

POBLACIÓN EN RIESGO: ANÁLISIS ESPACIO – TEMPORAL DE ACCIDENTES VIALES MEDIANTE EL USO DE HERRAMIENTAS SIG EN EL MUNICIPIO DE TOLUCA, ESTADO DE MÉXICO, 2000 – 2005

RAQUEL HINOJOSA REYES¹, GLORIA VARELA SÁNCHEZ², JUAN CAMPOS ALANÍS³

Facultad de Geografía. Universidad Autónoma del Estado de México.

Cerro Coatepec s/n Ciudad Universitaria, 50110, Toluca. Estado de México

¹ rhinojosar@uaemex.mx, gvarelas306@alumno.uaemex.mx, juan_campos70@hotmail.com³

RESUMEN

Los accidentes de tránsito son una de las principales causas de muerte de la población mexicana. El objetivo de este trabajo es realizar un análisis espacial de accidentes viales, de tipo evolutivo, mediante el uso de atributos como la ubicación geográfica, hora del día, día de la semana y mes del año, sobre el riesgo que corre la población a causa de los accidentes de tránsito en el Municipio de Toluca en un periodo de seis años (2000 –2005); así mismo se relacionan con el entorno social y económico de la ciudad a partir de la incidencia y distribución espacial de los mismos. Se utilizan herramientas de análisis espacial (Índice de Accidentalidad, Índice de Severidad, Densidad de Kernel por área y a nivel intersección) con el objetivo de visualizar las áreas de mayor riesgo para la población que circula diariamente por las calles de Toluca. Los resultados identifican las zonas más conflictivas y riesgosas de la ciudad. Se asocian actividades comerciales y de servicios, así como a vialidades regionales o de primer orden. Los hallazgos pueden ser la base para el diseño de políticas de prevención y mitigación de este problema.

Palabras clave: seguridad vial, accidentes de tránsito, análisis espacial.

POPULATION AT RISK: SPACE - TEMPORAL ANALYSIS OF VIAL ACCIDENTS BY THE USE OF GIS TOOLS IN THE MUNICIPALITY OF TOLUCA, STATE OF MEXICO, 2000 – 2005

ABSTRACT

Traffic accidents are one of the main causes of death of the Mexican population. The objective of this work is to perform a spatial analysis of road accidents, of evolutionary type by using attributes such as geographical location, time of day, day of the week and month of the year, on the risk that the population runs because of traffic accidents in the Municipality of Toluca in a

Recibido: 11/08/2017

Aceptada versión definitiva: 21/03/2019

Editor al cargo: Dra. Alaitz Zabala

Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International (CC BY-NC-ND 4.0)

© El autor
www.geofocus.org

Hinojosa Reyes, R., Varela Sánchez G., Campos Alanís, J. (2019): "Población en riesgo: Análisis espacio – temporal de accidentes viales mediante el uso de herramientas SIG en el municipio de Toluca, Estado de México, 2000 - 2005", *GeoFocus (Artículos)*, n° 23, p. 49-47. ISSN: 1578-5157 <http://dx.doi.org/10.21138/GF.584>

period of six years (2000 -2005); likewise, a relationship to the social and economic environment of the city from the incidence and spatial distribution of them is studied. Spatial analysis tools are used (Accident Index, Severity Index, Kernel Density by area and intersection level) with the objective of visualizing the areas of greatest risk for the population that circulates daily through the streets of Toluca. The results identify the most conflictive and risky areas of the city. Commercial and service activities are associated, as well as regional or first class roads. The findings can be the basis for the design of prevention and mitigation policies for this problem.

Keywords: road safety, traffic accidents, spatial analysis.

1. Introducción

Los sistemas de transporte constituyen un elemento fundamental para el desarrollo social y económico. En particular la red carretera y los vehículos de motor que por ella transitan, representan la principal forma de desplazamiento de personas y bienes. El transporte solo puede considerarse de calidad si se efectúa de manera rápida, confiable y segura (Velásquez y Mendoza, 2001: XI). El ser humano en su vida diaria enfrenta la necesidad de tener seguridad vial, pues al desplazarse cotidianamente, tiene una relación directa con el tráfico: ya sea como peatón, o bien al desplazarse en bicicleta, motocicleta, automóvil, o autobús (Álvarez, 2004:12). A pesar de todas las bondades además de facilitar la movilidad, el transporte, también implica la presencia de problemáticas tales como accidentes viales (que pueden derivarse en fallecimientos, traumatismos y discapacidades). Por lo que el análisis de la información sobre los mismos es crucial.

Los accidentes de tránsito son una de las causas de muerte más importantes en el mundo, el "Informe sobre la Situación Mundial de Seguridad Vial" de la OMS 2004, indica que causaron en ese año más de 1.2 millones de víctimas, número similar a las provocadas por muchas enfermedades transmisibles. Son la principal causa de muerte entre personas de edades comprendidas entre los 15 y los 29 años (OMS, 2015), datos que sin duda los convierten en un tema prioritario para la población.

Los accidentes ocurridos a nivel mundial han sido considerados como una "Epidemia Silenciosa" definido así durante la presentación del "Análisis Epidemiológico de lesiones causadas por Accidentes de Tránsito" realizado en Perú, 2013. Según OMS, cada año cerca de 1,3 millones de personas fallecen por un accidente de tránsito hay más de 3 mil defunciones diarias a nivel global. Lo que a su vez implica mayor demanda de servicios de emergencia hospitalaria, recursos humanos, financieros e infraestructura dentro del sector salud (OMS, 2013) y de la misma manera afecta directamente en la economía de las naciones y en las familias (OMS, 2015).

De acuerdo con datos del Instituto Nacional de Salud Pública (INSP), nuestro país ocupa el séptimo lugar a nivel mundial y el tercero en la región de Latinoamérica en muertes por siniestros viales, con 22 decesos de jóvenes de entre 15 y 29 años al día, y 24 mil decesos en promedio al año. Los siniestros viales constituyen la primera causa de muerte en jóvenes entre 5 y 29 años de edad y la quinta entre la población general (CONAPRA, 2012; Treviño, 2017).

No se puede pasar por alto que los traumatismos causados por el tránsito pueden prevenirse. Pues acorde con experiencias internacionales se sugiere que un organismo coordinador y una estrategia nacional con metas definidas son cruciales para una respuesta sostenible al problema de la seguridad vial.

El objetivo de este trabajo es realizar un análisis espacio–temporal sobre el riesgo que corre la población a causa de los accidentes de tránsito en el Municipio de Toluca, Estado de México, en el periodo 2000-2005, a partir del análisis de la incidencia y distribución espacial de los mismos. Adicionalmente, se consideran como atributos, la hora y fecha de ocurrencia, la tipología del accidente a fin de identificar su evolución correspondiente en el tiempo y reconocer el entorno socioeconómico donde ocurren. Se hace uso de técnicas de análisis espacial que permiten identificar puntos calientes de la ocurrencia de los accidentes de tránsito (AT).

2. Consideraciones teóricas

El accidente de tránsito, como riesgo para la población, ocasiona la pérdida prematura de vidas humanas y cuando ocurren las lesiones, se generan secuelas físicas o psicológicas, perjuicios materiales y daños a terceros. Hasta hace pocos años se consideraba como el percance vial que se presenta de manera súbita, inesperada, imprevista, e inevitable, es decir producto del azar. Sin embargo recientemente se dice que está determinado por elementos que lo hacen altamente previsible; algunos son de naturaleza aleatoria (cada vez menos), pero la mayoría son controlables pues conforme se mejora el conocimiento de los datos de accidentes, se minimiza el azar. Los principales factores a los que se les atribuye la incidencia de accidentes son: factores humanos, los vehículos —preponderantemente automotores—, las condiciones climatológicas, la señalización y el estado de los caminos. En todos se puede incidir para prevenir su recurrencia (IMT, 2001:1; IG-UNAM *et al.*, 2006; García, 2008:152; INEGI, 2013). En los últimos años se ha cambiado la percepción de que el siniestro vial es un evento azaroso al enfoque de ser un evento predecible y controlable e identifica los factores que intervienen para que ocurra y los que contribuyen a disminuir la gravedad (Dextre, 2010:15; BID, 2018). En muchos casos son causa de las malas costumbres o prácticas: no respetar las normas de tránsito, mal estado de la infraestructura vial, mal funcionamiento de los equipos de control del tránsito, y en ocasiones no se cuenta con la normatividad suficiente. Es indispensable la manera en cómo nos referimos a los hechos de tránsito, pues cambia de manera fundamental el actuar frente a la seguridad vial, permite tomar conciencia y acciones para prevenirlos. En esta investigación aun los seguimos llamando accidentes de tránsito, sin embargo, están contextualizados en el siniestro vial (SV).

Se ha optado por un concepto más integral donde se involucran políticas relacionadas con la energía, medio ambiente, empleo, educación, juventud, servicios de salud, investigación, innovación y tecnología, justicia, seguros y comercio, entre otros (Comisión Europea, 2010) para llegar a acciones multifactoriales. El comportamiento del usuario de la carretera es esencial por lo que la educación, formación y cumplimiento de las normas, son vitales en el tema de la seguridad vial. Es tal la relevancia del tema a nivel mundial que en la agenda (2030) en los Objetivos de Desarrollo Sostenible, el tema está contemplado en el objetivo 3 "Salud y bienestar" y se planteó como meta en el periodo 2015 a 2020, reducir a la mitad el número de muertes y lesiones causadas por accidentes de tráfico en el mundo (OMS, 2015).

Aunque la población se ha incrementado y el uso de vehículos automotor también, las muertes por accidentes de tránsito se han estabilizado desde el 2007 hasta la fecha, esto no quiere decir que se omita que el número de muertes y lesiones en todo el mundo sigue siendo excesivo (OMS, 2015). Lo que se destaca, son las diferencias abismales que existen dependiendo del desarrollo de cada país. Por ejemplo, para los países de ingresos bajos y medianos, la OMS (2009) destacó que más del 90 % de las víctimas mortales de accidentes de tránsito que ocurren en el

Hinojosa Reyes, R., Varela Sánchez G., Campos Alanís, J. (2019): "Población en riesgo: Análisis espacio – temporal de accidentes viales mediante el uso de herramientas SIG en el municipio de Toluca, Estado de México, 2000 - 2005", *GeoFocus (Artículos)*, n° 23, p. 49-47. ISSN: 1578-5157 <http://dx.doi.org/10.21138/GF.584>

mundo corresponden a estos países, que sólo tienen el 48 % del total de vehículos en el mundo y que, en términos económicos, representan un costo del 1 al 2 % de su producto nacional bruto, porcentaje superior al volumen total de la ayuda recibida para el desarrollo. Por lo tanto, se considera un problema rezagado y desatendido que no han podido resolver (OMS, 2004). Adicionalmente, el nivel socioeconómico de la población abona como un punto en contra, pues hay mayor probabilidad de accidentes en zonas más marginadas, lo que deriva en un problema de equidad social, pues las personas más pobres representan la mayoría de las víctimas y carecen de apoyo permanente en caso de lesiones de larga duración. A esto pueden sumarse los costos de la atención médica prolongada, la muerte de las personas que sustentan a la familia, el costo de un funeral o la pérdida de ingresos por discapacidad puede agravar y generar mucha pobreza en las familias (OMS, 2004).

En contraste, en los países de ingresos altos (como los integrantes de la Unión Europea), se ha reducido significativamente la incidencia de AT, pues han instrumentado medidas eficaces como: aplicación de legislación para controlar la velocidad, consumo de alcohol, uso obligatorio de cinturones de seguridad, cascos y el diseño y uso más seguro de la vía pública (OMS, 2015), además han implementado medios de transporte sustentables y trabajan sobre objetivos o estrategias por ejemplo: objetivo visión cero y el enfoque del sistema seguro para erradicar las muertes y las lesiones graves de las carreteras europeas (Comisión Europea, 2010). Los resultados son extraordinarios, tal es el caso de Holanda, Alemania y Suecia, que desde 1970 a 2006 redujeron sus tasas de mortalidad en alrededor del 80 %, aun cuando los viajes vehículo/kilómetro se han incrementado 2.7 veces en promedio en el mismo periodo (OECD/ITF, 2008:26). Sin embargo, aún se lucha por mayor seguridad pues en 2009, hubo 35000 muertos y más de 1.7 millones de heridos (Comisión Europea, 2010).

La estrategia mexicana podría fortalecerse implementando estrategias de movilidad seguras, equitativas, saludables y sostenibles para los diferentes actores de la vía pública. En realidad, los avances y esfuerzos que se han dado en términos de prevención de lesiones causadas por el tránsito son pocos, no coordinados y con normatividades muy laxas, existen muchos retos y oportunidades para el país (Pérez, *et al.*, 2014). Pues en el mismo periodo que Holanda, Alemania y Suecia bajaron el porcentaje de víctimas mortales, en México creció al 94 % (OECD/ITF, 2008:26).

Dextre 2010:8, "habla de la seguridad vial dividida en dos tipos: 1) nominal y 2) sustantiva, la primera apegada al diseño de las vialidades acorde con la normatividad de cada país (Hauer, 1999) y la segunda es objetiva o estadística dada por la cantidad y severidad de accidentes (Sorensen and Mosslemi, 2009)". Normalmente nos enfocamos en los dos tipos: en un primer momento nos enfocamos en la sustantiva, sin dejar de largo la nominal cuando se construye el contexto de las causas del siniestro.

La seguridad vial no es accidental, se tienen que generar muchas acciones desde los diferentes actores para buscarla, tiene estrecha relación con el territorio, y sus características. Pues el diseño de la ciudad y sus sistemas de control de tráfico, están implicados en los accidentes de tránsito (OMS, 2004; Dextre 2010). Varios estudios previos han analizado la relación entre los accidentes de tránsito y los componentes de la ciudad, en zonas con mayor desarrollo existen más accidentes viales –concentrados en la población económicamente activa. Son más frecuentes en zonas mixtas o zonas con alto nivel de empleo, donde por razones obvias hay más tráfico y flujos peatonales. Serán menos frecuentes en zonas puramente residenciales, pues se percibe un efecto

Hinojosa Reyes, R., Varela Sánchez G., Campos Alanís, J. (2019): "Población en riesgo: Análisis espacio – temporal de accidentes viales mediante el uso de herramientas SIG en el municipio de Toluca, Estado de México, 2000 - 2005", *GeoFocus (Artículos)*, n° 23, p. 49-47. ISSN: 1578-5157 <http://dx.doi.org/10.21138/GF.584>

neutralizante en dichas zonas (Noland and Quddus, 2004; Kim *et al.*, 2006; Quddus, 2008; Fuentes y Hernández, 2009; Prasannakumar *et al.*, 2011; Pulugurta *et al.*, 2012; Hinojosa *et al.*, 2015).

La connotación espacial que se presenta cuando un accidente de tránsito sucede, no puede obviarse pues varios de los factores que intervienen operan a una escala territorial, y es necesario considerar la relación entre ellos para comprender mejor las implicaciones del entorno (Kim *et al.*, 2006; Agüero-Valverde y Jovanis 2006; Hashimoto *et al.*, 2016).

El análisis espacial, es una valiosa herramienta que permite relacionar de manera sistemática una serie de atributos vinculados con la localización, distribución, asociación, interacción y la temporalidad espacial (Buzai, 2010: 3-16) en la ocurrencia de accidentes de tránsito, y con ello tener una visión amplia del fenómeno e identificar patrones territoriales de accidentalidad. El análisis espacial permite identificar y analizar localizaciones de alto riesgo y relacionar los datos de la vía con el entorno. Hoy en día los accidentes de tránsito pueden identificarse entre los fenómenos casi imposibles de tratar sin una base de datos espacial. Las aplicaciones y el uso de la herramienta SIG desde los 90s han sido amplias en seguridad vial y en el análisis de patrones espaciales (Erdogan *et al.* 2008:174; Hernández, 2012, Algora *et al.* 2016; Yu *et al.*, 2014; Hashimoto *et al.*, 2016). Los tipos de análisis aplicables para accidentes incluyen: análisis de intersecciones, análisis por segmentos, análisis de clúster, análisis de densidad, análisis de patrones y análisis espacial usando técnicas de modelación.

En este sentido, la técnica de interpolación espacial de los datos del fenómeno, permiten encontrar elementos que determinan la peligrosidad con respecto a los factores que inciden en los accidentes y, por lo tanto, identificar las zonas donde la población está sujeta a padecer un mayor riesgo de accidente. (Camacho, 2010; 227).

En el análisis espacial, los Sistemas de Información Geográfica (SIG) son la herramienta que apoya en la seguridad vial (Erdogan *et al.*, 2008:174), puesto que tiene la factibilidad de integrar y manejar una gran cantidad de datos. El SIG, es una plataforma que permite generar, manipular, analizar y visualizar datos espaciales, y la relación entre los mismos datos además de que los resultados pueden ser gráficos o no (Olayo, 2014).

3. Materiales, datos y métodos

Se utilizó el software Excel para procesamiento de datos cualitativos y cuantitativos de incidencia de accidentes, generación de índices y gráficas. También se utilizó el software QGIS para obtener la densidad de AT y ArcGis 10.2.2 para la estandarización, validación y análisis de datos, y generación de mapas temáticos resultantes.

El procedimiento inicia con la obtención, localización, integración, estandarización y manipulación de la base de datos. Para la generación de gráficas de incidencia de AT. Para la identificación de sitios peligrosos se utilizó el cálculo de Densidad de Kernel, y se relacionan las intersecciones de mayor incidencia con su entorno socioeconómico.

3.1.1 Delimitación espacial.

El municipio de Toluca es parte de la quinta zona metropolitana más importante del país, es capital del Estado de México y se encuentra a 64 kilómetros, de la Ciudad de México, para el 2015 de acuerdo con datos censales, registró una población de 873 mil 536 habitantes. Su división política administrativa está comprendida por una cabecera municipal, 89 colonias y 24

Hinojosa Reyes, R., Varela Sánchez G., Campos Alanís, J. (2019): "Población en riesgo: Análisis espacio – temporal de accidentes viales mediante el uso de herramientas SIG en el municipio de Toluca, Estado de México, 2000 - 2005", *GeoFocus (Artículos)*, n° 23, p. 49-47. ISSN: 1578-5157 <http://dx.doi.org/10.21138/GF.584>

delegaciones. Por su función y características, las componentes del sistema vial se pueden clasificar en vialidades regionales, primarias y secundarias. Toluca cuenta con 260.8 kilómetros de red carretera, de las cuales 6.5 kilómetros son de tipo troncal federal pavimentada, 231.5 kilómetros alimentadoras estatales pavimentadas, 14.4 Kilómetros revestidas, 3.2 kilómetros de caminos rurales pavimentadas y 5 kilómetros que corresponden a caminos rurales revestidos a cargo de la federación (INEGI, 2000), ver figura 1.

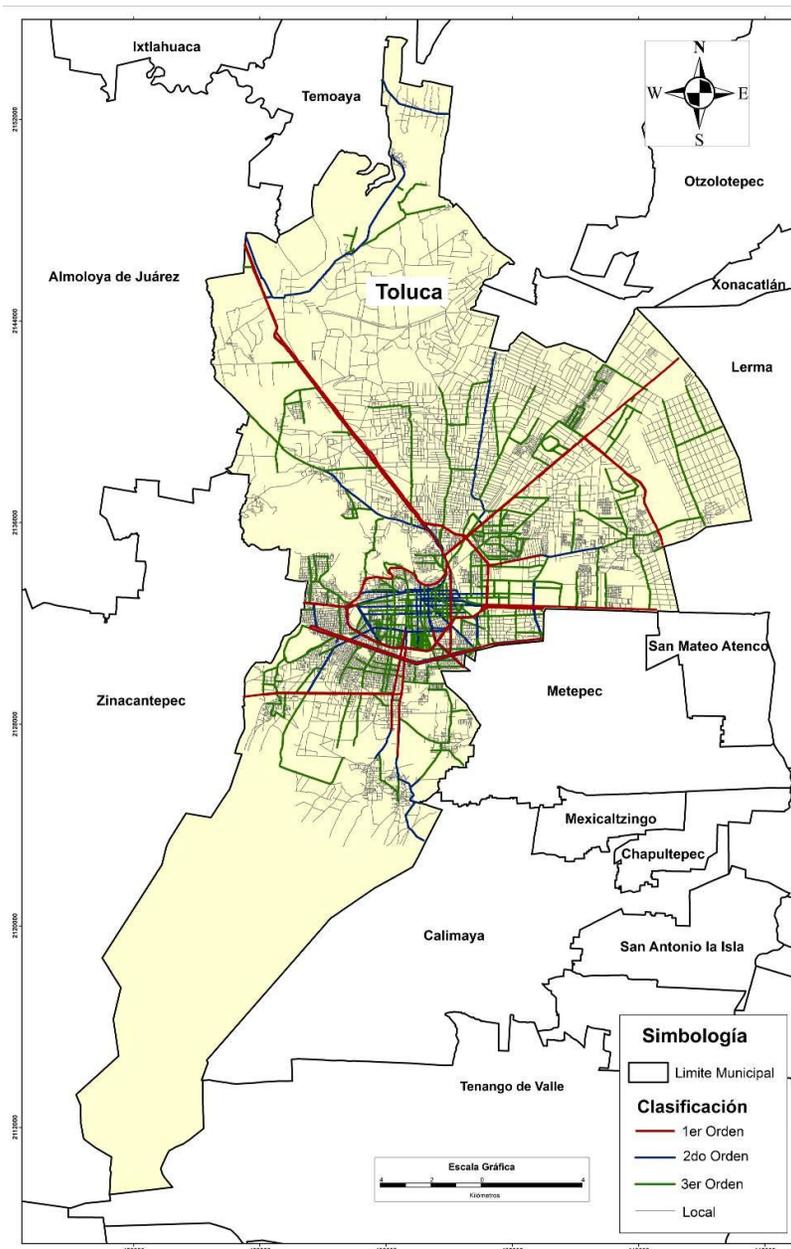


Figura 1. Municipio de Toluca, estado de México

Fuente: elaboración propia con base en el Instituto Nacional de Geografía y Estadística, 2010.

Toluca como la mayoría de las ciudades pertenecientes a un país en desarrollo, cuenta con limitaciones bastante serias en materia de seguridad vial, pues, aun cuando los gestores de la seguridad vial intentan llevar a cabo acciones de mejoramiento, estas normalmente son esporádicas, y dispersas. A manera de ejemplo se pueden citar la medición de niveles de alcohol en la sangre, la observancia a las reglas de tránsito (pasarse el semáforo en rojo, exceder límites de velocidad, no estacionarse sobre el paso de cebra), y la ligereza para expedir una licencia de conducir (sólo entregar documentación de identificación y pagar una cuota), sin un examen de conducción. Las anteriores son temáticas que han sido tomadas con poca seriedad por las autoridades competentes, a lo que se suma la nula cultura vial que existe en la población, con ello puede entenderse la persistencia de los AT en la zona (ver tabla1).

Tabla 1. Datos de accidentes de tránsito en los años 1997, 2007 y 2017 en Toluca, Estado de México y México.

Año	Lugar	Total de accidentes	Porcentaje de representación	Fatales	Lesionados
1997	Toluca	1, 244	18.21 % con respecto al estado	29	898
	Edomex	6, 831	2.75 % con respecto al país	268	4, 658
	México	248, 115	100%	6, 039	98, 435
2007	Toluca	2, 079	11.07 % con respecto al estado	14	413
	Edomex	18, 776	7.57 % con respecto al país	153	5, 472
	México	476, 279	100 %	5, 536	155, 487
2017	Toluca	1, 184	8.69 % con respecto al estado	7	225
	Edomex	13, 630	3.71 % con respecto al país	66	2, 248
	México	367, 789	100 %	4, 394	36, 627

Fte: elaboración propia, con base a estadísticas de accidentes de tránsito en zonas urbanas y suburbanas ATZUySUB de México, INEGI, 2018.

3.1.2. Delimitación temporal.

Los datos analizados corresponden a un periodo de seis años que va de 2000 a 2005. Se considera dicha ventana de tiempo, porque la información es completa y confiable, de tal manera que permite develar la variación temporal y la identificación de patrones espaciales de la incidencia de accidentes de tránsito en el municipio de Toluca.

3.2. Los datos.

Los datos de accidentes de tránsito fueron obtenidos de la Dirección de Seguridad Vial y Tránsito del municipio de Toluca (DSVTT), los cuales se obtuvieron en un archivo de datos en Excel que contiene la localización, la hora, fecha y tipo de accidente. Tal información fue localizada

Hinojosa Reyes, R., Varela Sánchez G., Campos Alanís, J. (2019): "Población en riesgo: Análisis espacio – temporal de accidentes viales mediante el uso de herramientas SIG en el municipio de Toluca, Estado de México, 2000 - 2005", *GeoFocus (Artículos)*, n° 23, p. 49-47. ISSN: 1578-5157 <http://dx.doi.org/10.21138/GF.584>

espacialmente a partir de los datos de localización (nombre de calles de la intersección), la red vial y las colonias. Este proceso se realizó en ArcGIS 10.2.2. La tabla 2 muestra el total de accidentes por año.

Tabla 2. Total de accidentes por año.

Año	Total de accidentes
2000	2621
2001	1981
2002	1397
2003	1547
2004	1322
2005	1850

Fuente. Datos de DSVTT. 2000-2005

La capa de colonias se obtuvo del bando municipal del municipio de Toluca del 2018, con su reclasificación original que incluye: Colonias, Fraccionamientos, Barrios, Pueblos y Ejidos. La información de la red vial fue obtenida del Instituto Nacional de Geografía y Estadística, la cual se validó topológicamente para asegurar la conectividad. Posteriormente se clasificó considerando los lineamientos marcados por García (2011) y se retomó la clasificación de Betazo y Zavala (2008; 71), quienes hacen la tipificación de las vialidades de la ciudad de Querétaro en función del tránsito que circula en ella y su composición en términos de las afectaciones que se realizan. Dicha, clasificación se retomó para Toluca, con base a sus características geométricas estructurales de tránsito y de conectividad. Por su función y características los componentes del sistema vial del municipio de Toluca se pueden clasificar en vialidades regionales, primarias y secundarias, además de caminos vecinales, como se mostró en la figura 1.

3.3. Técnicas de análisis.

Para la obtención de parámetros de medida con respecto al total de accidentes y el grado de severidad, se generaron dos índices.

Índice de Accidentalidad (IA): Zegeer y Deen (1977) sugirieron el uso de este índice para identificar sitios propensos a accidentes. El IA representa el número de accidentes con respecto al número de habitantes en el periodo, este expresado por cada 100 mil habitantes. Se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$IA = \frac{\text{No. de accidentes en el año} \times 100,000}{\text{No. de habitantes}}$$

Índice de Severidad: Relaciona el número de accidentes de tránsito con víctimas registrados en un año más el número de accidentes con víctimas mortales entre la cantidad de accidentes totales, registrados en un año (IMT, 2010:11). En este caso el índice de severidad se calcula

Hinojosa Reyes, R., Varela Sánchez G., Campos Alanís, J. (2019): "Población en riesgo: Análisis espacio – temporal de accidentes viales mediante el uso de herramientas SIG en el municipio de Toluca, Estado de México, 2000 - 2005", *GeoFocus (Artículos)*, n° 23, p. 49-47. ISSN: 1578-5157 <http://dx.doi.org/10.21138/GF.584>

utilizando el dato total de accidentes de los 6 años para ajustar la variación estadística, el cual se calcula a partir de la siguiente formula.

$$IS = \frac{(I(\text{No.de accidentes con victimas})+M(\text{No.de accidentes mortales}))}{C(\text{Total de accidentes})}$$

Estimación de la densidad del kernel: está basada en el método de estimación de kernel, descrita por Silverman (1986). Es capaz de identificar de forma visual y más rápida los puntos calientes (Hots spots) de concentración de un cierto número de datos localizados en un espacio determinado y por lo tanto proporciona resultados estadísticos y estéticos satisfactorios. Puede hacer frente a la estimación global de la distribución basada en una muestra de datos finitos (Hashimoto, 2016). Las ventajas de esta representación aplicada a accidentes viales son la proporción resultante de un modelo continuo más realista de los patrones de punto de ubicación de accidentes viales, reflejando los cambios de la densidad que a menudo son difíciles de representar en el uso de modelos de fronteras geográficamente limitados (discretos), tales como la red de transporte o de colonias. Este método calcula la densidad de distribución de accidentes en el municipio con base a sus características de ubicación, mediante la generación de un núcleo que se define en torno a los puntos de ubicación (intersección), el número de puntos que cae dentro de tal núcleo se divide por el área del núcleo, los parámetros utilizados para este estudio se basan en la siguiente ecuación (Kilamanua, 2011; 684).

$$f_h^0(x) = \frac{1}{nh} \sum_{i=1}^n k\left(\frac{x-x_i}{h}\right)$$

Siendo: K = función de kernel $K(y) = (3\pi)^{-1}(1 - y^2)^2$, h = ancho de celda, x = localización del centro de la celda, x_i = posición del i-th punto (accidente de tránsito), n = número del total de accidentes.

El punto de partida fue realizar varios mapas que muestran la ubicación geográfica de accidentes viales para cada uno de los años en estudio, procedimiento que se realizó mediante el software ArcGIS 10.2.2. Esto con el propósito de identificar los patrones de distribución del fenómeno en el municipio de Toluca.

Identificación de Intersecciones más accidentadas: se localizaron los puntos de accidentes de tránsito por cada intersección sobre la red vial, se generaron los puntos de intersecciones. Posteriormente se realizó el área de influencia o buffer de 50 metros para cada intersección (distancia asignada con base al ancho máximo de calle), y se colocó un identificador, para que, a través de asignación espacial, se agregará el identificador del buffer a cada punto de accidente en cada intersección y posteriormente realizar una sumatoria de puntos de accidentes con el mismo id y realizar la unión de la tabla resultante de la sumatoria con el shape de intersecciones. Todo ello con la finalidad de identificar las intersecciones con mayor número de accidentes. Así mismo se representa la densidad de servicios y comercios en la zona.

4. Descripción y análisis de resultados

Los resultados del *Índice de accidentalidad* muestran que en el municipio se registraron 240 accidentes por cada 100 mil habitantes.

$$IA = \frac{1787 \times 100,000}{747512} = 240$$

$$IS = \frac{2418 + 204}{10718} = 0.2447$$

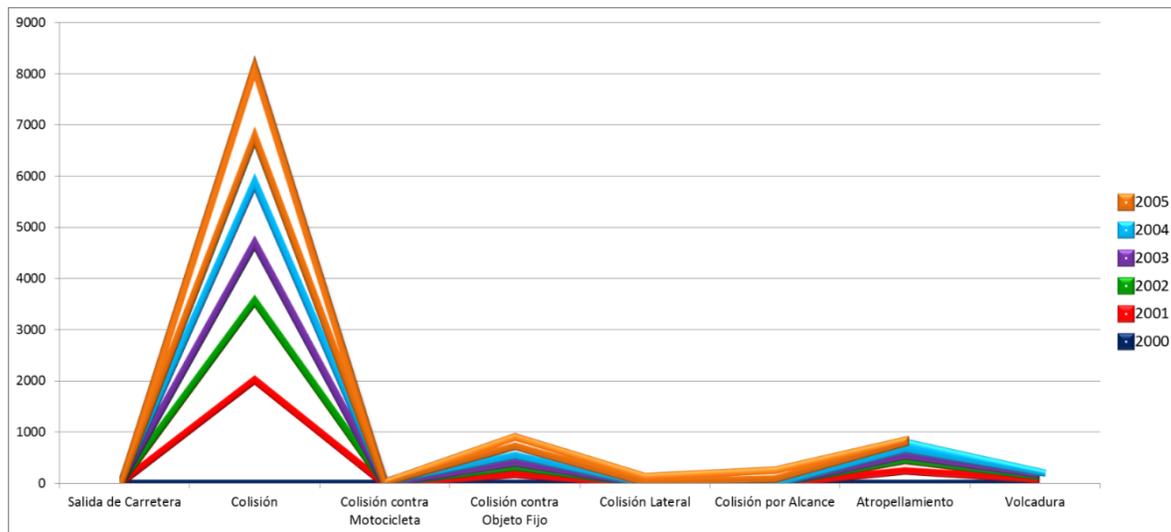
Mientras que el índice de severidad muestra que prácticamente una cuarta parte de los accidentes ocurridos fue fatal **0.2447**, estas cifras aparentemente son bajas, sin embargo, al considerar que se trata de pérdidas humanas no se puede mostrar indiferencia ante los datos, al contrario, son significativos y de gran importancia para las autoridades correspondientes y se pueda trabajar sobre la gestión de medidas que aminoren el problema.

Usualmente, los sitios que igualan el criterio de frecuencia se seleccionan primero y entonces se ordenan usando el criterio de la tasa (Timaná, 2005:5). En este caso se representan los datos por el total de accidentes ocurridos por hora, fecha y tipo de accidente mediante gráficas para facilitar la comprensión de los datos. En los siguientes apartados se realiza el análisis de acuerdo con la tipología, hora de ocurrencia, día de la semana y mes, a fin de caracterizar con mayor precisión los riesgos a los que está expuesta la población.

4.1 Accidentes por tipo

La incidencia de accidentes por tipo, en el periodo se muestra en la gráfica 1, donde se observa el predominio de tipo "Colisión" (vehículo que colisiona con otro) representa el 75.7 % de 10 mil 719 casos registrados; en segundo lugar se encuentra el tipo "Colisión contra objeto fijo" (un vehículo colisiona contra un objeto: árbol, poste, barda o una construcción); en tercer lugar se registraron los "Atropellamientos" (un vehículo en marcha le ocasiona daño a un peatón), representan el 8.5 % y 7.8 % respectivamente. En este último tipo de accidentes es donde se producen el mayor número de muertes (OMS 2015). Como se aprecia en la gráfica 1, los accidentes ubicados en el segundo y tercer lugar en cuanto a incidencia representan un porcentaje considerablemente menor al primero, pero todos se relacionan con el exceso de velocidad de conductores y la forma de traslado peatonal al cruce de vialidades regionales y secundarias. El resto de los AT registran porcentajes menores que van de 2.4 % hasta 0.3 %. (Colisión por alcance, volcadura, salida de carretera, colisión lateral y colisión contra motocicleta). La importancia de identificar los accidentes por tipo recae en considerar también los altos costos económicos y humanos que estos traen consigo. Finalmente, otro caso a destacar en la gráfica 1, es la tendencia al alza de la ocurrencia de todos los tipos de accidentes, situación probablemente atribuible a dos aspectos: al incremento real de los accidentes o bien la forma en que se ha captado la información por parte de la instancia oficial.

Hinojosa Reyes, R., Varela Sánchez G., Campos Alanís, J. (2019): "Población en riesgo: Análisis espacio – temporal de accidentes viales mediante el uso de herramientas SIG en el municipio de Toluca, Estado de México, 2000 - 2005", *GeoFocus (Artículos)*, n° 23, p. 49-47. ISSN: 1578-5157 <http://dx.doi.org/10.21138/GF.584>



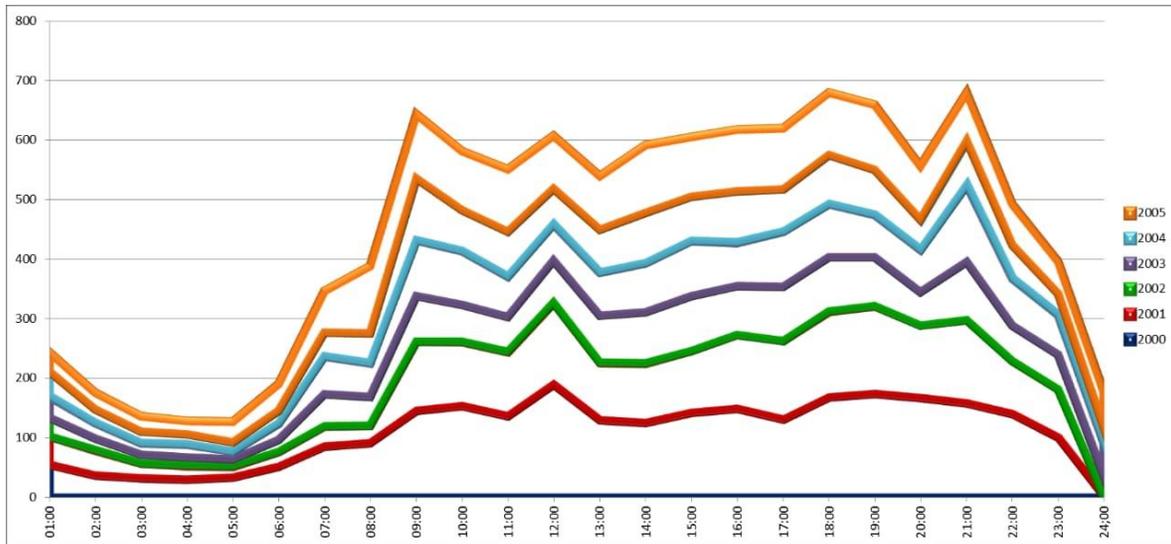
Gráfica 1. Incidencia de Accidentes viales por Tipo 2000 – 2005.

Fuente: elaboración propia con base en datos de la Dirección de Seguridad Vial y Tránsito de Toluca, 2000-2005.

4.2 Incidencia de accidentes por hora del día

En la incidencia de AT por hora del día, se identifica una ventana de ocurrencia de 16 horas que inicia a las 7:00 y termina a las 23:00 horas, donde ocurre el 89 % del total de AT. La ocurrencia se mantiene prácticamente constante desde las 9:00 a las 21:00, aunque las horas con mayor registro son las 9:00, 12:00, 18:00 y 21:00 horas, correspondiente a las horas pico del municipio. Este comportamiento es acorde con los horarios de mayor desplazamiento peatonal y de vehículos, atribuible a los horarios de entrada y salida de clases, jornada laboral y horarios de comida, y se mantiene constante en todo el periodo de estudio (ver gráfica 2). Existe un horario atípico que es el de las 24:00 a las 2:00 donde se refleja un pequeño repunte el 5.6 % del total, accidentes probablemente asociados con la visibilidad, cansancio y exceso de velocidad por la disminución natural del tráfico. Y finalmente de las 3:00 a las 6:00, el comportamiento es relativamente constante con porcentajes de incidencia inferiores al 5.0 %. En general, este comportamiento es preocupante pues el espacio de tiempo en que la población se encuentra en riesgo es bastante amplio y las incidencias se mantienen constantes, prácticamente a cualquier hora del día y la noche.

Hinojosa Reyes, R., Varela Sánchez G., Campos Alanís, J. (2019): "Población en riesgo: Análisis espacio – temporal de accidentes viales mediante el uso de herramientas SIG en el municipio de Toluca, Estado de México, 2000 - 2005", *GeoFocus (Artículos)*, n° 23, p. 49-47. ISSN: 1578-5157 <http://dx.doi.org/10.21138/GF.584>



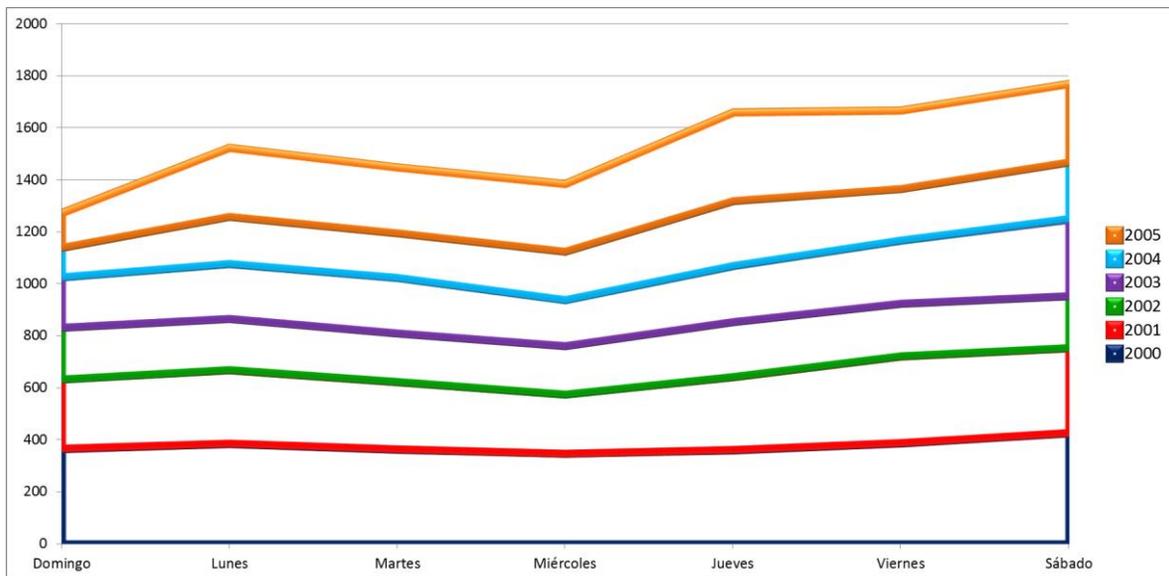
Gráfica 2.- Incidencia de Accidentes viales por Hora del día 2000 – 2005.

Fuente: elaboración propia con base en datos de la Dirección de Seguridad Vial y Tránsito de Toluca, 2000-2005.

4.3 Incidencia de accidentes por día de la semana

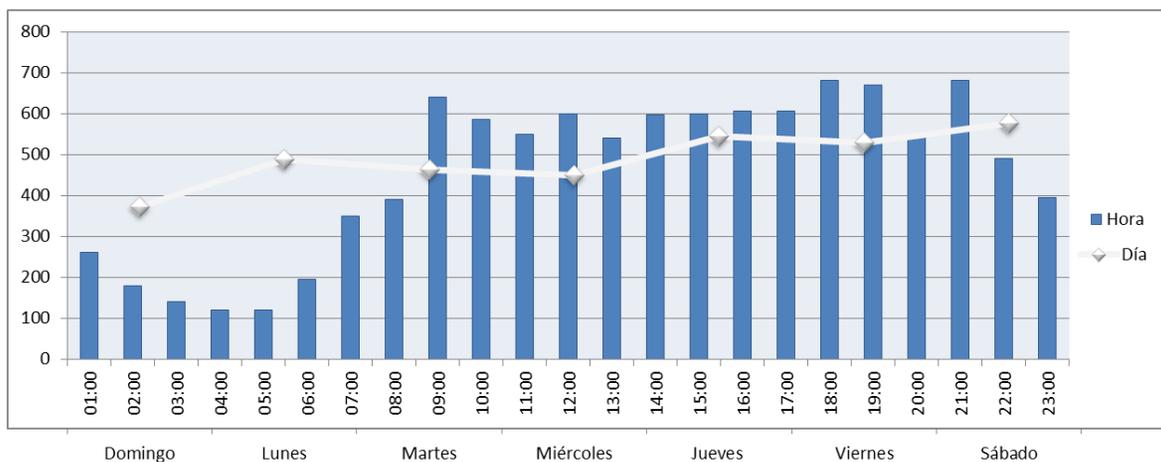
El análisis por días de la semana arroja que los días que comprenden el fin de semana (jueves, viernes y sábado) son los de mayor riesgo, con una ocurrencia acumulada de 47.5 % del total semanal. Estos días son considerados de descanso y de fiesta, en ellos, la asistencia a eventos sociales y recreativos, implica generalmente la ingesta de bebidas alcohólicas y conducir en horas de la noche, la mayoría de las veces a alta velocidad, lo que influye de manera directa en el incremento de siniestros viales. Resalta el hecho de que el domingo registra el menor porcentaje con casi el 12 %, a partir del cual se observa nuevamente un ascenso para el lunes que representa el 14.2 % y para el martes, y miércoles el 13.5 % y 12.9 % respectivamente. Las causas probables del repunte del día lunes es que la mayoría de las personas se reincorporan a sus actividades rutinarias laborales y de escuela, van con prisa, los retardos en las salidas, el regreso de personas que residen fuera de la ciudad, por citar las más importantes. En realidad, la diferencia entre un día y otro no es amplia y se distribuyen casi de manera uniforme a lo largo de la semana, lo que pone en alerta (al igual que en el caso de la hora) pues el riesgo de accidentarse en lunes es prácticamente el mismo que en viernes.

Hinojosa Reyes, R., Varela Sánchez G., Campos Alanís, J. (2019): "Población en riesgo: Análisis espacio – temporal de accidentes viales mediante el uso de herramientas SIG en el municipio de Toluca, Estado de México, 2000 - 2005", *GeoFocus (Artículos)*, n° 23, p. 49-47. ISSN: 1578-5157 <http://dx.doi.org/10.21138/GF.584>



Gráfica 3.- Incidencia de Accidentes viales por día de la Semana 2000 – 2005.
Fuente: elaboración propia con base en datos de la Dirección de Seguridad Vial y Tránsito de Toluca, 2000-2005.

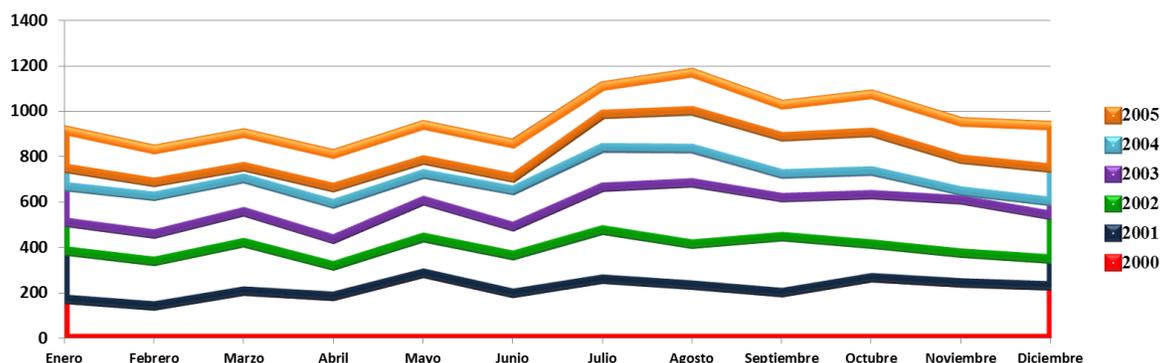
Al integrar las gráficas anteriores se identifica la incidencia de AT por hora del día, comprende de 9:00 a 22:00 horas y en los lunes, jueves, viernes y sábado principalmente (ver gráfica 4).



Gráfica 4.- Incidencia de Accidentes viales por hora y día de la Semana 2000 – 2005.
Fuente: elaboración propia con base en datos de la Dirección de Seguridad Vial y Tránsito de Toluca, 2000-2005.

4.4 Incidencia de accidentes por mes

Los meses con mayor número de registros de accidentes son julio, agosto, septiembre y octubre que en conjunto representan el 38 % del total de registros, se relaciona directamente a que son los meses de verano en dónde la temporada de lluvias en México es muy marcada, situación que influye claramente en la forma de conducir y de desplazamiento peatonal. Noviembre y diciembre muestran un comportamiento también diferencial con el 8.3 y 8.1 % respectivamente, atribuible a las festividades típicas de la temporada que a su vez implican un mayor consumo de bebidas alcohólicas e incremento de desplazamientos por compras y en consecuencia un incremento en la incidencia. El resto de los meses registran datos inferiores a estos, que oscilan de entre 7 y 7.9 %, mostrando un comportamiento muy irregular de un mes a otro (ver gráfica 5).



Gráfica 5.- Incidencia de Accidentes viales por mes 2000 – 2005.

Fuente: elaboración propia con base en datos de la Dirección de Seguridad Vial y Tránsito de Toluca, 2000-2005.

4.5 Densidad de Kernel por año

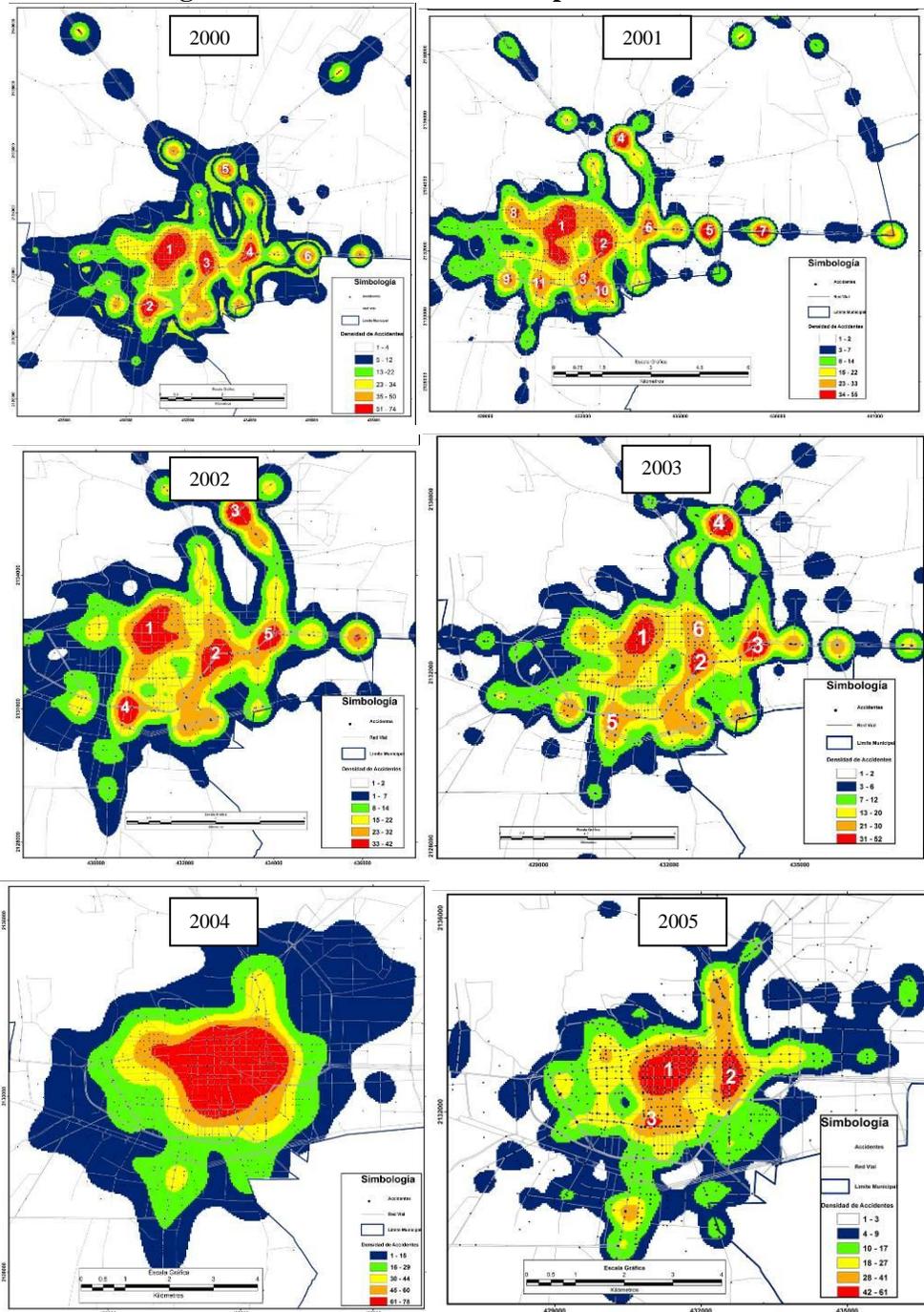
El mapa de densidad de kernel representa de manera visual los puntos calientes (hotspots) de concentración de AT para el periodo de tiempo establecido 2000-2005, este modelo indica que el área marcada de color rojo es la que representa una mayor concentración de accidentes y por ende las zonas de mayor riesgo.

Este comportamiento devela espacios caracterizados por una alta concentración de actividades comerciales y de servicios, que generan fuertes desplazamientos de personas y mercancías, además de localizarse sobre vialidades de primer orden dentro del sistema de transporte de Toluca (ver figura 2). Existen obviamente mayores concentraciones de usuarios, se observa un claro patrón que corre de sur a norte por avenidas principales, sin dejar de lado la zona más caliente o peligrosa que es el centro de la ciudad. El cual está ampliamente asociado con actividades comerciales y de servicios.

La incidencia de AT durante el periodo de estudio es consistente. Si bien, en los años 2001 y 2003, pareciera que el fenómeno se propaga, en otros años se contrae, como fue el 2004 y 2005. Marcando zonas continuas, lo que indica que el fenómeno ha mantenido su patrón de distribución y concentración en el tiempo y el espacio.

Hinojosa Reyes, R., Varela Sánchez G., Campos Alanís, J. (2019): "Población en riesgo: Análisis espacio-temporal de accidentes viales mediante el uso de herramientas SIG en el municipio de Toluca, Estado de México, 2000 - 2005", *GeoFocus (Artículos)*, n° 23, p. 49-47. ISSN: 1578-5157 <http://dx.doi.org/10.21138/GF.584>

Figura 2. Densidad de accidentes periodo 2000-2005.



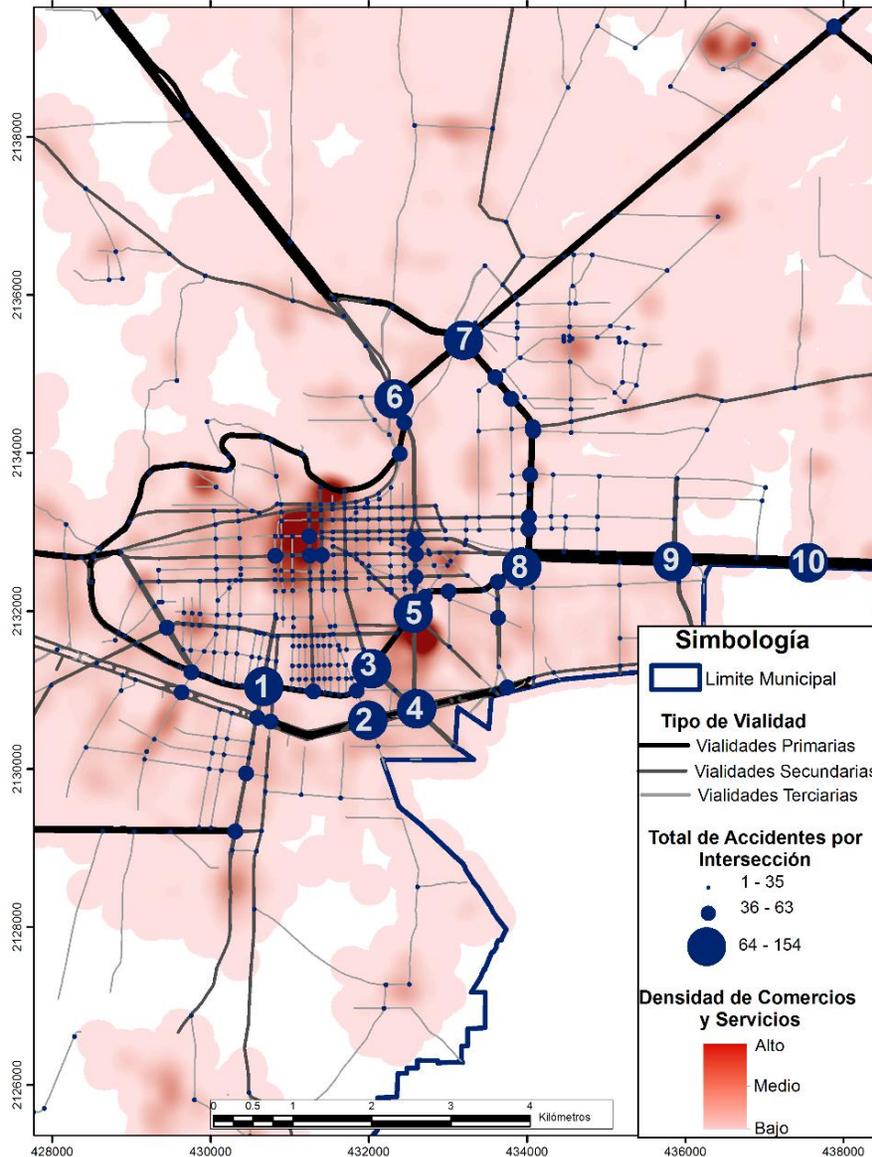
Fuente: elaboración propia con base en datos de la Dirección de Seguridad Vial y Tránsito de Toluca, 2000-2005.

Hinojosa Reyes, R., Varela Sánchez G., Campos Alanís, J. (2019): "Población en riesgo: Análisis espacio – temporal de accidentes viales mediante el uso de herramientas SIG en el municipio de Toluca, Estado de México, 2000 - 2005", *GeoFocus (Artículos)*, n° 23, p. 49-47. ISSN: 1578-5157 <http://dx.doi.org/10.21138/GF.584>

4.6 Análisis de Accidentes a Nivel Intersección años 2000 – 2005.

De la identificación de intersecciones más accidentadas se detectaron 10 intersecciones como las de mayor incidencia. El valor más alto oscila entre los 64 a 154 registros, considerando el total de accidentes registrado en el periodo (ver figura 3).

Figura 3. Total de accidentes a nivel intersección.



Fuente: elaboración propia con base en datos de la Dirección de Seguridad Vial y Tránsito de Toluca, 2000-2005.

Se corrobora lo expuesto en el apartado anterior, pues sin excepción alguna las diez intersecciones se localizan en tres de las principales arterias de la ciudad, clasificadas de primer orden, y que soportan gran parte del tráfico diario de la zona. Son las entradas y/o salidas de la ciudad (norte, sur, oriente y poniente). Al identificarse las intersecciones más accidentadas en vialidades primarias adquieren la denominación de intersecciones troncales pues converge tanto el tránsito de diferentes municipios como el local. Aunado a la jerarquía vial donde se localizan las intersecciones con mayor accidentalidad, estas zonas se caracterizan por su desarrollo de equipamiento, infraestructura y concentración de actividades económicas. Es factor común entre estas intersecciones la localización de hospitales regionales; bancos y cajeros automáticos; zonas educativas desde nivel básico hasta superior; tiendas de autoservicio y centros comerciales; zonas de comida formal e informal; además de ser acceso a importantes zonas residenciales y/o acceso para municipios conurbados que integran la zona metropolitana de la ciudad. En conjunto estos elementos contribuyen directamente a que se genere un amplio flujo vehicular y se convierten en polos atractores de flujos peatonales.

5. Discusión y valoración de hallazgos

Si bien los accidentes de tránsito comúnmente tienen múltiples causas, su incidencia y patrón de distribución no se definen de manera aleatoria. El análisis espacial permite comprobar que los accidentes son un fenómeno recurrente en el tiempo y el espacio. De acuerdo a los registros de incidencia y patrón de distribución analizados, se observa una correlación espacio-temporal, pues las zonas identificadas como puntos calientes (*hot spot*) en un año son consistentes en los siguientes años del periodo de estudio. Es evidente que el fenómeno se mantiene y se propaga, aunque no sea en la misma intensidad.

Dentro de los hallazgos más significativos se identifica que la metodología aplicada es pertinente y consistente con los trabajos de: Erdogan *et al.* 2008:174; Prasannakumar *et al.*, 2011; Hernández, 2012; Yu *et al.*, 2014; Algora *et al.* 2016; Hashimoto *et al.*, 2016. Pues la manifestación de que el análisis de los accidentes de tránsito no puede concebirse sin la construcción de una base de datos geográfica donde se plasme espacialmente la localización del AT y se contextualice el entorno del lugar donde suceden, no se puede evadir. Pues a través del uso de la herramienta SIG, se permite la identificación de puntos y zonas específicas de alta accidentalidad de forma objetiva y sencilla. A través de la localización, análisis de intersecciones, análisis de clúster y análisis de densidad, pudimos identificar patrones de incidencias y con ello ampliar la visión del fenómeno e identificar variables del entorno asociadas al evento, para así implementar medidas y políticas eficaces en la disminución de los siniestros.

Se identificaron zonas donde sucede la mayor cantidad de AT, que cuentan con características específicas relacionadas con las actividades económicas de comercio y servicios, lo que es consistente con los hallazgos de: Noland and Quddus, 2004; Kim *et al.*, 2006; Quddus, 2008; Fuentes y Hernández, 2009; Prasannakumar *et al.*, 2011; Pulugurta *et al.*, 2012; Hinojosa *et al.*, 2015 y Hashimoto *et al.*, 2016. Las zonas donde se realizan actividades comerciales y de servicios, se vuelven polo de atracción para grandes volúmenes de población, por lo que la movilidad hacia dichos puntos se incrementa ya sea a través de autos particulares, transporte público o peatones, y en consecuencia genera conflictos fuertes relacionados con el tráfico, como se ha mostrado en los resultados.

Hinojosa Reyes, R., Varela Sánchez G., Campos Alanís, J. (2019): "Población en riesgo: Análisis espacio – temporal de accidentes viales mediante el uso de herramientas SIG en el municipio de Toluca, Estado de México, 2000 - 2005", *GeoFocus (Artículos)*, n° 23, p. 49-47. ISSN: 1578-5157 <http://dx.doi.org/10.21138/GF.584>

Se evidencia que los lugares específicos de incidencias también están relacionados con las vialidades de primer orden de la ciudad, en las que se identifican puntos de acceso importante a zonas residenciales o entradas y salidas de la ciudad, directamente implicadas con flujos vehiculares altos, lo que es consistente con estudios anteriores (Quddus, 2008; Hinojosa *et al.*, 2015). Quienes mencionan que la cantidad de flujo vehicular se asocia con mayor número de AT.

Un hallazgo importante es el análisis de hora del día, el día de la semana y los meses más accidentados. Se devela la complejidad del problema, pues el rango tan amplio de, 12 horas, en el que puede ocurrir un accidente está por encima de horas pico y refleja que prácticamente a cualquier hora del día y parte de la noche puede suceder, desechando la creencia de que en horas pico es cuando la población tiene un mayor riesgo. Los días más riesgosos, son de jueves a sábado, asociados a una mayor movilidad de tipo social, (fin de semana) en la que puede atribuirse a tardes-noches de ocio y recreación. El leve repunte en lunes, es perfectamente atribuible a la premura por acudir a tiempo a las escuelas y trabajo. También resaltan los meses de julio, agosto, septiembre y octubre, en donde queda de manifiesto que las inclemencias climáticas son un factor a considerar, pues son los meses más lluviosos en la zona.

6. Conclusiones

Para poder prevenir se requiere conocer, no sólo la situación referente al vehículo, al conductor y a la vialidad, sino también las características y particularidades del entorno espacial, temporal y socioeconómico donde ocurren los accidentes. Lo cual es perfectamente identificable a través del uso de las técnicas de análisis espacial y la herramienta SIG. Si bien es cierto, el análisis y uso de herramientas SIG, no es nuevo, sigue siendo pertinente y vigente, máxime cuando se trata de ciudades de países en desarrollo, pues el aporte que se logra es sustancial en la identificación de puntos y zonas específicas de riesgo.

La identificación contundente de zonas e intersecciones más riesgosas de la ciudad ofrece una base sólida que sirve de referencia a tomadores de decisiones dentro del sistema de Transporte para tomar medidas y mitigar el problema, a través de la generación de políticas públicas diferenciadas vinculadas con los flujos de tráfico en vialidades de primer y segundo orden, la ordenación del transporte, la zonificación del territorio (actividades económicas terciarias, desconcentración de las zonas de empleo y accesos principales a zonas residenciales).

Un hallazgo concluyente y de relevancia mayor es que la ventana de tiempo en la que puede ocurrir un accidente en la ciudad de Toluca es bastante amplia, en la que casi a cualquier hora el riesgo es latente, de acuerdo con el análisis realizado. Finalmente, hubiera sido deseable realizar el análisis a nivel metrópoli para analizar las posibles diferencias entre los municipios que la conforman, sin embargo, existe la franca limitante de la disponibilidad de información por parte de las autoridades locales que no proporcionaron la información (por falta de capacidad técnica o bien por confidencialidad) que pudo aportar mayor evidencia al tema de los accidentes.

Referencias bibliográficas

Aguero-Valverde J. y Jovanis P.P., (2006) Spatial analysis of fatal and injury crashes in Pennsylvania. *Revista ELSEVIER. United States, Accident Analysis and Prevention*, 38 (2006) 618–625.

Hinojosa Reyes, R., Varela Sánchez G., Campos Alanís, J. (2019): "Población en riesgo: Análisis espacio – temporal de accidentes viales mediante el uso de herramientas SIG en el municipio de Toluca, Estado de México, 2000 - 2005", *GeoFocus (Artículos)*, n° 23, p. 49-47. ISSN: 1578-5157 <http://dx.doi.org/10.21138/GF.584>

Algora Buenafé AF, Tapia Claudio OM, Gómez García AR. Análisis espacial de los accidentes de tránsito en los Cantones de la Provincia de Pichincha, 2016. *CienciAmérica* 6; 24-30.

Álvarez G. F. J., (2004) "Cuaderno didáctico sobre Educación Vial y Salud". Ministerio de Educación y Ciencia. Edita: CIDE (Ministerio de Educación y Ciencia). Madrid. España. 246 p. Disponible en: <https://www.msssi.gob.es/ciudadanos/accidentes/docs/medioEscolar.pdf>

Banco Interamericano de desarrollo (BID) (2018), Seguridad Vial en América Latina y el Caribe Accidente vs Siniestro.

Betanzo Q. E.; Zavala P. R., (2008). "El mantenimiento de pavimentos en vialidades urbanas: El caso de la Zona Metropolitana de Querétaro (México)". *Ingeniería*, mayo-agosto; 12(4): 67-75p.

Buzai G. D. (2010). "Análisis Espacial con Sistemas de Información Geográfica: sus cinco conceptos fundamentales". Buzai, G.D. (Ed.) *Geografía y Sistemas de Información Geográfica. Aspectos conceptuales y aplicaciones*. Universidad Nacional de Luján – GESIG. Luján. pp. 163-195.

Consejo Nacional para la Prevención de Accidentes (CONAPRA) (2012). Consejo Nacional para la Prevención de Accidentes. Disponible en <http://conapra.salud.gob.mx/>

Camacho M. (2010), "Caracterización espacio-temporal y determinación de los patrones territoriales de alta concentración de la accidentalidad en la vía Tunja-Moniquirá", *Perspectiva Geográfica*. 2010; 15: 225-238. Sitio web: <file:///C:/Users/HP/Downloads/Dialnet>

Comisión Europea (2010), Comunicación de la comisión al parlamento europeo, al consejo, al comité económico y social europeo y al comité de las regiones. Hacia un espacio europeo de seguridad vial: orientaciones políticas sobre seguridad vial 2011-2020. Bruselas, 20.7.2010.

Dextre Q. J.C. (2010), Seguridad Vial: la necesidad de un nuevo marco teórico. Departamento de Geografía, Universidad Autónoma de Barcelona, Bellaterra, julio de 2010.

Dirección de Seguridad Vial y Tránsito del municipio de Toluca (DSVTT), 2000-2005, archivo en formato Excel.

Erdogan S., Yilmaz I., Baybura T., Gullu M., Geographical information system aided traffic accident analysis system case study: city of Afyonkarahisar. *Accident Analysis & prevention*, 2008. *Eñl sevier*. Vol. 40, pp 174-181.

Fuentes F. C. M. y Hernández H. V. (2009) La estructura espacial urbana y la incidencia de accidentes de tránsito en Tijuana, Baja California (2003-2004). *Revista REDALYC Frontera Norte* 2009, vol. 21 (2009) 109-138.

García A. (2008) Investigación y reconstrucción de los siniestros en el tránsito (con Dextre J. C., Pirota M., Tabasso C. y Bermúdez, J.). En *vías Humanas. Un enfoque multidisciplinario y humano de la seguridad vial*. Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima.

García G. J., Arriaga L. M. A., (2011). "Determinación de Esquemas Eficientes de Programación de Acciones de Mantenimiento de una Red Vial." En INEGI. Sitio web:

http://www.inegi.org.mx/eventos/2011/Conf_Ibero/doc/ET3_42_GARC%C3%8DA.PDF

Hashimoto Seiji, Yoshiki Syuji, Saeki Ryoko, Mimura Yasuhiro, Ando Ryosuke, Nanba Shutaro (2016) Development and application of traffic accident density estimation models using kernel

Hinojosa Reyes, R., Varela Sánchez G., Campos Alanís, J. (2019): "Población en riesgo: Análisis espacio – temporal de accidentes viales mediante el uso de herramientas SIG en el municipio de Toluca, Estado de México, 2000 - 2005", *GeoFocus (Artículos)*, n° 23, p. 49-47. ISSN: 1578-5157 <http://dx.doi.org/10.21138/GF.584>

density estimation. *Journal of traffic and transportation engineering (English edition)* 2016; 3 (3): 262-270.

Hernández H. V., (2012). Análisis exploratório espacial de los accidentes de tránsito em Ciudad Juárez, México. *Revista panamericana de salud SCIELO Public Health*.

Hinojosa R.R., Garrocho R. C., Campos A. J., Campero C. A., (2015). Pronóstico de accidentes de accidentes viales en el espacio intrametropolitano de Toluca: un enfoque Bayesiano. *Revista transportes v. 23, n. 2 (2015)*, p. 43-55.

Instituto Mexicano del Transporte (IMT) (2001) "Un Análisis de la relación del Factor Humano en la ocurrencia de accidentes viales" Notas núm. 59, artículo 1. Publicación trimestral de divulgación externa.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, (INEGI) (2010). Marco Geoestadístico Nacional. Sitio web:

<http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/geoestadistica/default.aspx>

Instituto Nacional de Geografía y Estadística (INEGI), Glosario de términos, <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/espanol/rutinas/glogen/default.aspx?t=reacc&s=est&c=10993>. Consultado en julio de 2013.

Instituto Nacional de Geografía y Estadística (INEGI). (2018), Estadísticas de accidentes de tránsito terrestre en zonas urbanas y suburbanas.

Kilamanua W., Xiaa J., and Caulfieldb C., (2011), Analysis of Spatial and Temporal Distribución of Single and Multiple Vehicle Crash in Western Australia: A Comparison study, department of spatial sciences, Curtin University, Australian.

Kim K., Brunner, I.M.; Yamashita, E.Y., (2006) "The influence of land use, population, employment and economic activity on Accidents". *Revista TRB transport research board, of the national academies, Safety and Human performance*, volumen 1953/2006, 56–64, TRB, National Research Council, Washington DC.

Noland R. B., Quddus, M. A., (2004), Congestion and safety: A spatial analysis of London. Centre for Transport Studies, Department of Civil and Environmental Engineering, Imperial College London.

OCDE/FIT (2008), Objetivo cero: objetivos ambiciosos para la seguridad vial y el enfoque sobre un sistema seguro.

Olaya V. (2014), "Sistemas de Información Geográfica", España.

Organización Mundial de la Salud (OMS) (2004). Informe sobre la situación mundial de seguridad vial. Ginebra. 227 p.

Organización Mundial de la Salud (OMS) (2009), Informe sobre la situación Mundial de la seguridad Vial.

Organización Mundial de la Salud (OMS) (2013). Análisis Epidemiológico de lesiones causadas por Accidentes de Tránsito. Perú. 170 p.

Hinojosa Reyes, R., Varela Sánchez G., Campos Alanís, J. (2019): "Población en riesgo: Análisis espacio – temporal de accidentes viales mediante el uso de herramientas SIG en el municipio de Toluca, Estado de México, 2000 - 2005", *GeoFocus (Artículos)*, n° 23, p. 49-47. ISSN: 1578-5157 <http://dx.doi.org/10.21138/GF.584>

Organización Mundial de la Salud (OMS) (2015), Informe sobre la situación mundial de la salud. Resumen.

Timaná J. (2005). *Técnica de análisis de accidentes de tránsito: Seguridad Vial* Universidad de Piura. Campus Lima.

Instituto de Geografía Universidad Nacional Autónoma de México (IG-UNAM) (2006), *Atlas de Seguridad Vial de México*, México.

Pérez N. R., Hajar M., Celis A., (2014). El estado de las lesiones causadas por el tránsito en México: evidencias para fortalecer la estrategia mexicana de seguridad vial. *Cadernos de Saúde. SCIELO Public Health*.

Pulugurta s. S., Duddu, v. R., Kotagiri, Y., (2012) Traffic analysis zone level crash estimation models based on land use characteristics. *Revista EL SERVIER. United States, Accident Analysis and Prevention*, pag 10.

Prasannakumar V., Vijith H., Charutha R., Geetha N., (2011) Spatio-Temporal Clustering of Road Accidents: GIS Based Analysis and Assessment. *Procedia Social and Behavioral Sciences* 21(2011) 317-325.

Quddus M. A., (2008) Modelling area-wide count outcomes with spatial correlation and heterogeneity: An analysis of London crash data. *Revista EL SERVIER. United Kingdom, Accident Analysis and Prevention* 40 (2008) 1486–1497.

Silverman B. W., (1986), *Density estimation for statistics and data analysis*, Chapman and Hall, London 1986.

Treviño S. (2017), Consejos para prevenir accidentes viales. *Gaceta INSP [Internet]*. 2017 [Consultado 13 jun 2018]. Disponible en: <http://gaceta.insp.mx/?vol=1>

Velásquez V., y Mendoza A. (2001) "Sistema de Información Geográfica para el manejo de Información de Accidentes en Carreteras Federales", en *Instituto Mexicano del Transporte Secretaría de Comunicaciones y Transportes*. Publicación Técnica No. 161 San Fandila, Qro.

Yu H., Liu P., Chen J., *et al.*, (2014) Comparative analysis of the spatial analysis methods for hotspot identification. *Accident Analysis & Prevention* 66 (1) 80-88.

Zegeer C.V. and Deen, R. C. (1977). "Traffic conflicts as a diagnostic tool in highway safety". Research Report 482, Department of transportation, Kentucky.

