



**Análisis de la siniestralidad vial en Bogotá en  
prepandemia (2019), empleando simulación Monte  
Carlo y datos abiertos**

***Analysis of Road Accidents in Bogotá Before the  
Pandemic (2019), Using Monte Carlo Simulation and  
Open Data***

**JULIO F. OCHOA RODRIGUEZ\***

Universidad Distrital Francisco José de Caldas  
Colombia

**MARITZA E. SABOGAL BARBOSA\*\***

Fundación Universitaria San Mateo  
Colombia

**MARÍA E. ROYET\*\*\***

Universidad Distrital Francisco José de Caldas  
Colombia

**DANA V. CALLEJAS\*\*\*\***

Universidad Distrital Francisco José de Caldas  
Colombia

**PAULA A. CONTRERAS\*\*\*\*\***

Universidad Distrital Francisco José de Caldas  
Colombia

---

\*jfochoar@udistrital.edu.co

 <https://orcid.org/0000-0002-2904-5961>

\*\*direccion.sst@sanmateo.edu.co

 <https://orcid.org/0009-0007-8126-6247>

\*\*\*meroyeta@udistrital.edu.co

\*\*\*\*dvcallegasm@udistrital.edu.co

\*\*\*\*\*pauacontrerasm@udistrital.edu.co

**Artículo de investigación**

**Recepción:** 18 de marzo de 2024

**Aceptación:** 30 de julio de 2024

<https://doi.org/10.52948/mare.v6i2.1223>

**Cómo citar este artículo:** J. Ochoa Rodríguez, M. Sabogal Barbosa, M. Royet, D. Callejas, y P. Contreras, «Análisis de la siniestralidad vial en Bogotá en prepandemia (2019), empleando simulación Monte Carlo y datos abiertos», mare, vol. 6, n.º 2, oct. 2025.

Reconocimiento-SinObraDerivada 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND)

**Resumen:** Este artículo aborda la problemática de la accidentalidad vial en la ciudad de Bogotá, Colombia, utilizando la simulación Monte Carlo para analizar datos abiertos de siniestralidad vial del año 2019, método estadístico utilizado para modelar el comportamiento de sistemas complejos con base en escenarios aleatorios. Se destaca la distribución uniforme y discreta de accidentes a lo largo de los meses y días de la semana y los resultados evidencian la necesidad de implementar medidas integrales de seguridad vial para mitigar las fatalidades y lesiones. Se identifican los usuarios viales más afectados y los tipos de vehículos involucrados. Este enfoque contribuye a comprender mejor la dinámica de los accidentes de tránsito en el año previo a la pandemia por covid-19 y proporciona un marco para contrastar el desarrollo de políticas e indicadores de accidentalidad vial en entornos urbanos

posterior a esta emergencia económica social y sanitaria.

**Palabras clave:** accidentes viales; Bogotá; simulación de Monte Carlo; salud pública; seguridad vial.

**Abstract:** This article examines road accidents in the city of Bogotá, Colombia, using Monte Carlo simulation to analyze open data from 2019. This statistical method models the behavior of complex systems through random scenarios. The study shows how accidents distribute uniformly and discretely across months and days of the week. The results emphasize the need to implement comprehensive road safety measures to reduce fatalities and injuries. It identifies the most affected road users and the types of vehicles involved. This approach improves understanding of traffic accident dynamics in the year before the COVID-19 pandemic and

provides a framework to compare the development of road accident policies and indicators in urban environments after this economic, social, and health crisis.

**Keywords:** Traffic collision; Bogotá; Monte Carlo method; public health; road safety.

## Introducción

La accidentalidad vial constituye un gran problema de salud pública [1]. Cada año se presentan aproximadamente 1.19 millones de muertes por accidentes de tránsito en el mundo [2]. La siniestralidad vial presenta un alto costo para los países [3]. Esta problemática es fuente de estudio actual y tiene un espacio dentro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) donde se ha prorrogado la meta de reducción a la mitad del número de víctimas mortales y heridos graves en accidentes de tráfico hasta 2030. [4]

En la región de las Américas, los siniestros viales causan la muerte de aproximadamente 154.089 personas por año, lo cual significa el 12% de muertes a causa de accidentes de tránsito en el mundo [5]. Esta cifra permite poner la lupa en países latinoamericanos donde la brecha en seguridad vial es notoria [6]. Aspectos como las carreteras, sistemas de semáforos, seguro de los vehículos y la cultura de conducción son más deficientes; de ahí que sea necesario estudiar con más detalle las estadísticas de estas dinámicas. [7]

Los actores viales más afectados son los peatones, los motociclistas y los ciclistas, de los cuales la mayoría son víctimas fatales a causa del tránsito en todas las subregiones excepto Norteamérica, donde los ocupantes de los automóviles son las principales víctimas. [6]

En Colombia la tasa de fallecimiento por accidentes de tránsito es de 14 por cada 100.000 habitantes. Esto representa una cifra ligeramente inferior a la del resto de Latinoamérica (18). Sin embargo, es relevante destacar que los organismos de control en Perú y Chile han desarrollado una mayor trayectoria en materia de seguridad vial en comparación con Colombia. Esta diferencia se refleja en una cultura más sólida en torno a la seguridad vial en los dos países mencionados. [8]

En 2021, se registraron 7270 víctimas fatales por accidentes de tránsito en el país, lo que representa un incremento del 33% en comparación con 2020. Este aumento se atribuye a las restricciones de movilidad impuestas durante la pandemia en 2020. Cabe destacar que los accidentes fueron más severos, ya que la disminución del tráfico vehicular llevó a que las personas condujeran a mayores velocidades. [9], [10]

Particularmente en Bogotá, cada 5.6 minutos ocurre un accidente de tránsito, cifra que supera las registradas en años anteriores, con 5458 muertes en 2020 y 6633 en 2019. [11]

En este contexto, en Bogotá existen varias formas de estudiar el comportamiento de dicha problemática, entre ellas a través de los Anuarios de Siniestralidad Vial, así como las estadísticas proporcionadas por la Secretaría Distrital de Movilidad. Sin embargo, la información y los datos abiertos proporcionados son dispersos y diversos lo cual aumenta el sesgo entre cifras y análisis.

Una de las formas para el estudio y la comprensión del fenómeno de los datos abiertos sobre siniestralidad vial es a través de la técnica de simulación numérica llamada Monte Carlo [12], un método alternativo que simula una cantidad  $n$ -ésima de diferentes soluciones (escenarios). Cada solución tiene valores distintos para los parámetros que pueden fluctuar, los cuales deben ser elegidos dentro de los límites impuestos por nuestro conocimiento del problema, asegurando que sean todos perfectamente posibles. [13]

El caso de Bogotá constituye un escenario amplio y significativo para analizar la accidentalidad en el ámbito urbano. Como capital del país esta ciudad atrae la atención de dirigentes, académicos e investigadores debido a su densidad poblacional, infraestructura vial y complejidad en la movilidad [14]. Estudiar la seguridad vial en Bogotá puede proporcionar importantes enseñanzas y enfoques que podrían aplicarse en otros contextos geográficos con desafíos semejantes [15]. La experiencia y los datos recopilados en Bogotá pueden contribuir

a la formulación de políticas y acciones preventivas para reducir los accidentes de tránsito en otras ciudades y regiones.

La estructura del documento está compuesta por cuatro secciones. La primera abarca la introducción, la segunda expone los materiales y métodos empleados; la tercera los resultados (tomados del software libre R) acompañados de la discusión. La última lista las conclusiones y recomendaciones generales.

## **Metodología**

Para el desarrollo de este estudio se realizaron las siguientes tres fases:

### *Recopilación y Revisión de Datos Abiertos*

En esta fase se procedió a la recopilación de bases de datos sobre accidentalidad vial, siniestros viales, actores viales, condición del actor vial, entre otros; en diferentes fuentes oficiales del distrito. Las fuentes más confiables para esta búsqueda fueron la Secretaría Distrital de Movilidad [16], la Alcaldía Mayor de Bogotá [17], ArcGIS Hub [18], Ministerio de Transporte [19], Agencia Nacional de Seguridad Vial [20], entre otras.

El año seleccionado para este estudio fue 2019 debido a que el año 2020, que marcó el inicio de la pandemia por covid-19, presenta datos atípicos o inusuales que no proporcionan un panorama real de la accidentalidad en Bogotá en comparación con los años anteriores debido

al confinamiento o medidas drásticas para controlar el contagio por covid-19. Al centrarse en 2019 se puede obtener una visión representativa y establecer comparaciones significativas con otros períodos pospandemia.

Finalmente, se organizó un registro de datos en Microsoft Excel donde se detallan cinco secciones: *siniestros viales* entendidos como hechos de tránsito que resultan en daños materiales, lesiones o fallecimientos; *actor vial* que responde a usuarios de la vía en su rol de conductor, pasajero, peatón, ciclista o motociclista; *vehículos* entendidos como automóviles, motocicletas, bicicletas, camiones y autobuses; *hipótesis* entendidas como suposiciones o teorías iniciales sobre las causas del evento vial no deseado y basadas en evidencia como huellas de frenado, testigos o condiciones del ambiente; por último, *diccionario* corresponde al conjunto de términos y definiciones utilizados en normativa.

#### *Selección del Material y Caracterización de la Población*

Para el desarrollo del análisis de los datos, se seleccionó como material a emplear el software libre de procesamiento y análisis de datos R, debido al acceso sin restricciones de sus paquetes y librerías de trabajo, la practicidad de su interfaz y la potencia en el análisis de datos para la construcción de modelos estadísticos.

[21]

En el contexto de la investigación sobre siniestralidad vial se tomó como punto de partida el reporte de siniestralidad vial de 2019. Este reporte se divide en cinco secciones, siendo las más relevantes para nuestro análisis las relacionadas con siniestros, actores viales y vehículos. De ahí que, utilizando el software R se exportaron estas tres secciones y se unieron mediante el identificador (ID) del código de accidente y la fecha en que ocurrieron los siniestros. Luego se realizó una caracterización de la población de estudio donde se relacionaron variables importantes, por ejemplo, sexo, edad y estado del vinculado con el accidente; con el fin de determinar cuáles son las características que describen a los actores viales involucrados en la siniestralidad registrada en Bogotá en el año 2019.

#### *Elección de los Métodos*

Para abordar el fenómeno de la siniestralidad se excluyeron los vehículos que no tenían registros en general y que son considerados en fuga. Posteriormente, se realizó un análisis sobre la población general afectada por los accidentes.

A continuación, se aplicó un análisis de Pareto para evaluar la función de acumulación empírica de accidentes según la clase de vehículos, identificando cuáles tipos están más involucrados en los siniestros. Además, se clasificó cada vehículo en registros separados para analizar la distribución del número de accidentes por mes y día de la semana.

Posteriormente, se llevó a cabo una prueba de asociación chi-cuadrado utilizando los resultados del análisis de Pareto. Esta prueba comparó las frecuencias relativas esperadas con las observadas, proporcionando información relevante sobre la relación entre las variables.

Finalmente, se seleccionó la función de distribución que mejor describe el comportamiento de los datos, empleando como parámetros previos los obtenidos directamente de la observación de estos y se procedió a realizar una simulación Monte Carlo. Esta elección se basó en la capacidad de la simulación para modelar escenarios complejos y obtener resultados robustos mediante múltiples iteraciones [22]. Se tomaron dos tamaños de muestra distintos para la simulación (10.000 y 100.000) con el fin de evaluar la capacidad predictiva de la simulación.

## Resultados

Del conjunto de datos se registraron 34.438 accidentes, en los cuales se vieron implicados 69.823 agentes, principalmente conductores (74.49%), motociclistas (14.04%), pasajeros o acompañantes (7.65%) y ciclistas (3.82%). Cabe mencionar que no se incluyeron aquellos accidentes donde los vehículos se registraron como en fuga, ya que no se contaba con datos respecto a los implicados.

Inicialmente, se caracterizó esta población empleando variables como sexo, grupo de edad, estado, condición y clase de vehículo. Se

encontró que el 15.83% de los implicados eran mujeres y el 84.17% hombres. Al relacionar el sexo con los grupos de edad (Tabla 1) se observó que no había diferencias significativas en términos proporcionales, ya que la concentración de accidentalidad tanto en hombres como en mujeres se ubicó entre los 21 y 40 años.

TABLA 1  
DISTRIBUCIÓN DEL SEXO RESPECTO AL GRUPO DE EDAD

| RANGO DE EDAD | 0-10 | 11-20 | 21-30 | 31-40 | 41-50 | 51-60 | 61-70 | 71-80 | 81-90 | 91-100 |
|---------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| FEMENINO      | 1.86 | 7.93  | 27.96 | 25.71 | 18.26 | 11.27 | 5.15  | 1.47  | 0.35  | 0.05   |
| MASCULINO     | 0.39 | 4.97  | 29.21 | 26.84 | 18.50 | 13.58 | 5.17  | 1.18  | 0.14  | 0.03   |

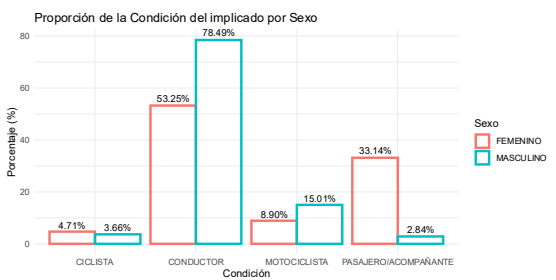
De igual manera, considerando el sexo como un factor diferenciador en la proporción de accidentados (Gráfica 1), se observó que más del 90% de los hombres vinculados en un accidente eran conductores o motociclistas, mientras que el 86.39% de las mujeres eran conductoras o pasajeras/acompañantes.

Al asociar la condición del implicado con su estado dentro del siniestro (Tabla 2), se detalló que el 76.91% del total de heridos correspondían a motociclistas y/o pasajeros acompañantes; mientras que el 92.28% de los ilesos eran conductores y más del 50% de los fallecidos motociclistas. En este sentido, se percibió que en un siniestro el mayor impacto lo recibían los motociclistas, seguidos por los ciclistas y, en tercer lugar, los pasajeros y/o acompañantes.

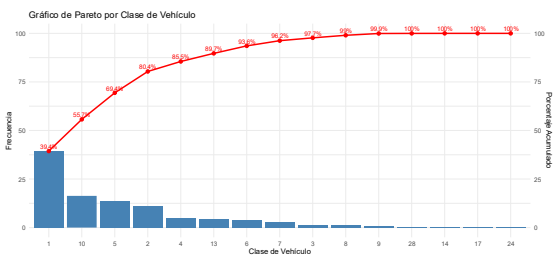
TABLA 2  
 CONTINGENCIA ENTRE LA CONDICIÓN Y EL ESTADO  
 DEL IMPLICADO EN EL SINIESTRO

| CONDICIÓN            | HERIDO | ILESO | MUERTO |
|----------------------|--------|-------|--------|
| CICLISTA             | 14.37  | 0.92  | 25.57  |
| CONDUCTOR            | 8.72   | 92.28 | 3.82   |
| MOTOCICLISTA         | 40.62  | 6.80  | 52.67  |
| PASAJERO/ACOMPANANTE | 36.29  | 0.00  | 17.94  |

Una vez analizado el aspecto sociodemográfico resultó importante visualizar si la frecuencia de accidentalidad por clase de vehículo era uniformemente proporcional o si existían clases de vehículo en particular que concentraban una mayor accidentalidad. Para ello, se construyó un gráfico de Pareto por clase de vehículo (Gráfica 2).



Gráfica 1. Proporción de la condición del implicado por sexo.



Gráfica 2. Gráfico de Pareto por clase de vehículo.

En la Gráfica 2 se observaron dos aspectos importantes: las barras indicaban la frecuencia relativa porcentual para cada una de las clases de vehículos implicados en siniestros, mientras que la línea roja mostraba el porcentaje de frecuencia acumulada. Al detallar solo la línea

de frecuencia acumulada se observó que las primeras cinco clases de vehículos: automóvil, motocicleta, camioneta, bus y camión furgón (1, 10, 5, 2, 4, respectivamente), acumulaban el 85.5% de la accidentalidad en 2019.

Consecuentemente, se planteó analizar el comportamiento de la accidentalidad de cada una de estas clases de vehículos por día de la semana y por meses del año.

*Comportamiento de la Accidentalidad de la Clase de Vehículo: Automóvil*

Al analizar la accidentalidad de los automóviles por meses del año, se tomó la frecuencia absoluta del total de automóviles por mes y se construyó un gráfico de Pareto.

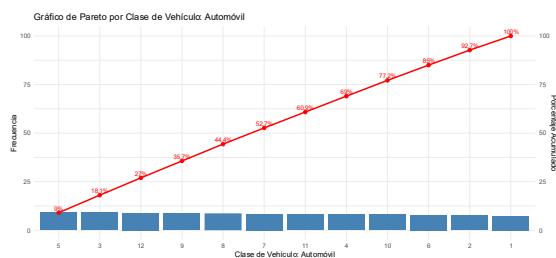
Como se observa en la Gráfica 3, no existe una curva de acumulación significativa, es decir, no hay meses del año que representen una mayor accidentalidad en relación con el resto. En principio, la curva de acumulación describe una función de distribución constante o uniforme. Para probar este hecho, es decir, para comprobar que todos los meses del año presentan igualdad en las frecuencias absolutas de la accidentalidad de automóviles, se planteó una prueba de asociación chi-cuadrado sobre la frecuencia relativa (proporción “p”) con las siguientes hipótesis:

$$H_0: p_i \sim \frac{1}{12}$$

$$H_1: p_i \sim \frac{1}{12}$$

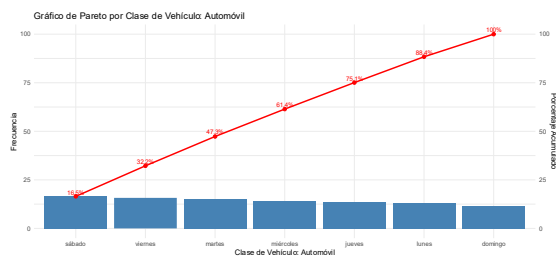
Donde  $i = 1, \dots, 12$  indica los meses del año.

Tras la evaluación, se obtuvo un  $p - valor = 1$ , lo que indica que, bajo cualquier nivel de significancia, la proporción o frecuencia relativa para cada mes del año es estadísticamente idéntica. Por lo tanto, se concluye que la expectativa de accidentes en automóviles para el mes de junio de 2019 es estadísticamente igual a la del mes de diciembre del mismo año.



Gráfica 3. Gráfico de Pareto por clase de vehículo: automóvil por mes del año.

Este mismo proceso se realizó para los días de la semana donde se obtuvo la Gráfica 4.



Gráfica 4. Gráfico de Pareto por clase de vehículo: automóvil por semana.

Aunque en la Gráfica 4 los viernes y sábados aparentemente presentan una mayor frecuencia de accidentalidad, la curva de la frecuencia acumulada muestra exactamente el mismo comportamiento que en la evaluación anterior. Por lo tanto, se procedió a aplicar una prueba de asociación chi-cuadrado para analizar si la proporción o frecuencia relativa de accidentalidad de los automóviles es uniforme entre los días de la semana. El sistema de hipótesis probado es:

$$H_0: p_i \sim \frac{1}{7}$$

$$H_1: p_i \sim \frac{1}{7}$$

Donde  $i = 1, \dots, 7$  indica los días de la semana.

Tras la evaluación se obtuvo un  $p - valor = 0.9802$ . Por lo tanto, se concluye que bajo cualquier nivel de significancia la proporción o frecuencia relativa para cada día de la semana es estadísticamente idéntica.

En consecuencia, se dedujo que tanto los meses del año como los días de la semana poseen una distribución uniforme discreta. Además, al evaluar de manera particular cada una de las cuatro clases restantes de vehículos con mayor accidentalidad para los mismos periodos (meses y semanas), se llegó a la misma conclusión: una distribución uniforme.

Ahora, como las cinco clases de vehículos presentan la misma distribución, pero con diferentes parámetros, se tomó como caso particular a los automóviles para caracterizar de manera completa el comportamiento de su accidentalidad por meses del año. Esta caracterización se abordó en términos probabilísticos utilizando el método de simulación Monte Carlo para una función de distribución uniforme discreta con los siguientes parámetros:

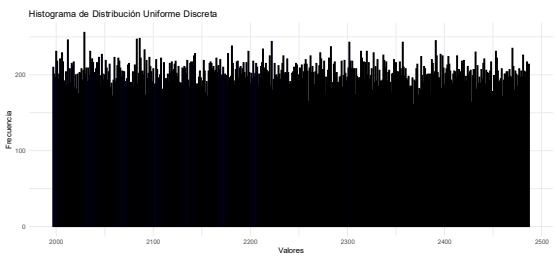
$$n = 10000$$

$$Mín = 1997$$

$$Máx = 2487$$

Donde  $n$  corresponde al tamaño de muestra a generar,  $Mín$  y  $Máx$  representan la frecuencia absoluta mínima y máxima de accidentalidad para automóviles en los meses del año, respectivamente.

Para asegurar la reproducibilidad de los resultados, se escogió una semilla aleatoria (123) para fijar la muestra. A su vez, el histograma de la distribución de la muestra generada se presenta en la Gráfica 5.



Gráfica 5. Histograma de distribución uniforme discreta.

Dado que se cuenta con 10.000 muestras aleatorias, sin ningún grado de correlación entre ellas, se pueden explorar diversas estadísticas descriptivas (Tabla 3).

TABLA 3  
ESTADÍSTICAS DESCRIPTIVAS DE LA  
ACCIDENTALIDAD

| ESTADÍSTICAS   | DESCRIPTIVAS |
|----------------|--------------|
| MÍN            | 1997         |
| PRIMER CUARTIL | 2120         |
| MEDIANA        | 2240         |
| MEDIA          | 2241         |
| TERCER CUARTIL | 2365         |
| MÁX            | 2487         |
| DESV. ESTÁNDAR | 141.973      |

Al evaluar las medidas de tendencia central (media y mediana) se observó que la media de la muestra tenía un margen de error del 2.3% en comparación con la media de la frecuencia absoluta real (2292.5). Para la mediana, el margen de error fue del 1.4%. Esto indica que los valores generados aleatoriamente son muy cercanos a los valores reales. Al aumentar el tamaño de la muestra a 100.000, el error porcentual para la media y la mediana se redujo a 2.2% y 1.3%, respectivamente. En consecuencia, se espera que al aumentar el tamaño de la muestra se reduzca aún más el porcentaje de error.

En general, los resultados para los días de la semana son similares, así como para cada clase de vehículo: la distribución uniforme discreta en comparación con otras distribuciones de masa carece de propiedades probabilísticas.

Esto quiere decir que los patrones de accidentalidad se distribuyeron de manera uniforme a lo largo del año y la semana, sin concentraciones significativas en períodos específicos.

## Conclusiones

La simulación Montecarlo es una herramienta adecuada para analizar la accidentalidad vial dado que permite modelar la incertidumbre y la variabilidad de los factores que contribuyen a los siniestros de tránsito, esto se alimentó con datos abiertos sobre siniestralidad vial en Bogotá. Esta perspectiva no solo implica el procesamiento estadístico, sino también la conexión sistemática y automática de cada uno de los actores viales y las condiciones de los accidentes de tráfico, el tipo de vehículo y el rol en el uso de la vía para mejor análisis y visualización de los resultados.

El análisis de los datos de accidentalidad en Bogotá para el año 2019 reveló que la mayoría de los accidentes involucraron a conductores (74.49%), seguidos por motociclistas (14.04%), pasajeros (7.65%) y ciclistas (3.82%). Además, los motociclistas y pasajeros son los más afectados en términos de lesiones y muertes, con un 76.91% de los heridos y más del 50% de los fallecidos. Estos hallazgos destacan la necesidad de implementar medidas específicas para mejorar la seguridad de estos grupos vulnerables.

La investigación demostró que la frecuencia de accidentes no varía significativamente a lo largo del año y con respecto a los días de la semana, lo que sugiere una distribución uniforme de los incidentes. Este patrón se observó no solo para los automóviles, sino también para otras clases de vehículos como motocicletas, camionetas, buses y camiones furgones. La uniformidad en la distribución indica que no hay períodos específicos con mayor riesgo de accidentes, lo cual tiene implicaciones importantes para la planificación de intervenciones preventivas que deben ser aplicadas de manera constante y no solo en ciertos momentos del año.

El uso de la simulación Monte Carlo permitió caracterizar probabilísticamente la accidentalidad de los automóviles, mostrando que las medidas de tendencia central (media y mediana) generadas a partir de la simulación eran muy cercanas a los valores reales. Esto valida la eficacia de este método para modelar y entender la distribución de los accidentes de tránsito. Además, al aumentar el tamaño de la muestra, se observó una reducción en el margen de error, lo que sugiere que una mayor cantidad de datos puede mejorar aún más la precisión de las predicciones y análisis de los datos.

Los hallazgos de esta investigación subrayan la necesidad de un enfoque continuo y sistemático en la implementación de medidas de seguridad vial. La simulación Monte Carlo proporcionan una base sólida para la formulación de políticas

y acciones preventivas. Estas políticas deben enfocarse en los grupos más vulnerables, como motociclistas y pasajeros; además, considerar la distribución uniforme de los accidentes para aplicar intervenciones de manera constante a lo largo del tiempo entendiendo el crecimiento del parque automotor y los usuarios vulnerables de la vía.

La accidentalidad vial constituye un problema de salud pública significativo, con alrededor de 1.19 millones de muertes anuales por accidentes de tránsito en todo el mundo. En la región de las Américas este problema es especialmente grave, con 154.089 muertes por año, lo que representa el 12% del total mundial. En Colombia, aunque la tasa de fallecimientos por accidentes de tránsito es ligeramente inferior a la media latinoamericana, es urgente de estudiar y contrastar la evolución y desempeño de la accidentalidad vial en periodos pospandemia para proponer políticas de mitigación y control.

## Referencias

- [1] J. Pérez-Rave, J. Carlos, C. Morales & F. González Echavarría, “Metodología para explorar datos abiertos de accidentalidad vial usando Ciencia de Datos,” *Ingeniare. Rev. Chil. Ing.*, vol. 27, no. 3, pp. 495-509, 2019.
- [2] OMS. (2024, dic. 13). “Traumatismos causados por el tránsito”. [Internet]. Disponible en <https://www.who.int/es/news-room/factsheets/detail/road-traffic-injuries>
- [3] Banco Mundial. (2018, enero 9). “Las muertes y lesiones causadas por accidentes de tránsito frenan el crecimiento económico de los países en desarrollo”. [Internet]. Disponible en <https://www.bancomundial.org/es/news/press-release/2018/01/09/road-deaths-and-injuries-hold-back-economic-growth-in-developing-countries>
- [4] Autopistas. (s.f.). “Objetivo 2030: reducir a la mitad las víctimas de la carretera”. [Internet]. Disponible en <https://www.autopistas.com/blog/objetivo-2030-reducir-a-la-mitad-las-victimas-de-la-carretera/>
- [5] OPS, *Informe sobre la situación de la seguridad vial en la Región de las Américas*, Washington D. C.: OPS, 2015.
- [6] OPS, *Implementación de medidas de seguridad vial prioritarias en América Latina y el Caribe*, Washington D. C.: OPS, 2023.
- [7] M. Pabón, *La accidentalidad vial en Colombia vista desde su sistema de licencias de conducción*, Bogotá: Universidad de los Andes, 2011.
- [8] Suramericana. (2022, feb. 14). “Principales causas de accidentalidad en Colombia”. [Internet]. Disponible en <https://segurossura.com/co/blog/movilidad/principales-causas-de-accidentalidad-en-colombia/>

- [9] F. Vargas, “Análisis de datos de accidentalidad vial de la ciudad de Bogotá a partir de datos abiertos y datos obtenidos desde redes sociales,” M.S. tesis, Univ. Nal. Co., Bogotá, Colombia, 2022. [Internet]. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/81571>
- [10] Motor. (2022, ene. 24). “7.270 muertos en accidentes de tránsito en 2021”. [Internet]. Disponible en [https://www.motor.com.co/seccion/industria/7270-muertos-en-accidentes-de-transito-en-2021\\_11537](https://www.motor.com.co/seccion/industria/7270-muertos-en-accidentes-de-transito-en-2021_11537)
- [11] Redacción Portal Bogotá. (2019, oct. 2). “La movilidad también está en tus manos: cada 5,6 minutos ocurre un accidente”. Secretaría de Movilidad Distrital. [Internet]. Disponible en <https://bogota.gov.co/mi-ciudad/movilidad/analisis-de-accidentes-viales-en-bogota-en-2019>
- [12] J. Inquilla-Mamani & O. M. Rodríguez-Limachi, “Análisis de riesgo mediante el método de simulación de Montecarlo aplicado a la inversión pública en el sector educativo peruano: el caso del departamento de Puno,” *Praxis*, vol. 15, no. 2, pp. 163-176, 2019.
- [13] A. Piñeiro, C. Molestina, B. Loo & M. SantaCruz, “Aplicación de la simulación Montecarlo en el cálculo de pronósticos de largo alcance, usando Excel,” *Lat. Am. J. Sci. Educ.*, vol. 6, 2019.
- [14] G. Barón, “Análisis del Agendamiento de la Accidentalidad Vial en el marco de la Política Pública de Seguridad Vial en Bogotá (2016 -2017),” Trabajo de grado, Univ. Externado de Col., Bogotá, Colombia 2020. [Internet]. Doi <https://doi.org/10.57998/bdigital.handle.001.3492>
- [15] J. Arriaga & G. Racines, “La educación en seguridad vial como mecanismo preventivo en la reducción de la accidentalidad vial en Santiago de Cali,” trabajo de grado, Univ. Coop. De Col., Bogotá, Colombia, 2019.
- [16] Secretaría de Movilidad. (2024, sep. 19). “El 42 % de los conductores en Bogotá excede los límites de velocidad”. [Internet]. Disponible en [https://www.movilidadbogota.gov.co/web/noticia/el\\_42\\_de\\_los\\_conductores\\_en\\_bogota\\_a\\_excede\\_los\\_limites\\_de\\_velocidad#:~:text=La%20Secretar%C3%ADa%20de%20Movilidad%20est%C3%A1,el%202024%20y%20el%202027.&text=Los%20an%C3%A1lisis%20de%20la%20Universidad,con%20una%20participaci%C3%B3n%20del%2012%20%25](https://www.movilidadbogota.gov.co/web/noticia/el_42_de_los_conductores_en_bogota_a_excede_los_limites_de_velocidad#:~:text=La%20Secretar%C3%ADa%20de%20Movilidad%20est%C3%A1,el%202024%20y%20el%202027.&text=Los%20an%C3%A1lisis%20de%20la%20Universidad,con%20una%20participaci%C3%B3n%20del%2012%20%25)
- [17] Secretaría General, *Plan estratégico de seguridad vial -PESV*, Bogotá: Alcaldía Mayor de Bogotá, 2020.
- [18] C. Muñoz. (2023, junio 7). “Vías Nacionales con Mayores Índices de Accidentalidad Vial”. ArcGIS Hub. [Internet]. Disponible en <https://hub.arcgis.com/apps/334c44fea899413ca8bd42da3e2a491e/explore>

- [19] T. Guerrero et al., *Accidentalidad vial. Determinación de sitios críticos y factores que la afectan*, Bogotá: Ecoe Ediciones, 2020.
- [20] ANSV, Fallecidos y lesionados por siniestros viales, *Boletín Estadístico Colombia*, enero-mayo 2023. [Internet]. Disponible en <https://ansv.gov.co/es/observatorio/publicaciones/boletin-estadistico-nacional-fallecidos-y-lesionados2023-3>
- [21] M. Fernández Lizana, “Advantages of R as a tool for data Analysis and Visualization in Social Sciences,” *Rev. Cien. de la UCSA*, vol. 7, no. 2, pp. 97-111, 2020.
- [22] C. Azofeifa, “Aplicación de la Simulación Monte Carlo en el cálculo del riesgo usando Excel,” *Tecnología en Marcha*, vol. 17, no. 1, 2004.