



CONASET

Ministerio de
Transportes y
Telecomunicaciones

Gobierno de Chile

COMISIÓN NACIONAL DE
SEGURIDAD DE TRÁNSITO
Área de Estudios y Estadísticas

PARADEROS EN ZONAS DE PUNTOS CRÍTICOS DE ATROPELLOS EN EL GRAN SANTIAGO

DIAGNÓSTICO 2008-2010



Introducción

En este informe se presenta el resultado del estudio basado en el análisis de la autocorrelación espacial entre las localizaciones críticas de atropellos y paraderos de buses, utilizando los Sistemas de Información Geográfica (SIG) como herramienta para la representación y análisis del comportamiento espacial de estos accidentes.

Estudios muestran una fuerte relación entre los atropellos y los accesos peatonales a los paraderos de buses interurbanos (Hess et al. 2004; Pulugurtha & Charlotte, 2008) en cuanto estos se pueden considerar como generadores de peatones.

En el desarrollo de este estudio se seleccionaron y rankearon los paraderos de buses localizados dentro del área de influencia de los puntos críticos de atropellos en base a la severidad de los accidentes cercanos de este tipo, considerándose finalmente como paraderos potencialmente inseguros.

Metodología

Considerando los datos disponibles para el estudio los que incluyen registros de accidentes de atropellos proporcionada por Carabineros de Chile, paraderos de buses de Transantiago y la red urbana vial, es que esta investigación toma sus fundamentos en la metodología propuesta por Somenahalli & Truong, 2011, para identificar puntos críticos de atropellos y paraderos inseguros mediante los SIG, ya que considera las mismas condiciones y limitaciones de los datos disponibles y la falta de otros como la cantidad de pasajeros, el tránsito promedio diario anual y bajadas y subidas de pasajeros por parada.

En el estudio se utilizó la base de datos de atropellos ocurridos en el Gran Santiago entre los años 2008 a 2010 en la que se registran un total de 7.909 accidentes de este tipo, del cual fue localizado y considerado para el análisis el 92,5% de ellos. Debido a la falta de información para determinar los atropellos que involucran específicamente a usuarios del servicio de transporte público, esta metodología utiliza todos los accidentes de atropellos registrados en el periodo mencionado para identificar las paradas potencialmente inseguras.

La metodología de Somenahalli & Truong, 2011 se subdivide en los siguientes pasos:

1. Localizar y agregar los accidentes de atropellos.
2. Calcular un índice de severidad para cada localización.
3. Examinar los patrones espaciales de los atropellos.
4. Crear un mapa de puntos críticos de accidentes de atropellos.
5. Identificar los paraderos de bus localizados dentro de las áreas de influencia de los puntos críticos.
6. Calcular un índice de severidad y clasificar los paraderos inseguros.

Desarrollo

- 1) En la figura 1 se observa la localización de los accidentes de tránsito en el Gran Santiago. Cada uno de los puntos puede estar representando uno o múltiples accidentes en la misma localización. Por esto los datos fueron agregados para producir un conteo y ponderación por cada accidente de atropello en cada localización.
- 2) Los autores de la metodología proponen dar mayor peso de ponderación a los accidentes más severos. El índice de severidad calculado para cada accidente en base a la ecuación propuesta por Somenahalli & Truong, es usada como el criterio para el análisis espacial en este estudio. La distribución de este índice se observa en las figuras 2,3,4 y 5. En estas se aprecian algunas zonas

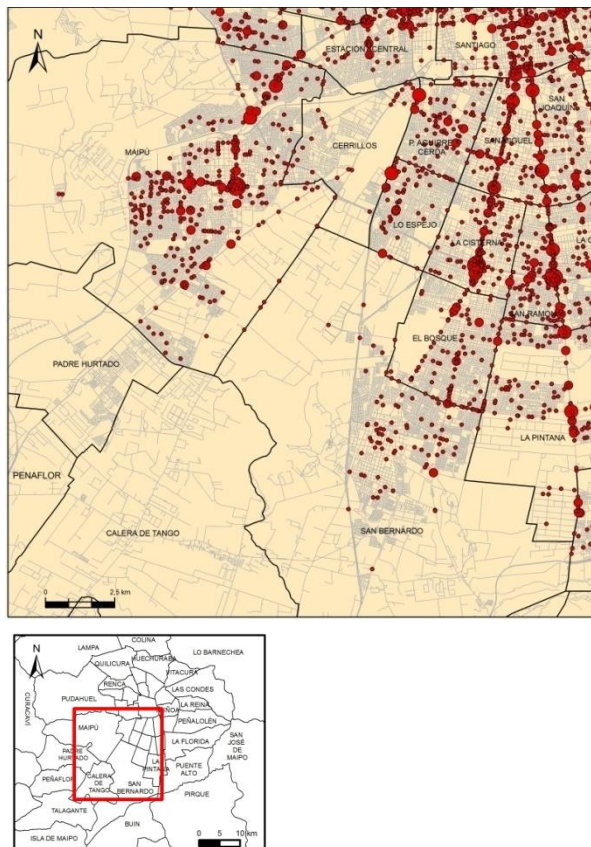


Figura 4. Distribución de los índices de severidad. Zonas Occidente y Sur del Gran Santiago.

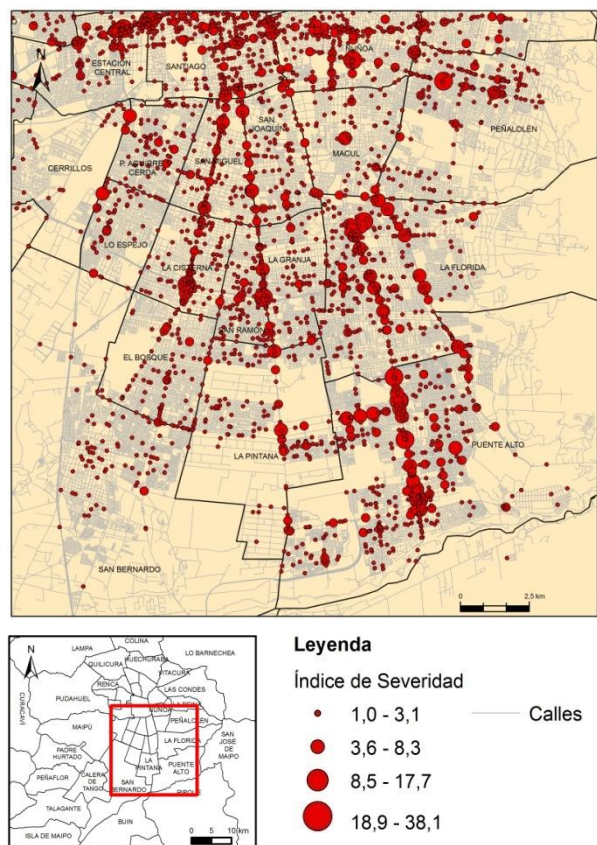


Figura 5. Distribución de los índices de severidad. Zona Sur del Gran Santiago.

- 3) Para analizar los patrones espaciales, se utilizó el Índice I de Moran con el que se mide la autocorrelación espacial, es decir la relación entre los valores de una variable atribuible a la forma en la que los puntos de muestreo de esta variable están ordenados o dispuestos en un espacio. El cálculo indicó que en este caso la autocorrelación espacial es positiva, es decir, las unidades espaciales vecinas presentan valores similares, lo que indica una tendencia al agrupamiento. Luego se utilizó la estadística G_i^* de *Getis-Ord* para identificar puntos o localizaciones críticas de accidentes de atropellos. Esta estadística, dado un conjunto de entidades ponderadas, identifica *clusters* espaciales estadísticamente significativos de valores altos, los que serán los llamados puntos críticos o localizaciones críticas.
- En este caso se trabajó con un 95 % de certeza, con lo que son consideradas como significativas las puntuaciones score Z devueltas por la herramienta menores a -1,96 o mayores a 1,96, es decir que para los puntos que cumplen con estos parámetros es poco probable que el patrón espacial observado sea aleatorio, mientras que dentro de ese rango de valores, es muy probable la aleatoriedad.
- Lo sugerente del resultado de este proceso es que un punto con un valor alto es interesante, pero es posible que no sea un punto estadísticamente significativo. Para serlo, un punto debe tener un valor alto y también estar rodeado por otros puntos con valores altos, por lo que esta herramienta funciona mediante la búsqueda de cada punto dentro del contexto de puntos vecinos, evaluando

si los valores altos o bajos se agrupan espacialmente (Esri, 2011). El resultado se observa en la figura 6.

La Tabla 1 muestra el Ranking de las 20 localizaciones más críticas de accidentes de atropello.

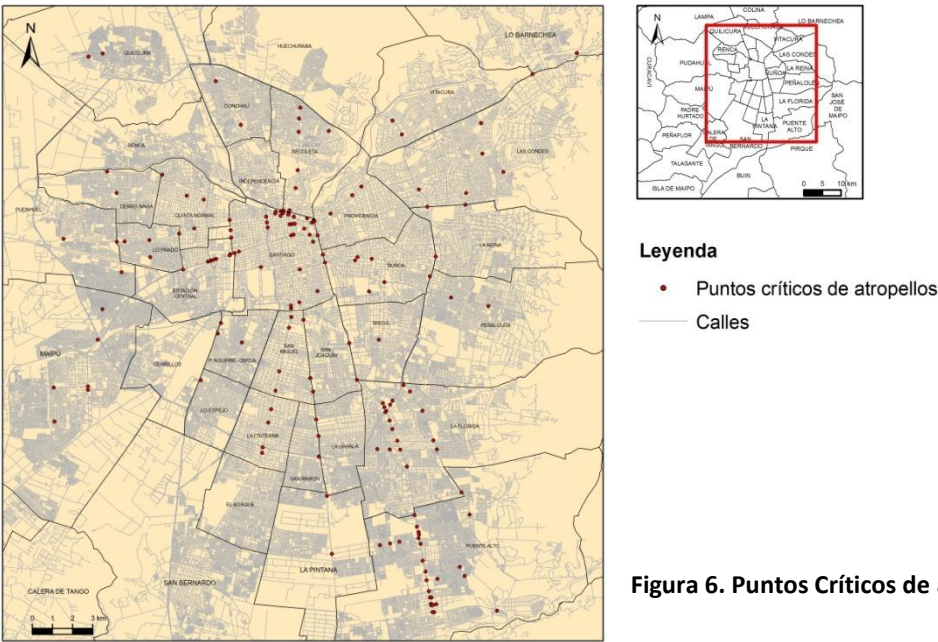


Figura 6. Puntos Críticos de accidentes de atropello.

Tabla 1. Ranking de puntos críticos de atropellos

Ranking	N° de accidentes	Ubicación	Comuna
1	27	GRAN AVENIDA JOSÉ MIGUEL CARRERA / AMÉRICO VESPUCIO	LA CISTERNA
2	26	3459 CONCHA Y TORO (Hospital Sótero del Río)	PUENTE ALTO
3	20	CONCHA Y TORO / ELISA CORREA SANFUENTE	PUENTE ALTO
4	18	BALMACEDA / JOSÉ LUIS COO	PUENTE ALTO
5	18	SANTA ROSA / AMÉRICO VESPUCIO	SAN RAMÓN
6	17	LIBERTADOR BERNARDO O'HIGGINS / ENRIQUE MAC IVER	SANTIAGO
7	17	MATUCANA / SAN PABLO	SANTIAGO
8	16	LIBERTADOR BERNARDO O'HIGGINS / CHACABUCO	SANTIAGO
9	15	CARDENAL JOSÉ MARIA CARO / PUENTE	SANTIAGO
10	14	EDUARDO CORDERO / CONCHA Y TORO	PUENTE ALTO
11	14	RECOLETA / LOS ZAPADORES	RECOLETA
12	14	GRECIA / ICTINOS	PENALOLÉN
13	13	TEATINOS / GENERAL MACKENNA	SANTIAGO
14	13	LIBERTADOR BERNARDO O'HIGGINS / RUIZ TAGLE	ESTACION CENTRAL
15	13	FROILAN ROA / AMÉRICO VESPUCIO	LA FLORIDA
16	13	CONCHA Y TORO / ANGEL PIMENTEL	PUENTE ALTO
17	13	LOS PAJARITOS / 5 DE ABRIL	MAIPÚ
18	13	GRECIA / JOSÉ PEDRO ALESSANDRI	ÑUÑO A
19	12	RECOLETA / CARDENAL JOSÉ MARIA CARO	SANTIAGO
20	12	ISMAEL VALDES VERGARA / SAN ANTONIO	SANTIAGO

- 4) Un estudio realizado por la Universidad Diego Portales (El mercurio, 2011), señala que la distancia promedio que los usuarios del transporte público caminan hasta un paradero es de 540 metros. Considerando esto, los paraderos se cruzaron con los puntos críticos para identificar a aquellos que se encuentran dentro de un radio de 540 metros de cada punto crítico (ver figura 7). Esto se logró creando *buffers* que representan áreas de influencia de los puntos críticos.

- 5) Finalmente los paraderos inseguros identificados en el paso anterior fueron clasificados en base a la severidad de los accidentes de atropellos ocurridos cerca de ellos. El objetivo de este paso es calcular un índice de severidad apropiado para cada potencial paradero inseguro.

Para ello fue necesario definir el área de influencia en que sólo los atropellos relacionados con los paraderos inseguros fueran considerados para el cálculo. Tal como advierten los autores de esta metodología, un área de influencia pequeña podría perder algunos accidentes asociados con usuarios de transporte público, mientras que una muy grande puede considerar otros que no estén relacionados con este tipo de usuario.

Por lo anterior los autores recomiendan utilizar como área de influencia un *buffer* de 100 metros y considerar todos los accidentes de atropellos dentro de este radio para el cálculo del índice de severidad de cada paradero, dando mayor peso a aquellos que se encuentren dentro de un radio de 50 metros ya que estos estarán más probablemente relacionados con el paradero.

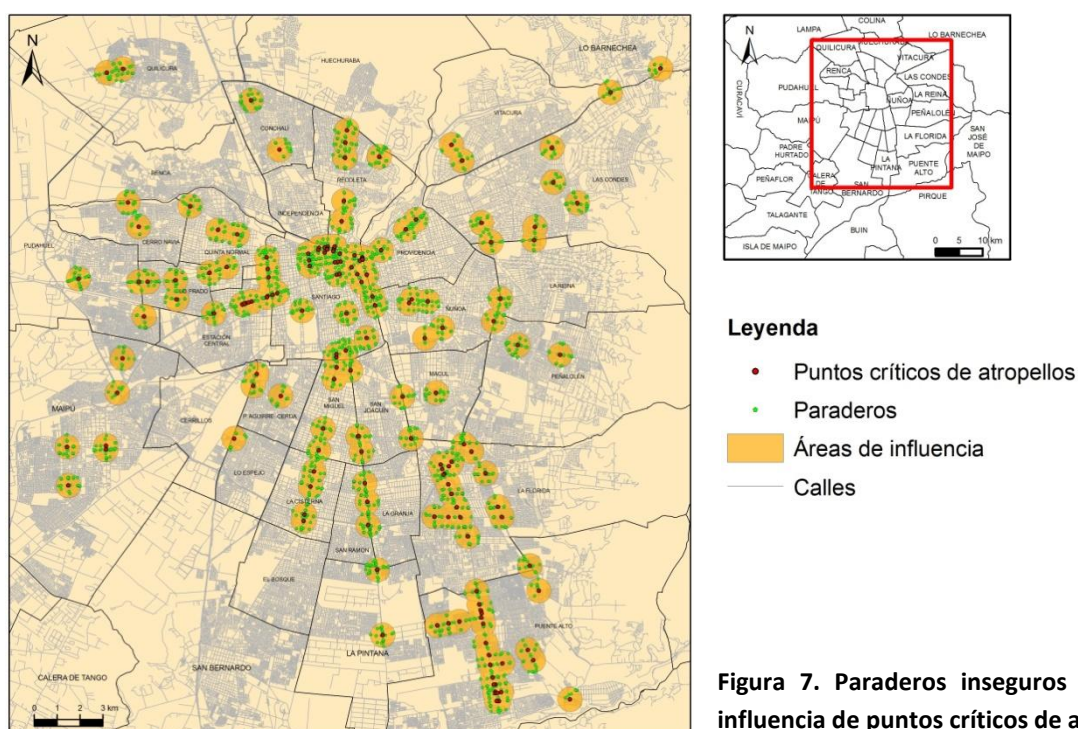


Figura 7. Paraderos inseguros en áreas de influencia de puntos críticos de atropellos.

Resultados

El análisis de autocorrelación espacial de los accidentes de atropellos, reveló un patrón de agrupamiento en la distribución espacial de estos eventos. Mientras que el análisis de la estadística G_i^* de *Getis Ord* identificó, con un nivel de confianza de 95%, los puntos críticos de accidentes de atropello. De un total de 172 puntos críticos identificados, el 96,5% de ellos se localiza en intersecciones de calles, lo que indica que en estas los atropellos fueron más severos que los ocurridos en tramos de vía.

Como se observa en la figura 8, la mayoría de los puntos críticos se localizan en las intersecciones de Av. La Florida, Vicuña Mackenna, Concha y Toro, Gran Av. José Miguel Carrera, Santa Rosa, Recoleta, Av. Libertador Bernardo O'Higgins y San Pablo.

De 10.968 registros de paraderos en el Gran Santiago, un total de 2.391 fueron identificados como potencialmente inseguros al localizarse dentro de un radio de 540 metros de cada punto crítico de atropello, de los cuales 1.674 se encontraron relacionados con accidentes hasta 100 m. y fueron considerados para el cálculo del índice de severidad.

La tabla 2 muestra los 20 paraderos más inseguros. Cada uno de ellos se relaciona con al menos 22 accidentes. Como muestra la tabla, estos paraderos tienen valores de índice de severidad extremadamente altos si se considera que los índices registrados para el total de paraderos comienza en 1.

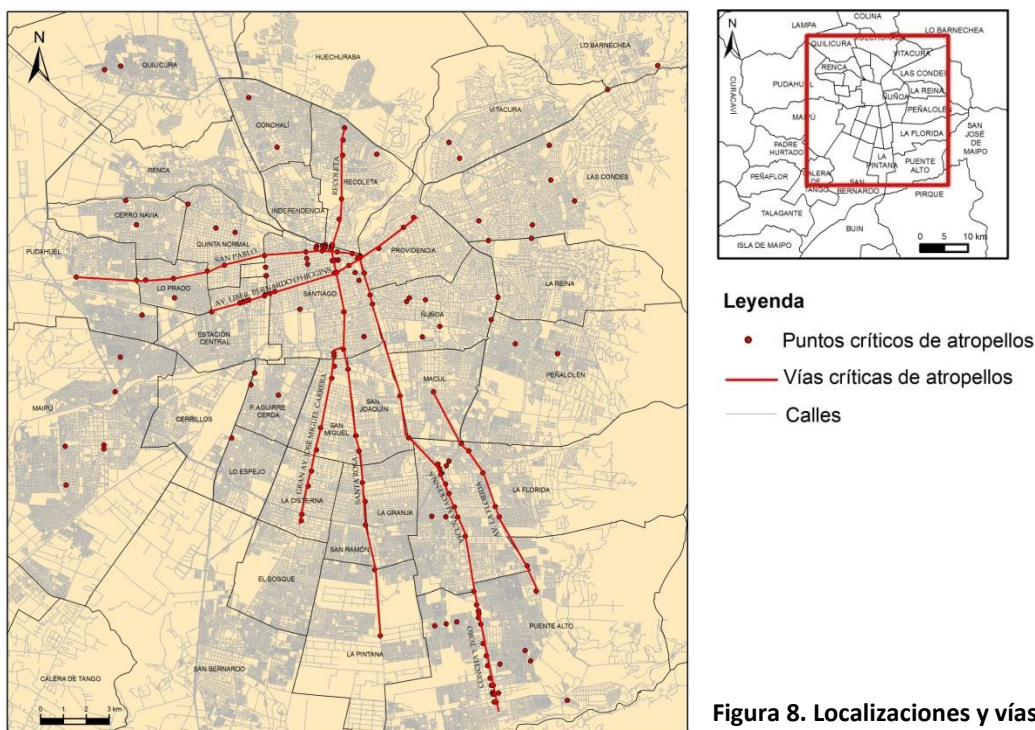


Figura 8. Localizaciones y vías críticas.

Tabla 2. Ranking de paraderos inseguros

Ranking	Nombre	Comuna	Dentro de 50 m				50-100 m				Índice de Severidad
			Material	Fatal	Grave	Otros	Material	Fatal	Grave	Otros	
1	PARADA 4 / (M) HOSP. SÓTERO DEL RÍO	PUENTE ALTO	0	2	9	15	0	0	4	3	73,65
2	PARADA 32 / (M) LA CISTERNA	LA CISTERNA	0	0	7	22	0	0	2	1	66,7
3	PARADA 9 / (M) SANTA LUCÍA	SANTIAGO	0	1	6	12	0	1	4	6	62,1
4	PARADA 7 / MERCADO CENTRAL	SANTIAGO	2	2	2	19	0	0	1	3	60,15
5	PARADA 12 / (M) SANTA LUCÍA	SANTIAGO	0	1	6	6	0	1	5	12	60
6	PARADA 3 / (M) HOSP. SÓTERO DEL RÍO	PUENTE ALTO	0	0	7	10	0	2	4	6	59,4
7	PARADA 29 / (M) LA CISTERNA	LA CISTERNA	0	0	6	21	0	0	1	0	58,95
8	(M) LA CISTERNA	LA CISTERNA	0	0	6	21	0	0	1	0	58,95
9	PARADA 6 / (M) ELISA CORREA	LA FLORIDA	0	2	9	10	0	0	1	2	57,2
10	PEDRO LIRA / AV. CONCHA Y TORO	PUENTE ALTO	0	2	10	10	0	0	0	0	55,5
11	PARADA 22 / (M) LA CISTERNA	LA CISTERNA	0	0	1	1	0	1	9	23	53,75
12	PARADA 2 / (M) HOSP. SÓTERO DEL RÍO	PUENTE ALTO	0	0	0	0	0	2	13	18	52,8
13	PARADA 1 / MERCADO CENTRAL	SANTIAGO	2	1	3	8	0	0	0	16	52
14	PARADA 3 / (M) PUENTE ALTO	PUENTE ALTO	0	1	1	6	0	1	1	21	51
15	PARADA 6 / (M) A. HURTADO	ESTACIÓN CENTRAL	0	0	6	4	2	1	7	7	50,7
16	PARADA 1 / (M) HOSP. SÓTERO DEL RÍO	PUENTE ALTO	0	0	2	1	0	2	9	15	49,05
17	PARADA 11 / PLAZA ITALIA	SANTIAGO	0	0	4	10	0	0	4	8	47,9
18	PARADA 2 / (M) ESTACIÓN CENTRAL	SANTIAGO	0	1	1	0	0	1	6	20	47
19	PARADA 7 / CAL Y CANTO	SANTIAGO	0	0	0	1	0	0	12	18	46,95
20	PARADA 6 / CAL Y CANTO	SANTIAGO	0	0	0	1	0	0	12	18	46,95

Material: Accidentes con daño sólo material; Fatal: Accidentes con resultado de muerte; Grave: Accidentes con lesionados graves; Otros: Accidentes con otro tipo de lesionados como menos grave y leves.

Como se ve en la figura 9 y 10, nueve de los 20 puntos más críticos identificados, se relaciona directamente con 17 de los 20 paraderos más inseguros (se encuentran a menos de 100 m). Los puntos localizados en Recoleta/ Los Zapadores, Grecia/José Pedro Alessandri y Froilan Roa/ Américo Vespucio se relacionan con paraderos en el ranking de los 100 más inseguros, mientras que el resto de los 20 puntos más críticos se relaciona con paraderos dentro del ranking de los 50 paraderos más inseguros a excepción del punto localizado en Teatinos con Gral. Mackenna, que se encuentra relacionado con paraderos con muy bajo índice de severidad, lo que podría indicar que los atropellos ocurridos en este lugar no estén relacionados con usuarios de bus.

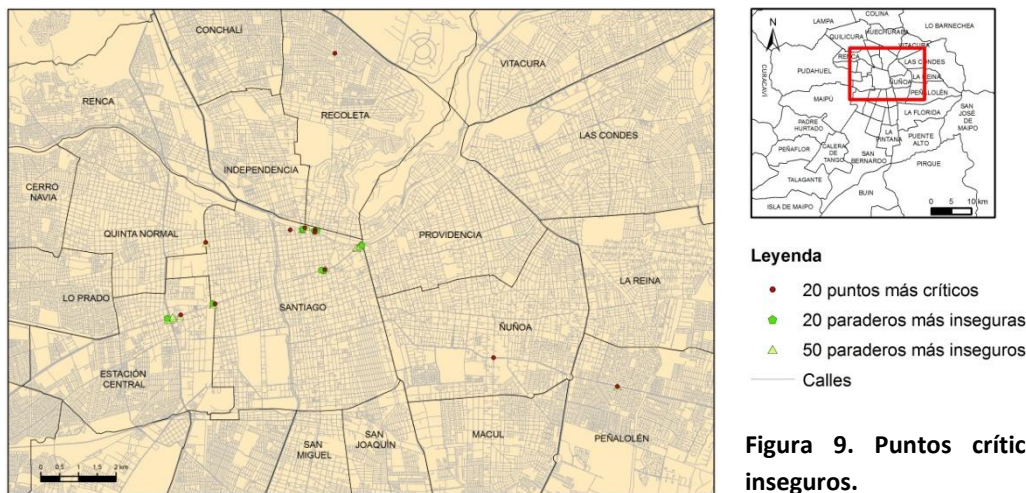


Figura 9. Puntos críticos y paraderos inseguros.

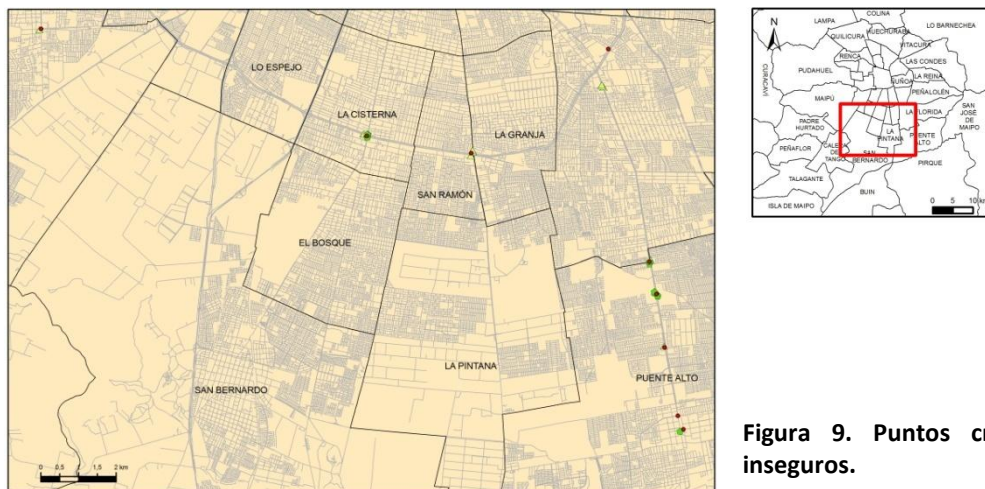


Figura 9. Puntos críticos y paraderos inseguros.

Conclusiones y Recomendaciones

Este estudio basado en el análisis de la autocorrelación espacial de los accidentes de atropello para la identificación de paraderos inseguros mediante el uso de SIG permitió la evaluación estadística de los patrones espaciales de los accidentes de atropellos. En lugar de utilizar sólo el valor absoluto de los accidentes de atropello, el índice de severidad propuesto por Somenahalli & Truong, 2011, y aquí utilizado, considera tanto el número como la severidad de los accidentes para el análisis y ranking.

La identificación de localizaciones críticas reveló que en las intersecciones los atropellos fueron más severos que los ocurridos en tramos de vía. El problema de las intersecciones y la seguridad de los paraderos, habiendo identificado las localizaciones críticas y los paraderos inseguros, se debe continuar evaluando en terreno para verificar las facilidades peatonales existentes.

Pese a las limitaciones presentes en este estudio como la disponibilidad de datos, la inestabilidad del área de influencia y el desconocimiento de si los accidentes están o no asociados a usuarios del transporte público, en su conjunto este estudio ofrece una base sólida para la identificación de localizaciones críticas de los accidentes de atropello y la priorización de paraderos inseguros a fin de evaluar los factores causales, determinar contramedidas y planificar un sistema seguro de transporte público (Somenahalli & Truong, 2011).

Trabajos citados

Esri. (2011). *ArcGis Resource Center*. Recuperado el 29 de septiembre de 2011, de <http://help.arcgis.com/es/arcgisdesktop/10.0/help/index.html#/na/005p00000006000000/>

El mercurio. (19 de Junio de 2011). Transantiago v/s Amarillas, frente a frente. Recuperado de <http://www.sochitran.cl/wp-content/uploads/TRANSANTIAGO-VS-MICROS-AMARILLAS-El-Mercurio-Junio-19-de-2011.pdf>

Hess, P. M., A. V. Moudon, & J. M. Matlick. (2004). Pedestrian safety and transit corridors. *Journal of Public Transportation* 7: 73-93.

Pulugurtha, S. & Charlotte, C. (2008). Hazardous Bus Stops Identification:An Illustration Using GIS. *Journal of Public Transportation* , 11, 65-83.

Somenahalli, S. V., & Truong, L. T. (2011). Using GIS to Identify PedestrianVehicle Crash Hot Spots and Unsafe Bus Stops. *Journal of Public Transportation* ,14, 99-114.

