ISBN: 978-628-96613-1-6. ISSN: 2414-6390. Digital Object Identifier: https://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2025.1.1.847

Spatial Analysis of Traffic Accidents that Involve Young Drivers in Santiago, Chile

Ingrid Morales, MSc[1], Carola Blazquez, PhD[2]
[1]Universidad Andres Bello, Santiago, Chile, i.moralesnavarro@uandresbello.edu
[2]Universidad Andres Bello, Viña del Mar, Chile, cblazquez@unab.cl

Abstract- Every year, traffic accidents are increasing worldwide. Particularly, in Chile, the increase of traffic accidents was 55.8% between 2010 and 2019, in contrast to the sustainable development goals established by the United Nations. The objective of this study is to identify the critical areas of the occurrence of road accidents and their attributes involving young drivers, both men and women in the commune of Santiago, Chile. In addition, this study seeks to determine whether there are spatial patterns of these road accidents in the identified critical zones. First, a Kernel Density Estimation analysis was performed to identify areas with high concentrations of traffic accidents involving young drivers. Subsequently, global spatial autocorrelation analysis was performed with the Moran's I statistic in the most critical areas identified with the previous analysis. As a result of this study, three important zones with high concentration of road accidents involving young male and female drivers in the commune of Santiago were identified. In addition, road accidents involving male drivers have a higher concentration than those involving female drivers for their occurrence and their attributes. Finally, the spatial autocorrelation analysis does not show any spatial pattern at the global level. With these results, it is expected to contribute in the decision making process of local authorities to determine mitigation measures to reduce the occurrence of road accidents, particularly in the most critical areas.

Keywords—Road accidents, drivers, spatial analysis

Análisis Espacial de Accidentes Viales que Involucran Conductores Jóvenes en Santiago, Chile

Ingrid Morales, MSc[1], Carola Blazquez, PhD[2]
[1]Universidad Andres Bello, Santiago, Chile, i.moralesnavarro@uandresbello.edu
[2]Universidad Andres Bello, Viña del Mar, Chile, cblazquez@unab.cl

Resumen*– En el mundo, aumentan año a año los accidentes de tránsito. Particularmente, en Chile, entre el año 2010 y el 2019, el aumento de accidentes de tránsito fue de 55,8%, en contraste con los objetivos de desarrollo sostenible establecidos por las Naciones Unidas. El objetivo de este estudio es identificar las zonas críticas de la ocurrencia de accidentes viales y sus atributos que implican conductores jóvenes, tanto hombres como mujeres en la comuna de Santiago, Chile. Además, este estudio busca determinar si existen patrones espaciales de estos accidentes viales en las zonas críticas identificadas. Para esto, primero, se realizó un análisis de estimación de densidad de Kernel para identificar zonas con alta concentración de accidentes de tránsito que involucren a conductores jóvenes. Posteriormente, se utilizó el análisis de autocorrelación espacial global con el Índice de Moran en las zonas más críticas identificadas con el análisis anterior. Como resultado de este estudio, se definieron tres zonas importantes con alta concentración de accidentes viales que involucran conductores jóvenes hombres y mujeres en la comuna de Santiago. Además, los accidentes viales con conductores hombres presentan una concentración más alta que con conductoras mujeres tanto para la ocurrencia de estos como sus atributos. Finalmente, el análisis de autocorrelación espacial no presenta ningún tipo de patrón espacial a nivel global. Con estos resultados, se espera aportar en la toma de decisiones de las autoridades para determinar las medidas de mitigación que reduzcan la ocurrencia de accidentes viales particularmente en zonas más críticas.

Palabras claves*—Accidentabilidad vial, conductores, análisis espacial

I. Introducción

En el mundo, fallecen más de un millón de personas como consecuencia de accidentes viales y entre 20 y 50 millones personas resultan lesionadas por esta causa. En Latinoamérica, cada año fallecen aproximadamente 110,000 personas y más de cinco millones de víctimas son heridas producto de accidentes viales en el mundo [1, 2].

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de las Naciones Unidas estableció el objetivo de reducir las muertes por accidentes de tránsito en el mundo a la mitad para el 2030. Además, los países de la región de las Américas se unieron para implementar la agenda de salud sostenible para las Américas 2018-2030 y así abordar el desafío establecido por las Naciones Unidas [3].

Cinco países miembros del Grupo Internacional de Análisis y Datos de Seguridad del Tráfico (IRTAD, por sus siglas en inglés) han progresado significativamente en la reducción de muertes por accidentes viales. Sin embargo, la mayoría de los países no está logrando alcanzar los niveles esperados de accidentabilidad, incluso en algunos casos, existen países que han aumentado sus tasas en vez de disminuirlas.

Chile es uno de los países con mayor índice de mortalidad por accidentes de tránsito en el mundo. La tasa de fallecidos por cada 100.000 habitantes es de 10,8 fallecidos, la cual es 5,4 veces mayor que la de Noruega. Además, Chile cuenta con 3,5 muertos por cada 10.000 vehículos, precedido solamente por Colombia, y esta tasa es 17,5 veces superior a la de Islandia. Nótese que Noruega e Islandia son países pertenecientes a IRTAD que presentan las menores tasas de accidentabilidad en el mundo [4].

Además, hubo un incremento en la cantidad total de accidentes viales de 55,8% entre los años 2010 y 2019 a nivel nacional. Los costos de los accidentes de tránsito alcanzan aproximadamente el 2,0% del Producto Interno Bruto (PIB) chileno [5]. Por lo tanto, existe una necesidad significativa de identificar zonas peligrosas para así implementar medidas preventivas que mitiguen los accidentes viales más peligrosos y de esta manera aumentar la seguridad vial en Chile.

El objetivo de este estudio es analizar espacialmente la concentración de accidentes de tránsito que involucren a conductores jóvenes entre los años 2010 y 2019 previo a la pandemia COVID-19. Para esto, se considera primeramente la preparación de la base de datos según los rangos etarios definidos por la Comisión Nacional de Seguridad de Tránsito (CONASET), para luego realizar un análisis con el fin de definir las edades y el tipo de usuario a considerar en el estudio (en este caso, conductores jóvenes entre 19 y 33 años de edad). Luego, se realiza la geocodificación de los datos resultantes para lograr su visualización en un mapa digital en un Sistema de Información Geográfica (SIG). Con esto, se logra identificar las zonas críticas más relevantes asociadas a los accidentes viales con respecto al rango etario estudiado. Además, se verifica las agrupaciones espaciales en la ocurrencia de los accidentes viales por género de los conductores jóvenes involucrados y algunos de sus atributos.

II. Revisión Bibliográfica

En la Tabla I, se resumen los estudios más relevantes sobre accidentabilidad vial que involucra conductores de diferentes rangos etarios que se han realizado en las últimas décadas en Chile y en el mundo [6-18]. Estos estudios utilizan análisis espaciales para identificar agrupación o patrones espaciales de accidentes viales, para luego, estudiar el impacto de distintos atributos en la ocurrencia de estos accidentes.

TABLA I
RESUMEN DE ESTUDIOS SOBRE ACCIDENTABILIDAD VIAL EN CHILE Y EN EL MUNDO

Autores y año	Lugar	Objetivo del estudio
Blazquez et al. (2013) [6]	Santiago, Chile	Se identifican las áreas críticas de accidentabilidad en escolares, y se analizan los principales atributos asociados a los atropellos. Se utiliza la autocorrelación espacial positiva con factores contribuyentes, la hora del accidente, tramos de carretera rectas, intersecciones y sin señalética vial.
Arai et al., (2014) [7]	Japón	Se investiga el aumento de los conductores de edad avanzada involucrados en accidentes viales. Los resultados se pueden utilizar para concientizar a la comunidad sobre el riesgo al conducir y entregar programas educativos sobre seguridad vial a personas mayores.
Dezman et al., (2016) [8]	Maryland, EEUU	Se determina los clústeres espaciales de accidentes usando SIG siendo la mayor causal de fallecimientos. Se obtuvo que las zonas más críticos se encuentran en las intersecciones donde existe más concurrencia de peatones.
Soltani et al., (2017) [9]		Se buscan patrones temporales y espaciales potenciales a los accidentes de tránsito usando autocorrelación espacial. Los resultados arrojaron que existe una agrupación significativa de patrones de colisión, planteando estrategias de planificación y gestión de seguridad vial.
Blazquez et al., 2018 [10]	Chile	Se determinaron accidentes viales de camiones que ocurrieron a lo largo de la Ruta 5 usando análisis de autocorrelación espacial. Se destacan zonas con curvas vertical que poseen una alta concentración espacial de accidentes producto de la fatiga e imprudencia de los conductores.
Blazquez et al., (2021) [11]	Santiago, Chile	Se implementaron técnicas de autocorrelación espacial para examinar el nivel de dependencia espacial entre las ubicaciones de accidentes viales debido al consumo de alcohol con la aplicación Uber. Se concluye que disminuye la tasa de accidentes viales en zonas con nivel socioeconómico más alto después del uso de Uber.
Yoon y Lee, (2021) [12]	Seúl, Corea	Se examina big data sobre colisiones relacionadas con peatones entre los años 2009 y 2018 utilizando una metodología de cubo espacio-temporal y un análisis de regresión logística binaria. Los resultados sugieren la necesidad de prestar más atención a la seguridad de los peatones en las zonas con una gran población de edad avanzada.
Hazaymeh et al., (2022) [13]	Irbid Governorate, Jordan	Se exploran los patrones espacio-temporales de accidentes de tránsito usando autocorrelación espacial global y local. Se distingue una pronunciada evolución de las agrupaciones de puntos conflictivos de accidentes de tráfico a través de los años, particularmente, a lo largo de los segmentos de la red vial interna y arterial.
Le et al., (2022) [14]	Hanoi, Vietnam	Se integró Densidad de Kernel y análisis de autocorrelación espacial para determinar la ubicación de clústeres y su significancia estadística.
Gálvez-Pérez et al., 2023 [15]	España	Se investiga el impacto de factores del accidente y del entorno construido en la gravedad de los accidentes de tráfico urbano de peatones de edad avanzada. Se concluye que los accidentes en ciudades más pobladas son menos graves para todos los peatones.
Munasinghe, 2023 [16]	Sri Lanka	Se analizan los accidentes de tráfico urbano en redes urbanas complejas usando Estimación de Densidad de Kernel y jerarquía de vecinos más próximos (NNH). Se concluye que el método NNH es superior para el análisis de la seguridad vial, ofreciendo importantes orientaciones para la planificación urbana y los esfuerzos de prevención de accidentes.
Gedamu et al., 2024 [17]	Addis Ababa y Berlin	Se investiga la autocorrelación espacial de la severidad de los accidentes viales y compara los resultados en países con alto y bajo ingresos. Se observar la similitud de las ubicaciones de valores con clústeres positivos significativos en las periferias de ambas ciudades.
Mahato et al., 2024 [18]	Nepal	Se investigaron la severidad de los accidentes viales usando autocorrelación espacial. Se identificaron diferentes clústeres espaciales para cada tipo de vía, destacando zonas con severidad alta y baja de accidentes.

II. DESCRIPCIÓN DE LOS DATOS

A. Área de Estudio

Este estudio se realizó con datos de accidentabilidad ocurridos en la comuna de Santiago, en la cual se ubica el centro de ciudad capital de Chile. Según el Censo 2017, esta comuna cuenta con una población de 404.495 habitantes y 22 km^2 de superficie. Además, de su población residencial, existe una afluencia de personas diarias de aproximadamente 2 millones de personas que ingresan a la comuna por actividades económicas, educacionales, culturales, salud, entre otros [19]. Además, cabe mencionar que, en esta comuna, se encuentran la mayoría de los edificios gubernamentales del país.

B. Accidentes de tránsito

En este estudio, se considera la base de datos entregada por la CONASET con la información de accidentes de tránsito en Chile entre los años 2010 y 2019. En estos accidentes, estuvieron involucrados un total de 501.403 individuos a nivel nacional, de los cuales aproximadamente el 10% de estos individuos estuvieron involucrados en incidentes producidos en la comuna de Santiago. Cabe destacar que esta comuna es la

que presenta la mayor cantidad de accidentes registrados de la ciudad de Santiago con aproximadamente 39 mil accidentes viales durante el periodo del estudio.

En la Fig. 1, se puede identificar que el 34,2% de los accidentes viales en la comuna de Santiago corresponden al rango etario entre 19 y 33 años. Esta figura indica que este rango etario está involucrado en la mayor cantidad de accidentes viales comparado con otros rangos etarios. Además, esta figura muestra que el número de involucrados presenta periodos de baja en los años 2014 y 2015, principalmente debido a las leyes Tolerancia Cero y Emilia que sancionan a los conductores que causan accidentes de tránsito en estado de ebriedad [20]. Sin embargo, el gráfico en la figura muestra una tendencia al alza en los años posteriores al año 2015.

En cuanto al género de los conductores involucrados en accidentes viales, los hombres son en promedio 3,6 veces más propensos a accidentarse que las mujeres (9.680 vs 3.655), manteniendo un rango de edad crítico entre los 19 y 33 años. Este estudio se enfoca en el análisis de conductores jóvenes que participaron en un total de 13.339 accidentes viales que ocurrieron en un periodo de diez años en la comuna de Santiago, como se muestran la Fig. 2. Además, cabe destacar que se consideraron aquellos accidentes de tránsito que tuvieron al menos una víctima lesionada menos grave, grave o muerta. En el periodo del estudio, el 82,8% de las víctimas fatales o con lesiones graves debido a los accidentes viales son hombres y 17,2% son mujeres.

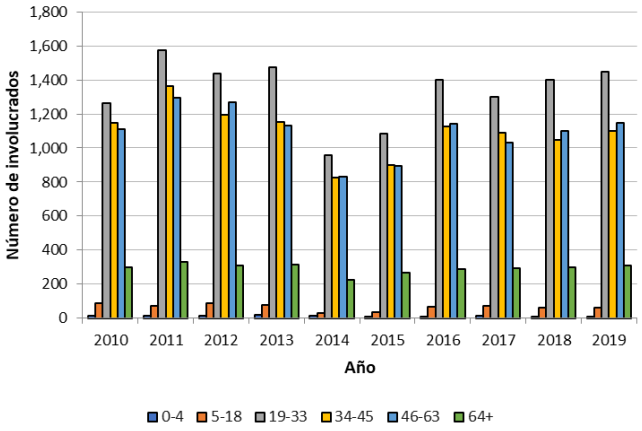


Fig. 1 Número de involucrados por rango etario en la comuna de Santiago entre los años 2010 y 2019.

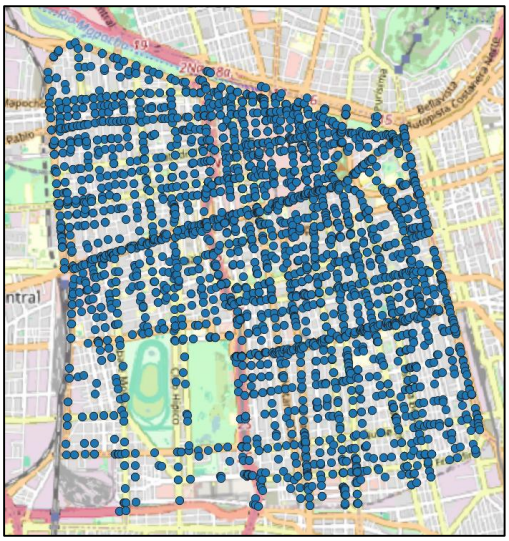


Fig. 2 Accidentes viales de conductores jóvenes en la comuna de Santiago.

Con respecto al tipo de accidente que involucre conductores jóvenes, las colisiones entre dos vehículos en movimiento son las más frecuentes con 72,5% de todos los accidentes viales ocurridos en la comuna de Santiago. De este porcentaje, las conductoras mujeres estuvieron involucradas en 18,7% de las colisiones y los conductores hombres en 81,3%. Además, más de la mitad de los accidentes viales que implique conductores jóvenes son causados por la imprudencia del conductor, de los cuales el 16,7% y el 83,3% de estos accidentes participaron mujeres y hombres, respectivamente. Estos atributos de los accidentes viales serán analizados en este estudio separados por género.

III. Metodología

Este estudio analiza espacialmente los accidentes viales que involucran conductores jóvenes usando, primero, la Estimación de Densidad de Kernel (EDK) para identificar las zonas más críticas con alta concentración de accidentes viales en la comuna de Santiago. Posteriormente, se utiliza la autocorrelación espacial global para evaluar la existencia de agrupación, dispersión o aleatoriedad en los accidentes viales en dichas zonas. Cabe destacar que los análisis descritos en las siguientes subsecciones se implementaron para todos los accidentes viales ocurridos en el periodo del estudio, y además, para aquellos accidentes viales que involucraron a conductores jóvenes hombres y mujeres por separado.

A. Estimación de Densidad de Kernel (EDK)

En este estudio, EDK se utiliza para identificar las áreas con alta densidad de accidentes viales que involucran a conductores jóvenes en la comuna de Santiago. EDK es una técnica no-paramétrica que primero obtiene una superficie simétrica sobre cada punto a analizar y después evalúa la

distancia desde el punto a una ubicación de referencia basado en una función matemática. Finalmente, este método suma los valores de las superficies en el punto de referencia [21, 22].

La ecuación (1) calcula la densidad estimada de accidentes viales en la ubicación *x,y* dando como resultado la magnitud por unidad de área, en este estudio, corresponde a número de accidentes por km^2.

$$f(x,y) = \left(\frac{1}{nh^2}\right)\sum_{i=1}^{n} K\left(\frac{d_i}{h}\right) \quad (1)$$

Donde n es el número total de ubicaciones, h es el ancho de banda, K es la función Kernel, d_i es la distancia entre la ubicación *x,y* y el punto de observación i.

B. Autocorrelación espacial global con el índice de Moran

La autocorrelación espacial global identifica los patrones espaciales de los datos permitiendo entender el grado en que un objeto es similar a otros objetos cercanos. En el caso de este estudio, se vislumbrará si los accidentes de tránsito siguen algún patrón de ocurrencia para poder tomar medidas paliativas enfocadas en dicha tendencia. Para ello, la ecuación (2) calcula la autocorrelación espacial global a través del índice de Moran y así comparar el valor de la variable de cada localización con todas las demás localizaciones cercanas.

$$I = \frac{n}{S_0}\frac{\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} w_{ij} z_i z_j}{\sum_{i=1}^{n} z_i^2} \quad (2)$$

Donde:

$z_i = (x_i - \bar{x})$ es la desviación de un atributo o variable de una ubicación i desde su media,
w_{ij} es la ponderación geográfica entre una ubicación i y una ubicación adyacente j,
n es el número total de ubicaciones,
S_0 es la sumatoria de ponderaciones geográficas entre las unidades i y j.

Cabe mencionar que, si el índice de Morán es mayor a 0, entonces existe una agregación de los datos. Si dicho índice es menor a 0, entonces los datos se encuentran dispersos. En el caso en que el índice de Moran es igual a 0, se presenta aleatoriedad en los datos.

IV. Resultados

A. Análisis de EDK

Como se mencionó en la sección anterior, primero, se realizó el análisis de EDK para identificar las zonas críticas con alta concentración de accidentes viales. Posteriormente, se implementó la autocorrelación espacial global con el índice de Moran para determinar si existen agrupación, dispersión o aleatoriedad de los accidentes viales y sus atributos en las zonas críticas identificadas en la comuna de Santiago.

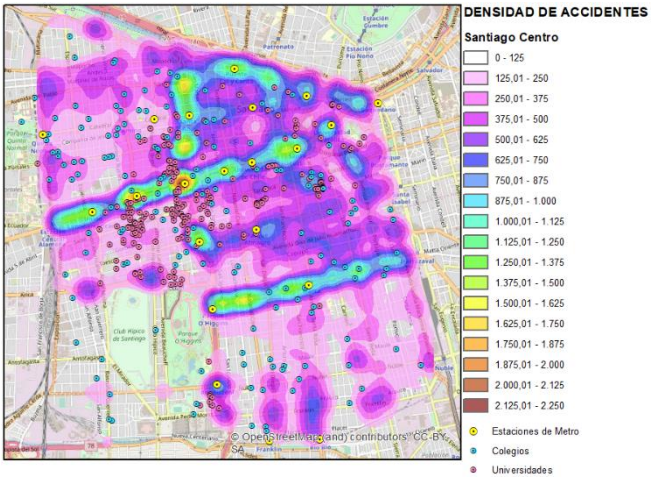


Fig. 3 Resultados del análisis de Densidad de Kernel de accidentes viales totales.

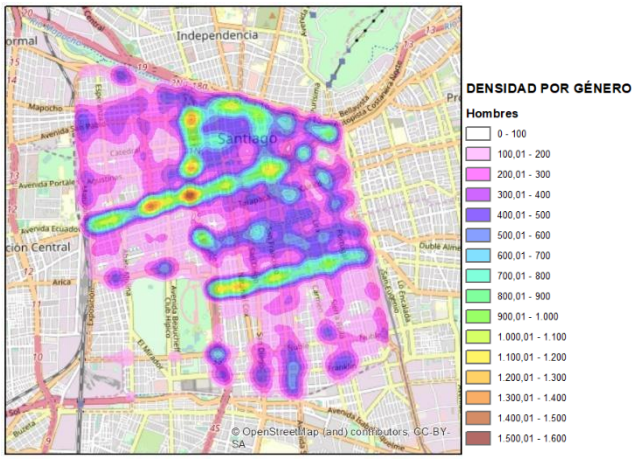
La Fig. 3 muestra las zonas críticas obtenidas con EDK que incluyen a ejes viales importantes donde se concentra la mayor cantidad de accidentes automovilísticos que involucran conductores jóvenes. Estas zonas se encuentran en la cercanía a accesos al transporte público, específicamente, el metro y establecimientos educacionales (e.g., universidades y colegios). Esto es debido principalmente a la gran afluencia de vehículos transitando diariamente en dichas zonas.

Además, se presenta en la Fig. 4 el comportamiento de la accidentabilidad separada por género en la comuna estudiada. Los accidentes de tránsito que involucran hombres se concentran similarmente a la distribución general de los accidentes viales (Ver Fig. 4a). En el caso de los accidentes viales que involucran mujeres como conductoras jóvenes, se puede notar una disminución significativa en la concentración de estos accidentes con respecto a los hombres. Además, estas figuras muestran que existen zonas coincidentes de mayor concentración para ambos géneros.

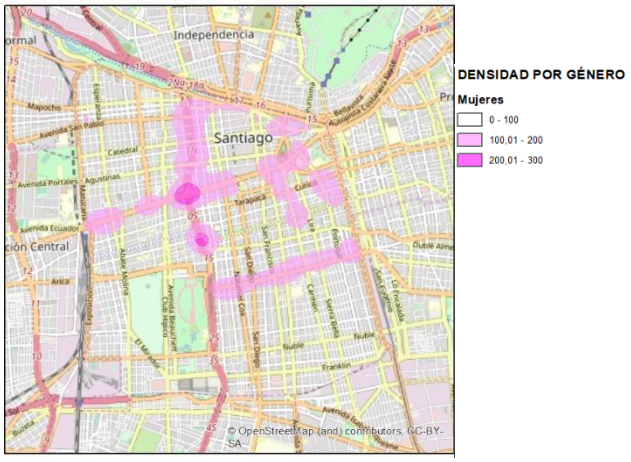
La Fig. 5a) presenta los resultados del EDK para los fallecidos y heridos graves debido a accidentes viales que involucran conductores jóvenes varones. Esta figura destaca tres zonas con alta densidad de víctimas afectadas por los accidentes viales que no coinciden directamente con las zonas de mayor cantidad de accidentes mostradas en la Fig. 4a). Similarmente, en la Fig. 5b), aparecen varias zonas con una gran densidad de fallecidos y heridos gravemente producto de accidentes que involucran conductoras mujeres y se visualiza que solo una de estas zonas concuerda fuertemente con una zona con una alta concentración de accidentes viales mostrados en la Fig. 4b).

En cuanto al tipo de accidentes, las Fig. 6a) y 6b) muestran los resultados de EDK de accidentes viales producto de colisiones que participaron conductores hombres y mujeres,

respectivamente. Estas figuras sugieren densidades muy similares a las concentraciones de ubicaciones de los accidentes viales de conductores hombres y mujeres.



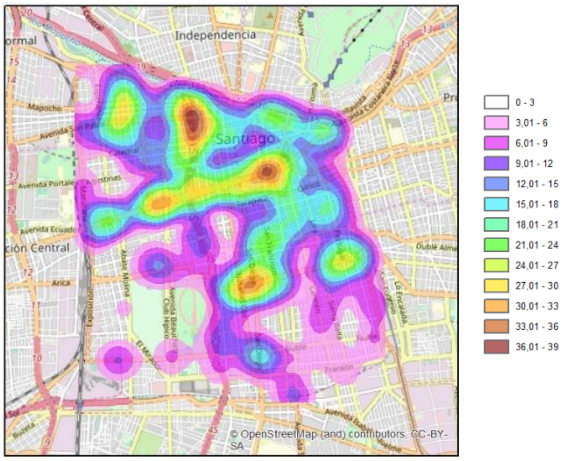
a) Hombres involucrados



b) Mujeres involucradas

Fig. 4 Densidad de Kernel de accidentes viales separado por género.

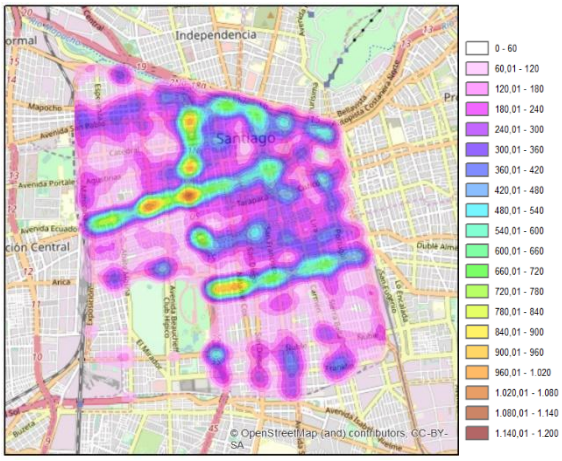
La densidad de accidentes viales que ocurrieron producto de la imprudencia del conductor que involucren hombres y mujeres se muestran en las Fig. 7a) y 7b), respectivamente. Los conductores hombres son claramente más imprudentes que las conductoras mujeres en la ocurrencia de accidentes viales. Además, existen tres zonas con alta concentración de estos accidentes viales, como lo indica la Fig. 7a). Un eje vial en la zona centro-sur de la comuna posee un tramo con una concentración importante de accidentes viales por imprudencia de conductores hombres, mostrado en la Fig. 7a). Cabe destacar que las zonas con mayor concentración de accidentes viales producto de la imprudencia de conductoras mujeres tienden a ubicarse en las mismas intersecciones y tramos de vía que los accidentes que involucran a conductores hombres (ver Fig. 7b), pero con inferior intensidad.



a) Hombres involucrados

b) Mujeres involucradas

Fig. 5 Densidad de Kernel de víctima fatales y lesionadas gravemente separado por género.

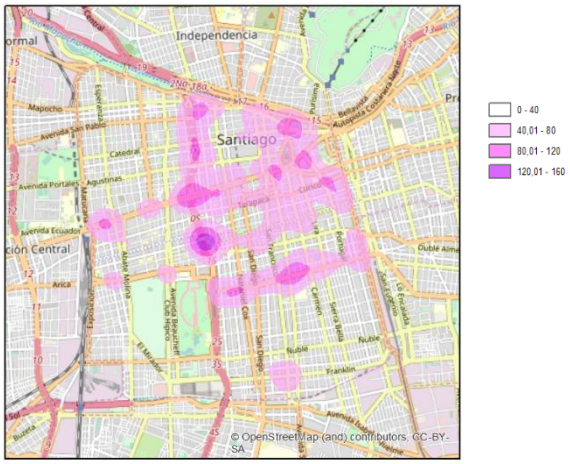


a) Hombres involucrados

b) Mujeres involucradas

Fig. 6 Densidad de Kernel de accidentes viales por colisiones.

a) Hombres involucrados



b) Mujeres involucradas

Fig. 7 Densidad de Kernel de accidentes viales por imprudencia del conductor.

B. Análisis de autocorrelación espacial global

Además, se realizó un análisis de autocorrelación espacial global de los accidentes viales y sus atributos identificados como zonas críticas en el análisis de EDK anterior. Las Fig. 8 y 9 muestran los resultados arrojados por el software ArcGIS en el análisis de autocorrelación espacial global con el índice de Moran para todos los accidentes viales y separados por género, respectivamente. Dichas figuras sugieren que existe una aleatoriedad en los accidentes viales en las zonas críticas con resultados que no son estadísticamente significativos (i.e., valores del índice de Moran cercanos al cero y valor de p superior a 0,10). Al ser aleatorio el comportamiento de los accidentes viales, las medidas estratégicas no pueden ser localizadas ni agrupadas por algún atributo en común.

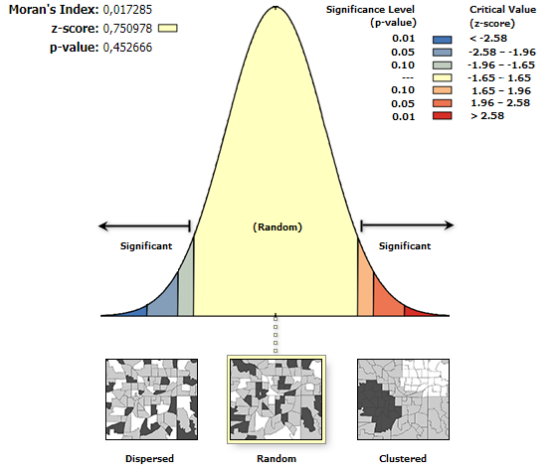
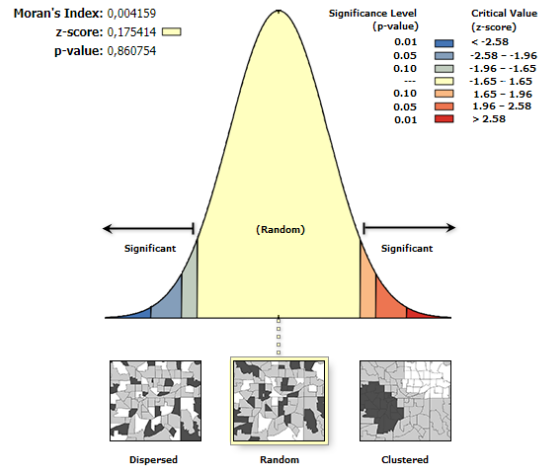
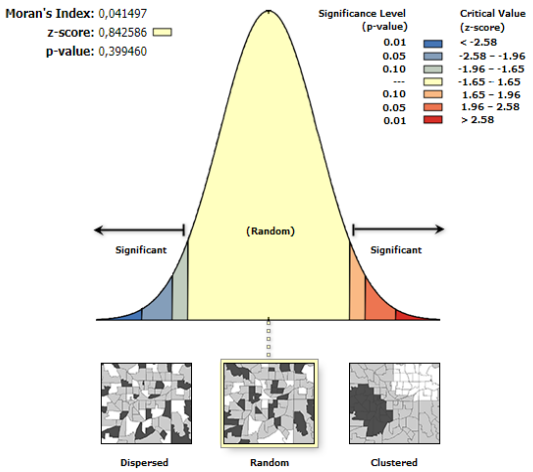


Fig. 8 Resultado del análisis de autocorrelación espacial global de accidentes viales totales en la comuna de Santiago.



a) Hombres conductores involucrados



b) Mujeres conductoras involucrados

Fig. 9 Resultados del análisis de autocorrelación espacial de accidentes viales separado por género comuna de Santiago en el periodo 2010-2019.

La Tabla II muestra los resultados del análisis de autocorrelación espacial global con el índice de Moran para los atributos de los accidentes viales tanto para hombres y mujeres. Los valores del indicador, el puntaje Z y el valor de p mostrados en esta tabla, sugieren que todos los atributos de los accidentes se encuentran aleatoriamente relacionados en el espacio, excepto por accidentes de tránsito debido a la imprudencia de conductoras mujeres. Estos últimos se encuentran dispersos en el espacio. Por lo tanto, se requiere de una investigación futura con otros análisis espaciales más específicos para identificar patrones espaciales de los accidentes viales en estas zonas críticas y así tomar medidas estratégicas que mitiguen los accidentes viales en dichas zonas.

TABLA II
RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE AUTOCORRELACIÓN ESPACIAL GLOBAL USANDO EL ÍNDICE DE MORAN

Variable	Índice de Morán	Z	Valor de p	Distribución
Hombres				
Grave	-0,063	-0,268	0,788	Aleatoria
Colisión	-0,185	-0,797	0,425	Aleatoria
Imprudencia Conductor	-0,150	-0,967	0,333	Aleatoria
Mujeres				
Grave	-0,134	-1,069	0,285	Aleatoria
Colisión	-0,173	-0,829	0,407	Aleatoria
Imprudencia Conductor	-0,507	-1,957	0,050	Disperso

V. CONCLUSIONES

En este estudio, se realizó un análisis de EDK para identificar las zonas críticas de accidentes viales en la comuna de Santiago en los cuales participaron conductores jóvenes entre 19 y 33 años de edad. Este análisis se realizó además para los atributos más importantes de los accidentes viales tales como fallecidos y heridos graves, colisiones e imprudencia del conductor en forma separada por género. Adicionalmente, se realizó un análisis de autocorrelación espacial a nivel global para determinar los patrones espaciales de estos accidentes.

Los resultados del EDK para todos los accidentes viales revelan diferentes zonas críticas a lo largo de ejes principales de vías con bastante flujo vehicular, cercanos a estaciones de metro y establecimientos educacionales. Además, existe una densidad espacial mucho más alta de accidentes viales que involucren conductores hombres que conductoras mujeres. Sin embargo, en general, se identificaron tres zonas críticas que tienden a estar ubicadas similarmente para ambos géneros con diferentes atributos. En particular, las zonas críticas con alta concentración de fallecidos y victimas heridas gravemente debido a accidentes viales con conductores hombres no son totalmente coincidentes con los accidentes con conductoras mujeres. Este resultado requiere de mayor investigación para así tomar medidas adecuadas y mitigar la alta densidad de muertes y personas lesionadas gravemente.

Los resultados del análisis de autocorrelación espacial a nivel global indican que tanto los accidentes viales y sus atributos en las zonas críticas obtenidas por el EDK son aleatorios espacialmente, es decir, no existe ningún patrón espacial identificado globalmente. Por lo tanto, no se pueden deducir conclusiones al respecto y, por ende, otros análisis espaciales son necesarios en futura investigación. A través de los resultados de este estudio, se espera ayudar a las autoridades en la asignación de recursos para implementar medidas de mitigación en las zonas críticas identificadas que involucren conductores jóvenes.

Como trabajo futuro, se debe implementar un análisis adicional en las zonas críticas identificadas con EDK para así determinar otros atributos que inciden en la ocurrencia de los accidentes viales en dichas zonas tales como hora del día, flujo vehicular, etc. Por otro lado, se considera necesario implementar el análisis espacial para cada año para así estudiar la evolución de la concentración espacial de los accidentes viales a lo largo del tiempo. Además, se deberían incluir los accidentes viales ocurridos después de la pandemia por COVID-19 y así determinar si las zonas críticas con alta concentración de accidentes viales se han mantenido o han cambiado en el tiempo.

REFERENCIAS

[1] Organización Mundial de la Salud, "Traumatismos causados por el tránsito," Who.int. [Online]. Available: https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/road-traffic-injuries. [Accessed: 29-Jan-2025].

[2] I. Ramírez and C. Scartascini, "Increasing road safety in Latin America and the Caribbean: Lessons from behavioral economics," Inter-American Development Bank, 2024.

[3] International Transport Forum, "Road safety. Annual report 2024," [Online]. Available: https://www.itf-oecd.org/sites/default/files/docs/irtad-road-safety-annual-report-2024.pdf. [Accessed: 29-Jan-2025].

[4] International Transport Forum, "Road safety country profile. Chile," [Online]. Available: https://www.itf-oecd.org/sites/default/files/chile-road-safety.pdf. [Accessed: 29-Jan-2025].

[5] Comisión Nacional de Seguridad del Tránsito, CONASET, "Costo social de los siniestros de tránsito en Chile," 2021 [Online] https://www.conaset.cl/wp-content/uploads/2021/05/Costos-accidentes-2020.pdf
[6] C. A. Blazquez and M. S. Celis, "A spatial and temporal analysis of child pedestrian crashes in Santiago, Chile," Accid. Anal. Prev., vol. 50, pp. 304–311, 2013.
[7] A. Arai and Y. Arai, "Self-assessed driving behaviors associated with age among middle-aged and older adults in Japan," Arch. Gerontol. Geriatr., vol. 60, no. 1, pp. 39–44, 2014.
[8] Z. Dezman et al., "Hotspots and causes of motor vehicle crashes in Baltimore, Maryland: A geospatial analysis of five years of police crash and census data," Injury, vol. 47, no. 11, pp. 2450–2458, 2016.
[9] A. Soltani and S. Askari, "Exploring spatial autocorrelation of traffic crashes based on severity," Injury, vol. 48, no. 3, pp. 637–647, 2017.
[10] C. A. Blazquez, B. Picarte, J. F. Calderón, and F. Losada, "Spatial autocorrelation analysis of cargo trucks on highway crashes in Chile," Accid. Anal. Prev., vol. 120, pp. 195–210, 2018.
[11] C. Blazquez, J. G. C. Laurent, and J. I. Nazif-Munoz, "Differential impacts of ridesharing on alcohol-related crashes by socioeconomic municipalities: rate of technology adoption matters," BMC Public Health, vol. 21, no. 1, 2021.
[12] J. Yoon and S. Lee, "Spatio-temporal patterns in pedestrian crashes and their determining factors: Application of a space-time cube analysis model," Accid. Anal. Prev., vol. 161, no. 106291, p. 106291, 2021.
[13] K. Hazaymeh, A. Almagbile, and A. H. Alomari, "Spatiotemporal analysis of traffic accidents hotspots based on geospatial techniques," ISPRS Int. J. Geoinf., vol. 11, no. 4, p. 260, 2022.
[14] K. G. Le, P. Liu, and L.-T. Lin, "Traffic accident hotspot identification by integrating kernel density estimation and spatial autocorrelation analysis: a case study," Int. J. Crashworthiness, vol. 27, no. 2, pp. 543–553, 2022.
[15] D. Gálvez-Pérez, B. Guirao, and A. Ortuño, "Analysis of the elderly pedestrian injury severity in urban traffic accidents in Spain using machine learning techniques," Transp. Res. Procedia, vol. 71, pp. 6–13, 2023.
[16] D. S. Munasinghe, "Spatial analysis of urban road traffic accidents using GIS," British Journal of Multidisciplinary and Advanced Studies, vol. 4, no. 6, pp. 70–83, 2023.
[17] W. T. Gedamu, U. Plank-Wiedenbeck, and B. T. Wodajo, "A spatial autocorrelation analysis of road traffic crash by severity using Moran's I spatial statistics: A comparative study of Addis Ababa and Berlin cities," Accid. Anal. Prev., vol. 200, no. 107535, p. 107535, 2024.
[18] R. K. Mahato, K. M. Htike, K. Sornlorm, A. B. Koro, A. Kafle, and V. Sharma, "A spatial autocorrelation analysis of road traffic accidents by severity using Moran's I spatial statistics: a study from Nepal 2019–2022," BMC Public Health, vol. 24, no. 1, 2024.
[19] BCN. Biblioteca del Congreso Nacional de Chile, "Reportes Estadísticos 2017 de Santiago. Biblioteca del Congreso Nacional de Chile," 2023.
[20] ChileAtiende, "Ley Emilia," [Online]. Available: https://www.chileatiende.gob.cl/fichas/37003-ley-emilia. [Accessed: 27-Jan-2025].
[21] A. Rampinelli, J. F. Calderón, C. A. Blazquez, K. Sauer-Brand, N. Hamann, and J. I. Nazif-Munoz, "Investigating the risk factors associated with injury severity in pedestrian crashes in Santiago, Chile," Int. J. Environ. Res. Public Health, vol. 19, no. 17, 2022.
[22] Fotheringham, A.S.; Brunsdon, C.; Charlton, M. Quantitative Geography: Perspectives on Spatial Data Analysis; Sage: Thousand Oaks, CA, USA, 2000.