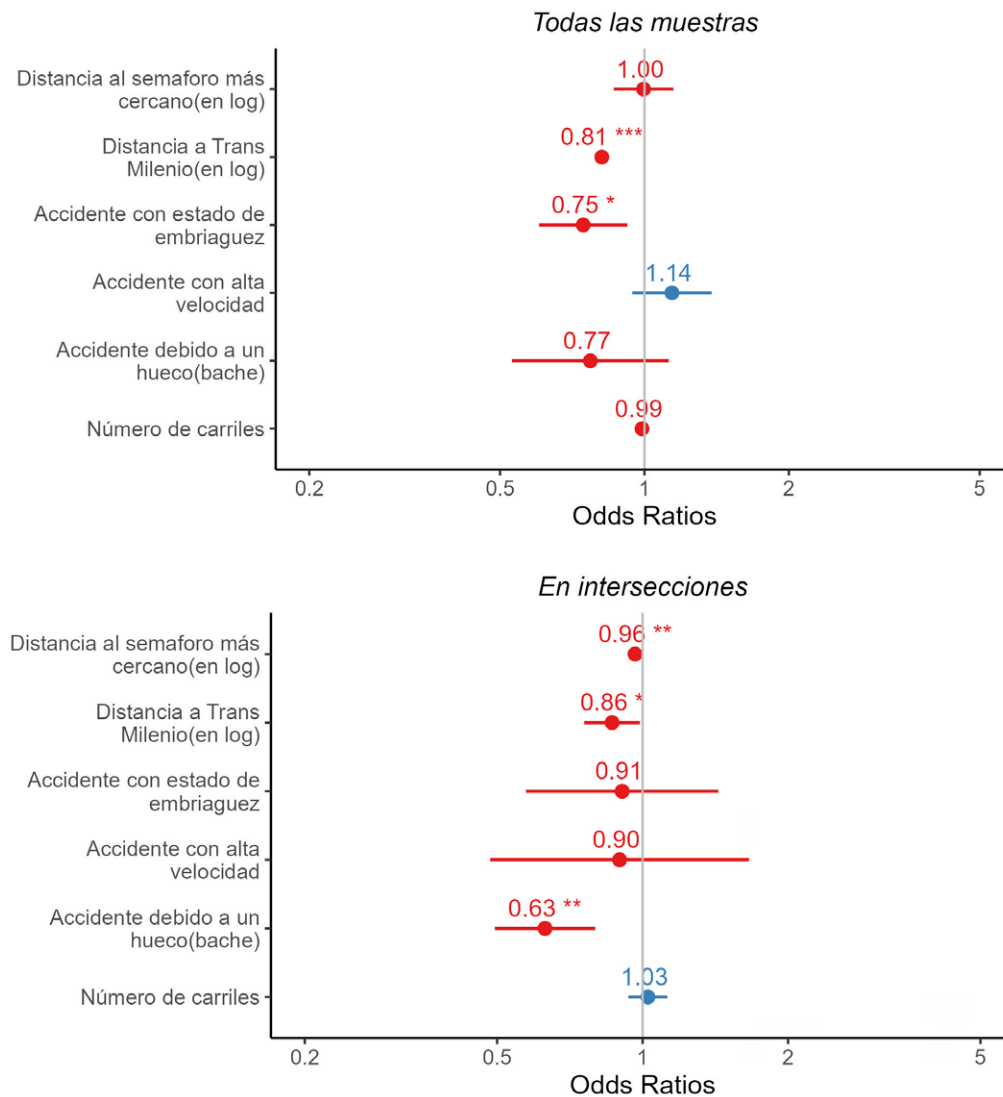
5.1 Norte y sur de Bogotá

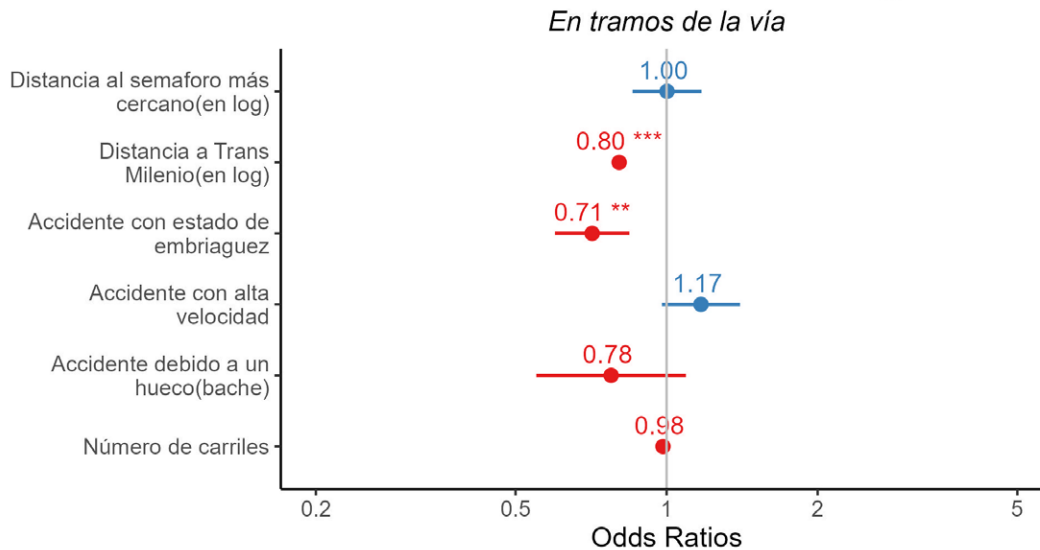
Se identificaron diversos factores que influyen en que los accidentes de tránsito aumenten en el norte o sur de Bogotá. Aunque la distancia al semáforo más cercano y el número de carriles no presentan un efecto significativo, con *odds ratios* de 1.00 y 0.99 en las calles, 0.96 y 1.03 en las intersecciones, y 1.00 y 0.98 en los tramos de la vía, otros factores muestran una correlación más fuerte.

Por ejemplo, la distancia a TransMilenio tiene una relación inversa significativa en todas las áreas estudiadas, sugiriendo que a medida que esta distancia aumenta, es menos probable que ocurran accidentes en el norte. Los *odds ratios* son de 0.81 en las calles, 0.86 en las intersecciones y 0.80 en los tramos de la vía.

Además, los accidentes que involucran intoxicación y aquellos causados por huecos en la vía son menos probables en el norte, con odds ratios de 0.75 y 0.71 en las calles y tramos de la vía, respectivamente. Este hallazgo respalda la literatura existente que asocia la conducción bajo los efectos del alcohol con un mayor riesgo de accidentes (Li & Fan, 2020).

Gráfica 2. Odds ratios: accidentes de tránsito al norte de Bogotá





Fuente: elaboración propia con datos de siniestros viales para el 2018, Malla Vial Integral de Bogotá y de las UPZ. Estos provienen de la Secretaría de Movilidad y Secretaría Distrital de Planeación. Nota: en las estimaciones se hace uso de variables dummy por mes del año, día de la semana y hora del día, además de la densidad poblacional por UPZ. Las anteriores variables se usan con el fin de controlar los efectos inobservados. Los errores estándar están por clústeres de tipos de vía, con significancia estadística del 10% con *, al 5% con ** y al 1% con ***.

En contraste, los accidentes a alta velocidad son más probables en el norte, especialmente en los tramos de la vía, con un odds ratio de 1.17. Este fenómeno, respaldado por la literatura (Damsere-Derry et al., 2010; Pour et al., 2016), se atribuye al exceso de confianza de los conductores, que se intensifica durante la noche y entre los conductores retrasados que toman decisiones arriesgadas (NHTSA, 2020). Sin embargo, este factor no fue estadísticamente significativo en ninguna de las muestras.

5.2 Calles vs carreras/transversales en la malla vial

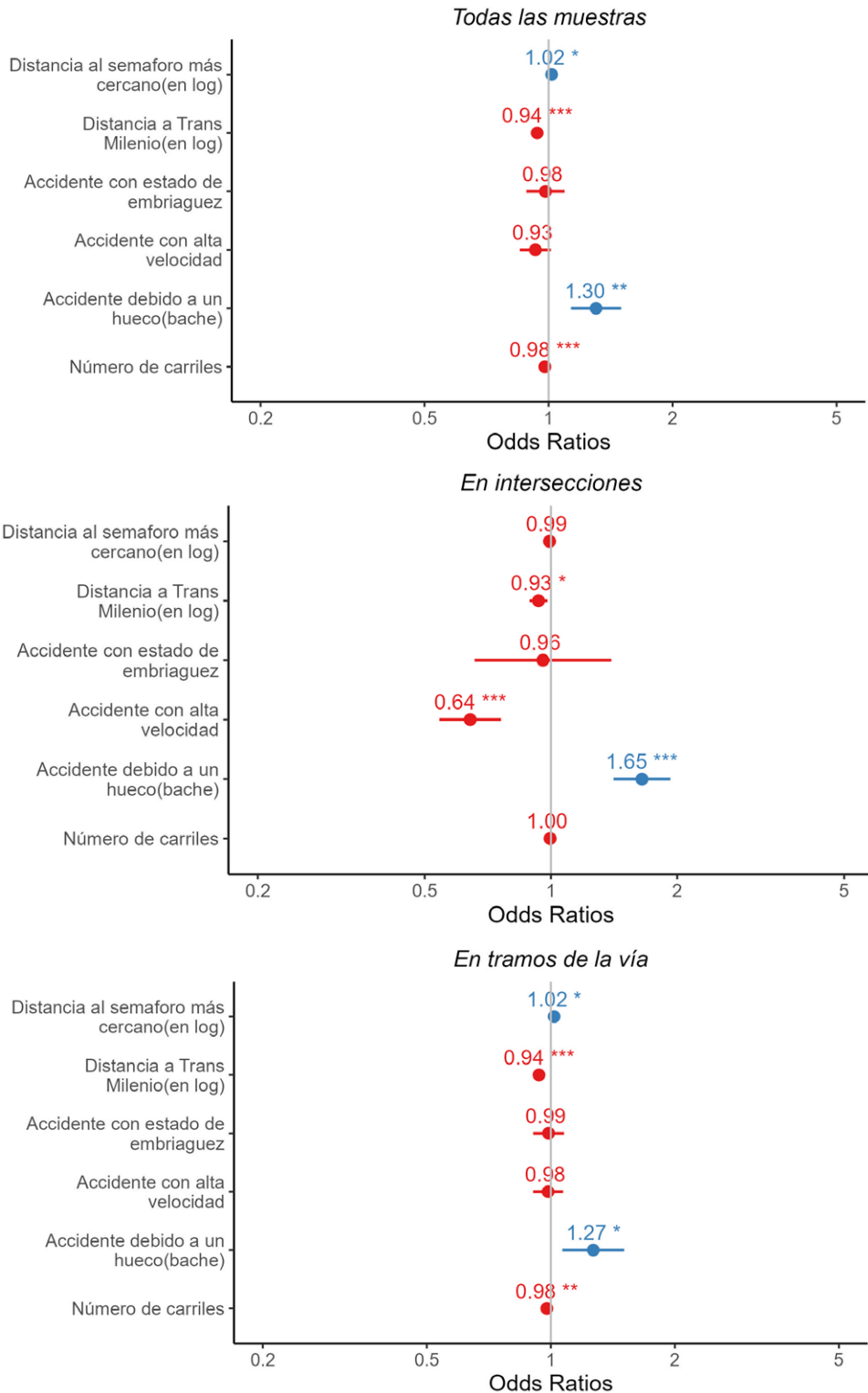
Al explorar la variable dependiente que tiene a las calles como 1 y las carreras y transversales igual a 0, se han analizado distintos factores que determinan los accidentes de tránsito en diversas partes de la ciudad. De manera general, la distancia al semáforo más cercano tiene un impacto en la ubicación de los accidentes, con odds ratios de 1.02 tanto en las calles como en los tramos de la vía.

Este hallazgo sugiere que a medida que un conductor se aleja más de un semáforo, se reduce el número de colisiones, lo cual es consistente con investigaciones previas (Li & Fan, 2020; Pour-Rouholamin & Zhou, 2016). Además, la distancia a TransMilenio presenta una relación inversa significativa en todas las áreas estudiadas, lo que indica que a medida que esta distancia aumenta, es menos probable que los accidentes ocurran en las calles, intersecciones y tramos de la vía, con *odds ratios* de 0.94, 0.93 y 0.94 respectivamente.

Por otro lado, los accidentes causados por huecos en la vía son más probables en las calles y en los tramos de la vía, pero son significativamente más probables en las intersecciones de las calles, lo que coincide con estudios previos (Elvik, 2005; Su et al., 2023). La razón radica en que los conductores, al intentar evitarlos, pueden colisionar con otros vehículos. Sin embargo, los accidentes a alta velocidad son menos probables en las intersecciones de las calles, con un *odds ratio* de 0.64.

Finalmente, el número de carriles tiene un *odds ratio* de 0.98 en las calles y en los tramos de la vía, lo que indica que a medida que aumenta el número de carriles, aumenta la probabilidad de que ocurran accidentes en las carreras/transversales. Estos resultados son consistentes con estudios anteriores (Pour-Rouholamin & Zhou, 2016). Esto se debe a la mayor cantidad de vehículos y a la imprudencia de peatones que evitan los puentes peatonales (Dommes et al., 2014). Sin embargo, en las intersecciones de las calles, el número de carriles no altera la probabilidad de que los accidentes ocurran.

Gráfica 3. Odds ratios: accidentes de tránsito por tipo de vía de Bogotá



Fuente: elaboración propia con datos de siniestros viales para el 2018, Malla Vial Integral de Bogotá y de las UPZ. Estos provienen de la Secretaría de Movilidad y Secretaría Distrital de Planeación. Nota: en las estimaciones se hace uso de variables dummy por mes del año, día de la semana y hora del día, además de la densidad poblacional por UPZ. Las anteriores variables se usan con el fin de controlar los efectos inobservados. Los errores estándar están por clústeres a nivel de localidad, con significancia estadística del 10% con *, al 5% con ** y al 1% con ***.

Conclusiones y recomendaciones

En esta investigación sobre accidentes de tránsito en el norte de Bogotá y en las calles de la ciudad se encuentra que, la distancia al semáforo más cercano y el número de carriles no presentan un efecto significativo en la ubicación de los accidentes en el norte de Bogotá, sin embargo, estos factores sí tienen un impacto en las calles de la ciudad.

Por otro lado, es menos probable que ocurran accidentes cuando se aumenta la distancia a las estaciones de TransMilenio. Sumado a esto, los accidentes a alta velocidad son más probables en el norte, especialmente en los tramos de la vía, pero menos probables en las intersecciones de las calles de la ciudad.

Así mismo, a medida que aumenta el número de carriles, aumenta la probabilidad de que ocurran accidentes en las carreras/transversales. Adicionalmente, los accidentes que involucran intoxicación y aquellos causados por huecos en la vía son menos probables en el norte, pero más probables en las calles de la ciudad.

Para los hacedores de políticas públicas, se insta tener en cuenta el caso de otros países de la región y asiáticos, los cuales están promoviendo activamente la sustitución de automóviles por transporte público e impuestos a la gasolina, para reducir las externalidades generadas por el transporte (Li et al., 2014). Por último, estos hallazgos respaldan la literatura existente y proporcionan una visión valiosa para las futuras políticas de seguridad vial en Bogotá. Sin embargo, se insta al mundo académico a continuar investigando estos temas en Colombia y en toda Latinoamérica.

Referencias

1. Aarts, L., & Van Schagen, I. (2006). Driving speed and the risk of road crashes: A review. *Accident Analysis & Prevention*, 38(2), 215-224. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2005.07.004>
2. Abdel-Aty, M. A., & Radwan, A. E. (2000). Modeling traffic accident occurrence and involvement. *Accident Analysis & Prevention*, 32(5), 633-642. [https://doi.org/10.1016/S0001-4575\(99\)00094-9](https://doi.org/10.1016/S0001-4575(99)00094-9)

3. Ahmed, M., Khanom, K., Shampa, R. M., & Bari, M. H. (2004). Road traffic accident among motor vehicle drivers in selected high ways. *Mymensingh Medical Journal: MMJ*, 13(2), 165-168.
4. Amoh-Gyimah, R., Aidoo, E. N., Akaateba, M. A., & Appiah, S. K. (2017). The effect of natural and built environmental characteristics on pedestrian-vehicle crash severity in Ghana. *International journal of injury control and safety promotion*, 24(4), 459-468. <https://doi.org/10.1080/17457300.2016.1232274>
5. Aziz, H. A., Ukkusuri, S. V., & Hasan, S. (2013). Exploring the determinants of pedestrian-vehicle crash severity in New York City. *Accident Analysis & Prevention*, 50, 1298-1309. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2012.09.034>
6. Bagloee, S. A., & Asadi, M. (2016). Crash analysis at intersections in the CBD: A survival analysis model. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 94, 558-572. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2016.10.019>
7. Cabrera-Arnau, C., Prieto Curiel, R., & Bishop, S. R. (2020). Uncovering the behaviour of road accidents in urban areas. *Royal Society open science*, 7(4), 191739. <https://doi.org/10.1098/rsos.191739>
8. Campos Villalobos, G., & López Castillo, C. (2008). Patologías mentales derivadas de los accidentes de tránsito. *Medicina Legal de Costa Rica*, 25(2), 27-34. https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S1409-00152008000200003&script=sci_arttext
9. Cerwick, D. M., Gkritza, K., Shaheed, M. S., & Hans, Z. (2014). A comparison of the mixed logit and latent class methods for crash severity analysis. *Analytic Methods in Accident Research*, 3, 11-27. <https://doi.org/10.1016/j.amar.2014.09.002>
10. Chen, Z., & Fan, W. D. (2019). A multinomial logit model of pedestrian-vehicle crash severity in North Carolina. *International journal of transportation science and technology*, 8(1), 43-52. <https://doi.org/10.1016/j.ijtst.2018.10.001>
11. Damsere-Derry, J., Ebel, B. E., Mock, C. N., Afukaar, F., & Donkor, P. (2010). Pedestrians' injury patterns in Ghana. *Accident Analysis & Prevention*, 42(4), 1080-1088. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2009.12.016>

12. Danilevičius, A., Bogdevičius, M. (2020). Impact of Road Traffic Accidents on the Dynamics of Traffic Flows. In: Varhelyi, A., Žuraulis, V., Prentkovskis, O. (eds) Vision Zero for Sustainable Road Safety in Baltic Sea Region. VISZERO 2018. Lecture Notes in Intelligent Transportation and Infrastructure. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-22375-5_10
13. de Rus-Mendoza, G., Campos, J., & Nombela, G. (2003). Economía del transporte. Antoni Bosch editor.
14. Dommès, A., Cavallo, V., Dubuisson, J. B., Tournier, I., & Vienne, F. (2014). Crossing a two-way street: comparison of young and old pedestrians. *Journal of safety research*, 50, 27-34. <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2014.03.008>
15. Elvik, R. (2005). Speed and road safety: synthesis of evidence from evaluation studies. *Transportation Research Record*, 1908(1), 59-69. <https://doi.org/10.1177/0361198105190800108>
16. Etehad, H., Yousefzadeh-Chabok, S. H., Davoudi-Kiakalaye, A., Moghadam, D. A., Hemati, H., & Mohtasham-Amiri, Z. (2015). Impact of road traffic accidents on the elderly. *Archives of gerontology and geriatrics*, 61(3), 489-493. <https://doi.org/10.1016/j.archger.2015.08.008>
17. Gomes, S. V. (2013). The influence of the infrastructure characteristics in urban road accidents occurrence. *Accident Analysis & Prevention*, 60, 289-297. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2013.02.042>
18. Gómez-Restrepo, C., Quitian, H., Maldonado, P., Naranjo-Lujan, S., Rondón, M., Acosta, A., ... & Saavedra, M. Á. (2014). Costos directos de atención médica de accidentes de tránsito en Bogotá DC. *Revista de Salud Pública*, 16, 673-682. <http://dx.doi.org/10.15446/rsap.v16n5.44080>
19. Gorea, R. K. (2016). Financial impact of road traffic accidents on the society. *International Journal of Ethics, Trauma & Victimology*, 2(01), 6-9. <https://doi.org/10.18099/ijetv.v2i1.11129>
20. Guzmán, L. A., Oviedo, D., & Bocarejo, J. P. (2016). City profile: the Bogotá metropolitan area that never was. *Cities*, 60, 202-215. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2016.09.004>

21. Hakim, S., Shefer, D., Hakkert, A. S., & Hocherman, I. (1991). A critical review of macro models for road accidents. *Accident Analysis & Prevention*, 23(5), 379-400. [https://doi.org/10.1016/0001-4575\(91\)90058-D](https://doi.org/10.1016/0001-4575(91)90058-D)
22. Haleem, K., Alluri, P., & Gan, A. (2015). Analyzing pedestrian crash injury severity at signalized and non-signalized locations. *Accident Analysis & Prevention*, 81, 14-23. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2015.04.025>
23. Hasanat-E-Rabbi, S., Raihan, M. A., Mahmud, S. S., & Hoque, M. S. (2022). Pedestrian injury outcomes in the developing urban metropolis: Econometric models for assessing risk factors. *IATSS research*, 46(2), 269-280. <https://doi.org/10.1016/j.iatssr.2022.01.002>
24. Herd, D. R., Agent, K. R., & Rizenbergs, R. L. (1980). Traffic accidents: day versus night. *Transportation research record*, 753, 25-30. <http://dx.doi.org/10.13023/KTC.RR.1980.545>
25. Jansson, J. O. (1994). Accident externality charges. *Journal of transport Economics and Policy*, 31-43. <http://www.jstor.org/stable/20053022>
26. Jiménez-Mejías, E., Martínez-Ruiz, V., Amezcua-Prieto, C., Olmedo-Requena, R., de Dios Luna-del-Castillo, J., & Lardelli-Claret, P. (2016). Pedestrian-and driver-related factors associated with the risk of causing collisions involving pedestrians in Spain. *Accident Analysis & Prevention*, 92, 211-218. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2016.03.021>
27. Li, J., & Zhao, Z. (2022). Impact of COVID-19 travel-restriction policies on road traffic accident patterns with emphasis on cyclists: a case study of New York City. *Accident Analysis & Prevention*, 167, 106586. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2022.106586>
28. Li, S., Linn, J., & Muehlegger, E. (2014). Gasoline taxes and consumer behavior. *American Economic Journal: Economic Policy*, 6(4), 302-342. DOI: 10.1257/pol.6.4.302
29. Li, Y., & Fan, W. (2020). Modelling the severity of pedestrian injury in pedestrian–vehicle crashes in North Carolina: A partial proportional odds logit model approach. *Journal of Transportation Safety & Security*, 12(3), 358-379. <https://doi.org/10.1080/19439962.2018.1483989>

30. Mangones, S. C., Fischbeck, P., & Jaramillo, P. (2017). Safety-related risk and benefit-cost analysis of crash avoidance systems applied to transit buses: Comparing New York City vs. Bogota, Colombia. *Safety science*, 91, 122-131. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2016.08.003>
31. Masilkova, M. (2017). Health and social consequences of road traffic accidents. *Kontakt*, 19(1), e43-e47. <https://doi.org/10.1016/j.kontakt.2017.01.007>
32. Mayou, R., Bryant, B., & Duthie, R. (1993). Psychiatric consequences of road traffic accidents. *British Medical Journal*, 307(6905), 647-651. <https://doi.org/10.1136/bmj.307.6905.647>
33. Mishan, E. J. (1971). Evaluation of life and limb: a theoretical approach. *Journal of Political Economy*, 79(4), 687-705. <https://www.journals.uchicago.edu/doi/abs/10.1086/259784>
34. Montes, S. A., & Ledesma, R. D. (2021). Estrés postraumático luego de siniestros viales: una revisión sistemática. *Terapia psicológica*, 39(1), 103-122. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-48082021000100103>
35. Mphela, T. (2020). Causes of road accidents in Botswana: An econometric model. *Journal of Transport and Supply Chain Management*, 14(1), 1-8. <https://hdl.handle.net/10520/ejc-jtscm-v14-n1-a14>
36. NHTSA. (2020). Exceso de velocidad. <https://www.nhtsa.gov/es/conducir-de-forma-riesgosa/exceso-de-velocidad>
37. Organización mundial de la salud. (2021, 21 junio). *Traumatismos causados por el tránsito*. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/road-traffic-injuries>
38. Parry, I. W. H., Walls, M., & Harrington, W. (2007). Automobile externalities and policies. *Journal of economic literature*, 45(2), 373-399. DOI: 10.1257/jel.45.2.373
39. Pour, A. T., Moridpour, S., Tay, R., & Rajabifard, A. (2016). A partial proportional odds model for pedestrian crashes at mid-blocks in Melbourne metropolitan area. In *MATEC web of conferences* (Vol. 81, p. 02020). EDP Sciences. <https://doi.org/10.1051/mateconf/20168102020>

40. Pour-Rouholamin, M., & Zhou, H. (2016). Investigating the risk factors associated with pedestrian injury severity in Illinois. *Journal of safety research*, 57, 9-17. <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2016.03.004>
41. Rolison, J. J., Regev, S., Moutari, S., & Feeny, A. (2018). What are the factors that contribute to road accidents? An assessment of law enforcement views, ordinary drivers' opinions, and road accident records. *Accident Analysis & Prevention*, 115, 11-24. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2018.02.025>
42. Sagberg, F. (1999). Road accidents caused by drivers falling asleep. *Accident Analysis & Prevention*, 31(6), 639-649. [https://doi.org/10.1016/S0001-4575\(99\)00023-8](https://doi.org/10.1016/S0001-4575(99)00023-8)
43. Santos, G., Behrendt, H., Maconi, L., Shirvani, T., & Teytelboym, A. (2010). Part I: Externalities and economic policies in road transport. *Research in transportation economics*, 28(1), 2-45. <https://doi.org/10.1016/j.retrec.2009.11.002>
44. Su, Z., Woodman, R., Smyth, J., & Elliott, M. (2023). The relationship between aggressive driving and driver performance: A systematic review with meta-analysis. *Accident Analysis & Prevention*, 183, 106972. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2023.106972>
45. Sun, M., Sun, X., & Shan, D. (2019). Pedestrian crash analysis with latent class clustering method. *Accident Analysis & Prevention*, 124, 50-57. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2018.12.016>
46. Theofilatos, A., & Yannis, G. (2014). A review of the effect of traffic and weather characteristics on road safety. *Accident Analysis & Prevention*, 72, 244-256. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2014.06.017>
47. Tulu, G. S., Washington, S., Haque, M. M., & King, M. J. (2017). Injury severity of pedestrians involved in road traffic crashes in Addis Ababa, Ethiopia. *Journal of Transportation Safety & Security*, 9(sup1), 47-66. <https://doi.org/10.1080/19439962.2016.1199622>
48. Uddin, M., & Ahmed, F. (2018). Pedestrian injury severity analysis in motor vehicle crashes in Ohio. *Safety*, 4(2), 20. <https://doi.org/10.3390/safety4020020>
49. Zou, X., & Yue, W. L. (2017). A bayesian network approach to causation analysis of road accidents using netica. *Journal of advanced transportation*, 2017. <https://doi.org/10.1155/2017/2525481>

