



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 2008-2012



Resumen

Los peatones y los ciclistas son los usuarios más vulnerables de las vías, sumando casi la mitad de las muertes por accidentes de tránsito. Los factores de riesgo externos como los accesos peatonales, han sido subestimados en los estudios y tomas de decisiones. Este informe presenta los resultados del análisis geoespacial de los siniestros de tránsito de atropellos para la identificación y clasificación de los paraderos de buses de transporte público con mayor riesgo de accidentabilidad de este tipo, utilizando los Sistemas de Información Geográfica (SIG). En base a la metodología propuesta por Somenahalli & Truong, 2011, se utilizó la estadística I de Moran para comprobar los patrones espaciales de los accidentes atropellos, y la estadística Getis-Gi * Ord para identificar agrupamientos de valores altos del índice de severidad calculado. Se evaluó la situación de los últimos 5 años de los accidentes de atropello en “El Gran Santiago”. Los resultados muestran que el método es eficaz y fiable en la identificación de los puntos críticos de estos accidentes y de los paraderos de transporte público con mayor riesgo de accidentabilidad de este tipo.

Introducción

La Organización Mundial de La Salud, estima que cada día alrededor de 3.500 personas fallecen y decenas de millones de resultan heridas o discapacitadas cada año en consecuencia de los accidentes de tránsito, siendo los peatones y ciclistas, los usuarios más vulnerables de las vías, sumando casi la mitad de las muertes por esta causa.

La identificación de los puntos críticos de accidentes de tránsito de atropellos, es decir, las localizaciones que concentran una alta cantidad de estos accidentes, es importante para conocer las causas de los mismos y determinar contramedidas efectivas basadas en el análisis de los factores causales. Estudios muestran una fuerte relación entre los atropellos y los accesos peatonales, especialmente a los paraderos de buses de transporte público (Clifton and Kreamer-Fults 2007; Hess et al. 2004 en Somenahalli & Truong, 2011).

La falta de las facilidades peatonales necesarias en el área próxima de los paraderos de transporte público, tales como señalética peatonal y de cruces, motivan conductas de riesgo e imprudencia en los peatones que en muchos casos resultan en siniestros de atropello por buses de transporte público u otros vehículos que transitan la vía (Pulugurtha and Vanapalli 2008 en Somenahalli & Truong 2011). De hecho, la “imprudencia de peatón” es la causa que origina la mayor cantidad de siniestros de tránsito de atropello y es la causa que focaliza la mayor cantidad de lesionados y de víctimas fatales de accidentes de atropello. Los siniestros de atropello están asociados a altas tasas de muerte y lesiones graves, más del 37% de las muertes por accidentes de tránsito son consecuencia de atropellos. Lo que significa grandes costos sociales.

Los métodos más comunes en análisis geoespacial para modelar la distribución espacial e identificar concentraciones de valores altos de algún evento utilizan los mapas de densidad de Kernel, que calcula la densidad de las entidades en la vecindad de esas entidades, basándose en el número absoluto de los eventos. Sin embargo una de las debilidades de utilizar este método para el caso de los eventos de siniestros de tránsito, que señalan Somenahalli & Truong 2011, es que el simple conteo de los eventos puede no indicar los problemas de seguridad reales al no considerar la gravedad de los accidentes, o las tasa de accidentes, peatones o flujo vehicular en un determinado periodo de tiempo.

Siguiendo los pasos metodológicos de Somenahalli & Truong 2011, en este informe se utilizó el análisis “Hot spot” (punto caliente) para examinar los patrones espaciales de los atropellos y determinar si se encuentran

estadísticamente concentrados, dispersos o si su distribución en el espacio es aleatoria. El criterio para el análisis fue el índice de severidad calculado, ya que considera tanto la cantidad de los accidentes como la gravedad de estos. Un “Hot spot” o punto caliente representa la localización de un accidente con un índice de severidad alto, que serán entendidos como puntos o localizaciones críticas.

El objetivo de este informe es desarrollar mediante el uso de SIG un análisis espacial de los siniestros de atropello, determinar los puntos críticos de estos accidentes y clasificar los paraderos de transporte público que se localizan dentro del área de influencia de estos puntos críticos, utilizando la metodología propuesta por Somenahalli & Truong, 2011.

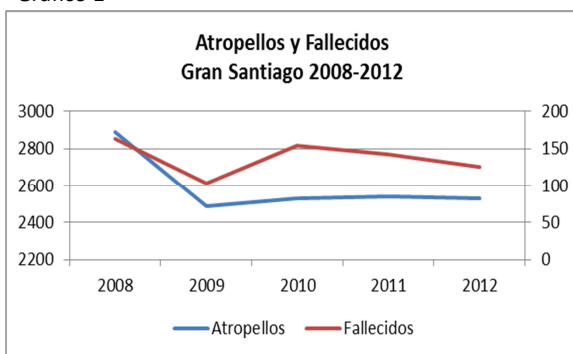
Antecedentes del Área de Estudio

El área de estudio corresponde a las 34 comunas de la Región Metropolitana que conforman el “Gran Santiago”¹ Según la base de datos proporcionada por Carabineros de Chile, en el área se registran un total de 12.977 accidentes de tránsito de atropellos durante el periodo 2008-2012 con un saldo de 689 víctimas fatales y de 13.375 lesionados de diversa consideración (3.136 graves, 1.273 menos graves y 8.966 leves). El 55,5% de estos, ocurrió en intersecciones de calles.

Lo que equivale a decir que el 31% del total de los accidentes de tránsito de atropello en el país, el 22,9% de los fallecidos y el 31,1 % de los lesionados en estos accidentes durante el periodo, ocurrieron en el Gran Santiago. Cabe destacar que desde el año 2010 se aprecia una tendencia a la disminución en los fallecidos (ver gráfico 1).

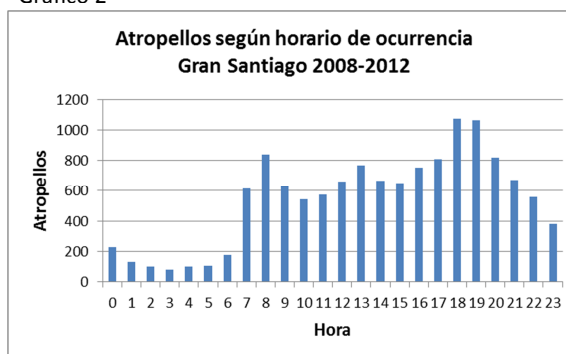
Según muestra el gráfico 2, ocurren tres alzas importantes en el horario de ocurrencia de estos accidentes durante el periodo de estudio. El primero es entre las 7 y 9 am. horario en que los usuarios transportan al trabajo. Luego vuelven a aumentar entre las 12 y 14 hrs. horario de colación de los trabajadores, o de cambio de turno y finalmente el alza máxima ocurre entre las 18 y 19 hrs. horario de salida de los trabajadores y desplazamiento de estos a sus hogares.

Gráfico 1



Fuente datos: Carabineros de Chile Elaboración: Propia

Gráfico 2



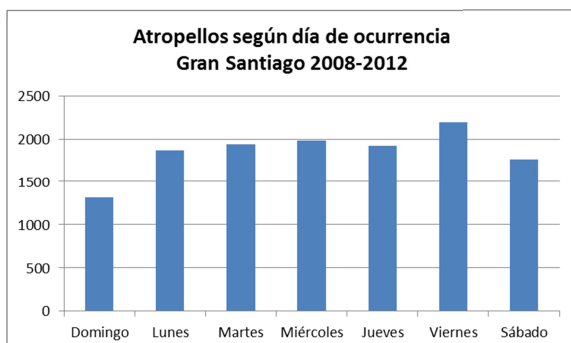
Fuente datos: Carabineros de Chile Elaboración: Propia

La mayor cantidad de estos accidentes ocurren de lunes a viernes (gráfico 3), días laborales. Los meses de verano diciembre a febrero y en invierno el mes de julio registran menos accidentes que el resto de los

¹Santiago, Puente Alto, La Florida, Maipú, Ñuñoa, Las Condes, La Cisterna, Pudahuel, Vitacura, Recoleta, Quinta Normal, Peñalolén, San Joaquín, San Miguel, San Bernardo, La Pintana, Estación Central, El Bosque, Independencia, Lo Prado, Cerro Navia, Conchalí, Lo Barnechea, Providencia, Macul, La Reina, Huechuraba, Quilicura, P. Aguirre Cerda, La Granja, Lo Espejo, San Ramón y Renca.

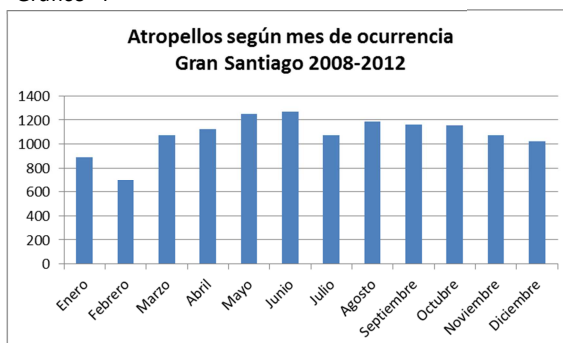
meses del año (gráfico 4). Lo que coincide con los meses de vacaciones escolares, muchas familias salen de la ciudad.

Gráfico 3



Fuente datos: Carabineros de Chile Elaboración: Propia

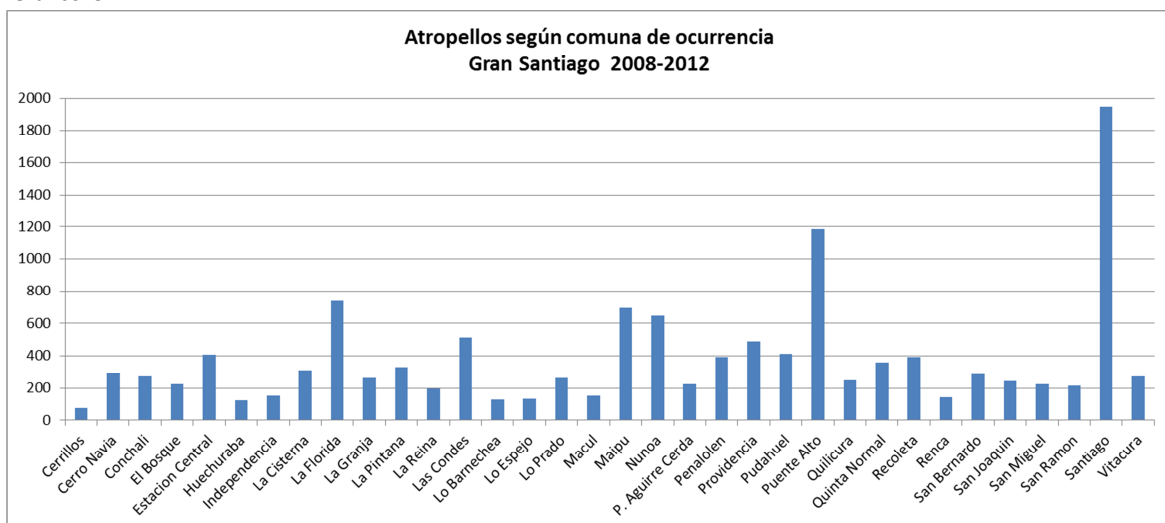
Gráfico 4



Fuente datos: Carabineros de Chile Elaboración: Propia

La mayor cantidad de atropellos se concentra en la comuna de Santiago, posiblemente por la gran cantidad de población flotante que esta comuna recibe a diario al ser el centro de la ciudad y concentrar gran cantidad de servicios y entidades públicas de gobierno. Le siguen las comunas de Puente Alto, la Florida y Maipú, comunas grandes con alta cantidad de habitantes (gráfico 5).

Gráfico 5



Fuente datos: Carabineros de Chile Elaboración: Propia

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, 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 oficial de datos de accidentes de tránsito ocurridos en el Gran Santiago entre los años 2008 y 2012 en la que se registran un total de 12.977 accidentes de atropello, del cual fue localizado y considerado para el análisis el 90,7% 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 con mayor riesgo de accidentabilidad de este tipo.

Resultados

1. Localización y agregación de accidentes:

En la figura 1 se observa la localización de los accidentes de atropello 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.

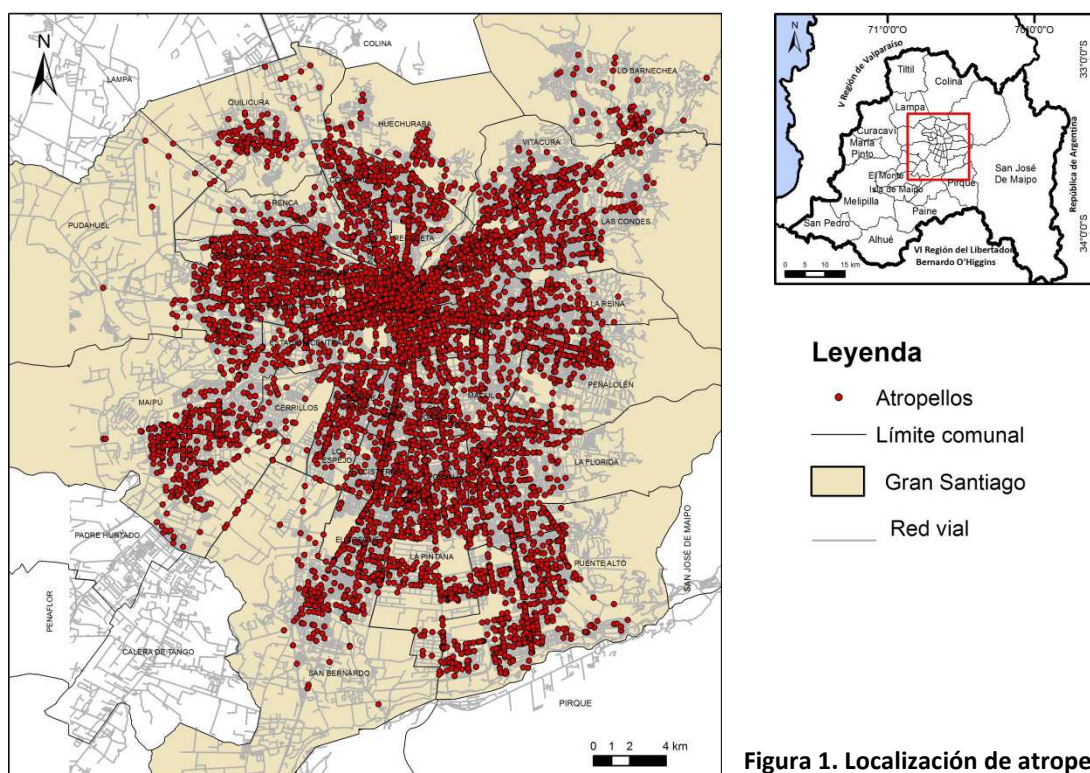


Figura 1. Localización de atropellos

2. Calcular un índice de severidad para cada localización:

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. Este índice considera las consecuencias del accidente según sea de fallecidos, lesionados o sólo daños materiales, ponderado por gravedad².

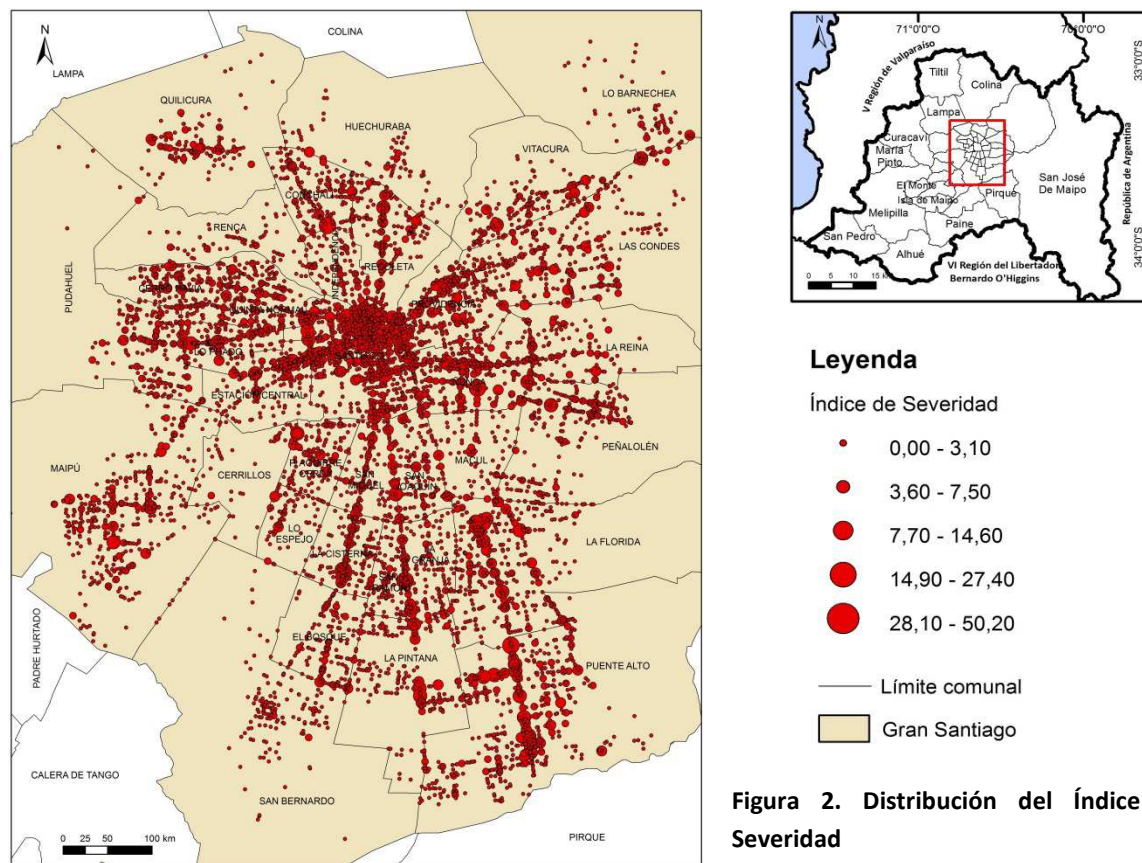


Figura 2. Distribución del Índice de Severidad

La Tabla 1 muestra el Ranking de las 20 localizaciones más críticas de accidentes de atropello, según el índice de severidad calculado.

3. Examinar el patrón espacial de los atropellos:

Para analizar el patrón espacial de la distribución de estos accidentes, se utilizó el Índice I de Moran que mide la autocorrelación espacial, es decir, el grado en que los eventos, en este caso accidentes, en una unidad geográfica son similares a los eventos en unidades geográficas próximas (Vilalta y Perdomo, 2005: 326 en Celemin J.P, 2009). 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.

² Índice de severidad = 3,0*Accidentes graves + 1,8*Accidentes graves + 1,3*(Accidentes menos graves + leves) + Accidentes con daño sólo material.

Tabla 1. Rankin 20 localizaciones más críticas de accidentes de atropello según índice de severidad.

Dirección	Comuna	Lesionados				Cantidad de accidentes según consecuencias				Total accidentes	Índice de Severidad
		Fallecidos	Graves	Menos Graves	Leves	Fatal	Grave	Otro	Material		
Américo Vespucio / Gran Avenida José Miguel Carrera	La Cisterna	0	9	1	29	0	9	26	0	35	50
Concha Y Toro / Elisa Correa Sanfuentes	Puente Alto	0	11	2	19	0	11	17	3	31	44,9
Libertador Bernardo O'Higgins / Santa Rosa	Santiago	1	9	0	26	1	9	19	1	30	44,9
Independencia / Dorsal	Conchalí	0	13	3	12	0	13	12	0	25	39
Grecia / José Pedro Alessandri	Ñuñoa	0	10	1	22	0	7	17	3	27	37,7
Santo Domingo / Manuel Rodríguez	Santiago	1	4	3	21	1	4	20	1	26	37,2
Libertador Bernardo O'Higgins / Chacabuco	Santiago	0	7	1	17	0	7	17	1	25	35,7
Santa Rosa / Américo Vespucio	San Ramón	1	6	0	16	1	6	14	3	24	35
Libertador Bernardo O'Higgins / Ruiz Tagle	Estación Central	1	10	0	8	1	10	6	2	19	30,8
Eduardo Cordero / Concha Y Toro	Puente Alto	0	3	2	17	0	3	16	2	21	28,2
Santa Rosa / Manuel Antonio Matta	Santiago	1	2	0	16	1	2	15	2	20	28,1
Matucana / San Pablo	Santiago	0	3	0	19	0	3	15	3	21	27,9
José Luis Coo / Balmaeda	Puente Alto	0	2	1	16	0	2	16	3	21	27,4
Recoleta / Los Zapadores	Recoleta	0	9	0	7	0	9	7	2	18	27,3
Teatinos / General Mackenna	Santiago	1	2	0	20	1	2	15	1	19	27,1
Vicuña Mackenna / 10 De Julio Huamachuco	Santiago	0	3	0	15	0	3	15	2	20	26,9
Concha Y Toro / Ángel Pimentel	Puente Alto	2	7	0	6	2	7	4	2	15	25,8
Grecia / Ictinos	Peñalolén	1	5	1	8	1	5	9	2	17	25,7
Andrés Bello / Pío Nono	Providencia	0	5	0	12	0	5	11	1	17	24,3
Gabriela Poniente / Alcalde Juan De Dios Malebrán	Puente Alto	0	9	0	9	0	9	5	1	15	23,7

Fatal: Accidentes con resultado de muerte; Grave: Accidentes con lesionados graves; Otros: Accidentes con otro tipo de lesionados como menos grave y leves; Material: Accidentes con daño sólo materia, sin lesionados ni fallecidos.

Fuente datos: Carabineros de Chile.

Elaboración: Propia.

4. Crear un mapa de puntos críticos de accidentes de atropellos.

Luego se utilizó la estadística Gi* de Getis-Ord para identificar agrupaciones de valores altos (*hot spots*) y bajos (*cold spots*) del índice de severidad calculado, y generar un mapa de puntos o localizaciones críticas de accidentes de atropellos, que son los puntos de valores altos identificados por esta herramienta. 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, 2012). El resultado se observa en la figura 3.

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 muy poco probable que el patrón espacial observado sea resultado del azar.

En el mapa (figura 3), los puntos rojos tienen un Score Z mayor a 1,96. Estos representan la agrupación espacial de los valores altos del índice de severidad. La agrupación de estos valores ocurre al centro del área de estudio, en las comunas de Santiago, Independencia, Recoleta, Providencia, los extremos de las comunas de Ñuñoa, San Joaquín, San Miguel, Pedro Aguirre Cerda, Estación Central, Lo Prado, Quinta Normal y Renca que colindan con la comuna de Santiago. Un segundo agrupamiento de valores altos se observa al sur oriente del área de estudio, específicamente en la comuna de Puente Alto. Mientras que los colores fríos representan la agrupación de los valores bajos del índice de severidad.

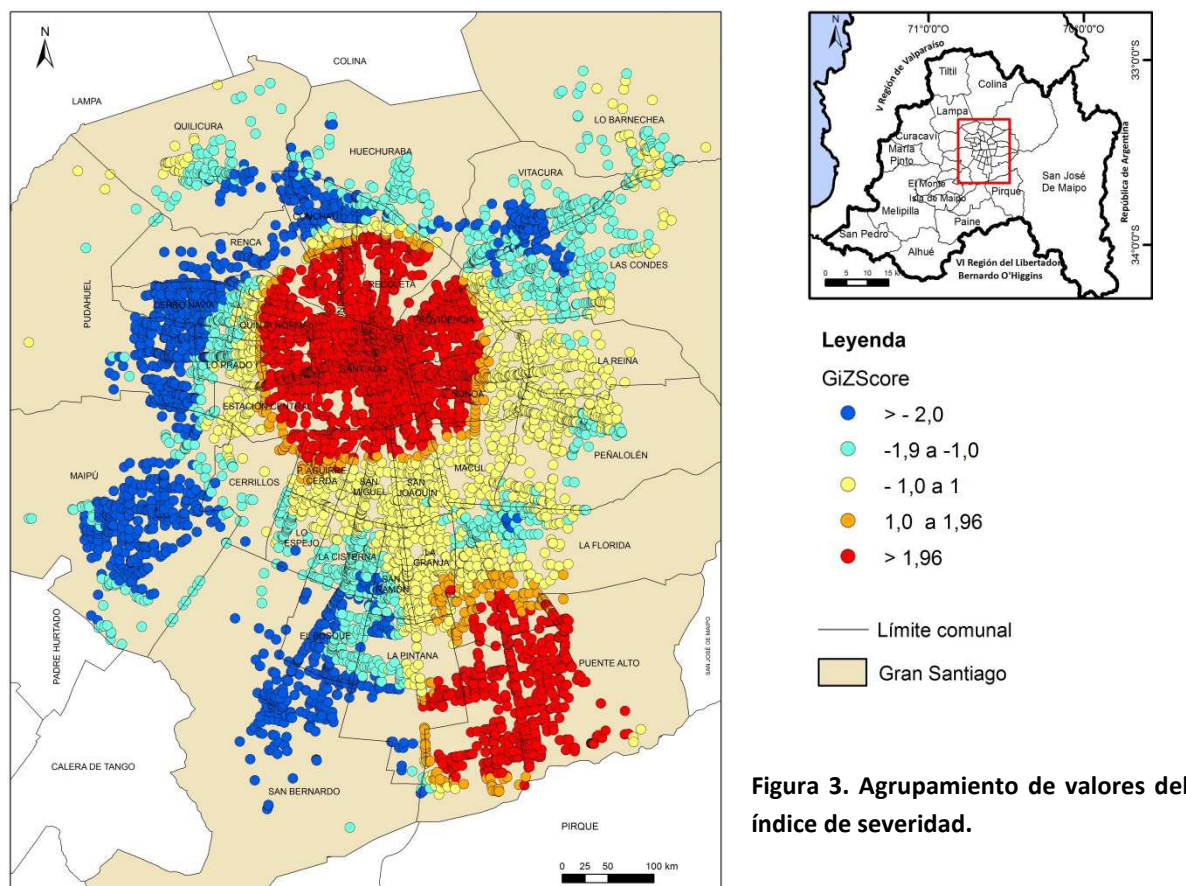


Figura 3. Agrupamiento de valores del índice de severidad.

5. Identificar los paraderos de bus localizados dentro de las áreas de influencia de los puntos críticos:

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 *Hot spots* de atropellos (puntos con valores altos del índice de severidad estadísticamente significativos) para identificar a aquellos que se encuentran dentro de un radio de 540 metros de cada punto crítico (ver figura 4). Esto se logró creando buffers que representan áreas de influencia de los *Hot spots*.

6. Calcular un índice de severidad y clasificar los paraderos inseguros:

Finalmente los paraderos 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 paradero con alto riesgo de atropello.

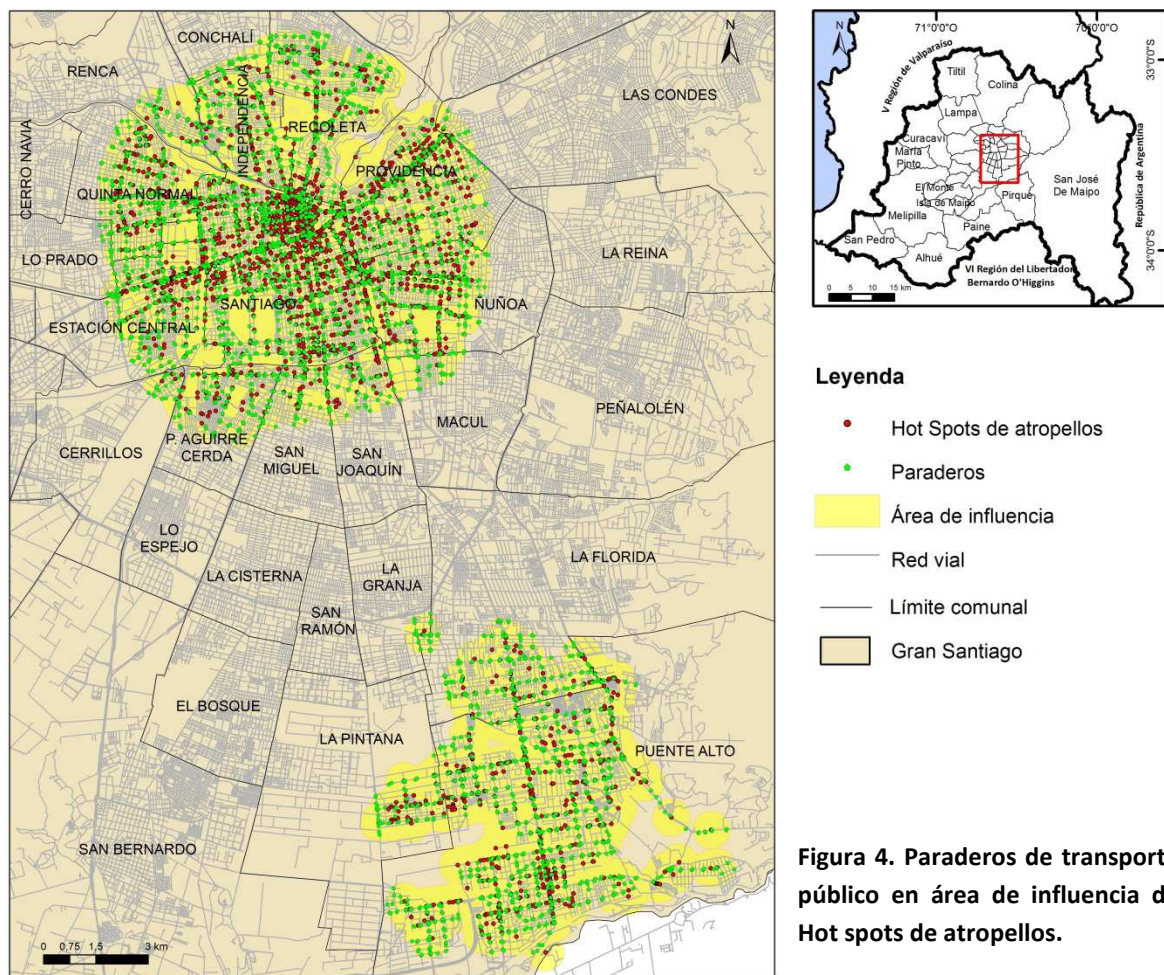


Figura 4. Paraderos de transporte público en área de influencia de Hot spots de atropellos.

Para ello fue necesario definir el área de influencia en que sólo los atropellos relacionados con los paraderos riesgosos 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 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.

De 10.968 registros de paraderos en el Gran Santiago, un total de 3.282 fueron identificados como riesgosos al localizarse dentro de un radio de 540 metros de cada punto crítico de atropello, de los cuales 1.970 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 con mayor riesgo de atropello para los potenciales usuarios de este, según el índice de severidad calculado para cada paradero. Como muestra la tabla, estos paraderos tienen valores de índice de severidad extremadamente altos considerando que los índices registrados para el total de paraderos comienzan en 1.

Tabla 2. Ranking de los 20 paraderos de transporte público con mayor riesgo de atropello.

Ranking	Nombre	Comuna	Dentro de 50 m				50-100 m				Índice de severidad
			Fatal	Grave	Otro	Material	Fatal	Grave	Otro	Material	
1	Parada 9 / (M) Santa Lucía	Santiago	1	12	27	1	0	7	7	3	115,75
2	Parada 12 / (M) Santa Lucía	Santiago	0	10	8	3	1	10	27	1	104,2
3	Parada 4 / (M) Hosp. Sótero Del Río	Puente Alto	0	9	16	3	2	6	14	1	96
4	Parada 2 / (M) Santa Lucía	Santiago	1	9	26	1	0	4	1	0	89,5
5	Parada 7 / Cal Y Canto	Santiago	0	1	1	0	1	17	37	3	89,35
6	Parada 6 / Cal Y Canto	Santiago	0	0	1	0	1	18	37	3	88,45
7	Parada 2 / (M) Hosp. Sótero Del Río	Puente Alto	1	1	8	0	1	14	22	4	83,6
8	Parada 6 / (M) Elisa Correa	La Florida	0	11	22	3	0	1	2	1	82,5
9	Pedro Lira / Av. Concha Y Toro	Puente Alto	0	12	22	3	0	0	0	0	79,8
10	Parada 11 / Plaza Italia	Santiago	0	7	12	4	0	6	13	1	77
11	Parada 7 / Mercado Central	Santiago	0	6	23	6	0	1	3	0	75,75
12	Parada 8 / Cal Y Canto	Santiago	0	2	1	0	1	15	27	3	75,45
13	Parada 4 / Cal Y Canto	Santiago	0	1	9	0	0	11	24	3	74,25
14	Parada 6 / (M) A. Hurtado	Estación Central	0	7	7	1	2	8	10	6	73,45
15	Parada 3 / (M) U. De Santiago	Estación Central	1	11	11	2	1	2	4	1	71,45
16	Parada 1 / Plaza Italia	Santiago	0	4	5	3	0	9	20	2	69,25
17	Catedral / Manuel Rodríguez	Santiago	1	4	24	1	0	1	2	1	69
18	Parada 5 / Plaza Italia	Santiago	0	1	0	0	1	12	27	5	67,4
19	Parada 10 / Plaza Italia	Santiago	0	6	13	1	0	4	11	2	66,55
20	Parada 1 / Mercado Central	Santiago	0	5	9	3	0	2	19	1	64,85

Fatal: Accidentes con resultado de muerte; Grave: Accidentes con lesionados graves; Otros: Accidentes con otro tipo de lesionados como menos grave y leves; Material: Accidentes con daño sólo materia, sin lesionados ni fallecidos.

Fuente datos: Carabineros de Chile.

Elaboración: Propia.

Conclusiones y Recomendaciones

Este estudio basado en el análisis de la autocorrelación espacial de los accidentes de atropello para la identificación de los paraderos con mayor riesgo de atropello, mediante el uso de SIG, permitió la evaluación estadística de los patrones espaciales de los accidentes de atropellos ocurridos durante los últimos 5 años en el Gran Santiago, en base al índice de severidad propuesto por Somenahalli & Truong, 2011, que en lugar de utilizar sólo el valor absoluto de los accidentes de atropello considera tanto el número como la severidad de los accidentes para el análisis y ranking.

La identificación de localizaciones críticas de accidentes de atropello, reveló que en las intersecciones los atropellos fueron más severos que los ocurridos en tramos de vía. La mayoría de los puntos más críticos, considerando sólo el índice de severidad, se ubican en la comuna de Santiago y Puente Alto. En las mismas comunas se ubican los paraderos más riesgosos, además estos también están en las comunas de Estación Central y uno en La Florida. Esta situación es esperable ya que en estas comunas concentran alta densidad de población, en el caso de Puente Alto y La Florida y gran cantidad de población flotante, en el caso de las comunas de Santiago y Estación Central, por lo que el flujo peatonal en estas comunas es alto.

El problema de las intersecciones y la seguridad vial de los paraderos, habiendo identificado las localizaciones críticas y los paraderos más riesgosos en cuanto a seguridad en el tránsito de peatones, se debe continuar evaluando en terreno para verificar las facilidades peatonales existentes y evaluar la seguridad vial del paradero y su entorno cercano.

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 con mayor riesgo de atropello, a fin de evaluar los factores causales, determinar contramedidas y planificar un sistema seguro de transporte público (Somenahalli & Truong, 2011).

Trabajos citados

CELEMIN, Juan Pablo. (2009) Autocorrelación espacial e indicadores locales de asociación espacial: Importancia, estructura y aplicación. Rev. Univ. Geogr. vol.18, n.1, 11-31. Recuperado en Octubre 2012, de: http://bibliotecadigital.uns.edu.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0326-83732009000100002

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>

Esri. (2012). ArcGis Resource Center. Recuperado de <http://help.arcgis.com/es/arcgisdesktop/10.0/help/index.html#/na/005p00000006000000/>

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.