



CONASET

Ministerio de
Transportes y
Telecomunicaciones

Gobierno de Chile

COMISIÓN NACIONAL DE
SEGURIDAD DE TRÁNSITO

Área de Estudios y Estadísticas.

En cooperación con

ASOCIACIÓN NACIONAL DE
IMPORTADORES DE
MOTOCICLETAS

ANÁLISIS ESPACIO TEMPORAL DE LOS ACCIDENTES DE MOTOCICLETA EN EL GRAN SANTIAGO

DIAGNÓSTICO 2007-2011



I. Introducción

La Organización Mundial de la Salud, en su último informe sobre la situación mundial de la seguridad vial, califica el problema de los accidentados de tránsito como un problema mundial de salud y desarrollo.

Cada año más de 1,2 millones de personas mueren como consecuencia de accidentes de tránsito y otros 50 millones resultan heridas (OMS, 2009). Los motociclistas, junto con los peatones y ciclistas, representan en conjunto casi la mitad de los fallecidos por esta causa en todo el mundo (OMS, 2011).

Las motocicletas son más asequibles que otros vehículos, por esta razón el parque automotriz de motos ha aumentado en el país en los últimos años (Agurto, 2011; Emol, 2007). En consecuencia, es de esperar que la mortalidad y severidad de los accidentes de motos tienda a aumentar (Iamtrakul et al, 2003), supuesto que se aclara en este estudio.

El presente informe, entrega el resultado del análisis espacial y temporal de los accidentes de tránsito, específicamente el caso de los vehículos del tipo motocicleta durante período de los años 2007 – 2011 en las comunas del Gran Santiago, identificando las localizaciones más peligrosas.

En este trabajo se utiliza el análisis de “punto caliente” para examinar los patrones espaciales de los accidentes de motos y determinar si su distribución en el espacio es estadísticamente agrupada, dispersa o aleatoria. El criterio de análisis es el índice de severidad de cada localización, calculado en base a la cantidad y gravedad de los accidentes ocurridos en cada una. Un punto caliente está representado por la localización de un accidente con un índice de severidad estadísticamente alto rodeado, a su vez, de otras localizaciones de accidentes con altos índices de severidad.

II. Metodología

En términos generales, la metodología utilizada consistió en una primera etapa en la depuración y análisis de los datos de la Base de Datos de Accidentes otorgada por Carabineros de Chile para el período 2007-2011. La localización de los accidentes en una red gráfica vial para el desarrollo del análisis geoespacial y la elaboración de mapas temáticos, que caracterizan los accidentes en que participan motocicletas, los cuales se presentan y comentan para finalmente llegar a las conclusiones resultantes del análisis.

Esta investigación además ha considerado para su análisis los principios establecidos en la metodología propuesta por Somenahalli & Truong, 2011. Específicamente para el cálculo de índices de severidad de los accidentes e identificación de puntos críticos utilizando los Sistemas de Información Geográfica (SIG) como herramienta para la representación y análisis del comportamiento espacial de estos accidentes.

La metodología, se subdivide en los siguientes pasos:

- Localizar y agregar los accidentes de moto.
- Calcular un índice de severidad¹ para cada localización.
- Examinar los patrones espaciales de los accidentes de moto.
- Crear un mapa de puntos críticos de accidentes de moto.
- Identificar áreas críticas de accidentes de moto con alta probabilidad de ocurrencia a través del análisis temporal de densidad de Kernel.

¹ Se refiere a la gravedad de los accidentes, la que los clasifica en Fatal, Grave, Menos grave y Leve, según la gravedad de los lesionados. Para el cálculo de este índice también se consideró a los accidentes sin fallecidos ni lesionados, sólo con consecuencias materiales.

III. Antecedentes

En los últimos 5 años, periodo de tiempo que corresponde a este estudio, las estadísticas indican que anualmente ocurren 1.600 muertes por accidentes de tránsito, cifra que se ha mantenido desde la última década, de las cuales el 4,8% corresponden a usuarios de moto.

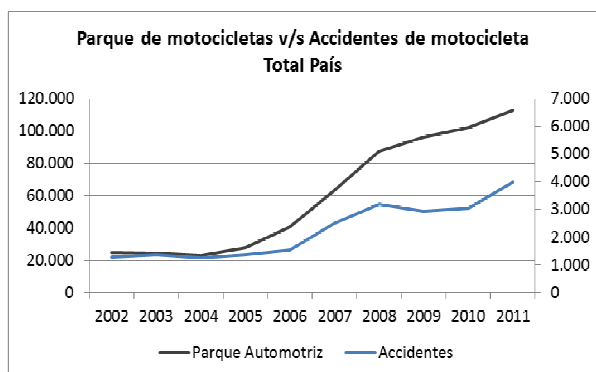
Cabe destacar que durante este periodo (2007-2011), tan sólo en el Gran Santiago se reporta el 35,9% de los accidentes de tránsito que ocurrieron en promedio cada año en todo el país, el 17,9% de las muertes y el 23% de los lesionados por esta causa. En cuanto a los accidentes de motocicleta, en el Gran Santiago se concentró el 42,1% (164) de los fallecidos en todo el periodo, mientras que en el caso de los lesionados asciende al 52%.

En el periodo analizado, en el Gran Santiago, corresponde a usuarios de motocicletas el 8,6% de los accidentes, el 11,4% de las muertes y el 12,6% lesionados. Cifras considerables que advierten la importancia del análisis de los accidentes de moto en el área de estudio.

Antes de alcanzar los montos que actualmente presenta este rubro, el mercado de las motos en Chile pasó por una etapa de receso entre 1999 y 2004 iniciada por la crisis asiática, luego por la prohibición de importar motos usadas, y finalmente la entrada en vigencia de una nueva norma de homologación, con mayores niveles de exigencia en cuanto a la emisión de gases. Después de 2004, el parque de motocicletas empezó a repuntar y en la misma proporción el número de accidentes.

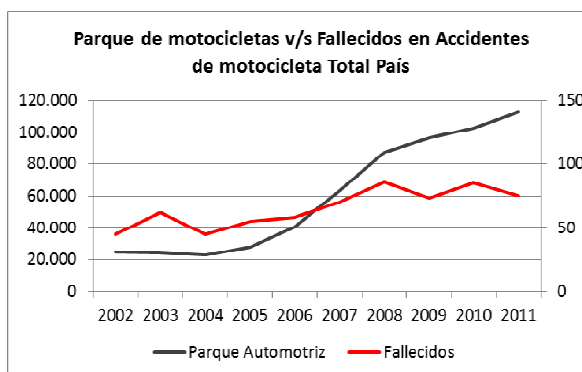
En el gráfico n°1 y n°2, se aprecia la evolución de los accidentes de motocicleta, que como es esperable ha ido en aumento conforme al incremento en el parque de este tipo de vehículos. Como se observa, los valores del parque son mucho mayores que el de los accidentes y fallecidos.

Gráfico n°1



Fuente: Carabineros de Chile; INE. Elaboración: Propia.

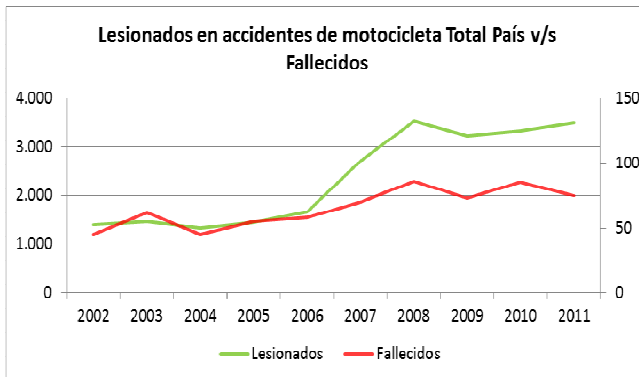
Gráfico n°2



Fuente: Carabineros de Chile; INE. Elaboración: Propia.

En el gráfico n°3 se aprecia la evolución de los fallecidos y lesionados en accidentes de motocicleta de todo el país, respectivamente para el mismo periodo. En estos se aprecia el aumento en ambas curvas, aunque con ciertas variaciones: desensos de fallecidos en los años 2004, 2009 y 2011, y en los lesionados en 2006 y 2009, la curva en ambos casos tiende al aumento en el total del periodo. No obstante la gráfica de ambas curvas deja de manifiesto que a partir del 2007 cambia esta tendencia. La razón es la modificación al decreto supremo N° 234, del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, el cual obliga a los conductores el uso de casco, guantes y calzado de caña alta y la eficiente labor de Carabineros para hacer cumplir la norma.

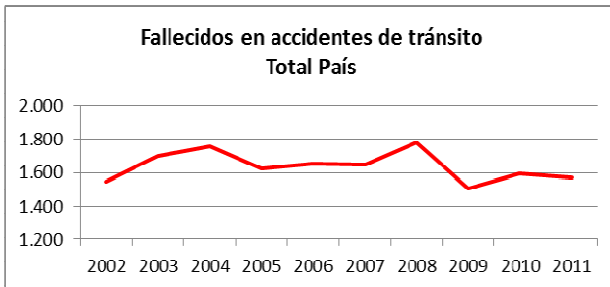
Gráfico n°3



Fuente: Carabineros de Chile. Elaboración: Propia.

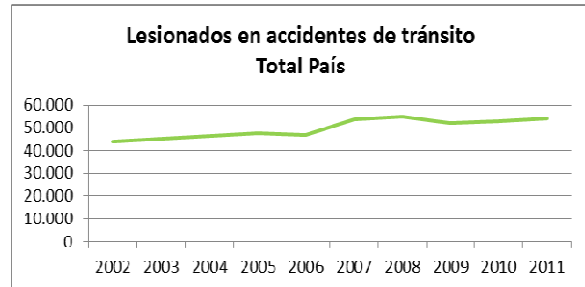
Al comparar estos datos con la evolución de los accidentes totales (todos los vehículos) en el país en el mismo periodo, gráficos n°4 y 5, se observa cierta similitud en las curvas, sin embargo en el caso de los accidentes de moto, el aumento, tanto en fallecidos como en lesionados, es más constante a lo largo de todo el periodo. Cabe destacar que entre los años 2010 y 2011, los fallecidos en accidentes totales en el país disminuyeron levemente en un 1,4% mientras que los fallecidos en accidentes de moto lo hicieron en un 11,76%.

Gráfico n°4



Fuente datos: Carabineros de Chile. Elaboración: Propia.

Gráfico n°5

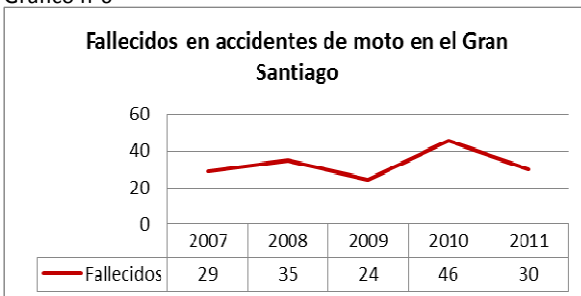


Fuente datos: Carabineros de Chile. Elaboración: Propia.

En el caso de los accidentes de moto en el Gran Santiago (gráfico n° 6) durante el periodo 2007 a 2011, la curva se observa símil a la de los fallecidos por accidentes de moto en todo el país, esto debido a que cómo se señaló anteriormente los fallecidos en el Gran Santiago representan prácticamente la mitad de los fallecidos por esta causa en todo el país.

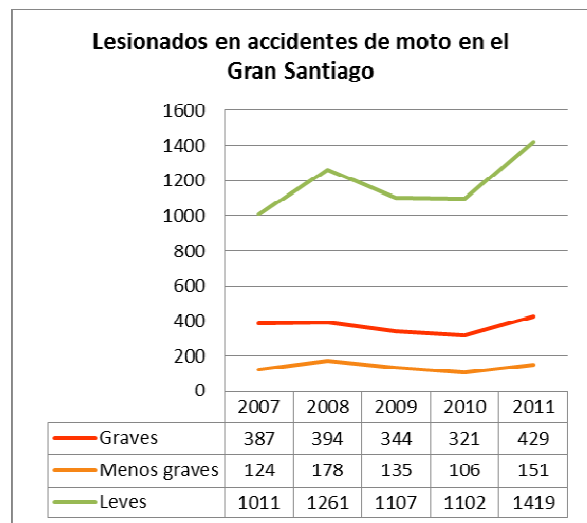
En el caso de los lesionados (gráfico n°7), la evolución de los graves y menos graves en el periodo se mantiene relativamente constante, mostrando un mínimo aumento en el último año, mientras que los lesionados leves, que superan ampliamente en número a los otros dos tipos, aumenta considerablemente en el último año, debido en cierta medida a un traslado desde la curva de fallecidos, que en el último año disminuyeron.

Gráfico n°6



Fuente: Carabineros de Chile. Elaboración: Propia.

Gráfico: n°7



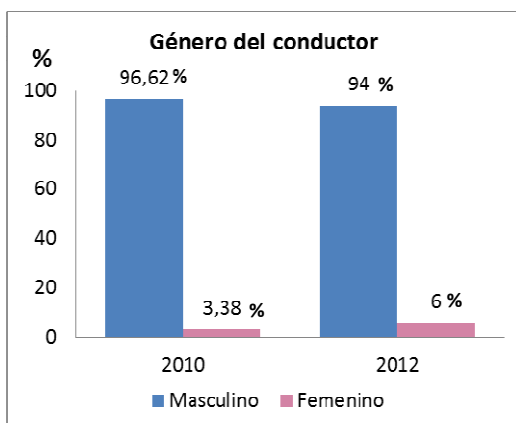
Fuente datos: Carabineros de Chile. Elaboración: Propia.

Con respecto al supuesto esperado de un aumento en la mortalidad y gravedad de los lesionados conforme al aumento del parque vehicular de motos que afirman Iamtrakul et al, 2003, las estadísticas muestran que en el último año, a pesar del 30% de aumento en el parque (Agurto, 2011), los fallecidos en accidentes de moto disminuyeron, pasando a aumentar los lesionados, sin embargo la gravedad de estos no aumento considerablemente.

En el análisis de las características relativas a los usuarios de motocicletas, tanto conductores como acompañantes, estudios realizados el 2010 y 2012 por ANIM, muestran que la participación mayoritaria de conductores son hombres, con más del 95% (gráfico n°8), con una edad promedio de 34 años. Uno de los datos mas significativos entre ambos estudios, es que se duplica el numero de mujeres conductoras un 3,38% al 2010 v/s un 6% 2012 y como usuarias, ya sea, conductoras o pasajera aumenta del 7,34% al 13%. Entre las razones que ANIM ha podido recopilar, además de comodidad, economía y menores tiempos de traslados, es que para muchas mujeres el hacinamiento del transporte publico en horarios *pick*, las expone a sufrir reiterados malos ratos como víctimas de acoso, declaran que con la motocicleta ese problema se elimina. Es esperable que cada año aumente significativamente el número de conductoras y pasajeras mujeres ya que también a medida que el mercado madura aumenta la oferta de modelos y accesorios femeninos.

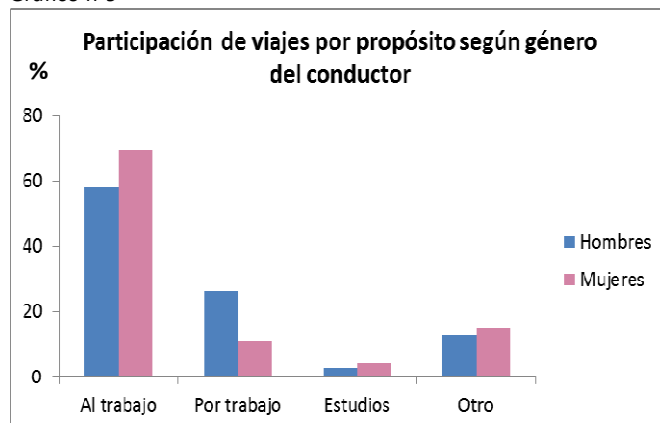
Más del 90% de los viajes en motocicleta se realizan en solitario, el 58% al trabajo, 25,7% por trabajo, 3% por estudio y 13% por otros motivos (gráfico n°9).

Gráfico n°8



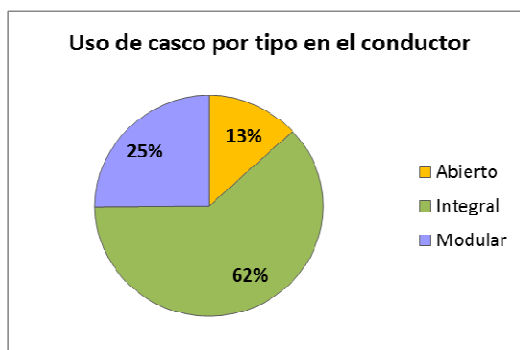
Fuente datos: ANIM 2010 y 2012. Elaboración: Propia

Gráfico n°9



Fuente datos: ANIM, 2010. Elaboración: Propia

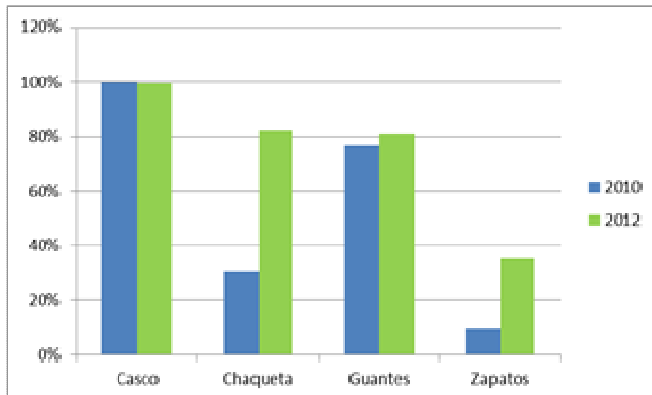
Gráfico n°10



Fuente datos: ANIM, 2012. Elaboración: Propia

En cuanto al uso de elementos de seguridad en los usuarios conductores el 99,5% usa casco, más del 80% lleva guantes y chaqueta, aumentando este último elemento un 50% el 2012 con respecto a la medición del 2010. Respecto a las razones para el aumento en el uso de chaquetas ANIM señala, que es reflejo de la irrupción al mercado de tiendas especializadas, incorporación de nuevas marcas y un importante baja en los precios en función al aumento en la demanda. El factor climático, si bien es una condicionante, no es determinante en la conducta.

Gráfico n°11



Según ANIM, reforzar la cultura de uso de cascos, no importa el tipo, siempre que sea certificado y el uso de ropa reforzada invierno y verano son los 2 factores mas significativos para disminuir los accidentes con lesiones graves y fallecidos.

En 2 años el uso de chaquetas y zapatos caña alta, se ha duplicado en los conductores de motocicletas (gráfico n°11).

IV. Resultados análisis geoespacial

En el periodo se registran un total de 8.721 accidentes de moto, del cual fue localizado y considerado para el análisis el 92,4% de ellos².

En la figura 1 se observa la localización de los accidentes de moto en el Gran Santiago ocurridos durante el periodo de los años 2007 a 2011. 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 de eventos en cada localización (ver figura 2).

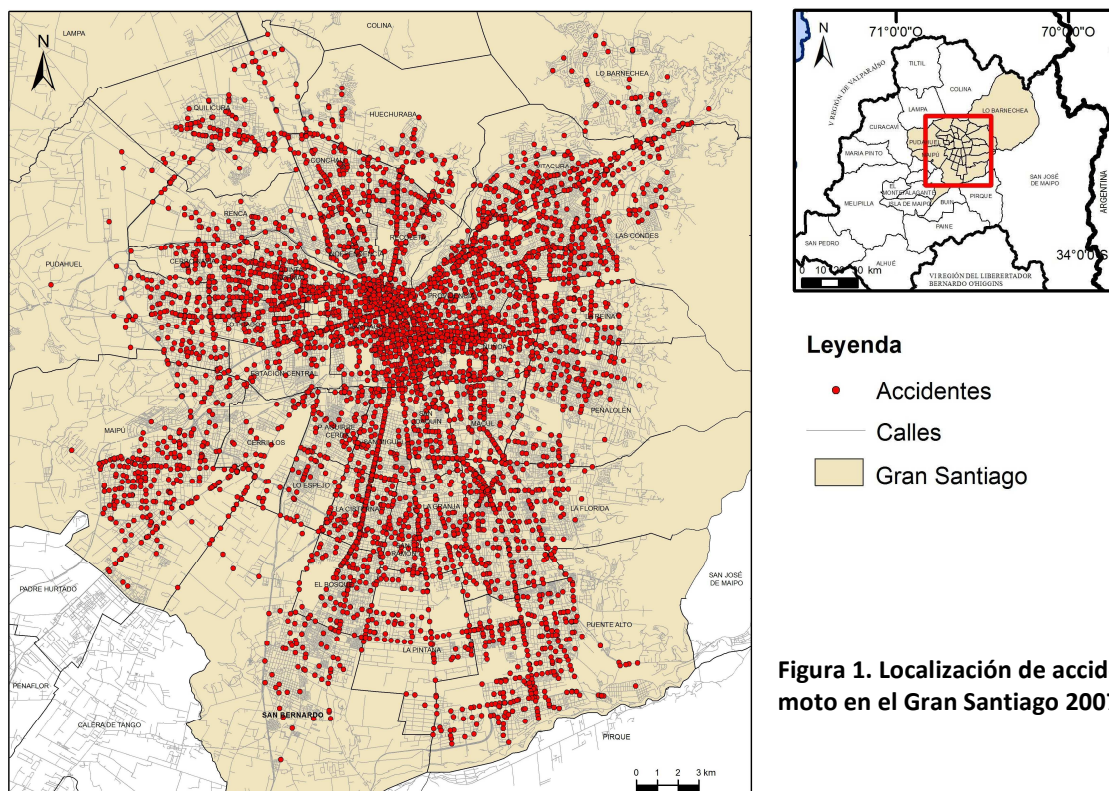


Figura 1. Localización de accidentes de moto en el Gran Santiago 2007-2011.

² La Base de Datos de Accidentes de Carabineros presenta algunos problemas de completitud.

Sin ponderar los datos, es difícil identificar y asegurar si una agrupación alta o baja existe. Debido a la cantidad de datos de puntos en el mapa, la visualización y análisis puede ser confusa y poco informativa.

En este caso la ponderación considera tanto la cantidad de accidentes como la severidad de estos. La distribución del índice de severidad calculado para cada accidente en base a la ecuación propuesta por Somenahalli & Truong, que da mayor ponderación a los accidentes más severos, se observa en la figura 2. En esta se aprecia algunas zonas con índices altos. Sin embargo como indican los autores, se necesita de la significancia estadística para examinar el grado del agrupamiento. Lo que se evalúa en el siguiente paso.

Para analizar los patrones espaciales, se utilizó el **Índice I de Moran** que 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 indica que existe una probabilidad menor al 1% de que el patrón agrupado pueda ser el resultado de una probabilidad aleatoria. En este caso la autocorrelación espacial es positiva, es decir, las unidades espaciales vecinas presentan valores similares, lo que indica una tendencia al agrupamiento.

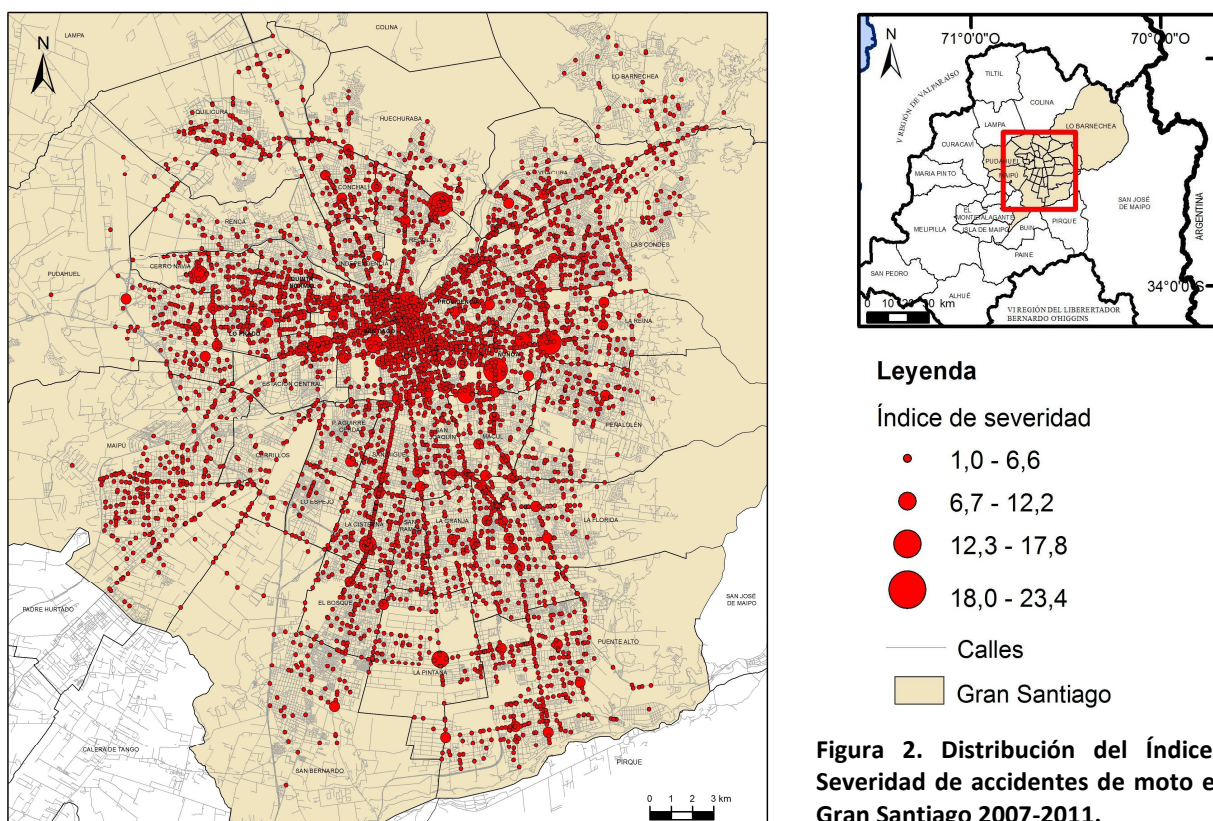


Figura 2. Distribución del Índice de Severidad de accidentes de moto en el Gran Santiago 2007-2011.

Luego se utilizó la estadística ***Gi** de Getis-Ord** para identificar puntos o localizaciones críticas de accidentes de moto. Esta estadística, dado un conjunto de entidades ponderadas, identifica agrupamientos espaciales estadísticamente significativos de valores altos, los que serán los llamados puntos críticos o localizaciones críticas.

Un punto con un valor alto de índice de severidad es interesante, pero es posible que no sea un punto estadísticamente significativo (es decir, de localización no azarosa). Para serlo, un punto debe tener un valor

alto y también estar rodeado por otros puntos con valores altos (Esri, 2011). El resultado es la identificación de localizaciones con valores altos del índice de severidad donde es casi improbable la ocurrencia de los accidentes en su localización por el azar (ver figura 3).

Sobre las localizaciones con puntuaciones Z entre 1,65 y 1,96 se puede afirmar con un 90% de certeza que su ocurrencia en su localización no es resultado del azar, a su vez las puntuaciones mayores a 1,96 indican que se puede afirmar con un 95% de certeza que su localización y ocurrencia no son resultado del azar, mientras que en el caso de las menores a -1,96, por el contrario, es muy probable la aleatoriedad.

A partir del resultado anterior, es posible identificar las localizaciones más críticas de accidentes de moto por índice de severidad y significancia estadística. La tabla 1 muestra el ranking de las 20 localizaciones más críticas. De un total de 8.062 accidentes de moto acumulados entre los años 2007 y 2011, y localizados en la red vial gráfica (de un total de 8721), se registran 5376 localizaciones diferentes, de las cuales 78 fueron identificadas como puntos calientes con un nivel de confianza de 90% (puntuación Z entre 1,65 y 1,96) y 259 con 95% (puntuación Z sobre 1,96).

De estas 259 localizaciones críticas identificadas, el 96,1% de ellas corresponden a intersecciones de calles, lo que indica que en estas los accidentes de moto fueron más severos que los ocurridos en tramos de vía.

El análisis de los patrones de incidencia a través del tiempo a partir de la comparación de los mapas de densidad de accidentes de moto de los años 2007 a 2011 consecutivamente, que se observa en las figuras n°4 - 8, proporciona un contexto para interpretar tendencias y cambios en la distribución espacial de estos eventos.

La secuencia temporal muestra consecutivamente una concentración de accidentes de moto en la zona centro del Gran Santiago, principalmente en el sector nororiente de la comuna de Santiago. A partir del año 2009 se aprecia una concentración adicional situada en el sector norponiente de la comuna de Ñuñoa.

También se aprecia una alta densidad de accidentes de moto repetitiva en el tiempo a lo largo de la calle Gran Avenida José Miguel Carrera en las comunas de La Cisterna y San Miguel, en esta última la situación mejora progresivamente hasta casi desaparecer en el 2011. Lo mismo ocurre con las calles Vicuña Mackenna y Américo Vespucio en Puente Alto.

Otra calle que se destaca por su alta densidad en todo el periodo es Av. Libertador Bernardo O'Higgins en Estación Central.

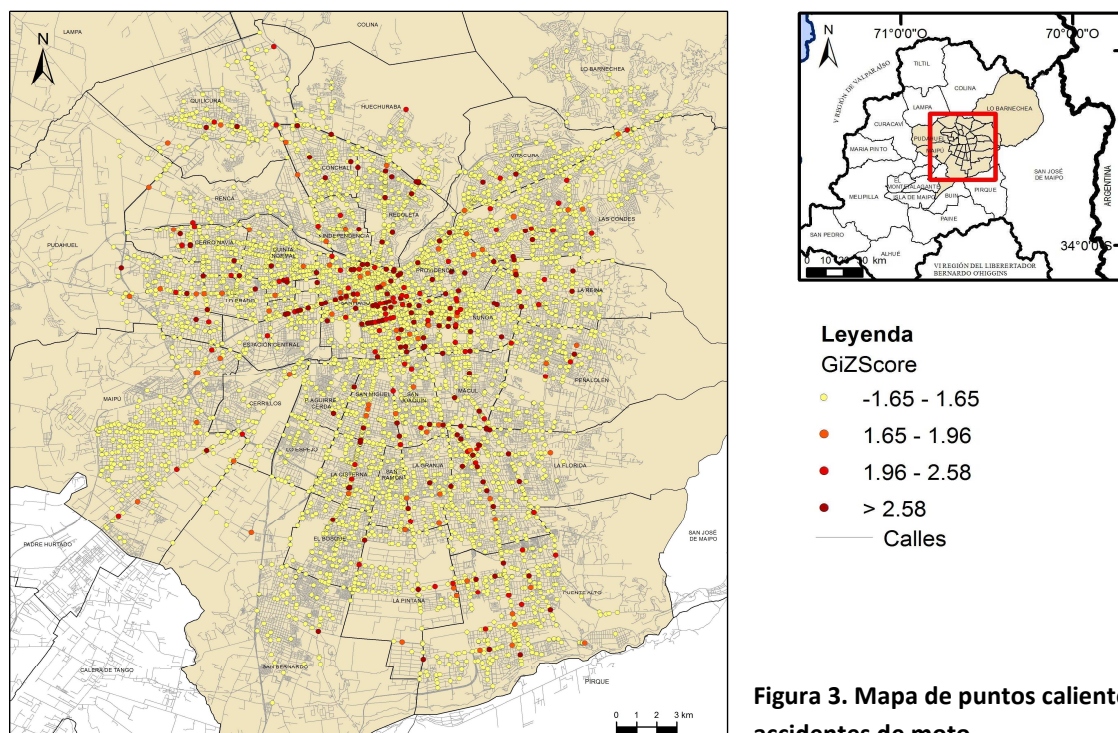


Figura 3. Mapa de puntos calientes de accidentes de moto.

Tabla 1. Ranking de las 20 localizaciones más críticas de accidentes de moto en el Gran Santiago.

Ranking	Localización	Comuna	Cantidad de accidentes por severidad				Total de accidentes	Índice de severidad	Gi ZScore
			Fatal	Grave	Otro	Material			
1	Grecia / José Pedro Alessandri	Nuñoa	2	1	12	0	15	23,4	13,3
2	El Salto / Américo Vespucio	Recoleta	2	2	9	0	13	21,3	12,1
3	Larrain / Ossa	La Reina	1	4	6	0	11	18	9,9
4	Américo Vespucio / Gran Avenida José Miguel Carrera	La Cisterna	0	2	10	0	12	16,6	9,1
5	Libertador Bernardo O'Higgins / Obispo Manuel Umaña Salinas	Estación Central	1	3	6	0	10	16,2	8,7
6	Cardenal José María Caro / Loreto	Santiago	0	2	9	0	11	15,3	8,3
7	José Victorino Lastarria / Libertador Bernardo O'Higgins	Santiago	0	2	8	1	11	15	8,1
8	Américo Vespucio / El Salto	Huechuraba	0	1	10	0	11	14,8	8,1
9	Manuel Rodríguez / Toesca	Santiago	0	1	10	0	11	14,8	8,0
10	Mapocho Sur / Rolando Petersen	Cerro Navia	0	2	8	0	10	14	7,5
11	Presidente Battle Y Ordoñez / Ortúzar	Nuñoa	0	3	5	2	10	13,9	7,4
12	Portugal / Santa Isabel	Santiago	0	2	7	0	9	12,7	6,7
13	Libertador Bernardo O'Higgins / Nicasio Retamales	Estación Central	0	2	7	0	9	12,7	6,7
14	Marathon / Rodrigo De Araya	Macul	0	4	4	0	8	12,4	6,5
15	Santa Rosa / Gabriela	La Pintana	1	1	5	1	8	12,3	6,3
16	Cuarto Centenario / Atenas	Las Condes	0	1	8	0	9	12,2	6,2
17	Lo Ovalle / Gran Avenida José Miguel Carrera	La Cisterna	0	3	5	0	8	11,9	6,1
18	Manuel Antonio Matta / Vicuña Mackenna	Nuñoa	0	0	9	0	9	11,7	6,0
19	Gabriela / Ejército Libertador	Puente Alto	0	3	4	1	8	11,6	5,9
20	Placer / San Diego	Santiago	0	2	6	0	8	11,4	5,8

*Fatal: Accidentes con resultado de muerte; Grave: Accidentes con lesionados graves; Otros: Accidentes con lesionados menos grave y leves; Material: Accidentes con daño sólo material, sin lesionados.

Fuente datos: Carabineros de Chile, CONASET.

Elaboración: Propia

Figura n°4

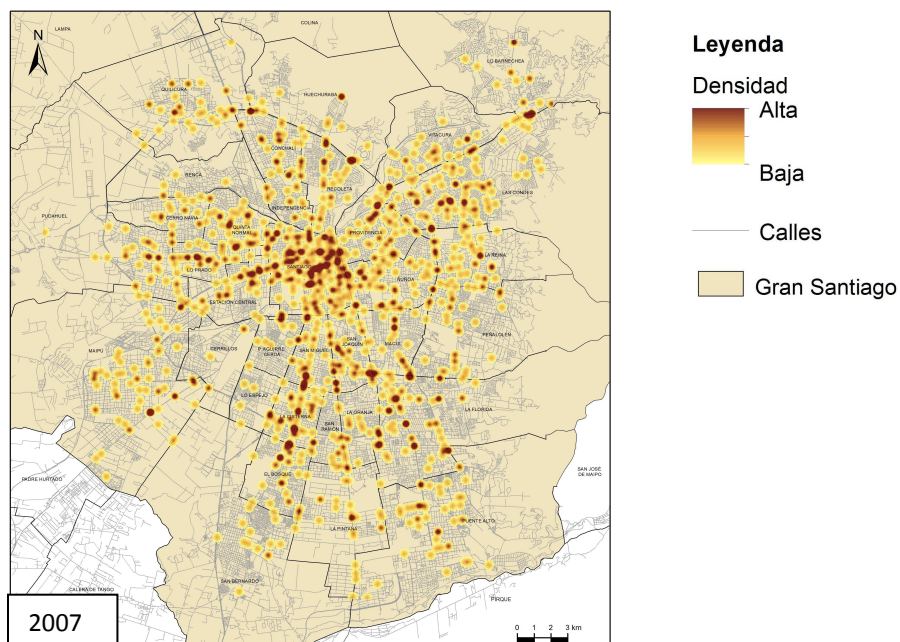


Figura n°5

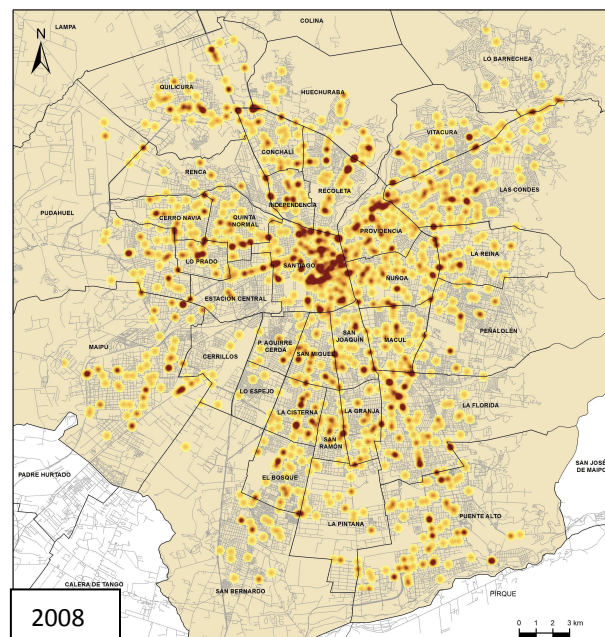


Figura n°6

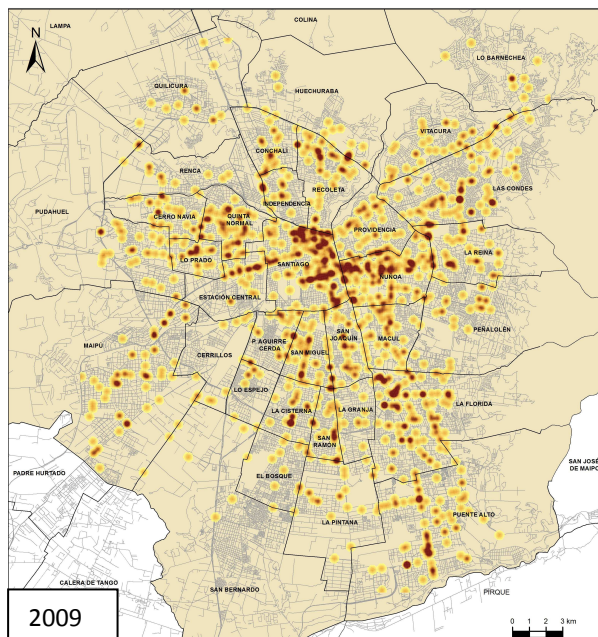
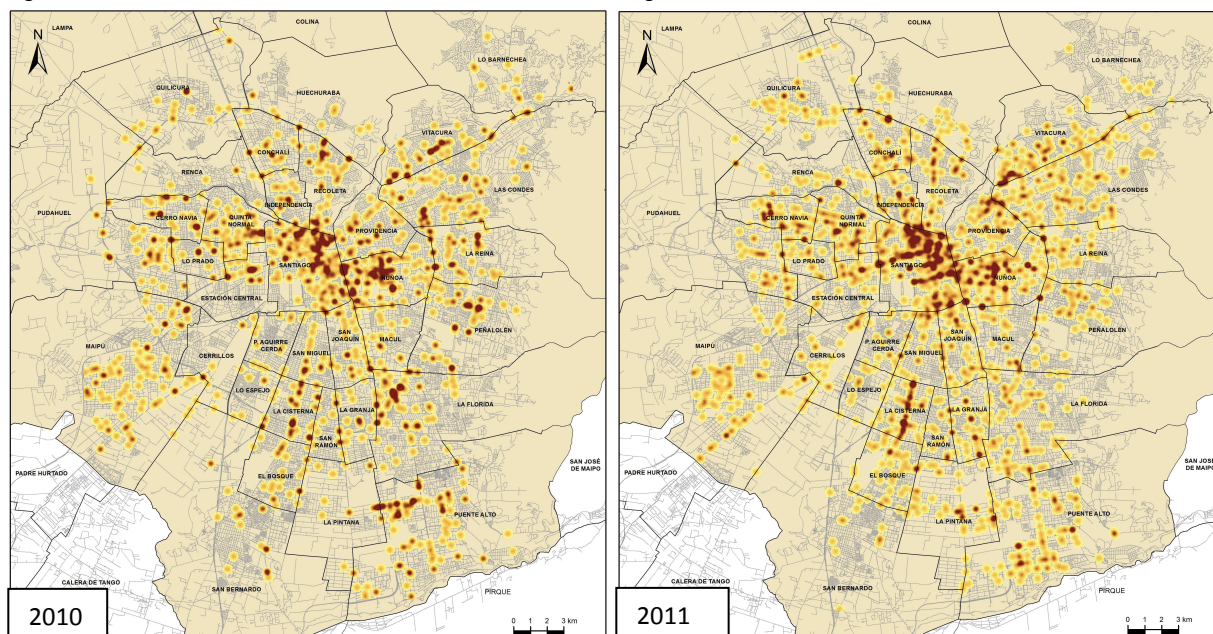


Figura n°8



V. Conclusiones y Recomendaciones

Este estudio basado en el análisis de la autocorrelación espacial de los accidentes de moto para la identificación y clasificación de localizaciones y áreas críticas de estos accidentes en el Gran Santiago mediante el uso de SIG, permitió la evaluación estadística de los patrones espaciales de los accidentes de moto.

En lugar de utilizar sólo el valor absoluto de los accidentes, el índice de severidad propuesto por Somenahalli & Truong, 2011 utilizado, considera tanto el número como la severidad de los accidentes para el análisis y ranking. Además el análisis mediante SIG permite comprobar visualmente la proximidad de los lugares que ocupan más frecuencia y más gravedad de los accidentes de moto. Por lo tanto, las mejoras de seguridad deben ser implementadas con el fin de reducir la frecuencia y la gravedad de estos accidentes.

Con respecto a la seguridad de las motocicletas en general, tal como se espera, en medida que ha aumentado el parque de motocicletas, han aumentado los accidentes de este tipo de vehículos. Pero no así su gravedad, ya que tanto la curva de fallecidos como de lesionados si bien comienza a crecer desde el periodo en que aumenta el parque (2004), después del año 2007, en que entra en vigencia un nuevo reglamento respecto a la obligatoriedad del uso de cascos y ropa apta, presenta una moderación en su aumento y se estabiliza hasta el presente.

La moderación en la curva de fallecidos y lesionados en los últimos años, se puede asociar con los altos porcentajes de uso de los elementos de seguridad que muestran estudios realizados por ANIM, principalmente en cuanto al uso de casco que es de casi un 100%. Sin embargo estos porcentajes se pueden mejorar y aumentar en el caso de los otros elementos, como chaqueta, zapatos, lentes y otros, especialmente en los usuarios acompañantes que tienen los menores porcentajes de uso.

Dos áreas fueron identificadas con alto riesgo de ocurrencia de accidente en moto en el Gran Santiago, junto con 3 tramos de vías mediante la comparación de las imágenes temporales de densidad de Kernel y

constatadas con el análisis de punto caliente. Estas dos áreas se ubican en el nororiente de la comuna de Santiago y nororiente de Ñuñoa. Los tramos de vía corresponden a Gran. Av. José Miguel Carrera en La Cisterna, Libertador Bernardo O'Higgins en Estación Central y Américo Vespucio y Vicuña Mackenna en Puente Alto.

Otros 259 puntos, o localizaciones críticas fueron identificadas con un 95% de certeza, de las cuales se presentó en detalle el ranking de las 20 más críticas, que en su mayoría se encuentran en la comuna de Santiago, Ñuñoa, La cisterna y Estación Central, precisamente en las áreas y tramos de vía identificados como críticos anteriormente. La identificación de las localizaciones críticas reveló que en las intersecciones los accidentes de moto fueron más severos que los ocurridos en medio de un tramo de vía.

En general, esta investigación ofrece una base sólida para la identificación de los puntos y áreas críticas de accidentes de tránsito, en este caso aplicada a la participación de motocicletas, con el fin de estudiar los factores causales y determinar medidas de prevención y concientización efectivas. Para mayor eficacia, la regulación debe tener una aplicación más vigorosa en los sitios identificados como críticos, los que por su incidencia en el tiempo representan problemas potenciales en el futuro.

Bibliografía

Agurto, C. (31 de diciembre de 2011). Ventas de motos en Chile suben un 30% el 2011: Conoce los 10 modelos más vendidos. *Emol*. Recuperado en julio 2012, de Emol Economía: <http://www.emol.com/noticias/economia/2011/12/30/519454/ventas-de-motos-en-chile-suben-un-30-el-2011-conoce-los-10-modelos-mas-vendidos.html>

ANIM (Marzo, 2011). Caracterización de la Motocicleta como medio de transporte urbano.

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

Iamtrakul, P., Tanaboriboon, Y., & Hokao, Y. (2003). Anayisis of motorcycle accidents in developing countries: a case study of Khon Kaen, Thailand. *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, 5, 147-162.

INE (2011). Instituto Nacional de Estadísticas. Chile. *Anuarios Parque de Vehículos en Circulación*. Recuperado en septiembre de 2012, de Estadísticas Económicas: http://www.ine.cl/canales/chile_estadistico/estadisticas_economicas/transporte_y_comunicaciones/parquevehiculos.php

OMS. (6 de mayo de 2011). *Organización Mundial de la Salud*. Recuperado en julio de 2012, de Centro de Prensa: http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2011/road_safety_20110506/es/index.html

OMS. (2009). Informe sobre la situación mundial de la seguridad vial.

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

