



Siniestros de tránsito en Ecuador (2020–2024): un análisis econométrico

**Acidentes de trânsito no Equador (2020–2024):
uma análise econométrica**

**Traffic accidents in Ecuador (2020–2024):
an econometric analysis**

Kevin Jovanny Cabrera Ocampo¹
Wilson Jair Ruales Romero²
Víctor Javier Garzón Montealegre³

RESUMEN

En el Ecuador, la siniestralidad de tránsito ha experimentado un crecimiento sostenido durante el periodo 2020–2024, lo que manifiesta una combinación de riesgos asociados tanto al comportamiento de los conductores como a las condiciones mecánicas del parque automotor. En este contexto, el objetivo de la investigación fue analizar econométricamente los determinantes de los siniestros de tránsito en Ecuador durante el período 2020–2024, empleando un modelo de regresión lineal múltiple. Para ello, el estudio implementó una investigación cuantitativa-explicativa y no experimental mediante un modelo de regresión lineal múltiple que usa información oficial del INEC. Las variables incorporadas al modelo fueron infracciones por exceso de velocidad, consumo de alcohol y drogas, imprudencia del conductor y fallas mecánicas, además de que se comprobaron los supuestos del modelo mediante las pruebas de normalidad, heterocedasticidad, autocorrelación, multicolinealidad y especificación funcional. Los resultados confirman un alto poder explicativo, así como coeficientes positivos y significativos en todas las variables, donde se destacan los daños mecánicos como el determinante con mayor impacto marginal, seguido del uso de alcohol/drogas, la velocidad, y la imprudencia. A pesar de que el modelo cumple con la mayoría de supuestos, la revisión mediante la prueba RESET sugiere la posible omisión de variables relacionadas con infraestructura o efectos espaciales. Todo ello, confirma que efectivamente la siniestralidad responde a factores humanos y estructurales, lo que refuerza la necesidad de fortalecer controles mecánicos, educación vial y estrategias preventivas.

Palabras clave: Siniestralidad de tránsito, determinantes econométricos, fallas mecánicas, comportamiento del conductor.

RECIBIDO: 01/12/2025

ACEPTADO: 25/03/2026

PUBLICADO: 21/06/2026



Como citar: Cabrera, K.J., Ruales, W.J. y Garzón, V.J. (2026). Siniestros de tránsito en Ecuador (2020–2024): un análisis econométrico. *RAC: Revista Angolana de Ciências*, 8(1), e0801012
<https://doi.org/10.54580/R0801.12>

E-ISSN. 2664-259X

In Ecuador, road accident rates have experienced sustained growth during the 2020–2024 period, reflecting a combination of risks associated both with driver behavior and the mechanical conditions of the vehicle fleet. In this context, the objective of this research was to econometrically analyze the determinants of traffic accidents in Ecuador during the 2020–2024 period using a multiple linear regression model. To address this, the study implemented a quantitative–explanatory and non-experimental investigation using a multiple linear regression model based on official INEC data. The variables incorporated into the model included speeding violations, alcohol and drug consumption, driver recklessness, and mechanical failures. In addition, the assumptions of the model were tested using normality, heteroscedasticity, autocorrelation, multicollinearity, and functional specification tests. The results confirm a high explanatory power, as well as positive and significant coefficients for all variables, where mechanical damages stand out as the determinant with the largest marginal impact, followed by alcohol/drug use, speeding, and recklessness. Although the model meets most assumptions, the RESET test suggests the possible omission of variables related to infrastructure or spatial effects. Altogether, this confirms that accident rates indeed respond to both human and structural factors, reinforcing the need to strengthen mechanical inspections, road safety education, and preventive strategies.

Keywords: Road accident rates, econometric determinants, mechanical failures, driver behavior.

Resumo

No Equador, os acidentes de trânsito apresentaram crescimento contínuo no período de 2020 a 2024, refletindo uma combinação de riscos associados tanto ao comportamento dos condutores quanto às condições mecânicas da frota de veículos. Nesse contexto, o objetivo desta pesquisa foi analisar econometricamente os determinantes dos acidentes de trânsito no Equador durante o período de 2020 a 2024, utilizando um modelo de regressão linear múltipla. Para tanto, o estudo implementou uma investigação quantitativa-explicativa e não experimental, utilizando um modelo de regressão linear múltipla com dados oficiais do Instituto Nacional de Estatística e Censos (INEC). As variáveis incorporadas ao modelo foram infrações por excesso de velocidade, uso de álcool e drogas, negligência do condutor e falhas mecânicas. Além disso, as premissas do modelo foram verificadas por meio de testes de normalidade, heterocedasticidade, autocorrelação, multicolinearidade e especificação funcional. Os resultados confirmam um alto poder explicativo, bem como coeficientes positivos e significativos para todas as variáveis. Os danos mecânicos destacam-se como o determinante com maior impacto marginal, seguidos pelo consumo de álcool/drogas, velocidade e imprudência. Embora o modelo atenda à maioria das premissas, o teste RESET sugere a possível omissão de variáveis relacionadas à infraestrutura ou a efeitos espaciais. Tudo isso confirma que os acidentes de trânsito são de fato influenciados por fatores humanos e estruturais, reforçando a necessidade de aprimorar os controles mecânicos, a educação para a segurança viária e as estratégias de prevenção.

Palavras-chave: Acidentes de trânsito, determinantes econômicos, falhas mecânicas, comportamento do condutor.

Introducción

Los accidentes de tránsito constituyen uno de los principales problemas de salud pública y seguridad ciudadana en el Ecuador, dado el aumento sostenido registrado en el período 2020–2024. Este hecho ha causado no sólo un alto número de víctimas mortales y de heridos o lesionados, sino que también ha puesto manifestado la vulnerabilidad del sistema viario ecuatoriano ante factores humanos, mecánicos y contextuales que se encuentran interrelacionados de manera compleja. El ascenso de los siniestros, reportada por el INEC, plantea la necesidad de comprender con precisión sus determinantes para orientar la formulación de políticas públicas más efectivas.

A nivel internacional, la seguridad vial es considerada como un fenómeno multicausal, ya que concurre en ella una serie de elementos de carácter conductual, técnico y estructural. Entre los factores con mayor incidencia se encuentra el exceso de velocidad, el consumo de sustancias psicoactivas, la imprudencia del conductor y los fallos mecánicos del vehículo, que inciden de forma directa en la ocurrencia y gravedad de los accidentes. En este sentido, el análisis econométrico se convierte en una herramienta clave para valorar de manera precisa el peso relativo de cada determinante y obtener evidencia cuantitativa que permita predecir patrones de riesgo a partir de series históricas de datos.

Bajo esta perspectiva, el objetivo del estudio es analizar econométricamente los determinantes de los siniestros de tránsito en Ecuador durante el período 2020–2024, empleando un modelo de regresión lineal múltiple. Para ello, se utiliza información pública y se aplican técnicas estadísticas que permiten estimar la relación entre las variables explicativas seleccionadas y la siniestralidad vial. De igual manera, se busca generar evidencia empírica que contribuya al diseño de estrategias orientadas a la prevención, el control y el fortalecimiento de la educación vial en el país.

Panorama general de los siniestros de tránsito en Ecuador (2020–2024)

Ecuador ha experimentado un incremento sostenido y manifiesto de la accidentabilidad vial durante el periodo 2020 – 2024, convirtiéndose en uno de los principales motivos de morbilidad y mortalidad en el país. Según el Instituto Nacional de Estadística y Censos (2025), durante el cuarto trimestre de 2024 se produjeron 5.631 accidentes de tránsito, manifestando una variación del 1,62 % superior al mismo trimestre del año anterior. Las causas más comunes consistieron en la impericia e imprudencia del conductor (38,87 %), el exceso de velocidad (23,67 %), el alcohol y las drogas (6,23 %) y en una proporción del 1,10 % los daños mecánicos en los vehículos de los actores. Estas cuatro causas reúnen la mayor parte de los accidentes que se producen en el país y obteniendo el total de 20.614 víctimas, de las que 18.312 eran lesiones y 2.302 fueron casos mortales.

En lo que respecta al territorio, las provincias de Guayas y Pichincha acumularon el 43% aproximadamente de los decesos, lo cual indica la relación existente entre la densidad vehicular y los accidentes. De igual manera, la mortalidad nacional fue de 12,81 muertes de acuerdo a cada 100.000 habitantes y superó la meta preestablecida en el Plan Nacional de Desarrollo (12,66 muertes) lo que da cuenta del estancamiento de los progresos en apuntar la disminución de la mortalidad en las siniestralidades viales (Secretaría Nacional de Planificación, 2024).

Estos resultados son coincidentes con lo manifestado por Santillán (2024), quien afirma que la siniestralidad de tránsito en el Ecuador es un problema estructural que resulta de la integración de la dimensión humana, la mecánica y la contextual. El autor comenta que, entre 1998 y 2023, se presentaron 563.634 siniestros, 385.176 personas lesionadas y 47.060 personas muertas, cantidades que parecen mostrar un aumento progresivo durante las últimas dos décadas. Las provincias de Guayas y Pichincha tienen la mayor cantidad de casos, por otro lado, Chimborazo, Santo Domingo y Orellana tienen las tasas más elevadas de muertes (más de 22 muertes por cada 100.000 habitantes).

Determinantes principales de los siniestros viales

Los siniestros de tránsito constituyen un problema complejo de salud pública que generan muertes, lesiones y daños materiales; son el resultado de la interacción de componentes individuales como el conductor, el vehículo y el entorno vial (Zeng et al., 2024). La evidencia empírica indica que los siniestros no son la consecuencia de una única causa, sino a la convergencia de variables como las características sociodemográficas, los comportamientos de riesgo (entre ellos el exceso de velocidad, el consumo de alcohol y drogas como la imprudencia del conductor), las condiciones mecánicas de los vehículos y factores ambientales como el tipo de vía y las condiciones climáticas, los cuales influyen significativamente en la ocurrencia de accidentes (Endalew et al., 2024).

• Exceso de velocidad

La evidencia empírica sostiene que una velocidad inadecuada es uno de los factores con mayor capacidad determinante en la ocurrencia y gravedad de los siniestros de tráfico. Un estudio de corte longitudinal llevado a cabo en Nueva Zelanda entre 2015 y 2019 mostró que los conductores que recibieron varias infracciones por velocidad inadecuada tuvieron una probabilidad de sufrir un accidente grave en los tres años siguientes significativamente mayor respecto a los no infractores. En promedio, sobrepasar el límite en más de 15 km/h incrementa por más de diez veces el riesgo de sufrir un accidente en relación a los conductores que respetan la velocidad permitida (Walton & Hendy, 2024).

Desde un enfoque analítico, Torrão (2022) identifica, a partir de la revisión de 64 estudios empíricos, que variables como el límite de velocidad, la velocidad de impacto y la variación de velocidad (ΔV) son determinantes directos en la severidad de las lesiones, evidenciando que el incremento de la velocidad se asocia con mayores niveles de daño en los ocupantes. En el contexto ecuatoriano, los registros de la Agencia Nacional de Tránsito evidencian que, entre 2014 y 2019, el exceso de velocidad estuvo asociado a 37.577 siniestros de tránsito, lo que confirma su peso significativo dentro de la estructura causal de los accidentes en el país (Oviedo et al., 2025). Este hallazgo evidencia que no solo la velocidad inadecuada incrementa la energía del choque sino la capacidad de respuesta del conductor, de modo que aparece una relación directa entre velocidad inadecuada y fatalidad.

• Embriaguez o consumo de drogas

Las sustancias psicoactivas, de las que se destaca el alcohol, cannabis y fármacos sedantes, son un factor fundamental en el riesgo de accidentes de tráfico. La revisión sistemática llevada a cabo por Frumento et al. (2022) sobre los conductores en accidentes de trabajo (en el que hasta el 50% de los conductores implicados resultaron positivos a alguna sustancia, destacando el alcohol), concluyeron que el uso de drogas o fármacos perjudica las funciones psicomotoras, causa sedación y deteriora los procesos de toma de decisiones, en tanto que la probabilidad de accidente aumenta a grandes proporciones.

Desde un enfoque empírico, un estudio realizado en un centro de atención terciaria en Nepal identificó que el 12,19% de los pacientes involucrados en accidentes de tránsito conducían bajo los efectos del alcohol, evidenciando además la presencia de lesiones graves como traumatismos craneales y faciales en estos casos (Joshi et al., 2023). En el contexto ecuatoriano, el análisis jurídico y social desarrollado por Pinos et al. (2024) señala que un porcentaje considerable de los accidentes de tránsito en el país está asociado a la conducción bajo los efectos del alcohol, sustancias estupefacientes o psicotrópicas, lo que refleja la incidencia directa de la embriaguez en la ocurrencia de siniestros viales. Estos resultados evidencian que el consumo de sustancias no solo altera las capacidades cognitivas y motoras del conductor, sino que incrementa de manera significativa el riesgo y la gravedad de los accidentes.

- **Impericia e imprudencia del conductor**

La falta de destreza, la inobservancia de las normas y las conductas temerarias son causas frecuentes de los siniestros de tráfico. Möller et al. (2022), en un seguimiento de 12 años sobre más de 20000 conductores novatos, demostraron que una conducta más riesgosa (aventajamientos indebidos, conducción temeraria) está asociada con un riesgo de entre 2,25 y 3,28 veces más de tener siniestros, aun cuando controlaban la edad y la experiencia. El estudio reafirma que infracciones son una medida fiable del comportamiento de riesgo y que la imprudencia no sólo hace referencia a la falta de pericia técnica sino a una actitud hacia la desobediencia de la normativa de tráfico.

A nivel empírico, Zhang et al. (2023) evidencian que las conductas de riesgo y la violación de normas de tránsito se asocian significativamente con la ocurrencia de accidentes, reflejando que la toma de decisiones inadecuada y el bajo control conductual incrementan la probabilidad de siniestros. En el contexto ecuatoriano, la impericia e imprudencia del conductor se identifica como la principal causa de siniestros de tránsito. De manera específica, en un estudio local desarrollado en la provincia de Santo Domingo, se registraron comportamientos imprudentes como el cruce en semáforo en rojo (569 vehículos) y en ámbar (2.562 vehículos), lo que evidencia patrones claros de irrespeto a la normativa vial y su relación directa con la ocurrencia de accidentes (Alarcón et al., 2023). Estos hallazgos confirman que la impericia y la imprudencia del conductor constituyen un determinante clave en la siniestralidad vial, al reflejar conductas que incrementan directamente el riesgo de accidentes.

- **Daños mecánicos**

Los defectos mecánicos, aunque incidentes menos frecuentes que los errores humanos, son los que están detrás de la gravedad y la generación de accidentes. Adanu et al. (2024) indagaron en más de 15.000 accidentes mortales en Alabama, en donde los errores en frenos y neumáticos son responsables del 65 % de las contribuciones a los accidentes asociados con defectos mecánicos en los vehículos. Además, los vehículos de más de diez años son los que más deficitarios son por fallos mecánicos poniendo en riesgo la vida de sus ocupantes al estar asociados a colisiones con lesiones muy severas. En el mismo estudio, los errores mecánicos en el sistema de luces y en el sistema de dirección producen una exposición más alta a lesiones severas.

En el contexto ecuatoriano, las fallas mecánicas forman parte de la estructura causal de los siniestros de tránsito. Datos de la Agencia Nacional de Tránsito evidencian que, entre 2019 y 2023, estas registraron valores anuales que oscilan entre 102 y 184 siniestros, lo que confirma su presencia dentro de las causas identificadas a nivel nacional (Pazos & Simaluisa, 2024). Estos resultados evidencian que, aunque su frecuencia es menor en comparación con factores humanos, los daños mecánicos inciden directamente en la severidad de los accidentes, especialmente en contextos donde el parque automotor presenta deficiencias en mantenimiento y control técnico, consolidándose como un determinante relevante en la siniestralidad vial.

Planteamiento del Modelo de Regresión

En el análisis de la siniestralidad vial, la elección del modelo econométrico más adecuado es uno de los aspectos más relevantes puesto que depende de la naturaleza de la variable dependiente y de la estructura de los datos que tenemos. En este caso la literatura especializada ha utilizado ampliamente los modelos de conteo, como el modelo de Poisson y el modelo binomial negativo, debido a que los accidentes de tráfico suelen ser considerados como variables discretas expresadas en frecuencias o recuentos de accidentes (Hamdan et al, 2025). El modelo de Poisson asume que la media es igual a la varianza de la variable dependiente, aunque esta es una condición que rara vez se cumple en datos reales de siniestralidad, donde es frecuente la presencia de sobre dispersión (Sagamiko & Mbare, 2021).

Ante dicha limitación, el modelo binomial negativo se ha presentado como una alternativa más versátil, permitiendo relajar la hipótesis de igualdad entre la media y la varianza característico del modelo de Poisson al tiempo que incluye un término de heterogeneidad no observada que mejora el ajuste en presencia de sobre dispersión (Zhang et al., 2022). No obstante, ambos enfoques presentan ciertas limitaciones, como la exigencia del cumplimiento de supuestos distributivos concretos o la dificultad para la interpretación directa de los efectos marginales. Por otra parte, Champahom et al. (2023) en sus estudios han integrado modelos más avanzados, siendo los modelos binomiales negativos inflacionarios de ceros con efectos espaciales los cuales permiten captar correlación a nivel espacio entre las unidades de análisis. Estos últimos, sin embargo, requieren bases de datos más desagregadas y estructuras metodológicas más complejas.

En este contexto, y considerando las características de la información utilizada en la presente investigación, se opta por la aplicación de un modelo de regresión lineal múltiple. La elección queda justificada, dado que el análisis se realiza con datos agregados a nivel nacional del período 2020-2024, lo que permite trabajar la variable dependiente como una variable continua y estimando la existencia de relaciones lineales entre los determinantes de los siniestros. De igual manera, este enfoque ofrece una interpretación directa de los coeficientes estimados, permitiendo identificar con claridad la magnitud y dirección del efecto de cada variable explicativa sobre la siniestralidad vial (Mazón et al., 2020).

El estudio aplica un modelo de regresión lineal múltiple para estimar el efecto de las infracciones por exceso de velocidad, los casos positivos de alcohol y drogas, la imprudencia o impericia del conductor y las fallas mecánicas del vehículo sobre el total de siniestros de tránsito en el Ecuador durante el período 2020-2024. Esta decisión metodológica responde a la necesidad de identificar el peso relativo de cada determinante dentro de un enfoque explicativo y de interpretación directa de coeficientes, permitiendo cuantificar la incidencia marginal de cada factor y valorar su contribución al comportamiento de la siniestralidad vial en el país. Sipos et al. (2021) señalan que los

modelos econométricos son adecuados para el análisis de la relación entre la frecuencia de siniestralidad y los factores de riesgo, siempre y cuando se respeten los efectos espaciales y la calidad de los datos.

Pruebas de supuestos del modelo econométrico

El cumplimiento de los supuestos clásicos que rigen el modelo de regresión lineal múltiple es una cuestión obligada para asegurar la correcta validez estadística de las estimaciones que proporciona el método de Mínimos Cuadrados Ordinarios. De acuerdo con Davidson & MacKinnon (2021), el carácter contrafactual esencial de estos supuestos también permite sustentar que los estimadores son insesgados, consistentes y eficientes, en línea con las premisas del teorema de Gauss-Markov. La verificación empírica de los supuestos clásicos permite, por tanto, descubrir si existen violaciones que pudieran obstaculizar la interpretación de los coeficientes o, simplemente, alterar la inferencia sobre cómo determinan los siniestros de tránsito en Ecuador. En este sentido, para garantizar la robustez del modelo estimado, a continuación, se evalúan los principales supuestos econométricos: linealidad, normalidad de los residuos, homocedasticidad, ausencia de multicolinealidad e independencia de los errores.

- **Supuesto de linealidad**

Este supuesto sostiene que la dependencia de la variable dependiente respecto de la variable explicativa debe coincidir con la linealidad en los parámetros. Esto significa que el efecto marginal de cada variable permanece constante y que la especificación del modelo refleja adecuadamente el comportamiento de los datos. En este sentido, Li et al. (2024) señalan que la verificación del supuesto de linealidad puede realizarse mediante la inspección visual de los residuales, ya que patrones sistemáticos (como formas en "S" o "U") evidencian una relación no modelada correctamente. Además, destacan que pruebas de especificación como el test RESET de Ramsey permiten detectar formalmente desviaciones en la forma funcional elegida y, por tanto, posibles incumplimientos de linealidad.

- **Normalidad de los residuos**

La normalidad del término de error es una condición que debe cumplirse para que las pruebas de significancia t y F sean válidas. Según Khatun (2021), en el caso de que los errores se distribuyan normalmente con media cero y varianza constante, los estimadores MCO siguen una distribución normal exacta en efecto a menudo con muestras pequeñas, lo que permite realizar inferencias adecuadas. En este sentido, en la práctica, la normalidad puede comprobarse con la prueba de Jarque-Bera o la de Shapiro-Wilk, llevadas a cabo conjuntamente con histogramas y gráficos Q-Q. Las pruebas que se llevan a cabo permiten asegurar que los factores explicativos (por ejemplo, velocidad o consumo de alcohol), que se relacionan con los siniestros, están exentos de sesgos específicamente derivados de una distribución anómala de los residuos.

- **Homocedasticidad**

La homocedasticidad indica que la varianza del término de error es constante para todas las observaciones. Cuando dicho supuesto queda desvirtuado, se produce heterocedasticidad, lo que traerá consigo estimadores insesgados, pero ineficientes, y errores estándar incorrectos. Hansen (2021) señala que el test de Breusch-Pagan y el test de White son los más extendidos para detectar esta anomalía. En el análisis de los siniestros de tráfico, la heterocedasticidad se puede producir si la varianza de los errores aumenta con el número de vehículos o con la densidad de población. Si es detectada, se deberán obtener errores estándar robustos o aplicar transformaciones logarítmicas para estabilizar la varianza.

- **No multicolinealidad**

La suposición de inexistencia de multicolinealidad implica que las variables explicativas no deben estar correlacionadas entre sí, ya que una colinealidad fuerte impide que se pueda distinguir el efecto específico de cada una de ellas, elevada varianza en los coeficientes y disminución en el nivel de significancia. Hansen (2021) sostiene que esto no sesga los coeficientes, pero si los vuelve ineficientes y con escasa posibilidad de interpretación. La herramienta para detectar la colinealidad es el Factor de Inflación de la Varianza, donde se considera que valores superiores a 10 indican una colinealidad severa. En este sentido, variables como el parque automotor y la densidad vehicular pueden mostrarse correlacionadas entre sí, por lo que el VIF es fundamental para verificar si los determinantes seleccionados son independientes.

- **Independencia de los errores**

Independencia de los errores o ausencia de autocorrelación es otro supuesto esencial si se trata de series de tiempo o datos agrupados por años. Davidson & MacKinnon (2021) indican que la autocorrelación implica dependencia entre los errores, lo que distorsiona la validez de las pruebas de hipótesis. El estadístico de Durbin-Watson es la principal técnica que se utiliza para detectarla con valores cercanos a 2 que indican independencia y valores distantes, ya sea en un sentido u otro, que indican el problema de autocorrelación principalmente positivo.

Enfoque y diseño de investigación

El tipo de estudio adoptado es cuantitativo, explicativo y no experimental, ya que persigue determinar la incidencia de diferentes factores a los siniestros de tránsito en Ecuador durante el período 2020–2024. En este sentido, Vizcaíno et al. (2023) sostienen que el enfoque cuantitativo hace énfasis en la medición y el análisis numérico de datos, lo que permite establecer relaciones causales entre variables y lograr resultados generalizables a partir de la aplicación de técnicas estadísticas. En este sentido, se sitúan los diseños cuantitativos dentro de la posibilidad de examinar la relación entre variables sin manipularlas, garantizándose así la objetividad del análisis que identifica las conclusiones.

Fuentes y periodo de datos

Se emplearon, como fuentes secundarias oficiales, datos que proceden del Instituto Nacional de Estadística y Censos correspondientes al periodo 2020-2024; en el que se puede encontrar información como el número de siniestros, las infracciones por velocidad, los resultados de las pruebas de alcoholemia, el parque automotor y las condiciones climáticas que, al mismo tiempo, fueron depurados para que existiese una homogeneidad temporal y comparativa de los años analizados.

Definición de variables

Con el fin de operacionalizar las variables utilizadas en el modelo econométrico, en la **Tabla 1** se presenta su definición, tipo y signo esperado. Estas variables representan los factores más relevantes según la literatura sobre seguridad vial, la cual identifica de manera consistente al exceso de velocidad, el consumo de alcohol y drogas, la imprudencia del conductor y las fallas mecánicas como determinantes directos de la ocurrencia y gravedad de los siniestros de tránsito (Zeng et al., 2024; Endalew et al., 2024; Frumento et al., 2022). De acuerdo con Becker et al. (2021), la selección de variables explicativas debe basarse en criterios teóricos y empíricos, evitando omisiones o inclusiones que puedan sesgar el modelo.

Tabla 1.
Definición de variables

| TIPO DE VARIABLE | NOMBRE | DESCRIPCIÓN OPERACIONAL | SIGNO ESPERADO |
|------------------|----------------|---|----------------|
| Dependiente | SINIESTROS | Número total de accidentes de tránsito registrados mensualmente a nivel nacional según el INEC. | — |
| Independiente | VELOCIDAD | Promedio mensual de infracciones registradas por exceso de velocidad. | (+) |
| Independiente | ALCOHOL_DROGAS | Promedio mensual de casos positivos detectados en los controles de alcoholemia y consumo de drogas. | (+) |
| Independiente | IMPRUDENCIA | Número mensual de infracciones reportadas por impericia o conducción temeraria. | (+) |
| Independiente | DAÑOS_MEC | Número mensual de siniestros atribuidos a fallas o defectos mecánicos del vehículo (frenos, llantas, luces, dirección). | (+) |

Nota. Esta tabla presenta las variables utilizadas en el modelo de regresión lineal múltiple para analizar los siniestros de tránsito en Ecuador.

Enfoque estadístico y fundamentación metodológica

La estimación se realizó mediante el método de Mínimos Cuadrados Ordinarios, garantizando los supuestos de linealidad, insesgamiento y homocedasticidad. Davidson & MacKinnon (2021) destacan que, bajo estas condiciones, los estimadores son los mejores lineales insesgados. Además, se verificaron los supuestos del modelo aplicando las siguientes pruebas:

- Jarque-Bera para normalidad de residuos.
- Breusch-Pagan para heterocedasticidad.
- Durbin-Watson para autocorrelación.

Se aplicó un modelo de regresión lineal múltiple para cuantificar la influencia de los determinantes seleccionados sobre la frecuencia de siniestros de tránsito. El modelo general se expresa como:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{1i} + \beta_2 X_{2i} + \beta_3 X_{3i} + \beta_4 X_{4i} + \varepsilon_i$$

donde Y_i representa el número de siniestros; X_{1i} , X_{2i} , X_{3i} , X_{4i} corresponden a las variables independientes; β_j son los parámetros estimados; y ε_i es el término de error.

Limitaciones

El estudio admite ciertas limitaciones que derivan del uso de datos secundarios. Éstas incluyen los posibles sesgos derivados de las prácticas del registro oficial sobre siniestros, diferencias metodológicas entre fuentes y las restricciones que existen a la hora de desagregar los datos por provincia, lo que podría influir en la correcta interpretación de los resultados. Sin embargo, estas limitaciones no ponen en cuestión la validez general del análisis, ya que las fuentes son verificables y oficiales.

Resultados

Presentación del modelo estimado

El modelo de regresión lineal múltiple se estimó considerando como variable dependiente el número total de siniestros de tránsito registrados en Ecuador durante el período 2020–2024 y como variables explicativas la velocidad, el consumo de alcohol y drogas, la imprudencia o impericia del conductor y los daños mecánicos.

La ecuación estimada fue la siguiente:

$$\text{SINIESTROS} = 203.10 + 1.27(\text{VELOCIDAD}) + 2.94(\text{ALCOHOL_DROGAS}) + 0.91(\text{IMPRUDENCIA}) + 6.69(\text{DAÑOS_MEC}) + \varepsilon$$

De forma general, la ecuación puede expresarse como:

$$Y = 203.10 + 1.27X_1 + 2.94X_2 + 0.91X_3 + 6.69X_4 + \varepsilon$$

El modelo global resultó altamente significativo y con un poder explicativo elevado ($R^2 = 0.8910$; R^2 ajustado = 0.8831), lo que indica que el 88,3 % de la variabilidad en los siniestros se explica por los factores incluidos en la regresión.

Coefficientes e interpretación inicial

Con el objetivo de exponer con mayor detalle los resultados que se obtuvieron a partir del modelo de la regresión lineal múltiple, en la [Tabla 2](#) se presentan los coeficientes estimados para cada una de las variables explicativas junto con su correspondiente error estándar, estadístico t, el p-value y los niveles de significancia que se obtuvieron.

Tabla 2.
Coeficientes e interpretación inicial

| VARIABLE | COEFICIENTE | ERROR ESTÁNDAR | T | P-VALOR | SIGNIFICACIÓN |
|----------------|-------------|----------------|-------|---------|---------------|
| Velocidad | 1.2708 | 0.1917 | 6.63 | 0.000 | Significativa |
| Alcohol_drogas | 2.9436 | 0.5005 | 5.88 | 0.000 | Significativa |
| Imprudencia | 0.9105 | 0.1013 | 8.99 | 0.000 | Significativa |
| Daños_mec | 6.6963 | 0.4816 | 13.91 | 0.000 | Significativa |
| Constante | 203.1036 | 75.9500 | 2.67 | 0.010 | Significativa |

Nota. The results of the tests applied to the assumptions of the multiple linear regression model are presented

Los resultados de la Tabla 2 demuestran que las variables del modelo tienen coeficientes positivos con significación estadística, de modo que confirman su predicción de que los siniestros de tránsito en Ecuador van a aumentarse en el periodo 2020–2024. Los valores p que son menores a 1% permiten descartar la hipótesis nula, validando la robustez de los estimadores (Mansournia et al., 2022). A grandes rasgos, esto quiere decir que los factores humanos y mecánicos contribuyen significativamente a la siniestralidad vial, presentando esta información además evidencia empírica que concuerda con el marco multicausal de la seguridad vial.

En concreto, la variable DAÑOS_MEC ostenta el coeficiente más elevado de 6,6963, por lo que queda como el determinante que tiene una mayor incidencia marginal sobre los siniestros. Este resultado sugiere que las fallas técnicas del vehículo constituyen un factor estructural crítico, evidenciando que el estado del parque automotor y el mantenimiento preventivo juegan un papel determinante en la ocurrencia de accidentes. Por otra parte, la variable ALCOHOL_DROGAS, que tiene un coeficiente de 2,9436, también es un determinante de importancia considerable, lo que vuelve a corroborar que el consumo de drogas o alcohol, incrementa considerablemente la probabilidad de que se produzcan siniestros al influir sobre las capacidades cognitivas y motores del conductor/a.

Por último, tanto la variable VELOCIDAD (1,2708) como la variable IMPRUDENCIA (0,9105), todavía con menor magnitud relativa, conservan una muy alta significancia estadística, lo que garantiza ser parte del modelo. Existe una relación positiva entre el exceso de velocidad, la severidad y la probabilidad de accidente; por otro lado, la imprudencia no es otra cosa que la manifestación de conductas de riesgo que están vinculadas con el incumplimiento de las normas

de tránsito. En consecuencia, los resultados dan cuenta de un fenómeno multicausal, donde los factores mecánicos son los que claramente tienen un peso más destacado en este período analizado, lo que sin duda requiere mejorar el control técnico vehicular y la educación y regulación vial.

Pruebas de supuestos del modelo econométrico

Para medir la validez estadística del modelo estimado se incorporan en la Tabla 3 los resultados más significativos de las pruebas de diagnóstico que se aplican a los supuestos clásicos del modelo de regresión lineal múltiple, por los cuales se analizan la normalidad de residuos, la homocedasticidad, la autocorrelación, la multicolinealidad y la correcta especificación funcional, para verificar que los estimadores que se obtienen son consistentes, eficientes e insesgados.

Tabla 3.
Pruebas de supuestos del modelo econométrico

| SUPUESTO EVALUADO | PRUEBA APLICADA | ESTADÍSTICO | VALOR P | INTERPRETACIÓN |
|---------------------------------|--|--------------------|---------|--|
| Normalidad de residuos | Skewness/Kurtosis test | $\chi^2(2) = 1.36$ | 0.5070 | No se rechaza H_0 , por ende, los errores siguen una distribución normal. |
| Homoscedasticidad | Breusch-Pagan test | $\chi^2(1) = 0.21$ | 0.6502 | No se rechaza H_0 , por ende, existe homocedasticidad. |
| Autocorrelación | Durbin-Watson test | $d = 1.089$ | — | Ligera autocorrelación positiva; no compromete la validez global. |
| Multicolinealidad | VIF (Factor de Inflación de la Varianza) | Media = 3.20 | — | Sin multicolinealidad severa ($VIF < 10$). |
| Especificación funcional | Ramsey RESET test | $F(3,52) = 6.27$ | 0.0010 | Se rechaza $H_0 \rightarrow$ posible omisión de variables o no linealidad parcial. |

Nota. Se presentan los resultados de las pruebas aplicadas a los supuestos del modelo de regresión lineal múltiple.

Los datos obtenidos de la Tabla 3 indican que, el modelo generalmente satisface los supuestos clásicos de la regresión lineal múltiple. En este sentido, la prueba implementada para comprobar la normalidad no permite rechazar la hipótesis nula, lo que implica que los residuos se distribuyen de forma aproximadamente normal y, por ende, permite la utilización de pruebas t y F para la inferencia estadística. De forma similar, el resultado de la prueba de Breusch-Pagan confirma la presencia de homocedasticidad, lo que garantiza la eficiencia de los estimadores, y el análisis del VIF evidencia que no hay presencia de una multicolinealidad severa entre las variables explicativas. Sin embargo, el estadístico de Durbin-Watson ($d = 1,089$) evidencia la existencia solamente de una sutil autocorrelación positiva que podría explicarse por naturaleza temporal de los datos.

Sin embargo, el principal hallazgo crítico se deriva de la prueba RESET de Ramsey, cuyo resultado permite rechazar la hipótesis nula de correcta especificación funcional. Este resultado indica la posible omisión de variables relevantes o la presencia de relaciones no lineales no capturadas por el modelo. En este contexto, desde una perspectiva metodológica, una alternativa sería la incorporación de variables adicionales relacionadas con factores estructurales, tales como características de la infraestructura vial, densidad vehicular o condiciones climáticas, que podrían mejorar la capacidad explicativa del modelo. De igual forma, la inclusión de términos no lineales o transformaciones funcionales (como logaritmos o términos cuadráticos) permitiría capturar posibles efectos no lineales en la relación entre los determinantes y la siniestralidad, dado que la prueba RESET es especialmente sensible a la presencia de no linealidad y a errores de especificación funcional en el modelo (Christodoulou & Tserkezos, 2023).

Adicionalmente, frente a los problemas detectados, se sugiere el uso de modelos alternativos más robustos. Por ejemplo, considerando que la variable dependiente corresponde a conteos de siniestros, los modelos de Poisson o binomial negativo podrían representar una alternativa adecuada, especialmente en presencia de sobre dispersión. De igual manera, la ligera autocorrelación observada podría abordarse mediante modelos de series de tiempo o la incorporación de términos autorregresivos. Por otro lado, la evidencia de posible omisión de variables también abre la posibilidad de emplear modelos espaciales, que permitan capturar la dependencia geográfica de los siniestros de tránsito. En conjunto, si bien el modelo estimado ofrece resultados consistentes y estadísticamente válidos, la consideración de estas alternativas metodológicas permitiría fortalecer el análisis y mejorar la precisión de las estimaciones en futuras investigaciones.

Los resultados indican que la siniestralidad de las carreteras en el Ecuador responde a una reordenación en la importancia relativa de sus determinantes mediante un perfil en el que los determinantes del ámbito mecánico muestran un peso estructural mayor del esperado, por lo que este comportamiento podría no sólo estar reflejando problemas en la adecuada conservación del parque automotor sino también debilidades institucionales del sistema de control técnico vehicular. En esta línea, no sólo se contempla un desplazamiento de los factores humanos, sino que también, se observa una interacción más compleja donde los riesgos se agrupan y se refuerzan, pues en la ocurrencia de siniestros varias condiciones negativas están al mismo tiempo presentes.

No obstante, la interpretación de estos hallazgos debe realizarse considerando limitaciones adicionales asociadas a la calidad de la información. El posible subregistro de siniestros (especialmente en accidentes leves o no reportados formalmente) puede generar una subestimación del fenómeno y sesgar los resultados hacia eventos de mayor

gravedad. De igual manera, la calidad de los datos policiales puede presentar inconsistencias en la clasificación de las causas, lo que afecta la precisión de las variables explicativas. A ello se suman los rezagos temporales entre la ocurrencia del siniestro y su registro oficial, lo que puede distorsionar la relación contemporánea entre las variables del modelo y debilitar la interpretación causal directa de los coeficientes estimados.

Adicionalmente, el período analizado incorpora los años iniciales de la pandemia (2020–2021), lo que introduce un factor coyuntural clave en la dinámica de la siniestralidad. Las restricciones de movilidad, la reducción del tráfico y los cambios en los patrones de desplazamiento pudieron alterar significativamente la frecuencia y características de los siniestros, generando una posible ruptura en la tendencia habitual de los datos. Posteriormente, la reactivación económica y el incremento de la movilidad habrían provocado efectos de ajuste o rebote en los años siguientes. En consecuencia, parte de los resultados obtenidos podría estar capturando tanto relaciones estructurales como efectos transitorios asociados a este contexto excepcional, lo que sugiere interpretar los hallazgos con cautela y considerar la inclusión de variables de control temporal en futuras investigaciones.

Discusión

Los resultados obtenidos hacen posible afirmar que los siniestros de tránsito en el Ecuador durante el período 2020–2024 están determinados por una combinación de factores humanos y mecánicos con un significado estadístico notable. Este comportamiento corrobora que la seguridad vial es un fenómeno multicausal determinado por las decisiones del conductor y las condiciones estructurales del parque automotor y del entorno vial. El elevado poder explicativo del modelo demuestra que los determinantes seleccionados explicitan de modo adecuado la recientemente vulnerabilidad al siniestro en el país.

Un aspecto relevante es que los daños mecánicos tienen el coeficiente de mayor tamaño en el modelo estudiado. Esta cuestión pretende un cambio sustantivo en la estructura causal de fallas técnicas del vehículo, las cuales han pasado a cobrar un papel más importante que en años anteriores, probablemente relacionado con el envejecimiento del parque automovilístico y el incumplimiento de las revisiones técnicas; si bien el factor humano general es lo habitual en la tradición científica sobre la seguridad vial, ello apunta a un nuevo matiz en la realidad reciente del Ecuador.

Con el objetivo de contrastar los resultados obtenidos con la evidencia científica reciente, se seleccionaron cinco estudios empíricos presentados en la **tabla 4**. La elección se realizó bajo criterios de pertinencia temática, actualidad y complementariedad metodológica, priorizando investigaciones que abordan los principales determinantes analizados en el modelo: factores humanos, mecánicos y estructurales. En este sentido, se incluyeron estudios que emplean distintos enfoques (econométricos, multivariados y espaciales) con el fin de lograr un contraste integral de los hallazgos. La selección de cinco estudios no responde a un criterio arbitrario de cantidad, sino a la necesidad de representar de manera equilibrada las distintas dimensiones del fenómeno sin incurrir en redundancias derivadas de la inclusión de múltiples investigaciones con enfoques similares.

Tabla 4.
Relación de los hallazgos del estudio con evidencia reciente sobre siniestralidad vial

| ESTUDIO | ENFOQUE METODOLÓGICO | PRINCIPALES FACTORES IDENTIFICADOS | RELACIÓN CON LOS RESULTADOS DEL PRESENTE ESTUDIO |
|--------------------------------|--|--|---|
| Adanu et al. (2024) | Modelos de severidad de accidentes | Fallas mecánicas, condiciones del vehículo | Coincide con el hallazgo principal del estudio, donde los daños mecánicos presentan el mayor efecto marginal. |
| Castillo et al. (2020) | ARIMA + Logit multinomial | Imprudencia, falta de atención, características del vehículo y tipo de vía | Coincide en la importancia del factor humano, pero el presente estudio revela un mayor peso actual del factor mecánico. |
| Domínguez et al. (2023) | Análisis de correspondencias múltiples | Distracción, velocidad, alcohol, uso de celular | Reafirma la relevancia de velocidad y alcohol, coherente con los coeficientes positivos encontrados. |
| Möller et al. (2022) | Estudio longitudinal (cohorte) | Conductas de riesgo, infracciones, imprudencia | Refuerza la significancia de la variable IMPRUDENCIA, evidenciando su impacto en la ocurrencia de siniestros. |
| Sipos et al. (2021) | Modelos espaciales (SAR–SEM–SAC) | Influencia de infraestructura, diseño vial y autocorrelación espacial | Apoya la interpretación del test RESET: podrían existir variables omitidas relacionadas con condiciones viales y distribución espacial. |

Nota. Relación de los hallazgos del estudio con evidencia reciente sobre siniestralidad.

La comparación constata que los determinantes hallados en el presente trabajo no únicamente son acordes a la evidencia previa, sino que aportan una actualización relevante. Los trabajos de Castillo et al. (2020) y Domínguez et al. (2023) permiten afirmar que los factores de riesgo humanos continúan siendo relevantes, lo que coincide con la significancia de las variables velocidad, alcohol/drogas e imprudencia. Sin embargo, la mayor magnitud del coeficiente asociado a daños mecánicos refleja una condición emergente: que la fiabilidad técnica del vehículo ha cobrado un peso más fuerte al de periodos anteriores y esto probablemente debido a cambios en el entorno económico y del control regulador.

De igual manera, el enfoque espacial que desarrollan Sipos et al. (2021) permitiría interpretar de manera más profunda dos resultados del modelo: la poca autocorrelación positiva que se captura en Durbin–Watson y el rechazo a la prueba RESET. Esto sugiere que la siniestralidad podría estar afectada por patrones de carácter geográfico o por cualidades de infraestructura vial que no han sido introducidas dentro de la especificación econométrica. Con lo cual estas futuras investigaciones deberán incluir variables como la densidad de vehículos, clase de la vía o condiciones estructurales de los entornos urbanos para aumentar la solidez del modelo.

La incorporación de los estudios de Möller et al. (2022) y Adanu et al. (2024) permite ampliar el alcance interpretativo de los resultados al integrar evidencia empírica reciente sobre dos dimensiones clave del modelo: el comportamiento del conductor y las condiciones mecánicas del vehículo. En particular, Möller et al. (2022) refuerzan la importancia de las conductas de riesgo y la imprudencia como factores determinantes en la ocurrencia de siniestros, lo cual es consistente con la significancia estadística observada en la variable IMPRUDENCIA. Por su parte, Adanu et al. (2024) aportan evidencia sobre el papel de las fallas mecánicas en la severidad de los accidentes, lo que resulta especialmente relevante al contrastar con los hallazgos del presente estudio, donde los daños mecánicos presentan el mayor efecto marginal. En conjunto, ambos estudios permiten no solo validar los resultados obtenidos, sino también fortalecer la interpretación de que la siniestralidad vial en el Ecuador responde a una interacción entre factores conductuales y estructurales, destacando la creciente importancia del estado técnico del parque automotor.

Conclusiones

- El trabajo demuestra que los accidentes de tráfico en el Ecuador durante el período 2020–2024 responde a una combinación de aspectos de tipo humano o mecánico cuya influencia es estadística y asimismo sustantiva. El modelo econométrico proporciona evidencias de que el exceso de velocidad, la ingesta de alcohol y de drogas, la negligencia del conductor, así como las fallas mecánicas incrementan, directamente, la frecuencia de los accidentes. Entre estos factores las fallas técnicas del vehículo son las que más contribuyen marginalmente a agrandar la siniestralidad vehicular, lo cual denota un cambio significativo en la estructura causal de los accidentes recientes y pone de manifiesto la necesidad de robustecer el control mecánico y el mantenimiento preventivo del parque automotor.
- Por otra parte, la coincidencia del modelo con las evidencias científicas previas y la identificación de potenciales variables omitidas referidas a aspectos espaciales e infraestructurales, refuerza la necesidad de incorporar enfoques más integrales en futuras investigaciones, ya que la evidencia también pone de manifiesto que la seguridad vial en Ecuador sigue siendo un problema estructural que necesita acciones sinérgicas de regulación, educación, control operativo y movilidad. Por lo tanto, los resultados permiten comprender los determinantes actuales de los siniestros y proporcionan una base para orientar intervenciones que persigan la reducción de la mortalidad y la mejora de la seguridad vial del país.

Referencias

- Adanu, E. K., Dzinyela, R., Okafor, S., & Jones, S. (2024). Injury-severity analysis of crashes involving defective vehicles and accounting for the underlying socioeconomic mediators. *Heliyon*, 10(5), e26944. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e26944>
- Alarcón, K. I., Quevedo, H. A., & Cevallos, V. M. (2023). Determinación de los factores causantes de siniestros de tránsito en la intersección de la avenida Abrahán Calazacon y avenida Rio Toachi identificada como un punto negro de siniestralidad, año 2023. *Ideas y Voces*, 3(4), 1178–1207. <https://doi.org/10.60100/bciv.v3iE1.92>
- Becker, W., Paruolo, P., & Saltelli, A. (2021). Variable Selection in Regression Models Using Global Sensitivity Analysis. *Journal of Time Series Econometrics*, 13(2), 187–233. <https://doi.org/10.1515/jtse-2018-0025>
- Castillo, D., Coral, C., & Salazar, Y. (2020). Modelización Econométrica de los Accidentes de Tránsito en el Ecuador. *Revista Politécnica*, 46(2), 21–28. <https://doi.org/10.33333/rp.vol46n2.02>

- Champahom, T., Se, C., Jomnonkwao, S., Kasemsri, R., & Ratanavara, V. (2023). Analysis of the Effects of Highway Geometric Design Features on the Frequency of Truck-Involved Rear-End Crashes Using the Random Effect Zero-Inflated Negative Binomial Regression Model. *Safety*, 9(4), 76. <https://doi.org/10.3390/safety9040076>
- Christodoulou, C., & Tserkezos, D. (2023). Sensitivity of the Ramsey's Regression Specification Error Term Test on the Degree of Nonlinearity of the Functional Form. *Journal of Applied Economic Sciences*, 18(1), 5–10. [https://doi.org/10.57017/jaes.v18.1\(79\).01](https://doi.org/10.57017/jaes.v18.1(79).01)
- Davidson, R., & MacKinnon, J. G. (2021). *Econometric theory and methods*. Recuperado de <http://qed.econ.queensu.ca/ETM/ETM-davidson-mackinnon-2021.pdf>
- Domínguez, C., Febres, J. D., & Cuadra, S. N. (2023). Determinación de tipologías de accidentes de tránsito mediante el análisis de correspondencia múltiple (ACM) en un entorno de bajos recursos. *Revista Facultad de Ingeniería*, Universidad de Antioquia, 107, 113–130. <https://doi.org/10.17533/udea.redin.20220786>
- Endalew, M. M., Gibo, A. A., Belay, M. M., Zegeye, M. Y., Ango, T. S., & Astatke, S. K. (2024). Road traffic accidents and the contributing factors among drivers of public transportation in Mizan Aman town, Ethiopia: a Community-Based Cross-Sectional Study. *Frontiers in Public Health*, 12, 1307884. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2024.1307884>
- Frumento, S., Bufano, P., Zaccaro, A., Poma, A. M., Persechino, B., Gemignani, A., Laurino, M., & Menicucci, D. (2022). A Systematic Review on the Role of Substance Consumption in Work-Related Road Traffic Crashes Reveals the Importance of Biopsychosocial Factors in Prevention. *Behavioral Sciences*, 12(23), 1–21. <https://doi.org/10.3390/bs12020023>
- Hamdan, N., & Sipos, T. (2025). Predicting Segment-Level Road Traffic Injury Counts Using Machine Learning Models: A Data-Driven Analysis of Geometric Design and Traffic Flow Factors. *Future Transportation*, 5(197), 1–27. <https://doi.org/10.3390/futuretransp5040197>
- Hansen, B. E. (2021). *Econometrics*. Recuperado de <https://home.huhuaping.com/seminar-econometrics/material/Text-Hansen-2021-econometrics.pdf>
- Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2025). *Resultados de siniestros de tránsito. IV trimestre 2024*. Recuperado de https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas/Estadistica%20de%20Transporte/2024/iv_trimestre/2024_RESULTADOS_SINIESTROS_IVT.pdf
- Joshi, P., Karmacharya, M., & Duwal Shrestha, S. K. (2023). Driving Under the Influence of Alcohol among Road Traffic Accident Patients Presenting to a Tertiary Care Centre. *Journal of Nepal Medical Association*, 61(265), 706–709. <https://doi.org/10.31729/jnma.8260>
- Khatun, N. (2021). Applications of Normality Test in Statistical Analysis. *Open Journal of Statistics*, 11(1), 113–122. <https://doi.org/10.4236/ojs.2021.111006>
- Li, W., Cook, D., Tanaka, E., & VanderPlas, S. (2024). A Plot is Worth a Thousand Tests: Assessing Residual Diagnostics with the Lineup Protocol. *Journal of Computational and Graphical Statistics*, 33(4), 1497–1511. <https://doi.org/10.1080/10618600.2024.2344612>
- Mansournia, M. A., Nazemipour, M., & Etminan, M. (2022). P-value, compatibility, and S-value. *Global Epidemiology*, 4, 100085. <https://doi.org/10.1016/j.gloepi.2022.100085>
- Mazón, G. J., Oleas, C. X., & Buñay, P. A. (2020). Short-term estimation of traffic accidents in Ecuador risks due to exceeding speed limits by means of a temporal mathematical model. *Conciencia Digital*, 3(3), 382–396. <https://doi.org/10.33262/concienciadigital.v3i3.1327>
- Möller, H., Cullen, P., Senserrick, T., Rogers, K., Boufous, S., & Ivers, R. Q. (2022). Driving offences and risk of subsequent crash in novice drivers: the DRIVE cohort study 12-year follow-up. *Injury Prevention*, 28(5), 396–404. <https://doi.org/10.1136/injuryprev-2021-044482>
- Oviedo, B., López, E., Guevara, P., & Carpio, D. A. (2025). Epidemiología de los accidentes de tránsito en Ecuador: Un enfoque en la tecnología y la seguridad vial. *Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas*, 8(S1), 148–153. <https://doi.org/10.62452/vb2rr283>
- Pazos, C. A., & Simaluisa, W. H. (2024). Principales causas de la siniestralidad vial en Ecuador entre 2019-2023. *Innovación & Saber*, (9), 58–66. <https://innovacionsaber.isupol.edu.ec/index.php/innovacion/article/view/281>
- Pinos, V. L., Chonga, M. G., Cerón, R. G., Salinas, N. A., & Dueñas, D. P. (2024). Estado de embriaguez como agravante en delitos de tránsito en Ecuador: un análisis integral. *Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas*, 7(1), 6–13. <https://doi.org/10.62452/22krbh82>
- Sagamiko, T. D., & Mbare, N. S. (2021). Modelling Road Traffic Accidents Counts in Tanzania: A Poisson Regression Approach. *Tanzania Journal of Science*, 47(1), 308–314. <https://commons.udsm.ac.tz/tjs/vol47/iss1/26/>
- Santillán, J. M. (2024). Siniestralidad vial en Ecuador: análisis de indicadores esenciales. *Innovación & Saber*, (8), 91–96. <https://innovacionsaber.isupol.edu.ec/index.php/innovacion/article/view/269>
- Secretaría Nacional de Planificación. (2024). *Plan de desarrollo para el Nuevo Ecuador 2024–2025*. Recuperado de <https://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/2024/08/RESUMEN-PND-ES.pdf>
- Sipos, T., Afework Mekonnen, A., & Szabó, Z. (2021). Spatial Econometric Analysis of Road Traffic Crashes. *Sustainability*, 13(5), 2492. <https://doi.org/10.3390/su13052492>
- Torrão, G. (2022). Speed related variables for crash injury risk analysis: what has been used? *International Journal of Crashworthiness*, 27(5), 1560–1567. <https://doi.org/10.1080/13588265.2021.1959152>
- Vizcaíno, P. I., Cedeño, R. J., & Maldonado, I. A. (2023). Metodología de la investigación científica: guía práctica. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(4), 9723–9758. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i4.7658
- Walton, D., & Hendy, R. (2024). Drivers' long-term crash risks associated with being ticketed for speeding. *Journal of Safety Research*, 91, 431–436. <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2024.10.009>
- Zeng, Y., Qiang, Y., Zhang, N., Yang, X., Zhao, Z., & Wang, X. (2024). An Influencing Factors Analysis of Road Traffic Accidents Based on the Analytic Hierarchy Process and the Minimum Discrimination Information Principle. *Sustainability*, 16(16), 6767. <https://doi.org/10.3390/su16166767>

