

Estimación de zonas de San José de Costa Rica con mayor densidad de accidentes de tránsito

Esteban Vargas Paniagua¹ y Miguel Coto García¹

¹Estudiante de Maestría Profesional en Estadística, Universidad de Costa Rica, San Pedro, Costa Rica

RESUMEN

Se tomaron registro de accidentes de tránsito con víctimas graves o fallecidas en Costa Rica proporcionados por el Consejo de seguridad Vial COSEVI, con el objetivo de detectar las zonas de mayor densidad en el cantón de San José para el periodo 2013 a 2017. Utilizando el método del vecino más cercano y la densidad de kernel se obtuvieron los distritos de la provincia de San José con mayor densidad de accidentes en el país. El cantón central de San José se posicionó como el más accidentado, mientras que los distritos de Merced, Hospital, Pavas y Catedral como las zonas con mayor ocurrencia de este tipo de eventos.

Palabras Clave

Estadística espacial, Vecino más cercano, densidad de kernel.

Cada año son más las muertes registradas en las calles. Si bien, los gobiernos han llevado a cabo medidas para reducir el riesgo de muerte, este es un fenómeno que siempre ha sido un problema debido a la gran cantidad de vehículos que circulan cada vez más. Para entrar más en detalle con el estudio del fenómeno, es necesario definir el objeto de estudio. La Organización Mundial de la Salud (OMS) definió el accidente como "todo aquel suceso fortuito del que resulta una lesión reconocible".

Tomando como referencia épocas anteriores, específicamente en los tiempos que precedían automóviles, las víctimas estaban relacionadas directamente por el tránsito de carruajes, animales y personas. Las cifras aumentaron exponencialmente hasta la aparición constante de automóviles, autobuses, camiones y otros vehículos de motor.

Los accidentes de tránsito son un gran problema de actualidad debido a su magnitud. Hay registros desde el año 1300, en la Ciudad del Vaticano, durante la celebración del año santo donde los peregrinos que acudían eran tantos que tuvieron lugar numerosos accidentes, por lo que se decidió tomar medidas como pintar calles, puentes y caminos con rayas blancas a fin de dividirlos en dos secciones. Asimismo, se hicieron saber a los peregrinos las reglas para facilitar el tránsito y brindar mayor seguridad. Desde ese entonces, este fenómeno ha calado como una gran problemática en nuestra sociedad.

En Costa Rica, una de las principales causas de muerte a nivel nacional son las causadas por accidentes de tránsito, para el año 2009 se registraron 662 muertes (COSEVI, 2010). A nivel mundial se registra que por año mueren aproximadamente 1 200 000 personas (OMS 2004), lo cual hace inevitable la preocupación de las autoridades correspondiente por el estudio de los accidentes de tránsito, con el fin de generar políticas de planificación que permitan disminuir las cifras y así asegurar una mejor calidad de vida a los ciudadanos.

Según Licón e Iturrioz (1986), los especialistas actuales sostienen que los accidentes no ocurren por casualidad, sino que siempre existe un motivo que los ocasiona y éste la mayoría de las veces no es única, es decir, consta de una integración de causas que actúan en un determinado momento en forma simultánea o escalonada. La mayor parte de los autores indican que la etiología de los accidentes de tránsito es multifactorial.

Estos factores mencionados pueden relacionarse con la fatiga. Esta es de suma importancia como causa de distracciones ocasionando en México durante 1982, el 25% de los accidentes debidos a este factor humano. El alcohol y las drogas es otro punto de peso en los accidentes de tránsito. En Gran Bretaña se encontró que el 73% de las personas que tenían disminuida su capacidad de conducir era a causa del alcohol y el 14% por otras drogas. Los trastornos psicológicos y las alteraciones emocionales son aspectos poco estudiados pero que influyen grandemente en la génesis de los accidentes de tránsito y en las enfermedades que minan la capacidad de respuesta o en la agudeza visual y auditiva (Licón e Iturrioz, 1986).

Tanto en Costa Rica como en otros países, esta problemática no es ajena a la problemática social. Por ejemplo, Castro (2011), tomó como base las características de las bases de datos generadas en el sitio de los accidentes en el cantón de Pococí entre el periodo del año 2005 al 2009, y realizó un análisis espacial de los diferentes tipos de accidentes y usuarios en sistema de carreteras del cantón. A partir de esto, se propuso un modelo de análisis espacial para la determinación de tramos de carreteras peligrosos, donde se detectó la posibilidad de que aumentara la ocurrencia de accidentes.

Según Castro, los principales hallazgos se relacionaron con la presencia de una diferencia importante en la distribución espacial de los accidentes de tránsito, desatancándose principalmente la diferencia entre las rutas nacionales y cantonales.

Destacaron las rutas nacionales número 32 y 247, las cuales presentan niveles de accidentabilidad considerables, que necesitan procesos de intervención orientados hacia la disminución de la cantidad de accidentes de tránsito. La ruta 32 se caracterizó por concentrar una cantidad de accidentes considerables que se caracterizaron principalmente por las colisiones entre vehículos.

En otro estudio realizado en España por Gómez-Barroso, et al se tomaron los accidentes de tránsito ocurridos en la España peninsular del 2008 al 2011 y a partir de ello se obtuvieron las áreas con mayor aglomeración de accidentes con víctimas mortales a menos de 24 horas.

Materiales y métodos

Análisis de vecino más cercano

El método de vecino más cercano permite solventar algunos de los problemas asociados al análisis de cuadrantes. Para ello, se basa en las distancias de cada punto a su vecino más cercano. Se comparan estas distancias con el valor que cabe esperar en una distribución aleatoria, donde puede deducirse el tipo de estructura en la distribución observada (Evans, 1954).

El valor que define el patrón de puntos a estudiar es el índice de vecino más cercano, que se calcula como la media de las distancias al punto más cercano. El índice de vecino más cercano tiene un valor de 1 en una distribución aleatoria, menor de 1 en una distribución agregada y mayor a la unidad en una regular.

En este estudio, el ancho de banda se estimó utilizando distintas técnicas: Diggle, PPL, Scott X y Scott Y. El método del vecino más cercano sirvió para obtener los gráficos de la función k y poder determinar la existencia de clústeres.

Análisis exploratorio espacial en espacio continuo

El presente estudio se remite al análisis de puntos georreferenciados. Se desea encontrar patrones espaciales de aglomeración de accidentes de tránsito, en un contexto de espacio continuo. En este contexto también existen técnicas espaciales *hot spot*, que permiten estimar patrones de agrupamiento. Métodos como el vecino más cercano (índice de vecino más cercano, NNI, por sus siglas en inglés) y densidad focal (*kernel density*) tienen diferentes usos y soluciones que pueden aplicarse en consecuencia para investigación espacial (Boix et al. 2011, 15). También destacan la función k de Ripley y el vecino más cercano, la cuales se detallan a continuación.

El cálculo del NNI permite determinar si un patrón observado de puntos se desvía de lo que sería su distribución aleatoria dentro del espacio de estudio (Meyer 2006, 121). Mide la distancia entre un punto de datos y el punto de datos más cercano. En consecuencia, este valor es comparado con el del valor esperado de la distancia, si la distribución fuera completamente al azar.

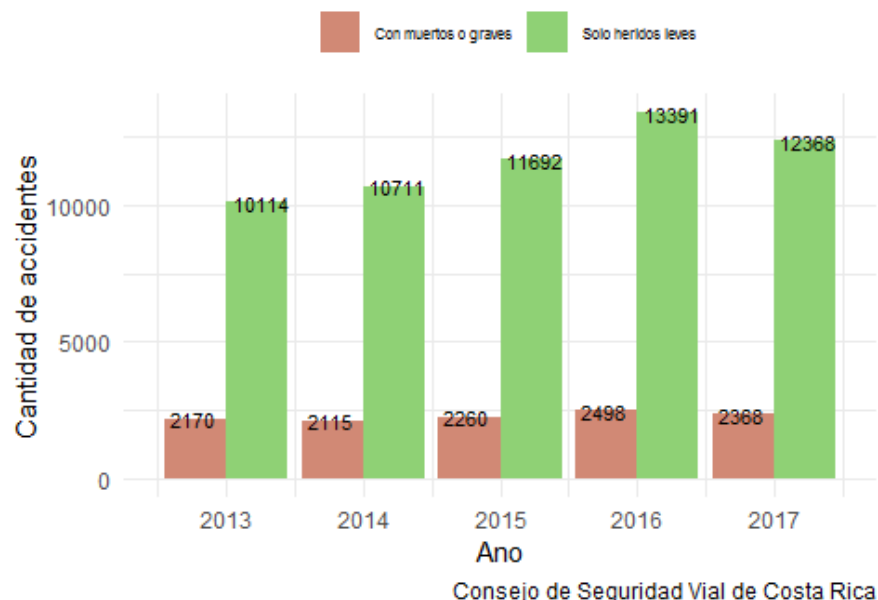
La distancia de vecino más cercano es entonces la relación de la distancia media de cada vecino a la distancia media aleatoria, donde da paso a una expresión igual a $\frac{1}{2\sqrt{p}}$, donde p es el número de puntos (observaciones) dividido por el área especificada. Si la distancia observada es igual a la de distribución aleatoria, el NNI devuelve un valor de 1.0, lo que significa un signo completo de aleatoriedad, mientras que un valor menor a la unidad (< 1) sugiere pruebas de agrupamiento (*clustering*) espacial. Los niveles de significancia se calculan a través de una prueba normal estándar teniendo en cuenta la distancia media más cercana del vecino, menos la distancia media aleatoria dividida por el error estándar (Ebdon 1987).

En virtud de lo anterior, se define el proceso a seguir. Se tomarán distritos pertenecientes únicamente al cantón de San José para realizar el análisis espacial, tomando como referencia el periodo 2013 al 2017 y únicamente los accidente leves o graves. Se pretende identificar aquellos distritos con mayor densidad de accidentes de tráfico leves o graves. En adición a lo anterior, el interés se centró en determinar si la distribución espacial muestra agrupaciones.

Resultados

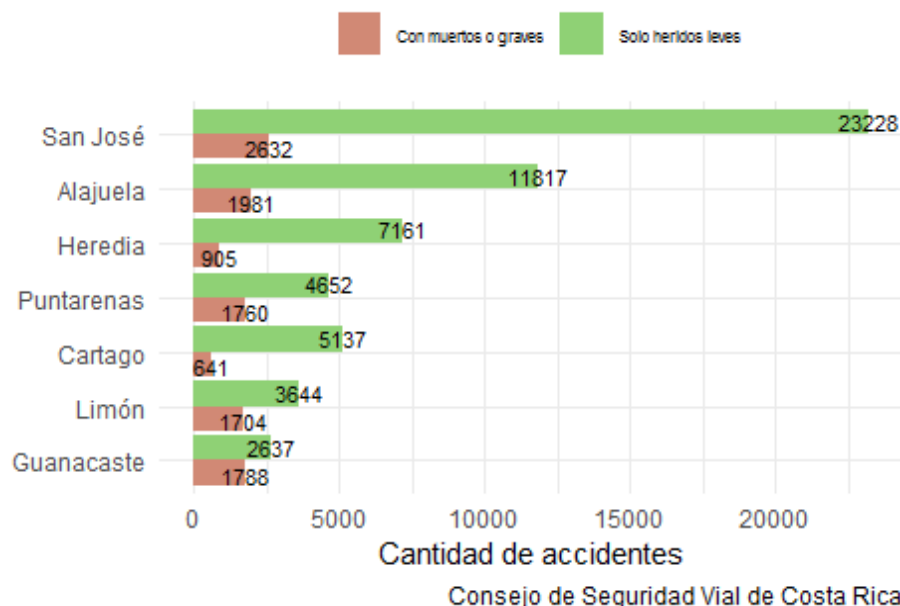
Para esta etapa, se obtuvieron de manera inicial, gráficos para observar medidas descriptivas de los accidentes. Para esto se tomaron los datos desde el 2013 al 2017 y se observó la distribución según tipos de accidentes, año, provincia y posteriormente cantón (solo aplicable a San José).

Gráfico 1. Distribución de los accidentes de tránsito por año y categoría



Según el gráfico anterior, se observa la distribución de accidentes graves y leves según año. Se observa que desde el 2013 hasta el 2016 hubo una tendencia al alta en el número de accidentes, tanto con heridos leves como con muertos o graves. Para el año 2017 disminuyeron. La caída en accidentes con muertos o graves fue mucho menor porque que podría decirse que permaneció casi igual entre 2016 y 2017.

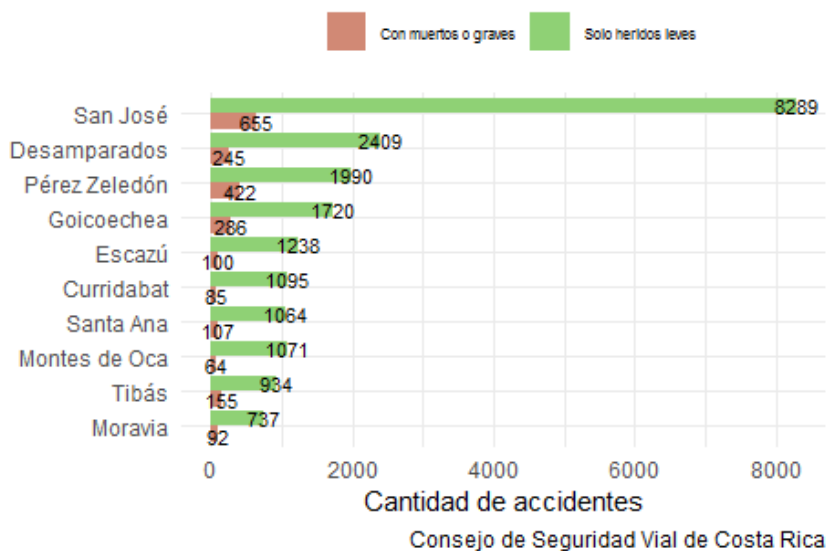
Gráfico 2. Distribución de los accidentes de tránsito en Costa Rica por provincia y categoría 2014-2017



Según el gráfico 2, es evidente que San José es la provincia en donde se producen la mayor cantidad de accidentes de ambas categorías: leves y graves o con muertos. Alajuela ocupa el segundo lugar en ambas

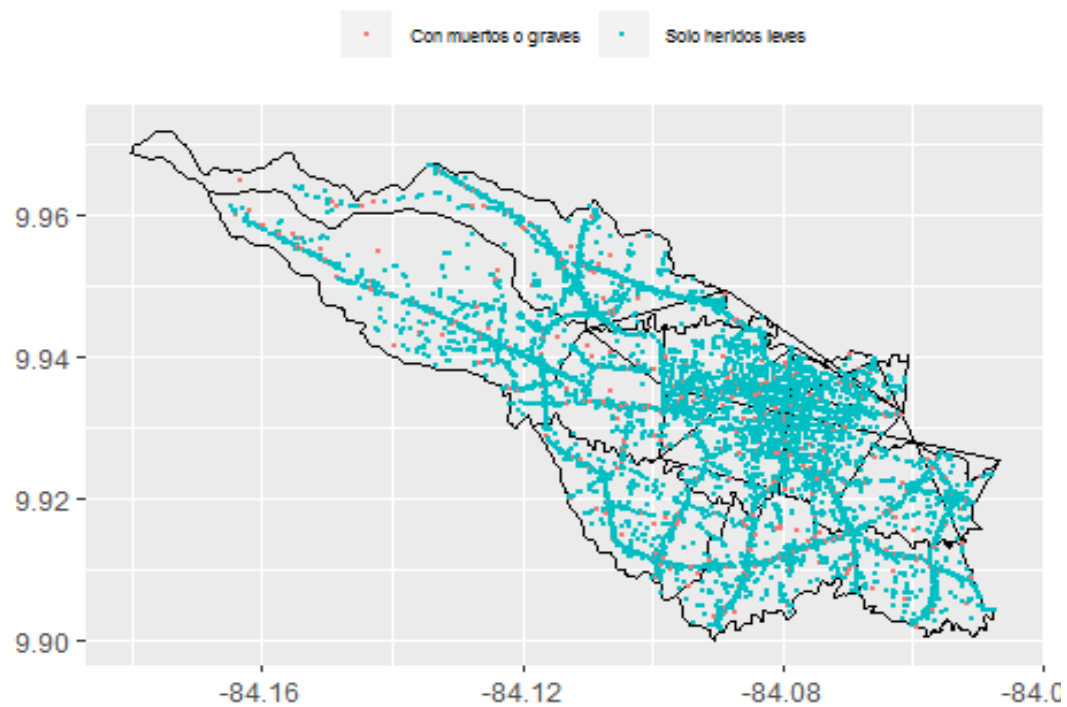
categorías, pero el tercer lugar en accidentes leves es para Heredia y en accidentes graves o con muertos es para Guanacaste que a la vez es muy cercano en cantidad a Puntarenas y Limón.

Gráfico 3. Distribución de los accidentes de tránsito en cantones de San José y categoría 2014-2017



San José es claramente la provincia con mayores accidentes en San José. Esta zona puede servir perfectamente como base para el análisis, lo cual se puede sustentar al observar el gráfico de la distribución de los accidentes por los cantones de esta provincia. Es más que claro que en la provincia de San José, el cantón con mayor número de accidentes es el cantón central de San José, seguido de Desamparados y Pérez Zeledón. Con respecto a los accidentes graves y con muertos, el cantón de San José es de forma evidente el que posee el mayor registro, seguido de Pérez Zeledón (el cual merece atención aparte por ser un cantón mayoritariamente rural) mientras que el resto de los cantones poseen muchos menos incidencia de este tipo de accidente. Es por este motivo que tomamos el cantón central de San José como el sector a analizar pues posee el mayor número de accidentes de ambas categorías y además es lugar de más alta congestión vehicular.

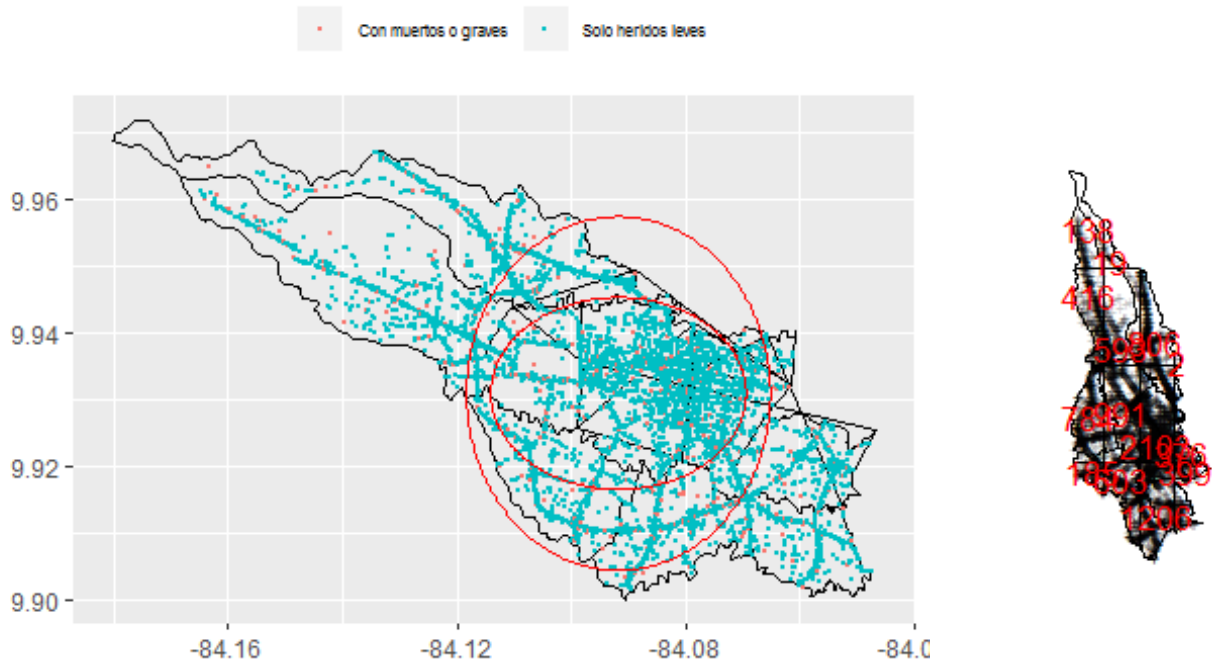
Gráfico 4. Distribución espacial de los accidentes de tránsito en cantones de San José y categoría 2014-2017



Consejo de Seguridad Vial de Costa Rica

Al observar el mapa con todos los puntos (accidentes leves y graves o con muertes) se puede distinguir claramente ciertas rutas importantes del cantón central de San José. Además, se aprecia que la mayor cantidad de accidentes leves fueron en los distritos de Carmen, Merced, Hospital y Catedral, mientras que la distribución de los accidentes con heridos graves o muertos se encuentra más uniformemente distribuida.

Gráfico 5. Elipses utilizando estadísticos calculados de accidentes de tránsito en cantones de San José e Intensidad por cuadrantes 2014-2017

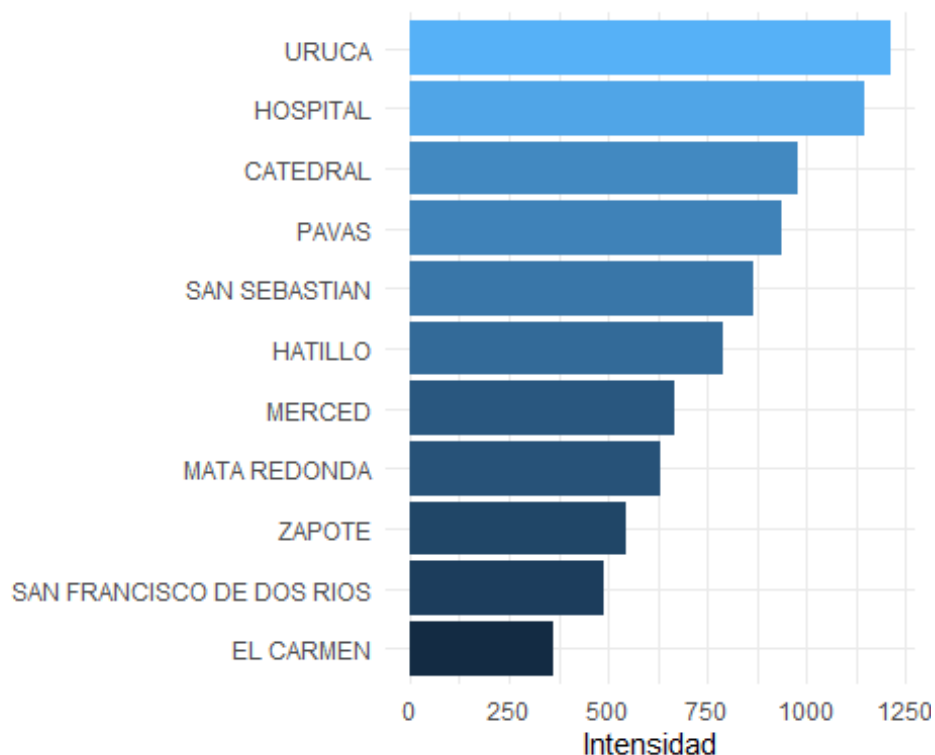


Consejo de Seguridad Vial de Costa Rica

A partir de los gráficos mostrados, se puede intuir claramente que las concentraciones de los accidentes se encuentran alrededor de los distritos Carmen, Mercer, Hospital y Catedral para el caso de los accidentes leves y la distancia estándar de los puntos fue menor en comparación con los accidentes graves o con muertos.

En base a lo anterior se calcularon las intensidades de Borough, en donde se observan las intensidades por distrito (Borough). En este caso el primer lugar lo tiene la Uruca seguido por Hospital, Catedral y Pavas.

Gráfico 6. Distribucion de intensidades de Boroug para principales distritos del cantón central de San José



Según las intensidades de Boroug mostradas en la tabla anterior se pueden observar los distritos con mayor densidad de accidentes en San José. La Uruca y Hospital encabezan la mayor cantidad de accidentes, ya sean leves o graves. En otros cantones como San Francisco de dos Ríos o El Carmen no se registran mayores cantidades de sucesos.

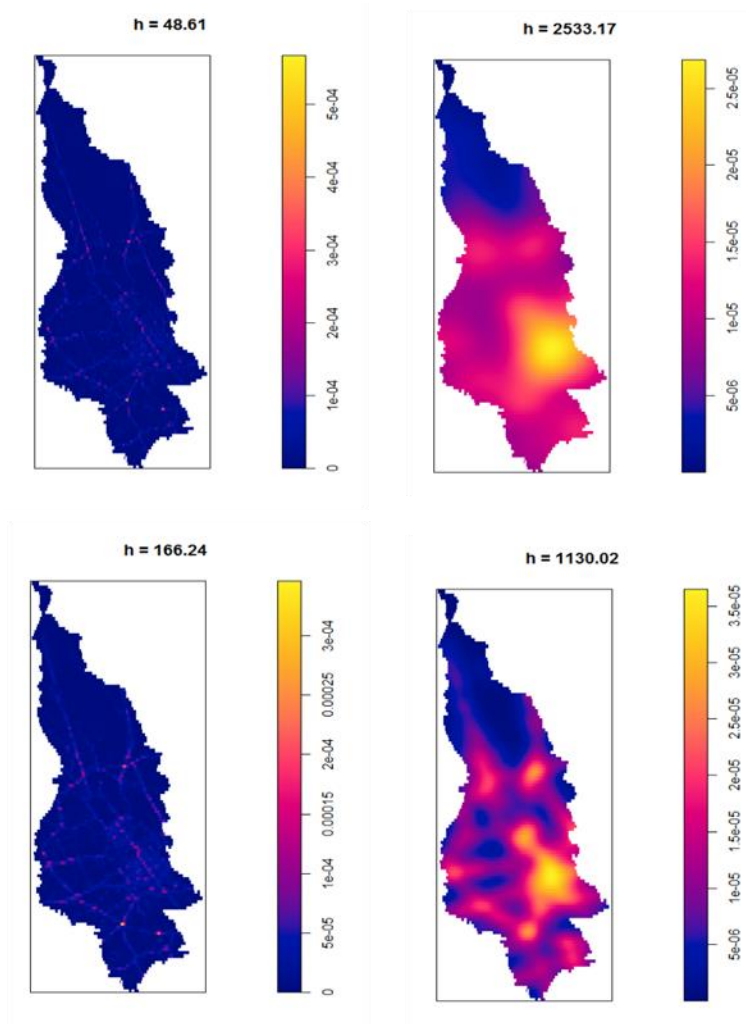
Densidades de kernel

Tabla 1. Anchos de banda óptimos según tipo de accidente

Ancho de banda	Accidentes leves	Accidentes graves	General
Diggle	50.49	493.97	48.61
PPL	166.24	548.11	166.24
Scott X	1141.18	1771.71	1130.02
Scott Y	2546.97	4201.01	2533.17

En la tabla anterior se muestran los anchos de banda obtenidos para cada tipo de accidente así como para el global (leves y graves). A partir de estos resultados, se obtuvieron los gráficos para las densidades de kernel, las cuales permiten observar, mediante una escala de colores, las zonas con mayor aglomeración de accidentes.

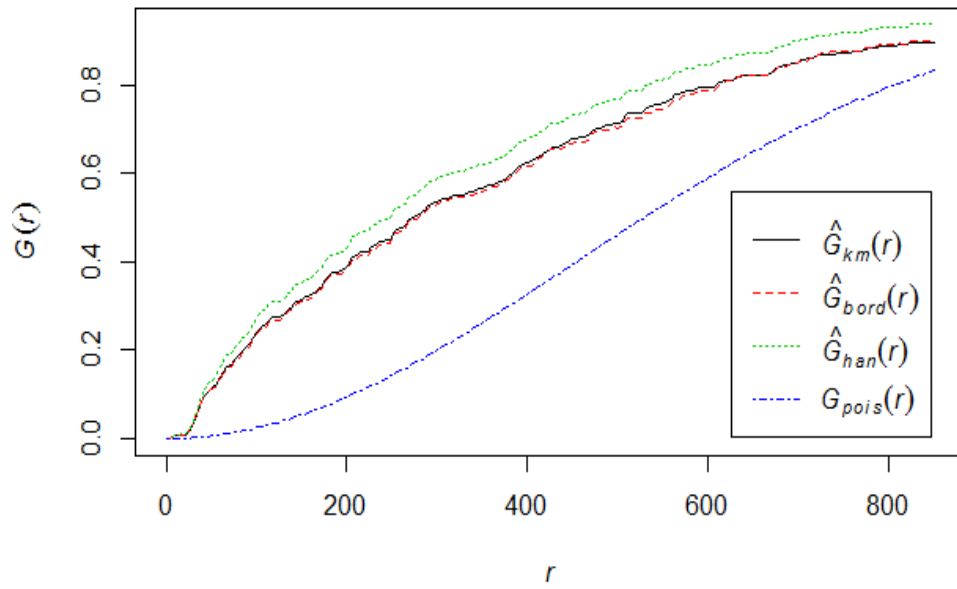
Grafico 7. Densidad de kernel para accidentes leves o graves



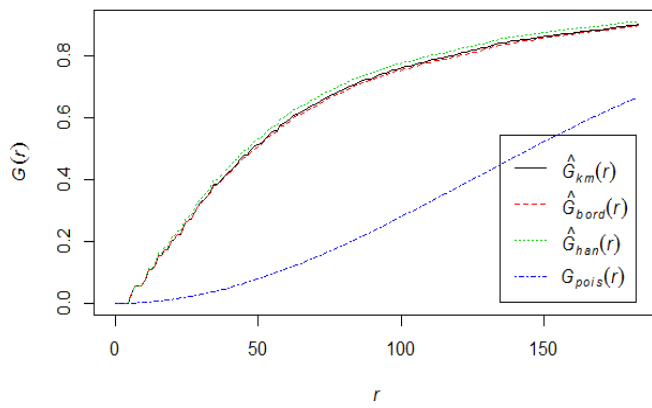
Para el caso de los accidentes en general, la densidad de kernel usando el ancho de banda de Scott X (1130) es el mejor, pues permite apreciar más a fondo la intensidad de la distribución de los accidentes en la región acotada. Los distritos (Merced y Hospital) registran una fuerte intensidad así como en algunos otros sectores como Pavas y Catedral.

Vecino más cercano

Accidentes con heridos graves o muertos



Accidentes leves / mortales



Accidentes con heridos leves

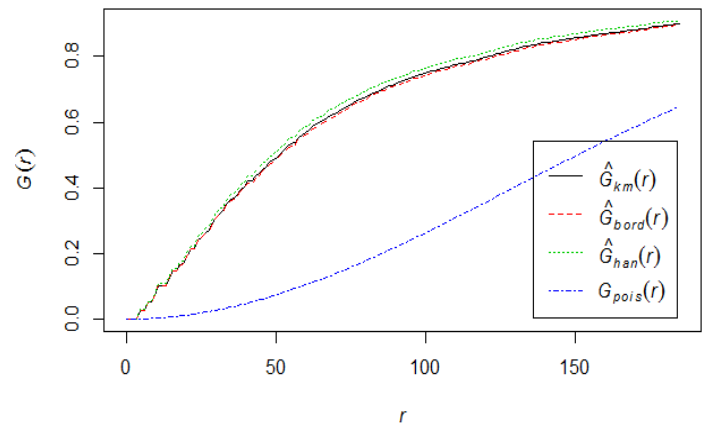


Gráfico 8. Gráficos de función G del vecino más cercano.

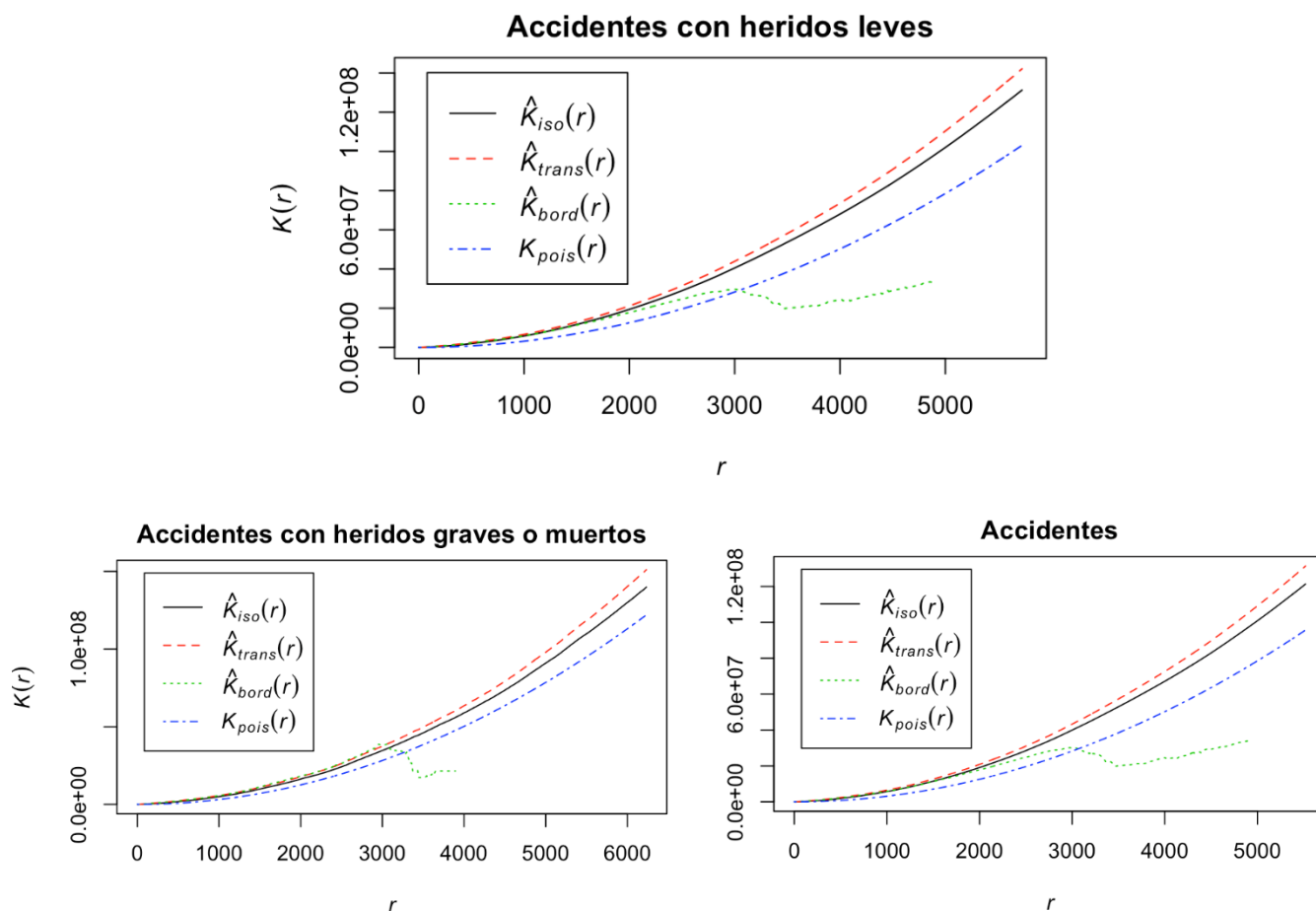


Gráfico 9. Gráficos de función k de Ripley para detección de clústeres.

Los resultados obtenidos muestran la superioridad de la función Q o vecino más próximo frente a los métodos de la función k para el análisis univariante del patrón de puntos. La diferencia entre los resultados obtenidos mediante el análisis del vecino más próximo y la función K deriva de la escala espacial de las distancias que analiza cada método. La función K es sensible a la falta de homogeneidad, proporcionando funciones de distribución sesgadas cuando estos requisitos no se cumplen, aunque es perfectamente interpretable para procesos heterogéneos debido a que está definida en términos de aleatoriedad (Dixon, 2002b). En base a esto, se puede afirmar que la función Q permite observar de una mejor manera la formación de clústeres o grupos.

Discusión

En el análisis espacial realizado para obtener las densidades de kernel fue posible hallar los distritos de la provincia de San José con mayor densidad de accidentes en el país. El cantón central de San José se posicionó como el más accidentado, mientras que los distritos de Merced, Hospital, Pavas, Catedral, como las zonas con mayor ocurrencia de este tipo de eventos.

En comparación con otros estudios como el de Castro, los principales resultados se relacionaron con la presencia de una diferencia importante en la distribución espacial de los accidentes de tránsito, en la zona analizada, desatancándose principalmente la diferencia entre las rutas nacionales y cantonales. Las rutas

nacionales presentaron una clara delimitación de accidentes, es decir, se observó un claro trayecto de accidentes en comparación con las rutas cantonales.

A diferencia de Gómez-Barroso, D, et al, en el presente estudio se tomaron accidentes de tránsito ocurridos en una región en específico, en este caso San José y no en toda la región, como lo realizó Gómez-Barroso. A pesar de eso, fue posible obtener, a partir de ello las áreas con mayor aglomeración de accidentes con víctimas mortales o leves.

El de haber utilizado técnicas que no usen puntos sino líneas (carreteras) hubiese sido lo más óptimo para obtener algún otro tipo de información, además, la falta de covariables por limitación de las fuentes de datos no permitió calcular modelos explicativos para los accidentes.

También es factible realizar acciones de mejora a partir de los resultados obtenidos. Se deben de tomar acciones en estos puntos en específico para mitigar la frecuencia de accidentes de tráfico. Como se mencionó, las zonas de la Uruca, circulación sur, pava deben de incrementar el control vial mediante retenes y acciones que involucre actores como la policía civil. La concientización también es una parte fundamental de la mejora de este proceso.

Referencias

Boix, Rafael, Luciana Lazzeretti, José Luis Hervàs y Blanca de Miguel. 2011. Creative clusters in Europe: a micro data approach, working paper, ERSA conference papers ERSA 119471, European Regional Science Association.

Castro, F. (2011). Análisis espacial de los accidentes de tránsito en el cantón de Pococí. Revista Geográfica de América Central Número Especial EGAL, 2011- Costa Rica II Semestre 2011, pp. 1-43

Ebdon, David. 1987. Statistics in geography. Nueva York: Basil Blackwell.

Evans PJ and Evans FC (1954), "Distance to nearest neighbour as a measure of spatial relations in populations", Ecology. Vol. 35, pp. 445-453.

Feser, Edward J., y Stuart H. Sweeney. 2002. Theory, methods and cross metropolitan comparison of business clustering. En Industrial Location Economics, compilado por Philip McCann, 222-257. Cheltenham: Edward Elgar Publishing Limited. Recuperado de

Gómez-Barroso, D, et al. (2014). Análisis espacial de los accidentes de tráfico con víctimas mortales en carretera en España, 2008-2011. CIBER de Epidemiología y Salud Pública (CIBERESP), España. Centro Nacional de Epidemiología, Instituto de Salud Carlos III, Madrid, España.

Meyer, Stephen P. 2006. A spatial analysis of small and medium sized information technology firms in Canada and the importance of local connections to institutions of higher education. The Canadian Geographer 1 (1): 114-134.

Organización Mundial de la Salud, OMS. (2004). Informe mundial sobre prevención de los traumatismos causados por el tránsito: resumen. Ginebra, Suiza.

Vilchis Licon H, Iturrioz Rosell, P. 1986. Los accidentes de tránsito: una problemática actual. Salud Pública Mex, 1986; 18: 537-542.