

Spatial Analysis of the effect of the pandemic due to COVID-19 on traffic crashes in the districts of Valparaíso and Viña del Mar, Chile

Patricia F. Godoy, BSc¹, Carola Blazquez, PhD¹ y Karen Sauer-Brand, PhD¹

¹Universidad Andres Bello, Chile, p.godoyfarias@uandresbello.edu, cblazquez@unab.cl, k.sauerbrand@uandresbello.edu

Abstract- This study investigates the effect of the COVID-19 pandemic on traffic crashes in the districts of Valparaíso and Viña del Mar, Chile from a spatial and temporal perspective. Spatial autocorrelation analysis using Global and Local Moran's I indicators were used to identify statistically significant spatial clusters at the global and local level, respectively. The results indicate that there is a global spatial clustering of the traffic crashes in the studied area in the years 2019 and 2020. Although there is a reduction in the number of traffic crashes in 2020, at the local level, these crashes tend to cluster spatially in the downtown areas of both districts with a larger number of spatial clusters with high values in Viña del Mar. Additionally, Differential Moran's I statistic was employed to analyze the spatio-temporal variation of traffic accidents in both districts before and during the pandemic. The results show that there is a significant increase of spatial clusters in Valparaiso and a significant decrease in these clusters in Viña del Mar. The findings of this study may help support authorities' decisions to improve traffic safety in the districts of Valparaíso and Viña del Mar.

Keywords- Traffic safety, Spatial autocorrelation, Spatial analysis, Pandemic, Chile

Digital Object Identifier (DOI):

<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2022.1.1.41>

ISBN: 978-628-95207-0-5 ISSN: 2414-6390

Análisis espacial del efecto de la pandemia por COVID-19 en los accidentes de tránsito en las comunas de Valparaíso y Viña del Mar, Chile

Patricia F. Godoy, BSc¹, Carola Blazquez, PhD¹ y Karen Sauer-Brand, PhD¹

¹Universidad Andres Bello, Chile, p.godoyfarias@uandresbello.edu, cblazquez@unab.cl, k.sauerbrand@uandresbello.edu

Resumen— Este estudio investiga el efecto de la pandemia COVID-19 en los accidentes viales de las comunas Valparaíso y Viña del Mar, Chile desde una perspectiva espacial y temporal. Para ello, se realizó un análisis de autocorrelación espacial usando los indicadores I de Moran Global y Local para identificar los clústeres espaciales que son estadísticamente significativos a nivel global y local, respectivamente. Los resultados indican que a nivel global existe clusterización espacial de los accidentes de tránsito en la zona de estudio en los años 2019 y 2020. A nivel local, se puede apreciar que a pesar de que hubo una disminución de los accidentes viales en el año 2020 con respecto al año 2019, éstos tienden a agruparse espacialmente en las zonas céntricas de ambas comunas, con un mayor número de los clústeres espaciales con valores altos de accidentes viales en Viña del Mar. Además, se utilizó el estadístico I de Moran Diferencial para analizar la variación espacio-temporal de los accidentes viales en ambas comunas antes y durante la pandemia y se concluyó que hubo un aumento significativo de clústeres espaciales en Valparaíso y una disminución significativa de éstos en Viña del Mar. Los resultados de esta investigación pueden apoyar las decisiones de las autoridades para mejorar la seguridad vial en las comunas de Valparaíso y Viña del Mar.

Palabras claves—Seguridad vial, Autocorrelación espacial, Análisis espacial, Pandemia, Chile

I. INTRODUCCIÓN

Cada año fallecen 1.3 millones de personas por causa de accidentes de tránsito, es decir, que cada 24 segundos se registra una muerte en las vías públicas dejando entre 20 y 50 millones de personas con traumatismos [1]. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), los accidentes de tránsito se han convertido en una epidemia difícil de controlar, a lo que se suma la pandemia por COVID-19, el cual fue descubierto en diciembre del 2019 y es catalogado como un síndrome respiratorio agudo grave tipo 2 que puede causar la muerte [2].

En junio del 2020, el número de muertes por COVID-19 en Latinoamérica superaron los 4 millones de personas, representando a 27% del total de muertes a nivel mundial [3]. En Brasil, se presentó una alta tasa de contagios y muertes diarias, llegando a 17.2 millones de contagios acumulados hasta el 11 de junio de 2021. En Chile, desde el 3 de enero de 2020 hasta el 20 de septiembre de 2021, se registraron 1.6 millones de casos confirmados de COVID-19 con 37.100 muertes reportados a la OMS quedando en el puesto número 6 en América Latina [4]. A partir de ello, diversos países aplicaron distintas medidas para combatir la propagación de la enfermedad y mitigar sus efectos adversos. En América Latina, las restricciones incluyeron toques de queda y cuarentenas que produjeron un confinamiento total de la población. Como

consecuencia, en el ámbito de transporte, los flujos vehiculares y la movilidad de las personas se vieron reducidos. Por ejemplo, en Chile, se redujo el flujo vehicular en un 59% y hubo disminución del 84% en la demanda de pasajeros en el transporte público en la Región Metropolitana mientras que, en la Región de Valparaíso, en los tres primeros días hábiles de cuarentena el flujo vehicular se redujo en 61% [5].

Debido a la menor exposición de la ciudadanía por la baja en el número de vehículos y peatones circulando en la vía pública, se reportaron menor cantidad de víctimas fatales y lesionadas producto de accidentes viales. Por lo tanto, el objetivo de este estudio es analizar el efecto de la pandemia por COVID-19 en los accidentes viales en las comunas de Valparaíso y Viña del Mar ubicadas en la Región de Valparaíso desde una perspectiva espacial y temporal.

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Diferentes estudios se han enfocado en investigar el impacto que ha causado la pandemia en los accidentes viales [6-10]. [6] investigó los efectos de compensación entre las muertes por COVID-19 y los accidentes viales entre febrero y mayo del 2020. Los autores sugieren que existe una compensación entre los costos sociales por las muertes por COVID-19 y los ahorros de la reducción de accidentes viales durante cuarentenas. En otro estudio, [7] estudiaron el impacto del COVID-19 para estimar el aumento en la mortalidad por accidentes viales en la República de Ecuador. Los autores utilizaron la variación porcentual simple, estimación de riesgos relativos e intervalos de confianza, obteniendo como resultado una disminución del 67,4% en los fallecidos con respecto a años anteriores. Referencia [8] investigaron las colisiones entre vehículos motorizados ocurridos durante la pandemia en diferentes estados de Estados Unidos y concluyeron que hubo una tendencia general a disminuir estas colisiones. En el estudio de [9], se analizaron los accidentes de tránsito en Missouri durante un periodo de confinamiento total en el 2020. Los autores dedujeron que hubo una reducción significativa en las lesiones leves y no así de las víctimas fatales y heridos severos. Referencia [10] estudiaron como la pandemia afectó los accidentes de tránsito en Alabama antes y después de la cuarentena. A diferencia de otros estudios, los resultados indicaron que hubo un aumento en el número total de accidentes viales y lesionados durante la pandemia debido principalmente a exceso de velocidad y consumo de alcohol.

Existen algunos estudios que analizaron los accidentes viales antes y durante la pandemia utilizando técnicas espaciales. En España, [11] analizaron el impacto del confinamiento en los accidentes viales en la provincia de Tarragona. Los autores compararon los accidentes viales antes y después del confinamiento, aplicando chi-cuadrado y además aplicaron la función de Kernel para calcular la concentración de accidentes viales. Como resultado, detectaron una disminución en los accidentes viales durante el periodo de confinamiento. En otro estudio, [12] realizaron un análisis geoespacial de la incidencia y severidad producto de los accidentes de tránsito ocurridos durante la pandemia en el 2020 y luego compararon los resultados con accidentes registrados en el 2018 y 2019. Los autores concluyeron que la incidencia de los accidentes viales disminuyó en 10%, pero se mantuvo la tasa de mortalidad. Referencia [13] emplearon estimación de densidad de Kernel en un SIG para identificar las diferencias espaciales en la densidad de accidentes antes y durante la pandemia. Existen diversos estudios en la literatura que han realizado un análisis de autocorrelación espacial con el estadístico I de Moran para identificar patrones espaciales de accidentes viales [14-20]. Sin embargo, no se encontró ninguna investigación que usara este tipo de análisis para estudiar los efectos de la pandemia por COVID-19 en los accidentes viales.

III. DATOS

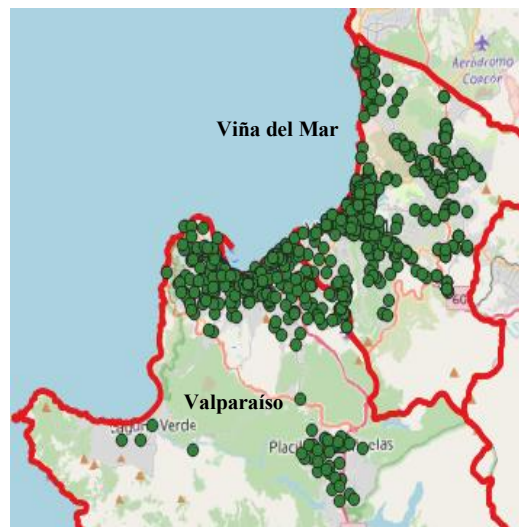
La base de datos con los accidentes viales geocodificados del año 2019 se obtuvieron directamente de la página web de la CONASET, mientras que por Ley de Transparencia se solicitaron a CONASET los accidentes viales del año 2020. Posteriormente, estos accidentes fueron geocodificados usando el software QGIS.

En este estudio, se analizaron los accidentes viales ocurridos en dos periodos de tiempo. En el Periodo 1, se consideraron los datos sobre accidentabilidad vial que cubren desde el 15 de marzo al 15 de octubre en el año 2019 y en el año 2020. Se excluyeron los efectos del estallido social en Chile entre octubre y diciembre del 2019 y además, no se consideraron los meses de enero, febrero y mediados de marzo ya que la pandemia en Chile inició a mediados de marzo del 2020. La Fig. 1 muestra los accidentes viales que ocurrieron en las dos comunas a estudiar en el periodo 1 para los años 2019 y 2020. En esta figura, se puede apreciar la disminución en los accidentes viales para un mismo periodo (marzo-octubre) entre los años 2019 y 2020.

Adicionalmente, el Periodo 2 corresponde a la fase cuarentena entre el 15 de junio y el 5 de octubre del 2020, donde se impuso un confinamiento estricto en las comunas de Valparaíso y Viña del Mar. Por lo tanto, para este periodo, se utilizaron estas fechas para los años 2019 y 2020. En la Fig. 2, se observan los accidentes viales ocurridos en las comunas de Valparaíso y Viña del Mar para el periodo 2 en los años 2019 y 2020. Esta figura también presenta una disminución en los accidentes viales en el 2020 con respecto al 2019.

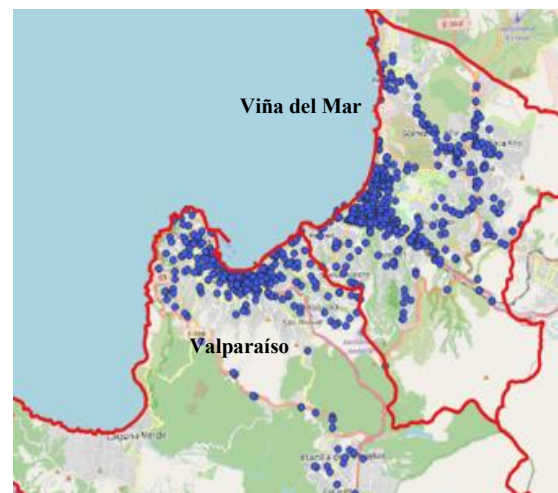


a) Periodo 1, 2019



b) Periodo 1, 2020

Fig. 1 Accidentes viales en las comunas de Valparaíso y Viña del Mar en el periodo 1



a) Periodo 2, 2019



b) Periodo 2, 2020

Fig. 2 Accidentes viales en las comunas de Valparaíso y Viña del Mar en el periodo 2

La Tabla 1 muestra el número de accidentes viales y su variación para cada comuna en los dos periodos estudiados. En esta tabla, se muestra que hubo una mayor disminución en el número de accidentes viales en Viña del Mar que en Valparaíso en ambos periodos. Cabe notar que las dos comunas presentaron aproximadamente la misma cantidad de accidentes viales en ambos periodos en el 2020.

La Tabla 2 muestra que, en la comuna de Viña del Mar, disminuyeron de 8 a 7 fallecidos entre el 2019 y el 2020, mientras en la comuna de Valparaíso, este número se redujo de 7 a 5 fallecidos en el periodo 1. Similarmente, en el periodo 2, el número de fallecidos por accidentes de tránsito disminuyeron en ambas comunas (Valparaíso de 6 a 1 muertos y en Viña del Mar de 3 a 2 muertos). Además, se calculó el índice de severidad que indica el número de fallecidos por cada 100 accidentes viales. En ambos periodos estudiados, este índice disminuyó en la comuna de Valparaíso y aumentó en la comuna de Viña del Mar entre el 2019 y el 2020. Por lo tanto, aunque en Viña del Mar se redujo el número de accidentes viales y el número de fallecidos durante la pandemia, la gravedad de estos accidentes es mayor para dicha comuna ya que existe mayor proporción de víctimas fatales.

TABLE I
NÚMERO DE ACCIDENTES VIALES OCURRIDOS EN LOS PERIODOS 1 Y 2
EN VALPARAÍSO Y VIÑA DEL MAR

Comunas	Periodo 1			Periodo 2		
	2019	2020	Variación	2019	2020	Variación
Valparaíso	652	498	-24%	337	243	-28%
Viña del Mar	1140	500	-56%	588	242	-59%
Total	1792	998	-44%	925	485	-48%

TABLE II
NÚMERO DE ACCIDENTES VIALES OCURRIDOS EN LOS PERIODOS 1 Y 2
EN VALPARAÍSO Y VIÑA DEL MAR

Comunas	2019		2020	
	Fallecidos	Índice Severidad	Fallecidos	Índice Severidad
<i>Periodo 1</i>				
Valparaíso	7	1,1	5	1,0
Viña del Mar	8	0,7	7	1,4
<i>Periodo 2</i>				
Valparaíso	6	1,8	1	0,4
Viña del Mar	3	0,5	2	0,8

En este estudio, los accidentes viales fueron agregados a nivel de zona censal para realizar los análisis de autocorrelación espacial. La Fig. 3 presenta las 270 zonas censales en las comunas de Valparaíso y Viña del Mar.

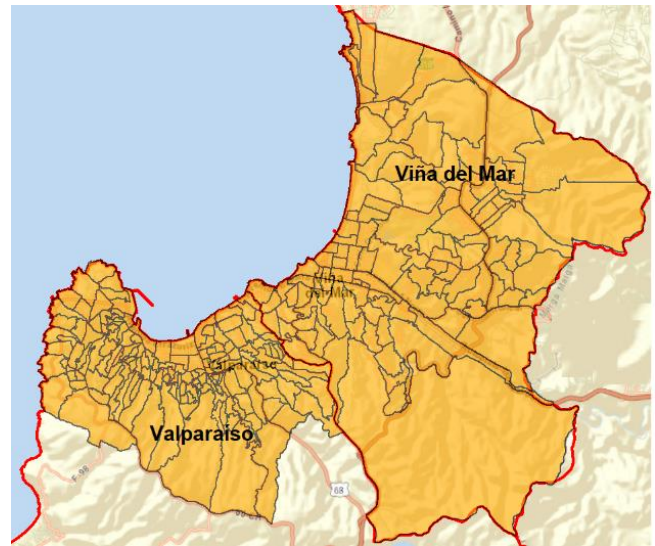


Fig. 3 Zonas censales de las comunas de Valparaíso y Viña del Mar

III. METODOLOGÍA

En esta sección, se describen los conceptos teóricos del análisis de autocorrelación espacial a nivel global, local y diferencial que se utilizaron para investigar los patrones espaciales de los accidentes viales en Valparaíso y Viña del Mar.

A. *I de Moran Global*

El índice *I* de Moran Global mide la autocorrelación espacial de ubicaciones y valores de atributos asociados para identificar agrupación (clusterización), dispersión o aleatoriedad de éstos. Este índice se define con (1) (Anselin, 1995).

$$I = \frac{n \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{s_0 \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (1)$$

Donde w_{ij} son los elementos de la matriz de pesos espaciales entre las ubicaciones i y j , x_i es la variable en la ubicación i , x_j es la variable en la ubicación j , \bar{x} es la media de la variable, n es el número de observaciones y S_o es la suma de los pesos. Los valores de este indicador oscilan entre -1 y 1, donde una autocorrelación espacial positiva (agrupación) tiene valores cercanos a 1, mientras que una autocorrelación espacial negativa (dispersión) tiene valores cercanos a -1. Si el índice tiene un valor cercano a 0, entonces no existe autocorrelación espacial.

Además, en el análisis de autocorrelación espacial, se generan los gráficos de dispersión del estadístico I de Moran Global, como se muestra en el ejemplo de la Fig. 4. En este gráfico, se puede visualizar la pendiente de la línea de regresión, la cual corresponde al I de Moran Global. Además, se distingue la naturaleza de la autocorrelación espacial en cuatro tipos: i) cuadrante superior derecha indica una correlación positiva, es decir, observaciones con valores altos rodeados por sus vecinos con valores altos (Alto-Alto), ii) cuadrante inferior izquierda sugiere una correlación negativa con valores bajos rodeados por sus vecinos con valores bajos (Bajo-Bajo), iii) cuadrante superior izquierda que indica un clústeres atípico con valores bajos contorneado de vecinos con valores altos (Bajo-Alto), y iv) cuadrante inferior derecho que exhibe clústeres atípicos con valores altos rodeados de vecinos con valores bajos (Alto-Bajo). Esta clasificación sugiere las agrupaciones en forma general. Por lo tanto, se utiliza el I de Moran Local presentado en la siguiente subsección para identificar la ubicación espacial de las zonas de clusterización espacial y clústeres atípicos [21].

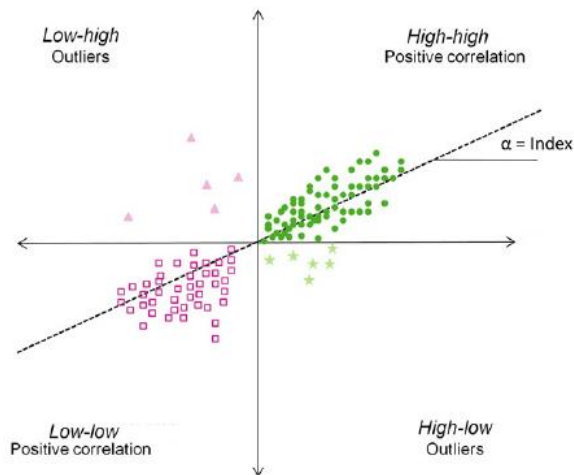


Fig. 4 Ejemplo de gráfico de dispersión de I de Moran. Adaptado de [22]

B. I de Moran Local

El indicador I de Moran Local identifica las agrupaciones locales y valores atípicos espaciales a nivel local. Este indicador clasifica las ubicaciones significativas en clústeres espaciales altos (Alto-Alto) y bajos (Bajo-Bajo), y atípicos (Alto-Bajo y Bajo-Alto) [21]. En este estudio, interesa particularmente las zonas con valores altos (Alto-Alto) y bajos (Bajo-Bajo). El indicador I de Moran Local se calcula usando (2).

$$I_i = \frac{x_i - \bar{x}}{S_i^2} \sum_{j=1}^n w_{ij} (x_j - \bar{x}) \quad (2)$$

Donde x_i es la variable en la ubicación i , \bar{x} es la media de la variable, w_{ij} es el peso espacial entre las ubicaciones i y j , S_i^2 es la varianza de x_i y n es el número de ubicaciones.

C. I de Moran Local Diferencial

El estadístico I de Moran Local Diferencial se utiliza para identificar el cambio en la autocorrelación espacial entre dos periodos de tiempo ($y_t - y_{t-1}$). Un cambio positivo se asigna como alto y un cambio negativo como bajo. La expresión formal de este indicador que consiste en el producto cruzado de la diferencia entre y_t y y_{t-1} está dado por (3), donde c es una constante. La interpretación es la misma que para el I de Moran local tradicional.

$$I_i^D = c(y_t - y_{t-1}) \sum_j w_{ij} (y_t - y_{t-1}) \quad (3)$$

Todos los análisis de autocorrelación espacial fueron realizados con el software GeoDa. Además, en todos estos análisis se utilizó el peso de contigüidad tipo reina con orden 1 y una significancia estadística con $p < 0,05$.

III. RESULTADOS

A. Autocorrelación espacial global

La Fig. 5 muestra los gráficos de dispersión para el periodo 1 y los respectivos valores de I de Moran Global para los años 2019 (Fig. 5a) y 2020 (Fig. 5b). Estos gráficos sugieren que existe una tendencia a agruparse los accidentes viales en ambos años, pero con mayor intensidad en el año previo a la pandemia. Por ejemplo, en el periodo 1, se obtuvo un I de Moran Global de 0,498 para el 2019, el cual está representado por una pendiente más pronunciada de la línea en el gráfico de la Fig. 5a) que la pendiente del gráfico de la Fig. 5b) que corresponde a un valor de I de Moran Global de 0,187 para el 2020. Además, se pueden observar resultados similares en la clusterización espacial global con los accidentes ocurridos en el periodo 2 con cuarentena restrictiva en la Fig. 6a) y 6b), pero con una intensidad de agrupación levemente menor al periodo 1. Estos resultados sugieren que además de disminuir el número de accidentes de tránsito en la zona de estudio en el 2020 con respecto al 2019 para ambos periodos (como se muestra en la Tabla 1), en general los accidentes viales tienden a una menor clusterización en el 2020 que en el 2019 para los periodos 1 y 2.

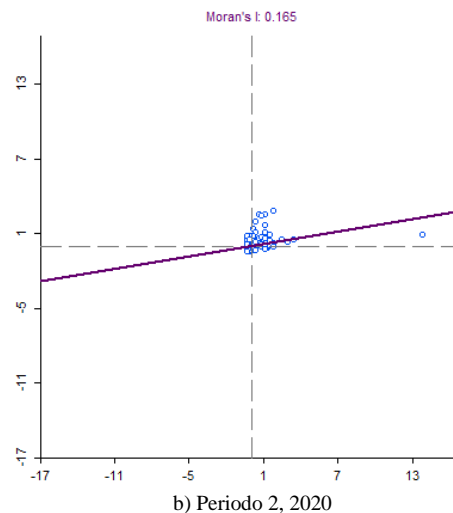
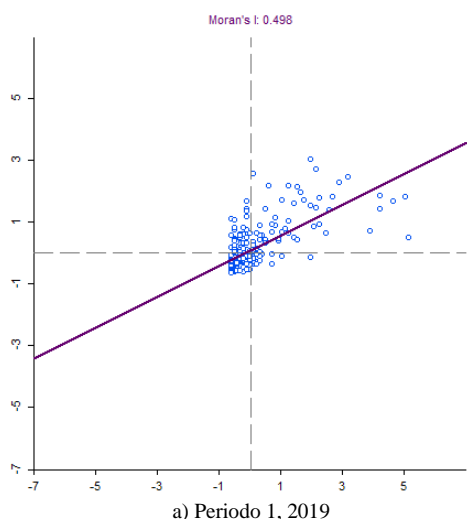


Fig. 6 Gráfico de dispersión del I de Moran Global para el periodo 2

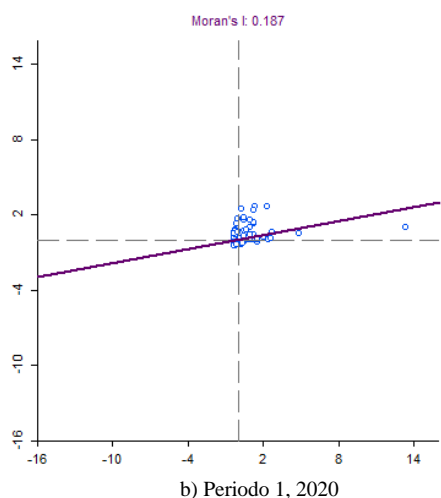
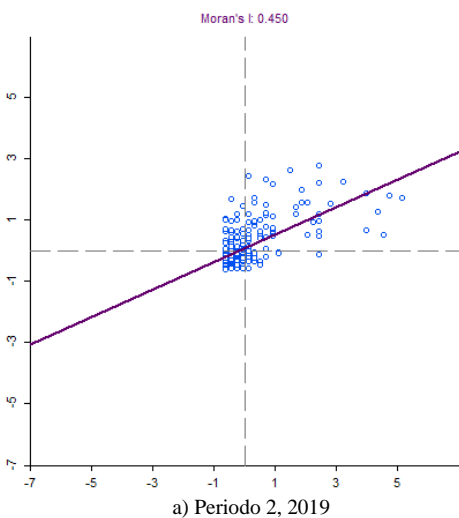


Fig. 5 Gráfico de dispersión del I de Moran Global para el periodo 1



B. Autocorrelación espacial local

Los gráficos de dispersión del indicador I de Moran Global muestran si existe presencia o no de clusterización de los accidentes viales en forma general. Con el indicador I de Moran Local, se puede visualizar aquellas zonas donde se concentran los accidentes viales a través de la agrupación estadísticamente significativa con valores Alto-Alto y Bajo-Bajo.

Las Fig. 7a) y 7b) exhiben mapas con los clústeres espaciales para las comunas Valparaíso y Viña del Mar durante el periodo 1. Las figuras señalan dos áreas de clústeres Alto-Alto (un clúster en Valparaíso y otro clúster en Viña del Mar) con un total de 33 clústeres en el 2019 y 17 clústeres en el 2020. Además, se visualiza de estas figuras que existe una mayor cantidad de zonas con valores Alto-Alto en el centro de Viña del Mar en el 2019 y éstas se reducen significativamente en el año 2020. En cambio, para el caso de la comuna de Valparaíso, el número de zonas con valores Alto-Alto aumenta de 5 a 8 clústeres en el 2020. Con respecto a las agrupaciones de valores Bajo-Bajo para el periodo 1, éstos se ubican hacia los cerros de Valparaíso alejados de la zona céntrica de la comuna que está cerca del océano Pacífico. En general, se aprecia una disminución en la agrupación de accidentes viales con valores Alto-Alto y Bajo-Bajo en ambas comunas producto de la pandemia.

Los clústeres espaciales de accidentes viales ocurridos durante el periodo 2 se muestran en las Fig. 8a) y 8b) para los años 2019 y 2020, respectivamente. Estas figuras muestran cantidades y ubicaciones de clústeres Alto-Alto y Bajo-Bajo similares al periodo 1 en ambas comunas, a excepción de algunas zonas con valores Alto-Alto al norte de Viña del Mar en el año 2019 y otros con valores Alto-Alto en los cerros de Valparaíso en el año 2020.

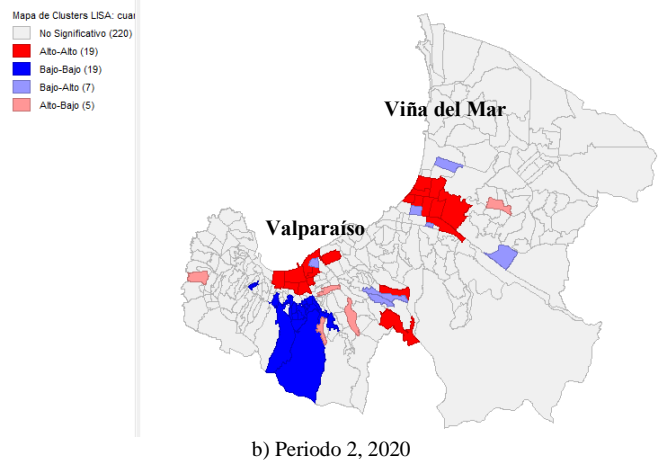
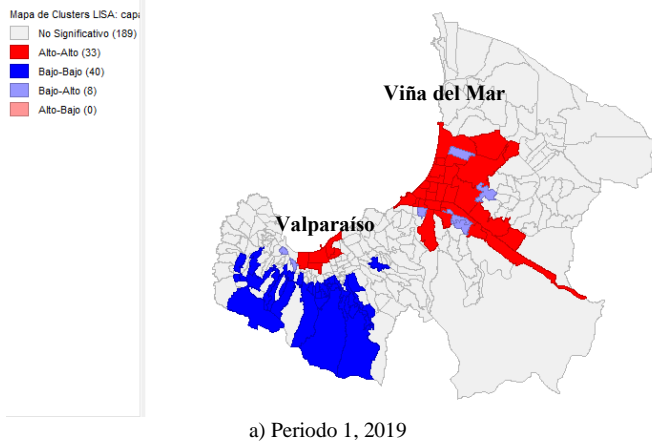


Fig. 8 Clústeres usando el I de Moran Local para el periodo 2

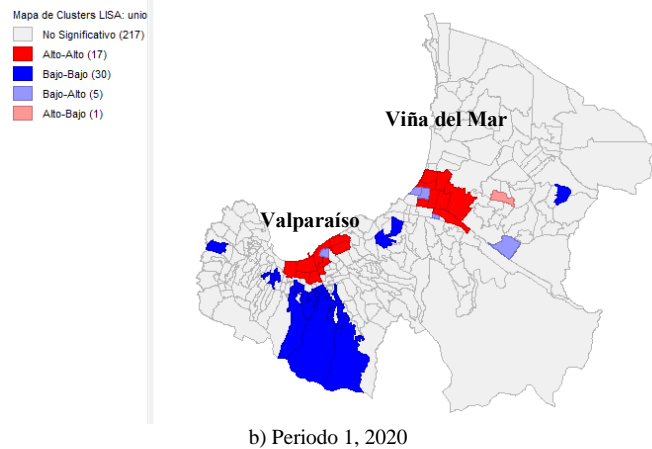


Fig. 7 Clústeres usando el I de Moran Local para el periodo 1

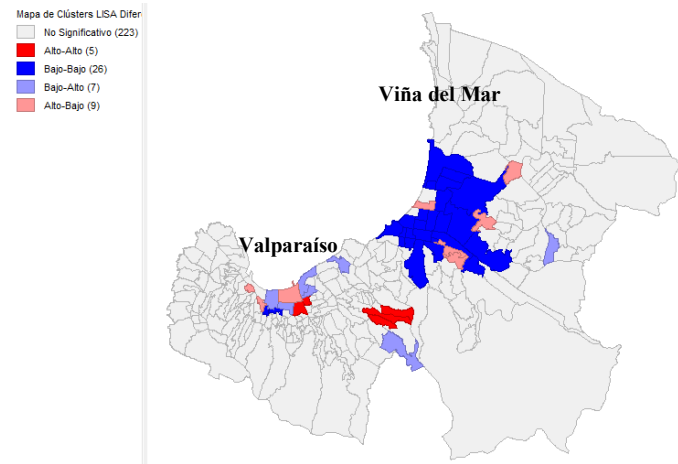
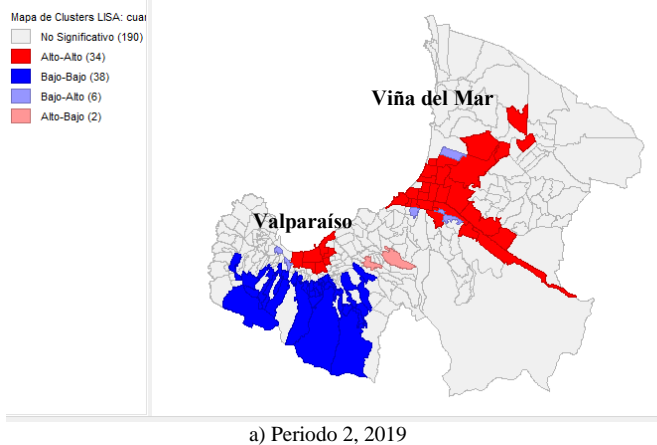


Fig. 9 Clústeres usando el I de Moran Diferencial

C. Autocorrelación espacial diferencial

Dada la semejanza en los resultados usando el estadístico I de Moran Local entre los periodos 1 y 2, se procedió a calcular la autocorrelación espacial diferencial solamente para el periodo 1 y así se identificaron las zonas donde existe cambios en los clústeres espaciales entre los años 2019 y 2020. La Fig. 9 muestra que existen sólo 5 zonas con valores Alto-Alto ubicados en la comuna de Valparaíso, lo que sugiere un gran aumento (cambio positivo) en dichas zonas, las cuales están rodeadas de zonas con aumentos similares. En cambio, se puede visualizar en la figura que surgieron 26 zonas con valores Bajo-Bajo que abarcan principalmente la comuna de Viña del Mar. Esto indica que hubo zonas en esta comuna con disminuciones significativas (cambio negativo) en la accidentabilidad que tiene zonas vecinas con disminuciones similares. Por lo tanto, la agrupación espacial de alto número de accidentes viales disminuyó considerablemente en Viña del Mar en el año 2020, mientras que en Valparaíso existen zonas que ocurrió lo contrario presentando un aumento importante en 5 clústeres de alto número de accidentes viales a pesar de que el número total de accidentes de tránsito disminuyó entre el 2019 y 2020.

IV. CONCLUSIONES

En este estudio, se realizaron análisis de autocorrelación espacial a nivel global y local para identificar patrones espaciales de los accidentes viales en las comunas de Valparaíso y Viña del Mar en dos periodos en los años 2019 y 2020. El análisis de autocorrelación espacial global indica que en general existe una clusterización espacial de los accidentes de tránsito, pero con una menor intensidad en el 2020 para ambos periodos en el área de estudio debido principalmente por la disminución en la cantidad de accidentes viales durante ese año producto de la pandemia. Los resultados de la autocorrelación espacial local identificaron aquellas zonas en las dos comunas que conforman clústeres espaciales con valores Alto-Alto y Bajo-Bajo. Además, a través del análisis de autocorrelación espacial diferencial, se aprecian los clústeres espaciales de accidentes viales en Valparaíso donde hubo aumentos significativos entre el 2019 y 2020 y, además, se identificaron aquellos clústeres espaciales que presentaron disminuciones importantes en Viña del Mar. Los resultados de este estudio sugieren continuar con la fiscalización durante periodos extraordinarios como las pandemias, particularmente en las zonas que conforman agrupaciones espaciales de accidentes viales en ambas comunas. Como trabajo futuro, se debe investigar los factores principales que contribuyen a la generación de accidentes viales en cada clúster especialmente con valores altos.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Organización Mundial de la Salud, OMS, "Road traffic injuries," 2021. [Online]. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/road-traffic-injuries>
- [2] Organización Mundial de la Salud, OMS, "WHO Coronavirus (COVID-19) Dashboard," 2021. [Online]. <https://covid19.who.int/>
- [3] A. Pablos-Méndez, J. Vega, F. Aranguren, H. Tabish, and M. Raviglione, "Covid-19 in Latin America," *BMJ*, vol. 370, m2939, 2020.
- [4] Reuters "COVID19 Tracker: América Latina y el Caribe," 2021. [Online]. <https://graphics.reuters.com/world-coronavirus-tracker-and-maps/es/regions/latin-america-and-the-caribbean/>
- [5] Unidad Operativa de Control del Tránsito, UOCT, "Flujo vehicular ha caído hasta en 61% en comunas con cuarentena," 2020. [Online]. <https://www.mtt.gob.cl/archivos/25502>.
- [6] P. Colonna, and P. Intini, "Compensation effect between deaths from Covid-19 and crashes: The Italian case," *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, vol. 6, 100170, 2020.
- [7] A. Gómez-García, K. Escobar-Segovia y P. Cajías-Vasco, "Impacto del COVID-19 en la mortalidad por accidentes de tránsito en provincias de la República de Ecuador," *CienciaAmérica: Revista de divulgación científica de la Universidad Tecnológica Indoamérica*, vol. 10, no. 1, 2021.
- [8] M. Sutherland, M. McKenney, and A. Elkbuli, "Vehicle related injury patterns during the COVID-19 pandemic: What has changed?," *American Journal of Emergency Medicine*, vol. 38, pp. 1710-1714, 2020.
- [9] A. Qureshi, W. Huang, S. Khan, I. Lobanova, F. Siddiq, C. Gomez, M. Fareed, and K. Suri, "Mandated societal lockdown and road traffic accidents," *Accident Analysis & Prevention*, vol. 146, 105747, 2020.
- [10] E. Adanu, D. Brown, S. Jones, and A. Parrish, "How did the COVID-19 pandemic affect road crashes and crash outcomes in Alabama?," *Accident Analysis & Prevention*, vol. 163, 106428, 2021.
- [11] O. Saladié, E. Bustamante, and A. Gutiérrez, "COVID-19 lockdown and reduction of traffic accidents in Tarragona province, Spain," *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, vol. 8, 100218, 2020.
- [12] E. Kaufman, D. Holena, G. Koenig, N. Martin, G. Maish, B. Moran, A. Ratnasekera, S. Stawicki, M. Timinski, and J. Brown, "Increase in Motor Vehicle Crash Severity: An Unforeseen Consequence of COVID-19," *The American Surgeon*, vol. 0, no. 0, pp. 1-6, 2021.
- [13] M. Koloushani, M. Ghorbanzadeh, E. Ozguven, and M. Ulak, "Crash Patterns in the COVID-19 Pandemic: The Tale of Four Florida Counties," *Future Transportation*, vol. 1, pp. 414-442, 2021.
- [14] C. Blazquez, and M. Celis, "A Spatial and Temporal Analysis of Child Pedestrian Crashes in Santiago, Chile," *Accident Analysis & Prevention*, vol. 50, pp. 304-311, 2013.
- [15] C. Blazquez, B. Picarte, J. Calderon, and F. Losada, "Spatial autocorrelation analysis of cargo trucks on highway crashes in Chile," *Accident Analysis & Prevention*, vol. 120, pp. 195-210, 2018.
- [16] C. Blazquez, and L. Salazar, "Spatio-temporal analysis of public transit crashes in Viña del Mar and Valparaíso, Chile", in *Online 18th LACCEI Virtual International Multi-Conference for Engineering, Education, and Technology*, Buenos Aires, Argentina, 2020.
- [17] Z. Dezman, L., de Andrade, J. Vissoci, D. El-Gabri, A. Johnson, J. Hirshon, and C. Staton, "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, pp. 2450-2458, 2016.
- [18] A. Moradi, H. Soori, A. Kavousi, F. Eshghabadi, E. Jamshidi, and S. Zeini, "Spatial analysis to identify high risk areas for traffic crashes resulting in death of pedestrians in Tehran," *Med. Journal of Islamic Republic of Iran*, vol. 30, pp. 4502016, 2016.
- [19] H. Shabanikiya, S. Hashtarkhani, R. Bergquist, N. Bagheri, R. VafaeiNejad, M. Amiri-Gholanlou, T. Akbari, and B. Kiani, "Multiple-scale spatial analysis of paediatric, pedestrian road traffic injuries in a major city in North-Eastern Iran 2015-2019," *BMC Public Health*, Vol. 20, 722, 2020.
- [20] A. Soltani, and S. Askari, "Exploring spatial autocorrelation of traffic crashes based on severity," *Injury*, vol. 48, no. 3, pp. 637-647, 2017.
- [21] L. Anselin, "Local indicators of spatial association—LISA," *Geographical analysis*, vol. 27, no. 2, pp. 93-115, 1995.
- [22] C. Gómez, J. White, and M. Wulder, "Characterizing the state and processes of change in a dynamic forest environment using hierarchical spatio-temporal segmentation," *Remote Sensing of Environment*, vol. 115, pp. 1665-1679, 2011.