

Aportes de la complejidad para la comprensión de las dinámicas de la violencia en las ciudades. Caso de estudio: las ciudades de Bello y Palmira, Colombia (años 2010-2016)

Contributions of complexity for the understanding of the dynamics of the violence in the cities. Case study: the cities of Bello and Palmira, Colombia (years 2010-2016)

Contribuições da complexidade para a compreensão das dinâmicas da violência nas cidades. Caso de estudo: as cidades de Bello e Palmira, Colômbia (anos 2010-2016)

Fecha de recepción: 2019/01/10 | Fecha de evaluación: 2019/06/08 | Fecha de aprobación: 2019/07/12

Williams Gilberto Jiménez García

PhD en Ciencias Humanas y Sociales
Docente, Escuela de Ciencias, Artes y Humanidades
Universidad Nacional Abierta y a Distancia
Eje Cafetero, Colombia
williams.jimenez@unad.edu.co

Ricardo Rafael Rentería Ramos

PhD en Ciencias Económicas
Docente, Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería
Universidad Nacional Abierta y a Distancia
Bogotá, D. C., Colombia
rafael.renteria@unad.edu.co

Para citar este artículo / To reference this article / Para citar este artigo: Jiménez, W. & Rentería, R. (2019). Aportes de la complejidad para la comprensión de las dinámicas de la violencia en las ciudades. Caso de estudio: las ciudades de Bello y Palmira, Colombia (años 2010-2016). *Revista Criminalidad*, 62(1): 9-43

Resumen

Son variados los estudios que intentan explicar la violencia en las ciudades latinoamericanas, la mayoría abordados desde un único campo disciplinar como la sociología o la criminología. El presente artículo intenta, desde la perspectiva de la complejidad, aportar herramientas que permitan comprender las dinámicas de la violencia en los contextos urbanos. El carácter del estudio es cuantitativo; este es un caso de estudio que compara los homicidios de dos ciudades intermedias colombianas. Para ello se procesó la base de datos que recopila la Policía Nacional de Colombia por medio de su sistema estadístico, se espacializaron los datos de la ventana temporal 2010-2016, se crearon mapas hotspots donde se evidenció la distribución de los homicidios en ciertos sectores de las

ciudades estudiadas y, finalmente, se realizaron métricas topológicas que permitieron visualizar patrones de estos eventos violentos. Entre los hallazgos importantes que se obtuvieron con esta Metodología están (1) que los patrones de distribución y difusión son muy diferentes en espacio y tiempo porque la evolución topológica de los subgrafos que componen las redes complejas de los sistemas estudiados sigue comportamientos diferentes pese a tener una serie de variables sociales, económicas y ambientales similares; (2) que los homicidios tienden a concentrarse y coincidir con las centralidades de las ciudades estudiadas; y (3) que las herramientas de la complejidad, así como los estudios interdisciplinarios, son innovadores y útiles para comprender las dinámicas de la violencia urbana.

Palabras clave

Violencia, homicidio, estadísticas criminales, tendencias del delito (Fuente: Tesouro de Política Criminal Latinoamericana - ILANUD), estadísticas criminológicas (autor)

Abstract

There are varied studies that attempt to explain the violence in Latin American cities, most approached from a single disciplinary field such as sociology and criminology. This article tries, from the perspective of the complexity, to provide tools that allow us to understand the dynamics of the violence in the urban contexts. The nature of the study is quantitative; this is a case study that compares the homicides of two intermediate Colombian cities. For this, the database that compiles the National Police of Colombia through its statistical system was processed, the data of the 2010-2016 time window was spatialized, hotspots maps, where we could evidence the distribution of homicides in certain sectors of the cities studied were created and, finally,

topological metrics that allowed us to visualize patterns of these violent events were performed. Among the important findings that were obtained through this methodology are (1) that the distribution and diffusion patterns are very different in space and time because the topological evolution of the subgraphs that compose the complex networks of the systems studied follows different behaviors despite having a series of similar social, economic and environmental variables; (2) that homicides tend to concentrate and coincide with the centralities of the cities studied; and (3) that the tools of complexity, as well as interdisciplinary studies, are innovative and useful for understanding the dynamics of the urban violence.

Keywords

Violence, homicide, criminal statistics, crime trends (source: Thesaurus of Latin American Criminal Policy - ILANUD), crime statistics (author)

Resumo

São variados os estudos que tentam explicar a violência nas cidades latino-americanas, a maioria abordados de um único campo disciplinar como a sociologia ou a criminologia. O presente artigo tenta, da perspectiva da complexidade, fornecer ferramentas que permitam compreender as dinâmicas da violência nos contextos urbanos. O carácter do estudo é quantitativo; este é um caso de estudo que compara os homicídios de duas cidades intermédias colombianas. Para isso foi processada a base de dados que coleta a Polícia Nacional da Colômbia por meio do seu sistema estatístico, se especializaram os dados da janela temporária 2010-2016, foram criados mapas hotspots onde foi evidenciada a distribuição dos homicídios em certos setores das cidades estudadas e, finalmente, realizaram-se

métricas topológicas que permitiram visualizar padrões destes eventos violentos. Entre os achados importantes que foram obtidos com esta metodologia estão (1) que os padrões de distribuição e difusão são muito diferentes em espaço e tempo porque a evolução topológica dos subgrafos que compõem as redes complexas dos sistemas estudados segue comportamentos diferentes apesar de ter uma série de variáveis sociais, econômicas e ambientais similares; (2) que os homicídios tendem a se concentrar e coincidir com as centralidades das cidades estudadas; e (3) que as ferramentas da complexidade, assim como os estudos interdisciplinares, são inovadores e úteis para compreender as dinâmicas da violência urbana.

Palavras-chave

Violência, homicídio, estadísticas criminais, tendências do delito (fonte: Tesouro de Política Criminal Latino-americana - ILANUD), estadísticas criminológicas (autor)

Introducción

La violencia puede ser clasificada como un fenómeno de naturaleza multidimensional porque a pesar de que básicamente son las prácticas sociales violentas las que la definen, los actos que se consideran violentos son tan diversos en sus impactos y consecuencias, así como en sus orígenes que resulta casi imposible referirse a la violencia como un objeto de estudio único, particular o singular. En otras palabras, para el establecimiento de elementos trazadores que permitan comprender, evaluar y monitorear la violencia, se requiere considerar aspectos particulares de cada territorio y del contexto psicosocial más amplio porque, entre otras cosas, los efectos emergentes resultan de tan diferentes causalidades que descripciones estadísticas clásicas, interpretaciones sociológicas o diagnósticos psicológicos que no logran describir en conformidad sí se usan particularmente de forma desagregada.

En ese sentido, surge la necesidad de involucrar estudios de enfoque metodológicos que permitan generar aproximaciones sintéticas sin afectar las interacciones de los componentes situacionales del territorio que es objeto de estudio. Por esta razón, el pensamiento complejo se convierte en el enfoque metodológico idóneo para estudiar la espaciotemporalidad de la violencia en uno o más territorios.

Para Édgar Morín (1999), el pensamiento complejo es una propuesta de reforma al pensamiento actual, cuya capacidad de relacionar lo paradójico e inconcebible enfrentado la incertidumbre y sus emergencias, es viable a través de una racionalidad dialógica en la que se intercomunican vida, naturaleza y pensamiento. En esta misma línea, Martos (2015, p. 13) afirma que el pensamiento complejo es usado en las investigaciones “en un sentido más estrecho, para designar a los estudios científicos que intentan explicar las dinámicas complejas de los objetos en estudio, sin extraer de ello consecuencias cosmovisivas o metodológicas más generales”.

En este sentido, la presente investigación está basada en el paradigma del pensamiento complejo en cuanto la investigación es de tipo relacional (disto del cartesianismo tradicional), por lo que, antes de rechazar una hipótesis de investigación, se integran y superan las contradicciones propias de la realidad y el azar que se intentan explorar, algo como lo expresado por Morín (1999), a través de procesos dialógicos donde se incluyen las complejidades epistemológicas y las dudas de las certidumbres del saber (Morín, 1997).

A partir de esta definición, se entiende entonces que por medio del uso del paradigma de la complejidad es posible llegar a la presunción de construir y consolidar

un objeto de investigación un poco más fiable y que permita agotarse desde el análisis de varias disciplinas. Esta implicación ética busca aportar a la valoración de las propiedades que exhibe un sistema complejo; ejemplos de esta premisa se encuentran en el aporte que tiene la física y todo lo relacionado con el estudio de campos y partículas que pueden ser utilizados para algunos estudios sociales; por ejemplo, Edmonds y Meyer (2013) presentan una serie de Métodos de la física para estudiar factores como la persuasión y la resiliencia, entre otros procesos sociales que resultan ser dinámicos al paso del tiempo. En cuanto a lo que corresponde a la violencia y a la criminalidad, el enfoque de estudio de sistemas complejos que se destaca son las redes complejas. Estas son de gran utilidad para representar la interacción de variables territoriales en la espaciotemporalidad del crimen, como lo presentan algunos estudios de D’Orsogna y Perc (2015) y Papachristos (2009), los cuales permitieron estudiar desde un perspectiva sistema la complejidad de la violencia urbana en aspectos tales como interacción de grupos ilegales como pandillas y bandas con algunos de los delitos u homicidios, distribución de patrones temporales del crimen en diferentes territorios.

Lo anterior permite que se plantee para la presente investigación realizar un análisis espaciotemporal de la violencia (representado por la variable de homicidio) haciendo uso de herramientas de las ciencias de la complejidad, particularmente las métricas topológicas, en dos municipios colombianos con altas tasas de homicidio y que son conurbados a dos de las ciudades más grandes de Colombia, los cuales a finales de 1980 sufrieron el impacto que generaron los hoy extintos carteles de la droga de Cali y Medellín.

En este sentido, el presente estudio tiene como objetivo general establecer las relaciones territoriales que se plasman sobre un espacio geográfico definido como lo es la ciudad para entender las prácticas sociales violentas que producen los homicidios. Lo anterior, sosteniendo la hipótesis de que los homicidios no se distribuyen homogéneamente en los territorios ni de manera aleatoria, es decir, ocurren debido a una intencionalidad que nace desde una racionalidad de explotación de las rentas de un territorio.

Situación actual

No es posible determinar una relación lineal o causal exclusiva entre la violencia y la ciudad, lo que no significa que no exista una interacción entre ambas. En la ciudad no solo se contiene la violencia, se reproduce, a veces sus habitantes la pueden ocasionar y en otras padecer sus efectos. La relación entre ciudad y violencia puede

encontrarse cuando se entiende a la primera como un escenario de relaciones sociales (Carrión, 1993) y a la segunda como una relación particular de conflicto que se presenta en este escenario (Guzmán Barney, 2007).

Se puede afirmar que en América Latina existe una relación histórica entre la ciudad, sus tasas de urbanización y violencia (Gaviria & Pagés, 1999; Vargas & García, 2007). Lo anterior no limita a la violencia a circunscribirse en la ciudad; de hecho, hay violencias rurales, pero lo que sí se puede señalar es que hay una diferenciación del tipo de violencia entre ambos contextos, donde según Duncan (2005) en el campo primarían los delitos contra las personas, la familia y la moral y en la ciudad los delitos contra la propiedad.

En el estudio de Churruca (2014) se evidencia que las migraciones masivas del campo a la ciudad en América Latina generaron una situación que permitió la confrontación y el conflicto social; según Jiménez García (2013, p. 64), “llegaron más personas de las que el territorio podía tener, el Gobierno atender y la sociedad tolerar”. Este desplazamiento humano generó un aumento en las tasas de urbanización en las ciudades y en las tasas de criminalidad, dado que en la ciudad (1) se concentra más riqueza y por lo tanto se diversifican los medios para obtener y competir por ella (Perea, 2016); (2) se acumulan mayores cantidades de riesgos (Chardon, 2008); (3) se produce la marginalización de amplios sectores de grupos humanos (Petrella & Vanderschueren, 2003); (4) existen mayores presiones para el reconocimiento social (Del Olmo, 2000); y (5) se diluyen los lazos de solidaridad que se traían del campo (Guzmán Barney, 2007).

Latinoamérica se ha convertido en un continente de ciudades, su acelerada urbanización ha coincidido con el aumento en las tasas de homicidios (Carrión, 2008). Son diversas las explicaciones que han ofrecido las investigaciones a esta relación de urbanización y violencia: Para Briceño-León (2002) las dinámicas migratorias del campo a la ciudad en la mayoría de los países latinoamericanos no solo explican la aceleración de la urbanización, sino también el incremento de la violencia, puesto que la ciudad es el escenario donde se presentan los conflictos y las competencias por bienes y servicios (Cocco & Lopes, 2010).

Sin embargo, la explosión demográfica no genera violencia por sí misma según Martin (2012); el proceso de urbanización latinoamericano está relacionado con la violencia en el sentido de que este crecimiento desorganizado y no planificado ha propiciado profundos problemas de convivencia y marcados resentimientos sociales entre los grupos más marginales (Rotker, 2000; Vargas & García, 2007). Este proceso de urbanización sin articulación, regido

por las lógicas del poder y el control territorial, caracterizado por la falta de equilibrio y equidad (Briceño-León, 2007) ha propiciado en las ciudades latinoamericanas todo un orden social que reconoce en la violencia un medio que garantiza la supervivencia en la ciudad (Kessler, 2004), ya sea usándola contra algún otro individuo o adaptándose a ella.

A su vez, la segregación socioespacial (Caldeira, 2011; Paternain, 2006) es ocasionada en parte por la migración del campo a la ciudad y por las condiciones socioeconómicas de las ciudades en general (más que por las individuales), generando sitios, zonas y barrios peligrosos e inseguros (Bordsorf, 2003), en donde se gestan actos delictivos violentos (Jiménez García, 2014).

Desde mediados de los años noventa, varios estudios ecológicos del delito han intentado encontrar los factores político-institucionales y socioeconómicos que se configuran en escenarios urbanos donde hay altos índices de violencia en Latinoamérica, comparando la distribución de los homicidios en diferentes unidades agregadas: países, regiones, provincias, departamentos, áreas metropolitanas, municipios, ciudades, comunas y barrios (Beato, Peixoto & Andrade, 2004; Dammert & Lunecke, 2004; Jiménez García, 2016).

Desde la econometría y el análisis multivariado, el estudio realizado por De la Fuente Mella, Mejías y Castro O'Kunighttons (2011) determinó cómo algunas variables explicativas como la pobreza, la escolaridad, el consumo de drogas, la desigualdad y hasta el modelo de liderazgo del hogar inflúan en el comportamiento de delitos violentos contra la propiedad.

El estudio de Villarreal y Silva (2006) resulta iluminador ya que prueba empíricamente teorías sociológicas del delito en una escala territorial definida: el barrio. En esta investigación se probó el efecto de las características estructurales del barrio en la cohesión social de los habitantes y en la producción de delitos en esta área político-cultural. El estudio partió de un diseño multinivel y los datos fueron recolectados por medio de una encuesta en una comunidad de la ciudad de Belo Horizonte (MG). La principal conclusión de dicho estudio se centró en afirmar que la existencia de barrios pobres de redes densas y altos niveles de homicidio constituyen un reto epistemológico para las teorías de desorganización social, resultados que son similares a los encontrados por Manzano (2009) en barrios marginales de Santiago de Chile.

En la misma línea, el estudio de Escobar (2012) desarrollado en barrios de Bogotá haciendo uso de análisis de datos espaciales halló que la concentración de desventajas sociales, segregación socioespacial, desorden social y la presencia de instituciones

formales de control social pueden predecir los altos niveles de violencia de algunos barrios de la capital colombiana. Sin embargo, también encontró que variables *proxy* como el sexo y el grupo etario (específicamente hombres jóvenes, entre los 17 y los 25 años) no explicaban gran parte de los homicidios de los barrios más peligrosos de Bogotá, lo que quiere decir que para estos barrios la existencia de estructuras criminales como las milicias urbanas, los combos de jóvenes y las pandillas no tienen una incidencia tan fuerte como se plantea en otros estudios como el de González y otros (2012), sino que hay otros elementos como las desventajas sociales que pueden explicar de forma más completa la situación homicida que está presente en estos barrios.

Materiales y Métodos

El presente estudio está diseñado desde un enfoque de investigación cuantitativo con diferentes niveles de análisis (ciudad y barrios). Responde a una pregunta problematizadora con la que se pretende estudiar la variabilidad conjunta del espacio y tiempo para predecir o generar escenarios delincuenciales: focalizando áreas geográficas de inseguridad y determinar grupos vulnerables a sufrir hechos delictivos. Para ello se analizaron los resultados de la información estadística criminal que construye la Policía Nacional de Colombia. El análisis es de tipo estadístico-relacional con uso de la teoría de la complejidad, hecho que lo hace correlacional-explicativo, pues busca conocer la relación entre variables y entender el sentido de dicha relación.

El caso de estudio

La búsqueda de producir conocimiento que resulte de utilidad para comprender fenómenos que afectan a las zonas urbanas de Colombia demandó, en una primera etapa, seleccionar ciudades que fueran representativas de las urbes de la región. Los elementos que se tuvieron en consideración fueron sus características de poblamiento, indicadores sociales y niveles de violencia.

Metodológicamente, se determinó utilizar dos criterios condicionantes, el primero estuvo relacionado con el hecho de que sean ciudades intermedias, ya que en la investigación colombiana de los fenómenos de violencia abundan las investigaciones de las ciudades de Cali (Valle del Cauca), Medellín (Antioquia), Bogotá (Cundinamarca) y recientemente Barranquilla (Atlántico) y poco se conoce de las

ciudades intermedias o de las conurbaciones de estas ciudades como Bello e Itagüí (Antioquia), Palmira y Yumbo (Valle del Cauca), Soledad y Puerto Colombia (Atlántico) o Soacha (Cundinamarca). El segundo criterio fue la aplicación de un Método de diferencias en estudios comparados, conocido como Most Similar System Design (MSSD) que busca comparar unidades (ciudades intermedias) similares en sus componentes y diferentes en sus resultados (Anckar, 2008). Así, las ciudades seleccionadas fueron Bello (Antioquia) y Palmira (Valle del Cauca).

Las dos ciudades tienen elementos en común que se deben resaltar. Los dos centros poblados (1) poseen elevadas tasas de crecimiento urbano; (2) reciben gran cantidad de desplazados por la violencia, pero también de inmigrantes locales que llegan buscando mejores oportunidades económicas (Departamento Nacional de Planeación, 2012); (3) tienen una ubicación estratégica particular que dinamiza e incentiva la configuración y operación de mercados ilegales, en especial el de las drogas (Cortés, Gómez & García, 2015): (3.1) Bello se encuentra en el nodo vial que conecta el Valle de Aburrá y el sur de Antioquia con la principal centralidad del país, Bogotá; (3.2) Palmira se encuentra al lado de Cali y es parte de un gran centro agroindustrial del país; además, se halla en un punto que conecta el puerto de Buenaventura, en el océano Pacífico, con regiones andinas como el Eje Cafetero y el Cauca.

Las técnicas: Las redes topológicas y su espacialización

Este estudio se suma a la creciente cantidad de trabajos académicos que hacen uso de las redes complejas para explicar fenómenos multicausales como la violencia. Primero se presenta la relación espacial del homicidio en cada uno de los municipios para luego, en segundo lugar, mostrar su relación espaciotemporal.

El conjunto de datos proviene del Observatorio del Delito de la Policía Nacional de Colombia, el cual es el área de investigación de esta entidad que se encarga de recolectar, tratar, analizar y evaluar la información de los homicidios aplicando la ciencia criminológica (Policía Nacional de Colombia, 2017b). Este conjunto contiene la información de los homicidios de los municipios de Bello y Palmira durante los años 2010-2016, describiendo variables como estación de policía, fecha, hora, barrio, clase de sitio, arma, características de la víctima y características del victimario. La Policía recolecta esta información gracias a un mandato legal que le confiere dicha responsabilidad y con base en un protocolo interno que les da validez a los datos aquí procesados.

El conjunto de datos construido a partir de la información que suministró la Policía contiene 2.166 registros, cada uno con 15 variables que describen el hecho violento. Información que se levantó en campo por personal de la Policía Nacional de Colombia, el Instituto Colombiano de Medicina Legal y otras instituciones de perfil criminológico, como la Fiscalía General de la Nación.

Para la construcción de este modelo se utilizaron fundamentalmente dos herramientas computacionales con el objeto de dar respuestas a las preguntas fundamentales de esta investigación. Para la presentación de los gráficos especiales se utilizó el Qgis. No obstante, todos los análisis estadísticos espaciales fueron desarrollados en Python a través de los paquetes Geopandas, Shapely y scipyspatial. Para la representación de los *hotspots* se utilizaron especialmente modelos de Kriging.

En cuanto a las redes, en este estudio se hace uso de herramientas propias de las redes complejas desde las perspectivas de Strogatz (2001), Dorogovtsev y Mendes (2003), Estrada y Rodríguez-Velázquez (2005) y Newman (2010). Las redes complejas se pueden entender como conjuntos de muchos nodos conectados que tienen alguna interacción. A los nodos se les llama vértices o elementos y se representan con símbolos como v_1, v_2, \dots, v_N , donde N es el número total de nodos de la red. Si un nodo v_H se conecta con otro nodo v_S , esta conexión se representa por una pareja ordenada (v_H, v_S) .

Una red representa un sistema a través de sus componentes y las relaciones que se configuran entre ellos. La red se puede mapear por medio de un gráfico $A(V,E)$, con V el conjunto de vértices $v \in V$ y E el conjunto de bordes o enlaces entre vértices. Esta Metodología ha sido ampliamente utilizada para investigar sistemas naturales, sociales y artificiales, como por ejemplo la cohesión social y la victimización (Rentería-Ramos & Soto, 2016), el óptimo de las redes delincuenciales (Sarmiento, Cantillo, Realpe, & Montoya, 2016), diseño y planificación de redes de vigilancia inteligente (Relanzón, 2009), medidas del desempeño policial a través de redes complejas (De Oliveira Muniz & Proença Júnior, 2005) y estilos de vida y salud (Pastor-Satorras & Vespignani, 2002).

Dentro de las aplicaciones de la criminología que han utilizado redes complejas se destacan los trabajos de Papachristos (2006, 2009, 2014), quien utiliza el análisis de redes para estudiar las dinámicas criminógenas de las pandillas, bandas criminales y delincuenciales en un territorio. Una particularidad que tienen estas investigaciones es que para la construcción de las redes, los nodos representan personas que pertenecen a los diferentes grupos ilegales, y las aristas están

enmarcadas en relaciones sociales que representan conflictos sociales tales como agresiones y disputas territoriales (Papachristos 2006, 2009, 2014). Este tipo de estudios ha logrado encontrar inclusive factores endógenos que explican con mayor detalle la dinámica criminológica del territorio, por ejemplo los patrones de las retaliaciones, como también las alianzas (entre ciertos colectivos) para subordinar al más fuerte; están sujetos a condicionantes de espacio y tiempo. A pesar de tener los mismos actores y patrones y las mismas variables en todos los territorios, con los resultados obtenidos por Papachristos, Hureau y Braga (2013) se infiere que estos provienen de una dinámica adaptativa y evolutiva de las variables, las cuales no eran explicadas como una de sus partes simples.

Davies y Marchione (2015) proponen un modelo de red para estudiar los patrones espaciotemporales de los eventos criminológicos por actores ilegales. La idea central de este trabajo de investigación es la configuración de los factores que propician los patrones de los eventos criminógenos tomando en cuenta la coocurrencia del espacio y el tiempo. Por ello, para el diseño de esta red, definió los nodos como las ubicaciones geográficas donde ocurrieron los eventos, y las aristas son la coocurrencia de los eventos en el tiempo, en ciertos radios geográficos. Por esta razón, los subgrafos que conforman la red se convierten en la información principal para encontrar las configuraciones más significativas en la aparición de los patrones criminógenos del territorio. A estos subgrafos se les conoce como motifs, se caracterizan por ser elementos con bajos niveles de entropía en la circulación de su información; por lo tanto, sus interacciones y sus flujos pueden ser considerados como elementos causales.

Así, para esta investigación se realizará un proceso similar al propuesto por Davies y Marchione (2015), se considerará una red compleja donde los nodos serán las ubicaciones espaciales donde ocurren los homicidios, y las aristas son las coocurrencias de estos en una ventana móvil de tiempo. Para la detección de motifs se utilizarán algoritmos de detección de cliques (un tipo de subgrafo en el que todos los nodos interactúan entre sí) a partir del algoritmo de Kumpula *et al.* (2008). Uno de los inconvenientes que se tiene al trabajar con subgrafos de una red es la granularidad de esta, que puede convertirse en una dificultad para la priorización de las zonas. Por tanto, es necesario, además de realizar el corte de los cliques con alta significancia estadística para la configuración de patrones, construir ensambles de estos para obtener una aproximación multidimensional de este fenómeno en el territorio. Se precisó de la incorporación de algoritmos, el primero de ellos referido a las medidas

de intensidad y coherencia de motifs de Onnela *et al.* (2005) para valorar la significancia estadística de los subgrafos y el algoritmo de ensamble de subgrafos de Fortunato (2010).

En la representación de resultados, los colores de las aristas reflejan la aplicación de los algoritmos mencionados previamente; es decir, los mismos colores reflejan los nodos de los motifs con altos niveles de intensidad y coherencia y los diferentes ensambles existentes entre estos.

Diagnóstico de la red de homicidios en las dos ciudades estudiadas

Luego de depurar la base de datos de la Policía Nacional de Colombia y de seleccionar las variables para estudiar, que para el caso de este estudio son tiempo (hora del homicidio) y espacio (barrios), las que se conocerán de ahora en adelante como los nodos de la red, se procedió a evidenciar la relación de los homicidios con los espacios geográficos en donde se perpetraron, siguiendo un esquema básico, donde B1, B2 y B3 representan barrios en los cuales se cometió algún homicidio en los tiempos t_1, t_2, t_3 . Estos números representan la simultaneidad (distribución temporal) del homicidio.

Entonces B1, B2 y B3 representan barrios. La fuerza de los enlaces W_{ij} es definida por la fórmula

$$W_{ij} = \sum_k D_{i,k} \cdot D_{j,k}, \quad (1)$$

donde k es la hora del homicidio y j es el sitio donde ocurrió. A mayor número de homicidios en un sitio u hora determinada, mayor será la fuerza de relación que exista entre las variables.

Análisis de la intensidad y coherencia

En redes complejas, los motivos muestran patrones de interconexión con frecuencias muchos mayores que aquellos gráficos que estudian situaciones aleatorias. Este tipo de estudios o análisis se han usado en trabajos como los de Delmas *et al.* (2017) y Rodríguez-Rodríguez, Jordano y Valido (2017). Los motivos o la coherencia poseen características intrínsecas que condicionan la probabilidad de que sucedan ciertos valores en los nodos, a pesar de su aplicación a cortes particulares de la red (De Oliveira Muniz & Proença Júnior, 2005). Este hecho permite que se genere una serie de tendencias en la información que permiten

visualizar elementos como el consenso de los nodos que configura las direcciones y magnitudes de esas relaciones en la red. Esta condición es fundamental para entender la topología de los delitos y también para encontrar patrones de homicidios en los territorios.

Para introducir aspectos topológicos de motivos en redes ponderadas (o fuerza), se hace uso de la métrica de intensidad y coherencia desarrollada por Onnela *et al.* (2005). En este modelo metodológico, la intensidad $I(g)$ para el grafo g con vértices V_g y los bordes I_g como la medida geométrica de sus pesos W_{ij} o sus puntos fuertes está dada por la siguiente ecuación:

$$I(g) = \left(\prod_{(ij) \in I_g} W_{ij} \right)^{1/|I_g|} \quad (2)$$

Esta fórmula garantiza la calificación del enlace en la coherencia de los valores W_{ij} y lleva a priorizar los barrios donde se registran más coincidencias en el espacio tiempo de los homicidios. De allí se establece la coherencia $Q(g)$, que permite estudiar el consenso de las variables en los bordes de los motivos. La coherencia toma valores cercanos a la unidad más importante para su grafo para establecer la asociación entre un conjunto de barrios, se define como la relación entre la intensidad $I(g)$ y la media geométrica de sus ponderaciones o fortalezas W_{ij} , tal como se presenta en la siguiente ecuación:

$$Q(g) = \frac{I_g}{\sum_{(ij) \in I_g} W_{ij}} \quad (3)$$

Resultados

Estadísticas de los homicidios en las ciudades

Las ciudades seleccionadas para el presente estudio fueron Bello (Antioquia) y Palmira (Valle del Cauca) (figura 1). Bello cuenta con 482.287 habitantes (DANE, 2016), la mayor población después de la ciudad de Medellín, en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá, en el centrooccidente del país. Por su parte, Palmira es la segunda ciudad más habitada (310.594 personas –DANE, 2016–) de la región metropolitana del sur del Valle del Cauca (no es un área metropolitana legalmente constituida), en el suroccidente de Colombia.

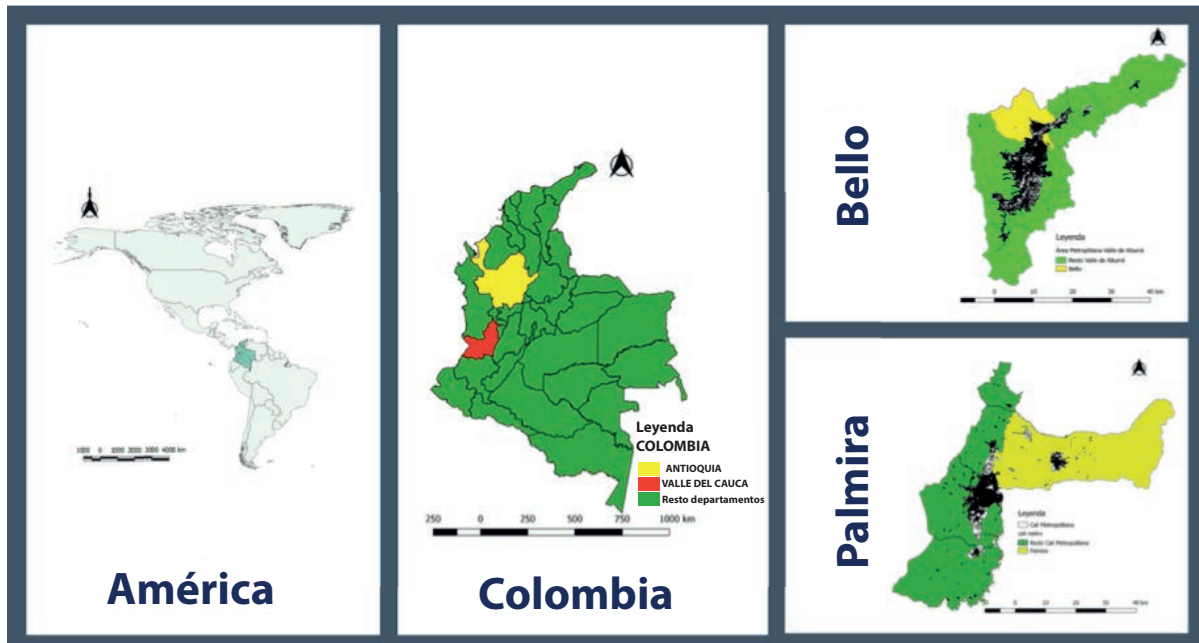


Figura 1. Ubicación geográfica de los municipios de Bello y Palmira

Fuente: Elaboración propia.

Estas ciudades tienen dinámicas criminales similares desde una perspectiva nacional y regional, pero diferentes desde las perspectivas municipal, local e incluso microlocal. Para efectos del presente estudio, se analizará comparativamente el comportamiento de los homicidios para cada una de las dos ciudades.

Durante el periodo estudiado, en las dos ciudades hubo 2.166 homicidios, el 31,35% en Bello y el 68,5% en Palmira (figura 2). A pesar de que Palmira es un centro menos poblado que Bello, en el primero se cometieron más homicidios año tras año. Estos tienden a ir en descenso en Palmira y en Bello van en ascenso.

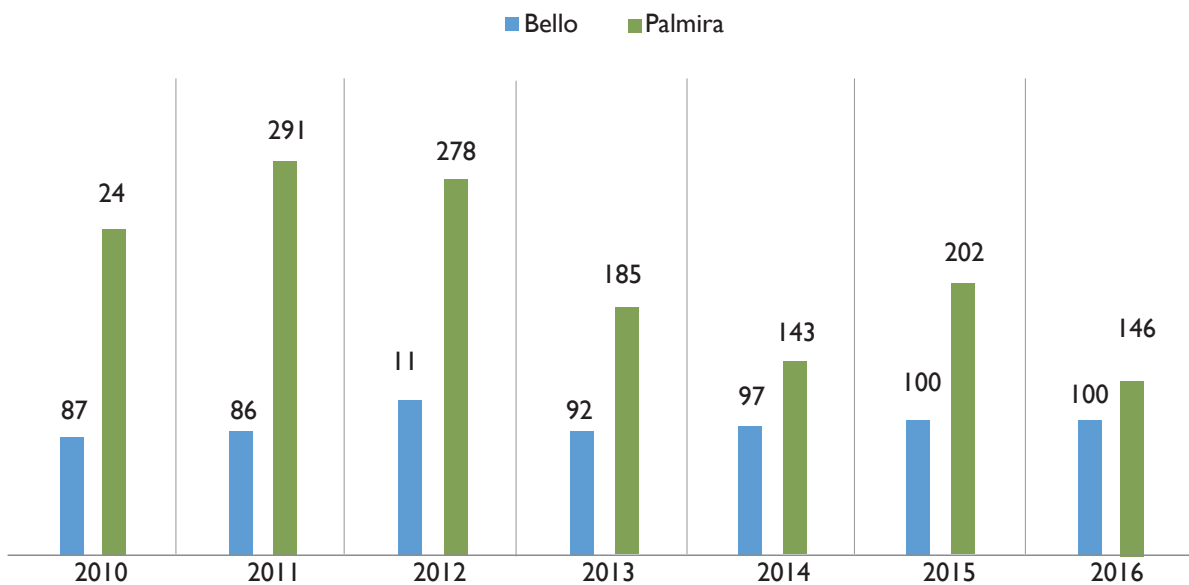


Figura 2. Homicidios registrados en las ciudades de Bello y Palmira, años 2010-2016

Fuente: Elaboración propia con datos de la Policía Nacional de Colombia (2017a).

En cuanto a las tasas de homicidios, las cuales permiten comprender el impacto de este delito frente a la sociedad que lo recibe y comparar el alcance que tiene en las dos ciudades, la más alta fue la de Palmira, que en algunos casos superó hasta por cuatro veces las de Bello (figura 3).

La de Palmira siempre fue mayor que la nacional (Colombia); la de Bello, salvo el último año (2016), fue siempre inferior (figura 3). También es preciso indicar que ambas ciudades superaron el límite establecido por la OMS, que categoriza el homicidio en los territorios como una pandemia (Franco, 1999).

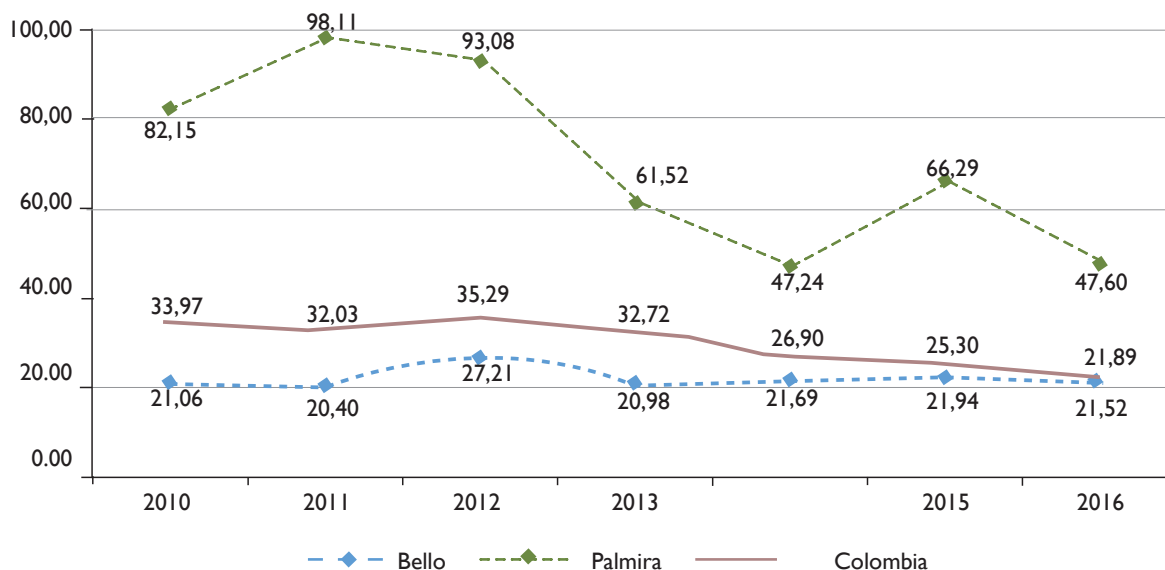


Figura 3. Tasa de homicidios de las ciudades de Bello y Palmira, años 2010-2016

Fuente: Elaboración propia con datos de la Policía Nacional de Colombia (2017a) y cálculos con base poblacional.

Si se observa por ciudad el comportamiento año a año de los homicidios, para Palmira el 2011 fue el más violento (292, tasa: 98,11) y cuando menos hubo fue en el 2014 (143, tasa: 47,24). En Bello el año con más decesos violentos fue 2012 (117, tasa: 27,21); lo

contrario ocurrió en el 2016 (92, tasa: 21,52. Figuras 2 y 3).

En cuanto a la jornada (temporal), en ambas ciudades se registraron más homicidios en la noche, seguida por la tarde, la mañana y la madrugada (figura 4).

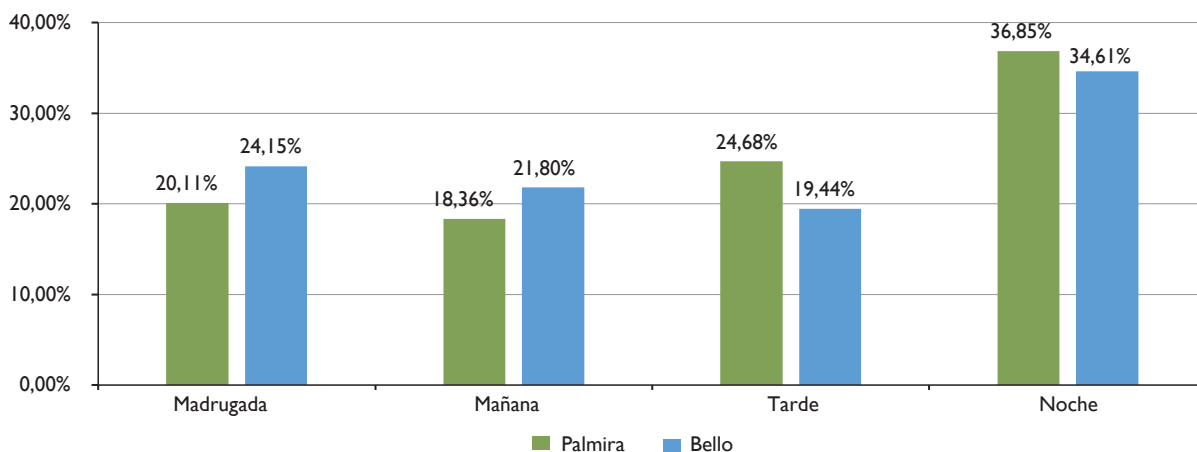


Figura 4. Jornadas en las que se cometieron homicidios en las ciudades de Bello y Palmira

Fuente: Elaboración propia con datos de la Policía Nacional de Colombia (2017a).

Por otra parte, para encontrar las relaciones espaciales de los delitos en espacios geográficos se hizo uso de las herramientas SIG, en particular de los *hotspots*. Para realizar el mapa de *hotspots* de homicidios se aplicó un Método conocido como *Kriging*. Para aplicar esta técnica fue necesario realizar previamente tres tareas: (1) determinar las variables dependientes e independientes, que para el caso del presente fueron los homicidios; (2) recolectar los datos de homicidios por medio de la base de datos ya citada; y (3) hacer las predicciones por medio del uso de *software* libre Qgis.

En el caso de Bello, los barrios que mayor cantidad de homicidios concentraron fueron Ciudad Niquía (54, 9 en promedio por año), Zamora (42), La Cabaña

(27), Niquía Camacol (27), Autopista Medellín-Bogotá (25), La Gabriela (25), Prado (21), París Central (19), Vereda El Pinar (18), Maruchenga (17), Vereda San Félix (17) y El Cónogo (13).

Si se observa la concentración de los homicidios, se evidencia que se generan tres ejes (figura 5): (1) en el norte de la ciudad con los barrios Altos de Niquía, Niquía Camacol, Niquía Quitasol, Niquía Bifamiliar y Ciudad Niquía; (2) en el centro, el cual particularmente concentra la mayor cantidad de homicidios, en él se localizan los barrios Central, Prado, Pérez, La Mesa, Cónogo, El Carmelo, Las Granjas, El Cairo y Manchester; y (3) en el sur en la frontera con Medellín y en el inicio de la Autopista hacia Bogotá, con los barrios La Madera, La Cabaña, Acevedo, Zamora y Santa Rita.

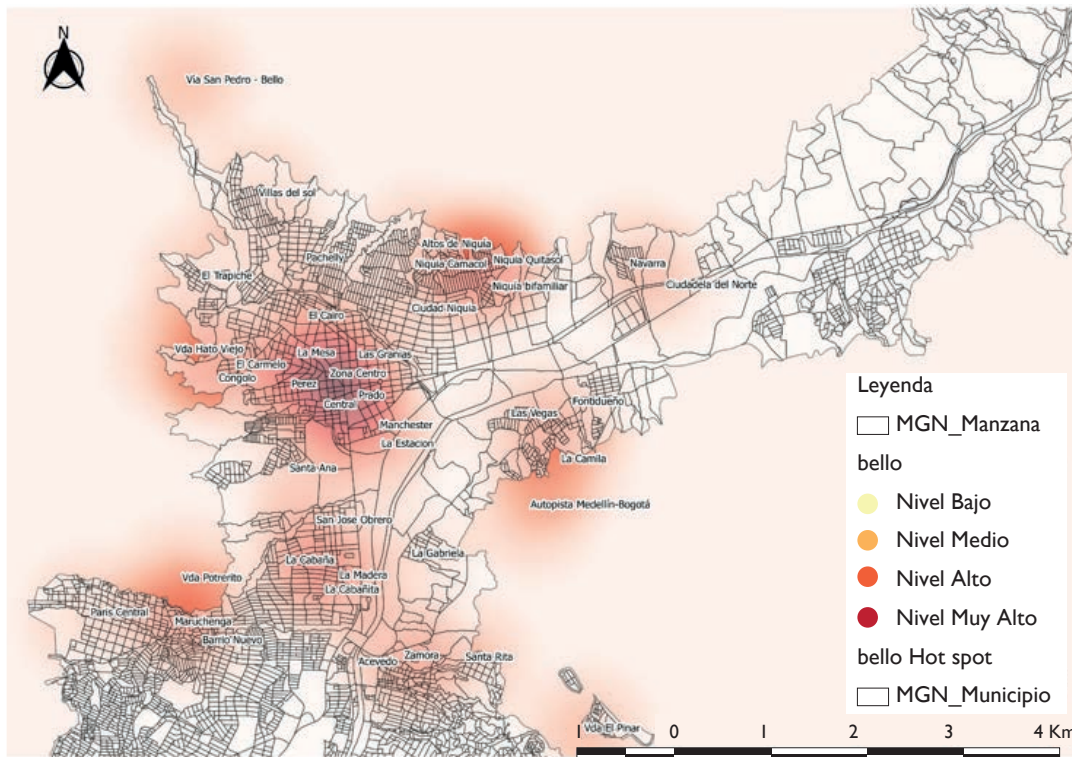


Figura 5. Hotspots de homicidios en Bello

Fuente: Elaboración propia con datos de la Policía Nacional de Colombia (2017a).

En el caso de Palmira, hubo cuatro barrios con más de un homicidio mensual (algo que en realidad es alarmante). En Zamorano (79), San Pedro (76) y La Emilia (72) dos mensuales y en Las Delicias (60) dos trimestrales. Otros barrios que poseen alto número son Loreto (44), Central (36), La Trinidad (34), Corregimiento de Rozo (31), Coronado (31), Colombia (29), Sembrador (26), Villa Diana (24), Caimitos (21), Colombina (21), Sesquicentenario (21),

Barrio Nuevo (20), Hárold Éder (20), La Odilia (20), Simón Bolívar (19), Alfonso López (18), Campestre (17), El Prado (17), Ignacio Torres (17), San Cayetano (17) Corregimiento Los Dolores (16), Corregimiento Nueva Tienda (15), Danubio (14), Olímpico (14).

En cuanto a la concentración, en Palmira se encontró un hecho particular: la mayoría se perpetró en la zona centro sur de la ciudad, que va desde los barrios Llano Grande (centro occidente) hasta

Campestre (centro oriente) (figura 6). En este eje se concentra casi el 70% de los asesinatos.

Adicional a este se encuentran otros tres: el primero, en el noroccidente (figura 6), en el que se localizan los barrios Hugo Varela, Caimitos, Ignacio Torres, Portal de las Palmas y Villa Diana; el segundo,

en el norte (figura 6), con los barrios Hérold Éder, Los Mangos y Zamorano (en el que se concentró la mayor cantidad de homicidios en el periodo de estudios); y el tercero, en el sur, que comprende los barrios Petruc, Las Américas, Sesquicentenario, Parque La Italia y Simón Bolívar (figura 6).

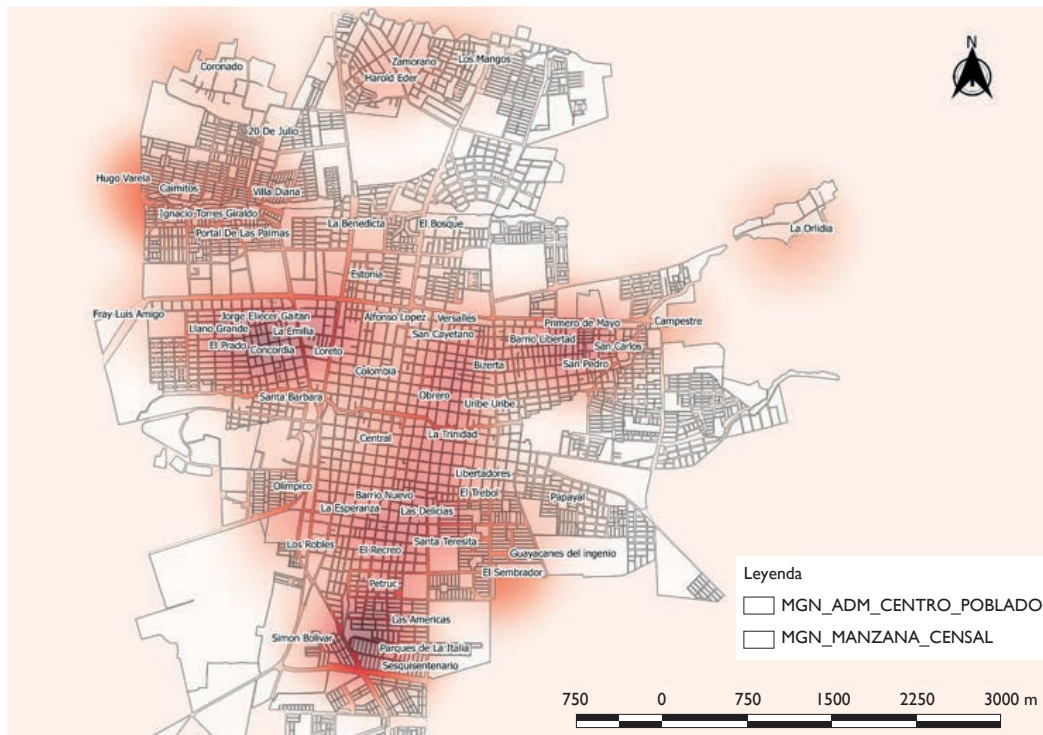


Figura 6. Hotspots de homicidios en Palmira

Fuente: Elaboración propia con datos de la Policía Nacional de Colombia (2017a).

Si se observan los mapas 2 y 3 de hotspots de homicidios se puede ver una similitud graficoespacial: En cada una de las dos ciudades hubo una centralidad que aglutinó la mayor cantidad de estas muertes y unos ejes satélite ubicados en los extremos de este núcleo (figura 7), lo que indica, al menos morfológicamente hablando, (1) que hay una distribución en la concentración de los asesinatos que puede ser similar dentro de cada una de las ciudades; y (2) que estos delitos se reúnen en una centralidad que se comunica con cada uno de los satélites. En otras palabras, esta centralidad puede influenciar la dinámica criminal de cada satélite.

Estos hallazgos coinciden con los resultados de otras investigaciones, por ejemplo los análisis de Vozmediano y Sanjuán (2010) en su estudio de la distribución de la criminalidad en el País Vasco. Encontraron que los homicidios y delitos contra la vida tienden a agruparse en las centralidades de las ciudades. Esta concentración es multicausal, es decir,

no obedece únicamente a la natural concentración de capitales y recursos que contiene una centralidad urbana (Manzano, 2014), sino que hay otros elementos, como el anonimato para el delincuente que permite el centro de la ciudad (Caldeira, 2000); la diversidad de capitales y personas que se movilizan en las centralidades, que aumentan las oportunidades del criminal (Kessler, 2004); la distribución urbana y equipamientos del centro, que permiten tanto el éxito del delincuente como la constante presencia de víctimas y consumidores de los productos y servicios que prestan algunos actores criminales (Bergman, Kessler, & Kessler, 2008).

Además, se generan una especie de satélites que se conectan a estas centralidades debido principalmente a dos situaciones: (1) a que en las periferias de las ciudades (es decir, de las centralidades) los pactos que generan las organizaciones criminales para controlar sus rentas en sus territorios, tanto con otras organizaciones como con las instituciones

de control legítimas, son altamente efectivos y no precisan de un volumen de homicidios (sí de violencia) tan alto (Briceño-León, 2002); y (2) a que en la medida que se aumenta el homicidio en estos sectores, se llama la atención de la opinión pública y se generan alarmas que a las instituciones de control, a pesar de los pactos tejidos con las organizaciones criminales, se les obliga a actuar, produciendo el aumento de enfrentamientos y por lo tanto

homicidios (Jiménez García, 2018). En ambos casos, los números de homicidios no tienden a ser mayores que los ocurridos en la centralidad.

Estos dos hechos podrían justificar otras investigaciones en otras ciudades intermedias, de modo que se compruebe si en las ciudades intermedias hay un patrón en la distribución de homicidios como el que en la presente investigación sí se pudo evidenciar en cada ciudad.

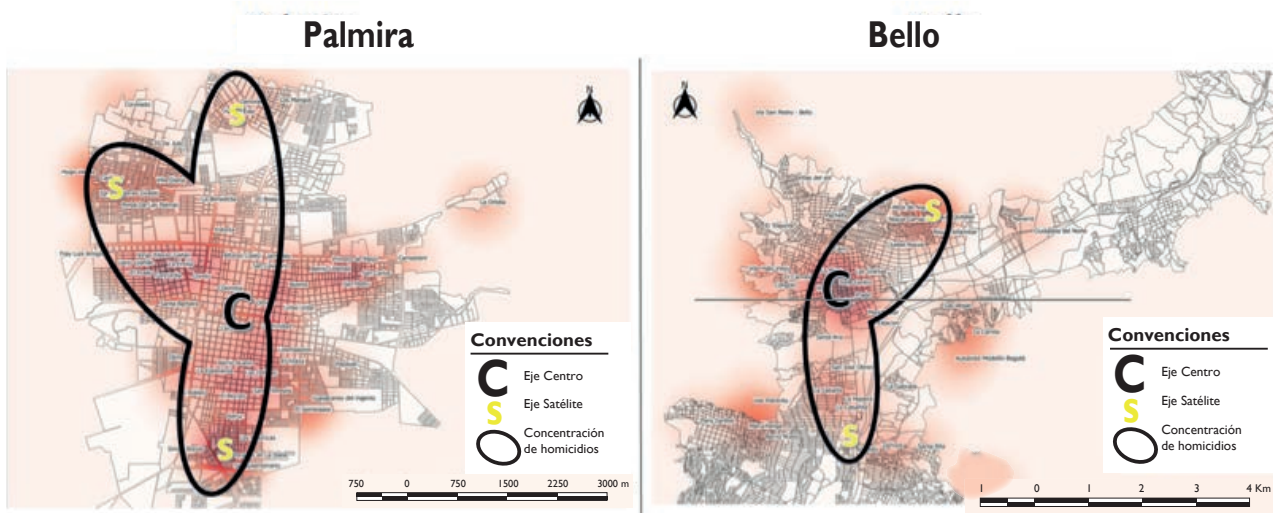


Figura 7. Patrón de concentración de los homicidios en las ciudades de Bello y Palmira

Fuente: Elaboración propia.

Discusión de Resultados

Aproximaciones espaciotemporales para la comprensión sistémica de los homicidios

Cuando se aplica un análisis de métricas topológicas se intenta analizar la distribución espaciotemporal de los homicidios para poder entender elementos como la simultaneidad y la espacialidad con el fin de encontrar patrones de organización. Esto permite afirmar que el homicidio no se distribuye al azar en los territorios donde se comete; de hecho, reconoce que este delito son prácticas sociales violentas premeditadas mediadas por una serie de circunstancias que van desde la captación de rentas criminales que produce un territorio, incluso como un mecanismo de control de los hábitos de producción de rentas en un territorio, hasta un mecanismo de producción, sostenimiento y acumulación de poder en un territorio.

En este sentido, la siguiente red topológica de los homicidios en cada una de las dos ciudades estudiadas permite (1) definir el comportamiento del homicidio en ellas; (2) comprender las lógicas de ocupación

y uso de los espacios por parte de los actores criminales; y (3) conocer cuáles son los territorios dentro de la ciudad que necesitan especial atención, ya sea para promover nuevas estrategias de control policial o para garantizar la presencia del Estado local en forma de planes preventivos y asistencia psicosocial a la población que funge como potencial víctima, como también de aquellos que suelen ser los victimarios.

En el municipio de Palmira se obtuvo una red densa de homicidios que mostró la conexión existente entre cada uno de estos en cada uno de los barrios. En la figura 8 se muestra gráficamente cómo se distribuyó geocronológicamente cada homicidio. Para interpretar esta figura hay que comprender que cada punto representa un homicidio en un barrio y que este punto se conecta con otros puntos, mostrando básicamente (1) la conectividad que se presenta entre los homicidios de cada barrio, donde la cantidad de conexiones mostrará un patrón de homicidios, que estará representado por el mayor número de conexiones que presente un barrio, información que permitirá comprender el papel o la trascendencia que tiene este barrio para la acumulación de homicidios; (2) que la conexión entre los homicidios

en los barrios genera circuitos, es decir, redes dentro de la red, los cuales para efectos visuales están representados por distintos colores. Estos circuitos son conocidos como comunidades y estas indican la fuerza que tienen las conexiones.

Para efectos de la intensidad del homicidio se encontró en Palmira que barrios como La Emilia, Las Delicias, Zamorano la tienen en mayores valores (figura 8). La intensidad es una medida de la significancia estadística que tienen estos barrios en el momento de entender la espacialidad del homicidio. En otras palabras, la intensidad mide qué tan fuerte es el delito de homicidio dentro de la comunidad, es una medida del impacto de la existencia del homicidio y de su simultaneidad y se calcula haciendo uso de la

media geométrica que resulta de una multiplicatoria. Este dato permite entender la importancia que tienen estos barrios para comprender el comportamiento de los homicidios. Esta información resulta útil si se quieren planear controles operativos por parte de la Policía, pues como mínimo se tendría que planear vigilancia policial efectiva y simultánea en estos sitios prioritarios. A su vez, la cantidad de homicidios en estos barrios y los conexos que ocurren debido a la simultaneidad de estos homicidios geográficamente hablando permite conocer la intensidad y esta a su vez es una medida de probabilidad que permite comprender, incluso inferir, el comportamiento del homicidio, así como las lógicas de las organizaciones criminales que cometen este delito.

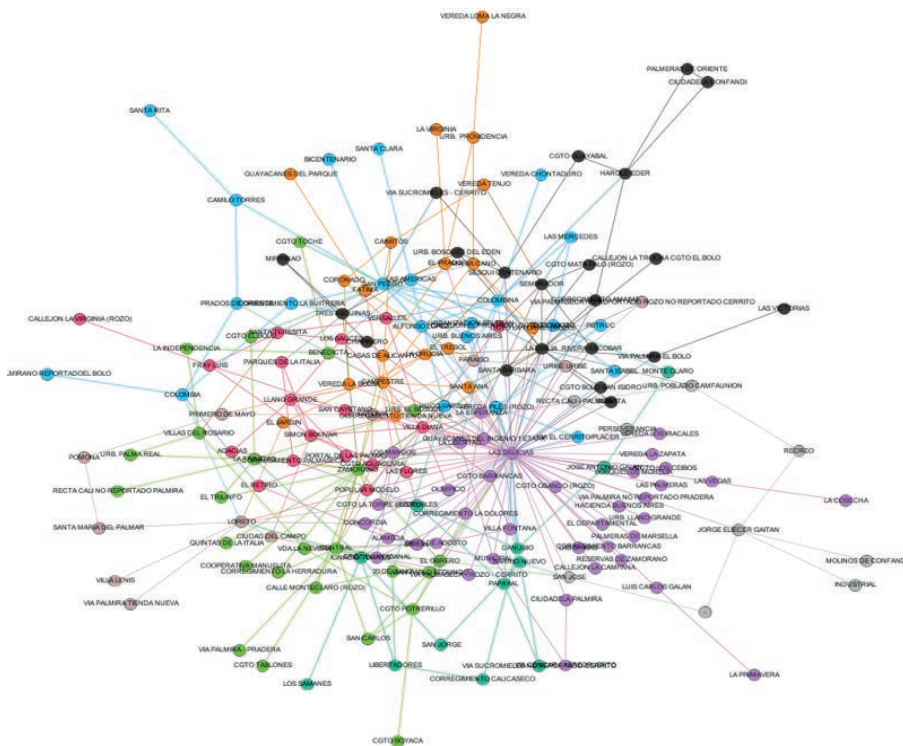


Figura 8. Red de homicidios del municipio de Palmira, Valle del Cauca

Fuente: Elaboración propia con datos de la Policía Nacional de Colombia (2017a).

En Palmira fue posible evidenciar la existencia de múltiples comunidades, representadas en la figura 8 por distintos colores. Cuatro tienen un alto poder explicativo al hablar de la distribución de homicidios, son las de color morado como centroide en el barrio Las Delicias, negro con centroide en el barrio La Emilia, azul con centroide en el barrio Central y verde con centroide en el barrio Zamorano.

Si bien la intensidad determina la fuerza del homicidio dentro de un espacio geográfico, no es

suficiente para comprender el patrón organizativo que tiene el homicidio en un territorio, ya que la intensidad se calcula multiplicando los dos valores de existencia de homicidios, lo que ofrece un valor que puede indicar relaciones entre los homicidios de dos barrios que no necesariamente estén conectados ni espacial ni temporalmente y que por lo tanto no tengan una relación evidente. Para solucionar esta situación se hace un cálculo, conocido como coherencia, la cual a través de una esperanza estadística (la media aritmética), que

hace una relación entre la media geométrica con la media aritmética, busca comprender el estado de los flujos que se generan en las conexiones de los nodos. En otras palabras, busca determinar si la intensidad y la fuerza de los nodos corresponden a eventos que sean lógicos con la realidad. En este sentido, valores cercanos a 1 determinan que hay una alta coherencia en la red y cercanos a 0 que los valores no tienen coherencia y por lo tanto no están conectados, es decir, están por fuera del patrón de la distribución espaciotemporal de los homicidios.

Para el caso de Palmira se halló que hay una coherencia del 0,8 (muy elevada), para las comunidades de Central-Los Mangos 0,60, para las de Las Delicias-La Emilia 0,61, y 0,64 para las de La Emilia-María Cano, los cuales son los anillos más externos en la figura 9. Este resultado indica que estos barrios concentran la mayor intensidad de delitos y que desconectar estos barrios de la producción de homicidios permitiría atacar de manera estratégica y sistémica la red de homicidios.

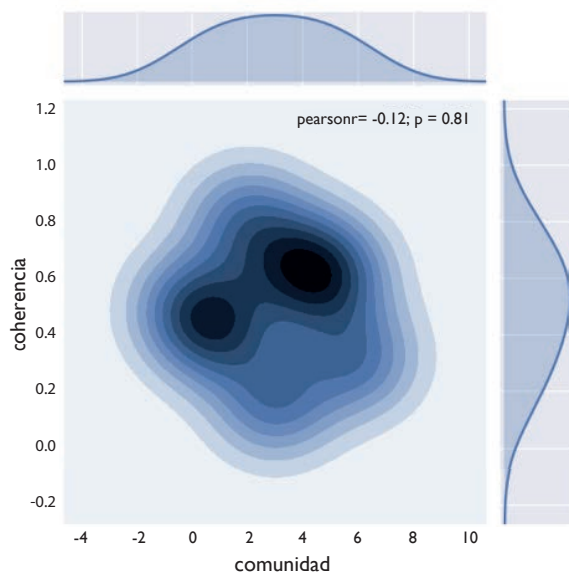


Figura 9. Coherencia por cliques y comunidades del homicidio en el municipio de Palmira, Valle del Cauca

Fuente: Elaboración propia.

Por su parte, en el municipio de Bello se encontró una red menos densa que en Palmira, debido a que en aquel se registraron menos homicidios (figuras 2 y 3). Bello tiene un elemento muy característico y es que se ve con claridad que el barrio Pachely es el nodo central que conecta los homicidios con todos demás barrios. En este sentido se podría afirmar que

si se genera un control estatal efectivo en este barrio, se podría garantizar una reducción integral de los homicidios, ya que se está atacando integralmente la estructura que puede gerenciar, administrar o tal vez controlar la dinámica criminal de este territorio.

Otro elemento particular que tiene Bello y que lo diferencia de Palmira es que no hay barrios en los que los homicidios estén desconectados de otros. Es decir, todos presentaron simultaneidad y por lo tanto conexión, no hay casos aislados. Este hecho es un indicador del control efectivo territorial ejercido por parte de las organizaciones criminales en Bello, las cuales luego de consolidar el poder y manejar todos los capitales de un territorio se encargan de racionalizar el uso de la violencia, particularmente del homicidio. En este sentido se presenta una característica, la selectividad de los homicidios, hay pocos, pero generan alto impacto (se busca dejar un claro mensaje del control del territorio). Esto se puede constatar también por la merma de homicidios que tiene Bello.

En Bello se registraron seis comunidades (figura 10), la más densa representada por los cliques morados, formando un eje en los barrios Pachely, Los Alpes, Zona Centro y Suárez. Le siguen la red azul, representada por Zamora-Niquía- Rincón Santo; la verde, conformada por barrios como Maruchenga-Ciudadela del Norte-El Paraíso, y en la zona rural, la anaranjada, con sitios como la Vereda de San Félix-Hato Viejo-El Salado.

Por su parte, al estudiar la coherencia en cuanto a comunidades y cliques, se encontró que los niveles de esta son altos (0,20 a 0,50) (figura 11). Llama la atención la presencia de valores muy altos (0,54) (figura 11), correspondientes a cliques representados por barrios como Zamora, Maruchenga y Pachely y a la comunidad representada por el color morado (figura 7).

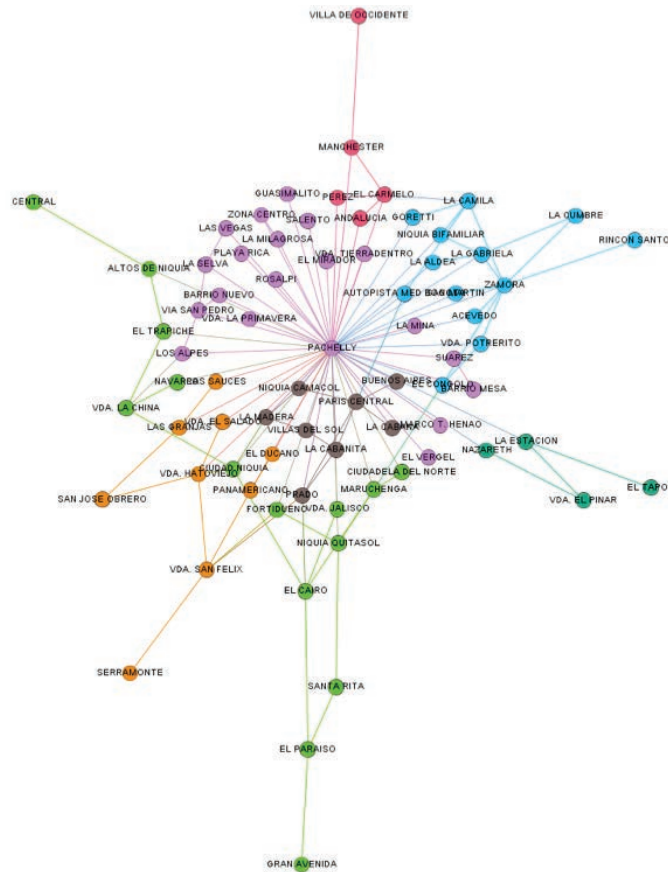


Figura 10. Red de homicidios del municipio de Bello, Antioquia

Fuente: Elaboración propia con datos de la Policía Nacional de Colombia (2017a).

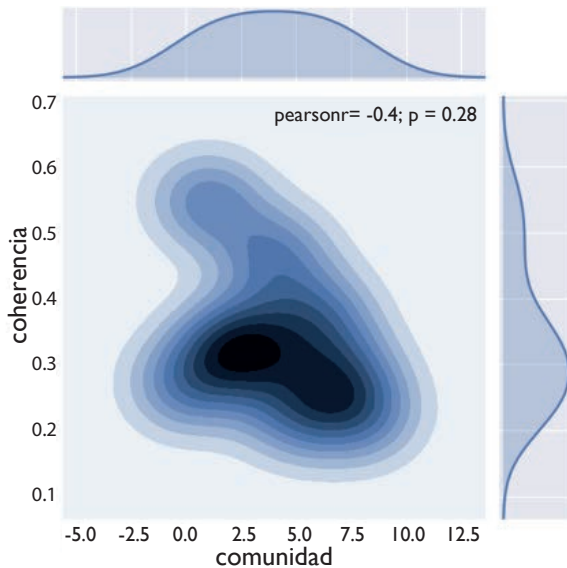


Figura 11. Coherencia por cliques y comunidades del homicidio en el municipio de Bello, Antioquia

Fuente: Elaboración propia.

Conclusiones

De acuerdo con la literatura revisada, es posible evidenciar y concluir que los estudios de redes complejas han sido poco utilizados para comprender las dinámicas espaciotemporales de los delitos y en particular de los homicidios. El presente estudio es apenas un preámbulo tanto para comprender esta compleja realidad como para perfeccionar la aplicación de unas técnicas metodológicas para el análisis sistémico de los delitos.

Combinando dos técnicas de análisis como son los *hotspots* y la métrica de redes topológicas complejas, se pudo visualizar el patrón que siguen los homicidios en dos ciudades intermedias colombianas, en particular con una escala de análisis barrial. En este estudio se logró evidenciar que existe un patrón de distribución espacial, hallado por medio de la interpretación de los *hotspots* de homicidios, similar para las tres ciudades, hecho que resulta gráficamente evidente en el mapa 5. Este patrón evidencia que las zonas más calientes se distribuyen en un nodo central y en dos ejes satelitales que se interconectan por medio de un “puente”.

Esta información fue coincidente con los elementos hallados de las redes topológicas, las cuales, además de medir la distribución espacial del delito (como complemento de la técnica de los *hotspots*), permitieron calcular la intensidad que tienen los homicidios en los barrios más críticos a través de las conexiones que se generan cuando estos delitos se presentan de manera simultánea. En este sentido, se pudo encontrar que en Bello hay una red pequeña con altos grados de interconexión y con una alta coherencia (figuras 7 y 8), muy característica del ejercicio de organizaciones criminales que controlan los territorios. En Palmira esta red es muy densa y tiene comunidades muy amplias con altos niveles de intensidad, sobresale el alto nivel de coherencia (muy cercano a 1,0) (figura 5 y 6), hecho que permite afirmar que el modelo explicativo conseguido con este Método topológico es una muestra muy fiable, que tiene un alto factor explicativo en cuanto al comportamiento de los homicidios en esta ciudad.

Es preciso concluir que este tipo de análisis sistémico permite comprender los patrones homicidas y conocer de forma indirecta la capacidad de control territorial que tienen las organizaciones de crimen organizado en las ciudades colombianas, hecho que hace de la presente Metodología toda una innovación en el análisis criminológico de estos delitos.

El conocimiento de este patrón es útil para las autoridades de control coercitivo, ya que con base en esta información se pueden planear esquemas de vigilancia y seguridad, planear estrategias lúdicas y pedagógicas por el respeto a la vida y a los valores socioculturales, entre otras acciones estatales que permitan legitimar la administración de la violencia por parte de las autoridades civiles legales. Así, estos insumos metodológicos validados permiten no solo construir información, sino potenciar y complementar la calidad de los análisis que se tiene sobre fenómenos complejos como lo son el delito y la violencia.

Expresiones de gratitud

Agradecemos a la Policía Nacional de Colombia, en especial al Observatorio del Delito de esta institución, el cual recolecta información estadística de homicidios, la cual es puesta a disposición del público para consulta y procesamiento.

Declaración de conflictos de interés

Declaramos que ninguno de los dos autores tenemos conflictos de intereses con la producción de la actual investigación.

Contributions of complexity for the understanding of the dynamics of violence in cities. Case study: the cities of Bello and Palmira, Colombia (Years 2010-2016)

Aportes de la complejidad para la comprensión de las dinámicas de la violencia en las ciudades. Caso de estudio: las ciudades de Bello y Palmira, Colombia (años 2010-2016)

Contribuições da complexidade para a compreensão das dinâmicas da violência nas cidades. Caso de estudo: as cidades de Bello e Palmira, Colômbia (anos 2010-2016)

Receipt date: 2019/01/10 | Evaluation date: 2019/06/08 | Approval date: 2019/07/12

Williams Gilberto Jiménez García

PhD in Human and Social Sciences
Teacher, School of Sciences, Arts and Humanities
Universidad Nacional Abierta y a Distancia
Eje Cafetero, Colombia
williams.jimenez@unad.edu.co

Ricardo Rafael Rentería Ramos

PhD in Economic Sciences
Teacher, School of Basic Sciences, Technology and Engineering
Universidad Nacional Abierta y a Distancia
Bogotá, Colombia
rafael.renteria@unad.edu.co

Abstract

There are varied studies that attempt to explain violence in Latin American cities, most approached from a single disciplinary field such as sociology and criminology. This article tries, from the perspective of complexity, to provide tools that allow us to understand the dynamics of violence in urban contexts. The nature of the study is quantitative; this is a case study that compares the homicides of two intermediate Colombian cities. For this, the database that compiles the National Police of Colombia through its statistical system was processed, the data of the 2010-2016 time window was spatialized, hotspots maps, where we could evidence the distribution of homicides in certain sectors of the cities studied were created and, finally, topological metrics that

allowed us to visualize patterns of these violent events were performed. Among the important findings that were obtained through this methodology are (1) that the distribution and diffusion patterns are very different in space and time because the topological evolution of the subgraphs that compose the complex networks of the systems studied follows different behaviors despite having a series of similar social, economic and environmental variables; (2) that homicides tend to concentrate and coincide with the centralities of the cities studied; and (3) that the tools of complexity, as well as interdisciplinary studies, are innovative and useful for understanding the dynamics of urban violence.

Keywords

Violence, homicide, criminal statistics, crime trends (source: Latin American Criminal Policy Thesaurus - ILANUD), crime statistics (author)

Introduction

Violence can be classified as a phenomenon of a multidimensional nature because although it is basically the violent social practices that define it, the acts that are considered violent are so diverse in their impacts and consequences, as well as in their origins that it is almost impossible to refer to violence as an object of unique, particular or singular study. In other words, for the establishment of tracer elements that allow to understand, evaluate and monitor violence, it is required to consider particular aspects of each territory and of the more extensive psychosocial context because, among other things, emerging effects result from such different causalities that classical statistical descriptions, sociological interpretations or psychological diagnoses which fail to describe in accordance, are particularly used in a disaggregated way.

In that sense, rises the need to involve methodological approach studies that allow the generation of synthetic approaches without affecting the interactions of the situational components of the territory under study. For this reason, complex thinking becomes the ideal methodological approach to study the space-temporality of violence in one or more territories.

For Edgar Morín (1999), complex thinking is a proposal to reform current thinking, whose ability to relate the paradoxical and inconceivable faced with uncertainty and its emergencies, is viable through a dialogic rationality in which life, nature and thought intercommunicate. Along this same line, Martos (2015, p. 13) states that complex thinking is used in researches “in a narrower sense, to designate scientific studies that attempt to explain the complex dynamics of the objects under study, without extracting from it more general cosmo-visual or methodological consequences”.

In this sense, the present investigation is based on the paradigm of complex thinking in that the investigation is of a relational type (far from traditional Cartesianism), so, before rejecting a research hypothesis, the contradictions of reality and chance that we try to explore are integrated and overcome, something like what expressed by Morín (1999), through dialogic processes where the epistemological complexities and doubts of the certainties of knowledge are included (Morín, 1997).

From this definition, then you understand that through the use of the paradigm of complexity it is possible to reach the presumption of building and consolidating an investigation object a little more reliable and that allows being exhausted from the

analysis of various disciplines. This ethical implication seeks to contribute to the valuation of the properties exhibited by a complex system; examples of this premise are in the contribution of physics and everything related to the study of fields and particles that can be used for some social studies; for example, Edmonds and Meyer (2013) present a series of methods of physics to study factors such as persuasion and resilience, among other social processes that turn out to be dynamic over time. As for what corresponds to violence and crime, the focus of studying complex systems that stands out are complex networks. These are useful to represent the interaction of territorial variables in the space-temporality of the crime, as presented by some studies of D’Orsogna and Perc (2015) and Papachristos (2009), which allowed to study from a perspective system the complexity of urban violence in aspects such as interaction of illegal groups such as gangs and gangs with some of the crimes or homicides, distribution of temporal patterns of crime in different territories.

The foregoing allows a space-time analysis of violence (represented by the homicide variable) to be considered for the present investigation, using tools of complexity sciences, particularly topological metrics, in two Colombian municipalities with high rates of homicides and are suburbs to two of the largest cities in Colombia, which in late 1980 suffered the impact that generated the today extinct drug cartels of Cali and Medellín.

In this sense, the present study has as a general objective to establish the territorial relations that are embodied in a defined geographical space such as the city to understand the violent social practices produced by homicides. The aforementioned, based on the hypothesis that homicides are not distributed homogeneously in the territories nor in a random manner, meaning that, they occur due to an intentionality that arises from a rationality of exploitation of the rents of a territory.

Current Situation

It is not possible to determine an exclusive linear or causal relationship between violence and the city, what does not mean that there is no interaction between the two. In the city not only violence is contained, it reproduces, sometimes its inhabitants can cause it and in others suffer its effects. The relationship between city and violence can be found when the former is understood as a scenario of social relations (Carrión, 1993) and the latter as a particular conflict relationship presented in this scenario (Guzmán Barney, 2007) .

It can be stated that in Latin America there is a historical relationship between the city, its rates of urbanization and violence (Gaviria & Pages, 1999; Vargas & García, 2007). The foregoing does not limit violence to circumscribe in the city; in fact, there is rural violence, but what can be noted is that there is a differentiation of the type of violence between the two contexts, were according to Duncan (2005) in the countryside crimes against persons, family and moral take precedence and in the city crimes against property.

In the study of Churruca (2014) it is evident that the mass migration from rural to urban areas in Latin America generated a situation which allowed the confrontation and social conflict; according to Jiménez García (2013, p. 64), "more people than the territory could have, the Government could attend and society could tolerate, arrived". This human displacement generated an increase in rates of urbanization in the cities and in crime rates, as in the city (1) more wealth is concentrated and therefore the means are diversified to obtain and compete for it (Perea, 2016); (2) higher amounts of risk accumulate (Chardon, 2008); (3) it produces the marginalization of broad sectors of human groups (Petrella & Vanderschueren, 2003); (4) there is greater pressure for social recognition (Del Olmo, 2000); and (5) the bonds of solidarity that were brought from the countryside are diluted (Guzmán Barney, 2007).

Latin America has become a continent of cities; its accelerated urbanization has coincided with the increase in homicide rates (Carrión, 2008). There are several explanations that research has offered to this relationship of urbanization and violence: For Briceño-León (2002) the migratory dynamics from the countryside to the city in most Latin American countries not only explains the acceleration of urbanization, but also the increase in violence, since the city is the scenario where conflicts and competences for goods and services arise (Cocco & Lopes, 2010).

However, the population explosion does not generate violence by itself according to Martin (2012); the Latin American urbanization process is related to violence in the sense that this disorganized and unplanned growth has led to deep problems of coexistence and marked social resentment among the most marginal groups (Rotker, 2000; Vargas & García, 2007). This urbanization process without articulation, governed by the logic of power and territorial control, characterized by the lack of balance and equity (Briceño-León, 2007) has propitiated in Latin American cities a whole social order that recognizes in violence a medium which guarantees survival in the city (Kessler, 2004), either using it against some other individual or adapting to it.

In turn, the socio-spatial segregation (Caldeira, 2011; Paternain, 2006) is caused partially by the migration from the countryside to the city and the socio-economic conditions of cities in general (rather than individual ones), generating sites, dangerous and insecure areas and neighborhoods (Bordsorf, 2003), where violent criminal acts hatch (Jiménez García, 2014).

Since the mid-nineties, several ecological crime studies have attempted to find the political-institutional and socio-economic factors that are configured in urban settings where there are high rates of violence in Latin America, comparing the distribution of homicides in different aggregate units: countries, regions, provinces, departments, metropolitan areas, municipalities, cities, communes and neighborhoods (Beato, Peixoto & Andrade, 2004; Dammert & Lunecke, 2004; Jiménez García, 2016).

From econometrics and multivariate analysis, the study made by De la Fuente Mella, Mejías and Castro O'Kunightons (2011) determined how some explanatory variables such as poverty, schooling, drug use, inequality and even the model of household leadership influenced the behavior of violent crimes against property.

The study of Villarreal and Silva (2006) is illuminating as it empirically proves sociological theories of crime on a defined territorial scale: the neighborhood. In this research the effect of the structural characteristics of the neighborhood in the social cohesion of the inhabitants and the production of crime in this political and cultural area. The study was based on a multilevel design and the data was collected through a survey in a community in the city of Belo Horizonte (MG). The main conclusion of this study focused on affirming the existence of poor neighborhoods of dense networks and high levels of homicide constitute an epistemological challenge for theories of social disorganization, results that are similar to those found by Manzano (2009) in slums of Santiago de Chile.

In the same line, the study Escobar (2012) developed in neighborhoods of Bogotá using spatial data analysis found that the concentration of social disadvantages, social-spatial segregation, social disorder and the presence of formal institutions of social control can predict high levels of violence in some neighborhoods of the Colombian capital. However, he also found that *proxy* variables such as sex and the age group (specifically young men, between the ages of 17 and 25) did not explain much of the homicides of the most dangerous neighborhoods in Bogotá, what means that for these neighborhoods, the existence of criminal structures such as urban militias, youth combos and gangs, do not have such a strong

impact, as stated in other studies such as González and others (2012), but there are other elements such as social disadvantages which can explain in a more complete way the homicidal situation that is present in these neighborhoods.

Materials and methods

The present study is designed from a quantitative research approach with different levels of analysis (city and neighborhoods). It answers a problematizing question that seeks to study the joint variability of space and time to predict or generate crime scenarios: focusing geographic areas of insecurity and determining vulnerable groups to suffer criminal acts. For this, the results of the criminal statistical information that the Colombian National Police builds were analyzed. The analysis is of a statistical-relational type with the use of complexity theory, a fact that makes it correlational-explanatory, since it seeks to know the relationship between variables and understand the meaning of such relationship.

The case study

The search to produce knowledge that is useful to understand phenomena that affect the urban areas of Colombia demanded, in a first stage, to select cities that were representative of the cities of the region. The elements that were taken into consideration were their characteristics of population, social indicators and levels of violence.

Methodologically, it was determined to use two conditioning criteria, the first was related to the fact that they are intermediate cities, as in Colombian investigation of the phenomena of violence about investigations of the cities of Cali (Valle de Cauca), Medellín (Antioquia), Bogotá (Cundinamarca) and recently Barranquilla (Atlántico) and little is known about the intermediate cities or suburbs of these cities such as Bello and Itagüí (Antioquia), Palmira and Yumbo (Valle del Cauca), Soledad and Puerto Colombia (Atlántico) or Soacha (Cundinamarca). The second criteria was the application of a method of differences in comparative studies, known as Most Similar System Design (MSSD) that seeks to compare similar units (intermediate cities) in their components and different in their results (Anckar, 2008). Thus, the selected cities were Bello (Antioquia) and Palmira (Valle del Cauca).

The two cities have elements in common that should be highlighted. The two populated centers (1) have high urban growth rates; (2) receive a large

number of people displaced by violence, but also of local immigrants who arrive seeking better economic opportunities (National Planning Department, 2012); (3) have a particular strategic location that stimulates and encourages the configuration and operation of illegal markets, especially that of drugs (Cortés, Gómez & García, 2015): (3.1) Bello is located in the road node that connects the Valle de Aburra and southern Antioquia with the main centrality of the country, Bogotá; (3.2) Palmira is located next to Cali and is part of a large agro-industrial center in the country; besides, it is found in a point connecting the port of Buenaventura, at the Pacific Ocean, with Andean regions as the Eje Cafetero and the Cauca.

The techniques: Topological Networks and their spacing

This study adds to the growing number of academic papers that make use of complex networks to explain multi-causal phenomena such as violence. First, the spatial relationship of homicide in each of the municipalities is presented and then, secondly, to show its space-time relationship.

The dataset comes from the Observatory of the Crime of the National Police of Colombia, which is the research area of this entity that is responsible to collect, process, analyze and evaluate information for the homicides applying criminological science (National Police Colombia, 2017b). This set contains information of the homicides in the municipalities of Bello and Palmira during the years 2010-2016, describing variables such as police station, date, time, neighborhood, kind of place, weapon, characteristics of the victim and characteristics of the victimizer. The Police collect this information thanks to a legal mandate that confers such responsibility and based on internal protocol that validates the data processed here.

The data set constructed from the information provided by the Police contains 2166 records, each with 15 variables that describe the violent act. Information that was collected in the field by personnel of the National Police of Colombia, the Colombian Institute of Legal Medicine and other institutions of criminological profile, such as the Attorney General's Office.

For the construction of this model, two computational tools were used to answer the fundamental questions of this research. Qgis was used to present the special graphics. However, all spatial statistical analyzes were developed in Python through the Geopandas, Shapely and scipy.spatial packages.

For representation of hotspots Kriging models were especially used.

As for the networks, in this study tools belonging to complex networks are used from the perspectives of Strogatz (2001), Dorogovtsev and Mendes (2003), Estrada and Rodríguez-Velázquez (2005) and Newman (2010). Complex networks can be understood as sets of many connected nodes that have some interaction. The nodes are called vertices or elements and are represented with symbols such as v_1, v_2, \dots, v_N , where N is the total number of nodes in the network. If a node v_H connects to other node v_S , this connection is represented by an ordered pair (v_H, v_S) .

A network represents a system through its components and the relationships that are configured between them. The network can be mapped using a graph $A(V, E)$, with V the set of vertices $v \in V$ and E the set of edges or links between vertices. This methodology has been widely used to investigate natural, social and artificial systems, such as social cohesion and victimization (Rentería-Ramos & Soto, 2016), the optimum of criminal networks (Sarmiento, Cantillo, Realpe, & Montoya, 2016), design and planning of intelligent surveillance networks (Relanzón, 2009), measures of police performance through complex networks (De Oliveira Muniz & Proença Júnior, 2005) and lifestyles and health (Pastor-Satorras & Vespignani, 2002).

Inside the applications of criminology that have used complex networks, Papachristos (2006, 2009, 2014) works stand out, who uses network analysis to study the criminogenic dynamics of gangs, criminal and delinquent gangs in a territory. A particularity that these investigations have is that for the construction of the networks, the nodes represent people who belong to the different illegal groups, and the edges are framed in social relationships that represent social conflicts such as aggressions and territorial disputes (Papachristos 2006, 2009, 2014). This type of studies has managed to find even endogenous factors that explain in greater detail the criminological dynamics of the territory, for example the patterns of retaliation, as well as alliances (between certain groups) to subordinate the strongest; They are subject to conditions of space and time. Despite having the same actors and patterns and the same variables in all territories, with the results obtained by Papachristos, Hureau and Braga (2013) it is inferred that these come from an adaptive and evolutionary dynamic of the variables, which were not explained as one of its simple parts.

Davies and Marchione (2015) propose a network model to study the spatial-temporal patterns of criminological events by illegal actors. The central idea of this research work is the configuration of

the factors that favor the patterns of criminogenic events taking into account the co-occurrence of space and time. Because of that, for the design of this network, nodes defined as the geographic locations where the events occurred, and the edges are the co-occurrence of events in time, in certain geographical radios. For this reason, the subgraphs that make up the network become the main information to find the most significant configurations in the appearance of the criminogenic patterns of the territory. These subgraphs are known as motifs, they are characterized for being elements with low levels of entropy in the circulation of their information; therefore, their interactions and their flows can be considered as causal elements

Thus, for this investigation a process similar to that proposed by Davies and Marchione (2015) will be carried out, a complex network will be considered where the nodes will be the spatial locations where homicides occur, and the edges are the co-occurrences of these in a mobile window of time. For detection of motifs cliques detection algorithms will be used (a type of subgraph in which all nodes interact with each other) based on the Kumpula *et al.* (2008) algorithm. One of the inconveniences of working with subgraphs of a network is its granularity, which can be a difficulty in prioritizing zones. Therefore, it is necessary, in addition to cutting the cliques with high statistical significance for the pattern configuration, to build assemblies of these to obtain a multidimensional approach to this phenomenon in the territory. The incorporation of algorithms was needed, the first of which refers to measures intensity and coherence of motifs of Onnela *et al.* (2005) to assess the statistical significance of the subgraph and the subgraphs assembly algorithm of Fortunato (2010).

In the representation of results, the colors of the edges reflect the application of the algorithms previously mentioned; meaning the same colors reflect nodes motifs with high levels of intensity and coherence and the various assemblies existings between them.

Diagnosis of the homicide network in the two cities studied

After debugging the database of the National Police of Colombia and selecting the variables to study, for the case of this study are time (time of the murder) and space (neighborhoods), which will be known from now henceforth as the nodes of the network, the homicide relationship with the geographical spaces where they were perpetrated was evidenced, following a basic scheme, where B1, B2 and B3

represent neighborhoods in which some homicide was committed in the times t_1, t_2, t_3 . These numbers s represents n simultaneity (time distribution) of the homicide.

Then B_1, B_2 and B_3 represent neighborhoods. The strength of the links W_{ij} defined by the formula

$$W_{ij} = \sum_k D_{i,k} \cdot D_{j,k}, \quad (1)$$

Where k is the time of the murder and j is the place where it happened. The greater the number of homicides at a given site or time, the greater the strength of the relationship between the variables.

Intensity and coherence analysis

In complex networks, the motifs show interconnection patterns with frequencies much higher than those graphs that study random situations. These types of studies or analyzes have been used in works such as those by Delmas *et al.* (2017) and Rodríguez-Rodríguez, Jordano and Valido (2017). Motives or coherence have intrinsic characteristics that determine the probability of occurrence of certain values in the nodes, despite its application to particular sections of the network (De Oliveira Muniz & Proença Júnior, 2005). This fact allows a generation of a series of trends in information that allow visualizing elements such as the consensus of the nodes that configure the addresses and magnitudes of these relationships in the network. This condition is essential to understand the topology of crimes and also to find patterns of homicides in the territories.

To introduce topological aspects of motifs in weighted networks (or force), the use of intensity and coherence metric developed by Onnela *et al.* (2005) takes pace. This methodological model, intensity $I(g)$

for the graph g with vertices V_g and the edges l_g as the geometric measure their weights W_{ij} or their strong points is given by the following equation:

$$I(g) = \left(\prod_{(ij) \in l_g} W_{ij} \right)^{1/|l_g|} \quad (2)$$

This formula guarantees the qualification of the link in the coherence of the W_{ij} values and leads to prioritize the neighborhoods where there are more coincidences in the homicide time-space. From there, coherence $Q(g)$ is set, which allows studying the consensus of the variables at the edges of the motives. Coherence takes values close to the most important unit for its graph to establish the association between a set of neighborhoods, is defined as the relationship between intensity $I(g)$ and the geometric mean of its weights or strengths W_{ij} , as presented in the following equation:

$$Q(g) = \frac{I_g}{\sum_{(ij) \in l_g}^n W_{ij}} \quad (3)$$

Results

Homicide statistics in cities

The cities selected for this study were Bello (Antioquia) and Palmira (Valle del Cauca) (figure 1). Bello has 482,287 inhabitants (DANE, 2016), the largest population after the city of Medellín, in the metropolitan area of the Valle de Aburrá, in the west-center of the country. On its behalf, Palmira is the second most populous city (310,594 people –DANE, 2016–) in the metropolitan region of the southern Valle del Cauca (not a legally constituted metropolitan area), in the southwest of Colombia.

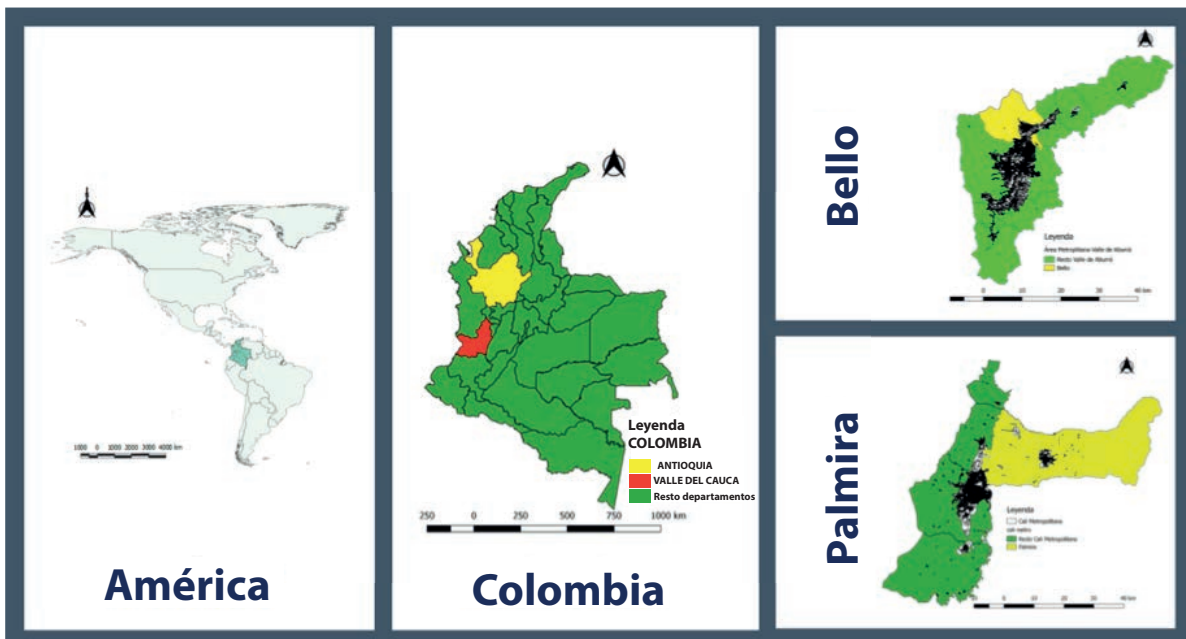


Figure 1. Geographical location of the municipalities of Bello and Palmira

Source: Own elaboration.

These cities have similar criminal dynamics from a national and regional perspective, but different from the municipal, local and even micro-local perspectives. For purposes of this study, the behavior of homicides will be analyzed comparatively for each of the two cities.

During the study period, in the two cities there were 2166 homicides, 31.35% in Bello and 68.5% in Palmira (figure 2). Although Palmira is a less populated center than Bello, in the first more murders were committed year after year. These tend to go descending in Palmira and are rising in Bello.

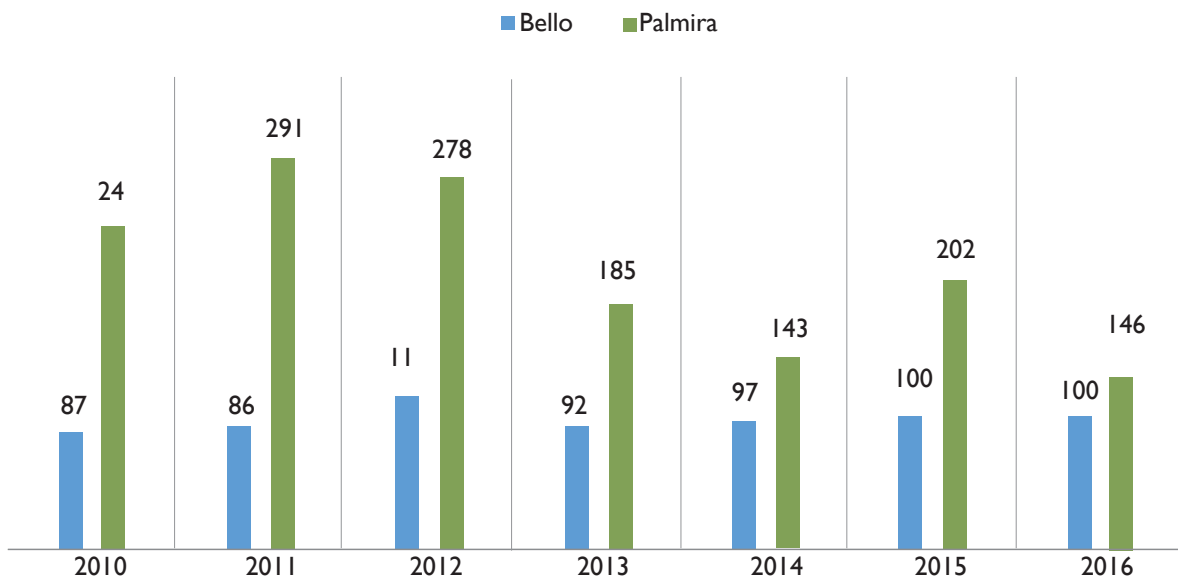


Figure 2. Homicides registered in the cities of Bello and Palmira, years 2010-2016

Source: Own elaboration with data from the National Police of Colombia (2017a).

Regarding the homicide rates, which allow us to understand the impact of this crime faced to the society that receives it and compare the reach it has in the two cities, the highest was that of Palmira, which in some cases exceeded even by four times the one of Bello (figure 3). Palmira's was always higher than the

national one (Colombia); Bello's, except for last year (2016), was always below (figure 3). It is also necessary to indicate that both cities exceeded the limit set by WHO, which categorizes homicide in the territories as a pandemic (Franco, 1999).

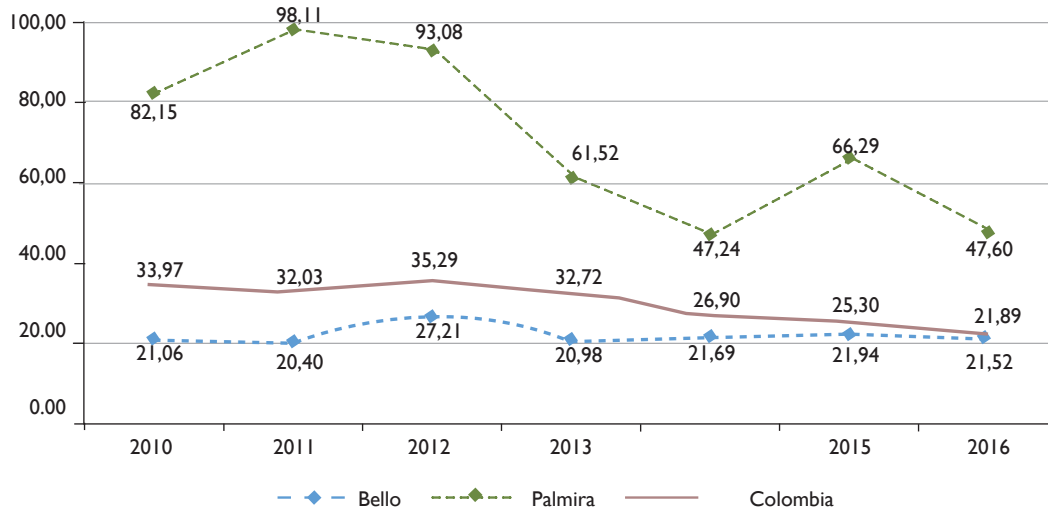


Figure 3. Homicide rate of the cities of Bello and Palmira, years 2010-2016

Source: Own elaboration with data from the National Police of Colombia (2017a) and population-based calculations.

If the year-on-year behavior of homicides is observed by city, for Palmira 2011 was the most violent (292, rate: 98.11) and when there were the least was in 2014 (143, rate: 47.24). In Bello, the year with the most violent deaths was 2012 (117, rate:

27.21); otherwise occurred in 2016 (92, rate: 21.52. Figures 2 and 3).

As for the time of day (temporary), more homicides were recorded in both cities at night, followed by the afternoon and early morning (figure 4).

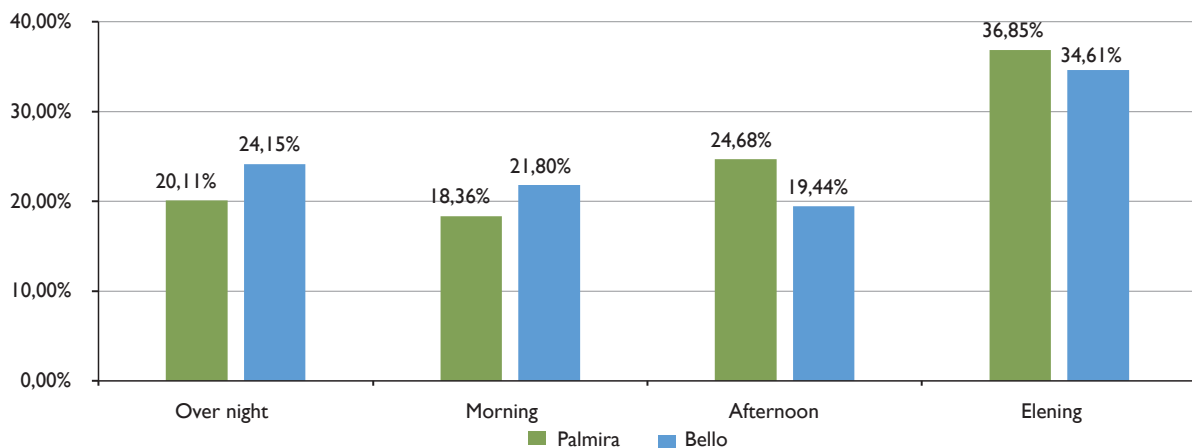


Figure 4. Days in which homicides were committed in the cities of Bello and Palmira

Source: Own elaboration with data from the National Police of Colombia (2017a).

On the other hand, in order to find the spatial relationships of crimes in geographical spaces, GIS tools were used, particularly *hotspots*. To make the map of homicide *hotspots*, a method known as *Kriging* was applied. To apply this technique it was necessary to previously perform three tasks: (1) determine the dependent and independent variables, which in the case of this were homicides; (2) collect homicide data through the aforementioned database; and (3) make the predictions by using free *software* Qgis

In the case of Bello, the neighborhoods with the highest number of homicides concentrated were Ciudad Niquía (54, 9 on average per year), Zamora (42), La Cabaña (27), Niquía Camacol (27), Medellín - Bogotá Highway (25) Gabriela (25), Prado (21), Par í

s Central (19), Vereda El Pinar (18), Maruchenga (17), Vereda San Félix (17) and El Cóngolo (13).

If the concentration of homicides is observed, it is evident that three axes are generated (figure 5): (1) in the north of the city with the neighborhoods Altos de Niquía, Niquía Camacol, Niquía Quitasol, Niquía Bifamiliar and Ciudad Niquía; (2) in the center, which particularly concentrates the largest number of homicides, the Central, Prado, Pérez, La Mesa, Cóngolo, El Carmelo, Las Farjas, Cairo and Manchester neighborhoods are located; and (3) in the south on the border with Medellín and at the beginning of the Highway to Bogotá, with the neighborhoods La Madera, La Cabaña, Acevedo, Zamora and Santa Rita.

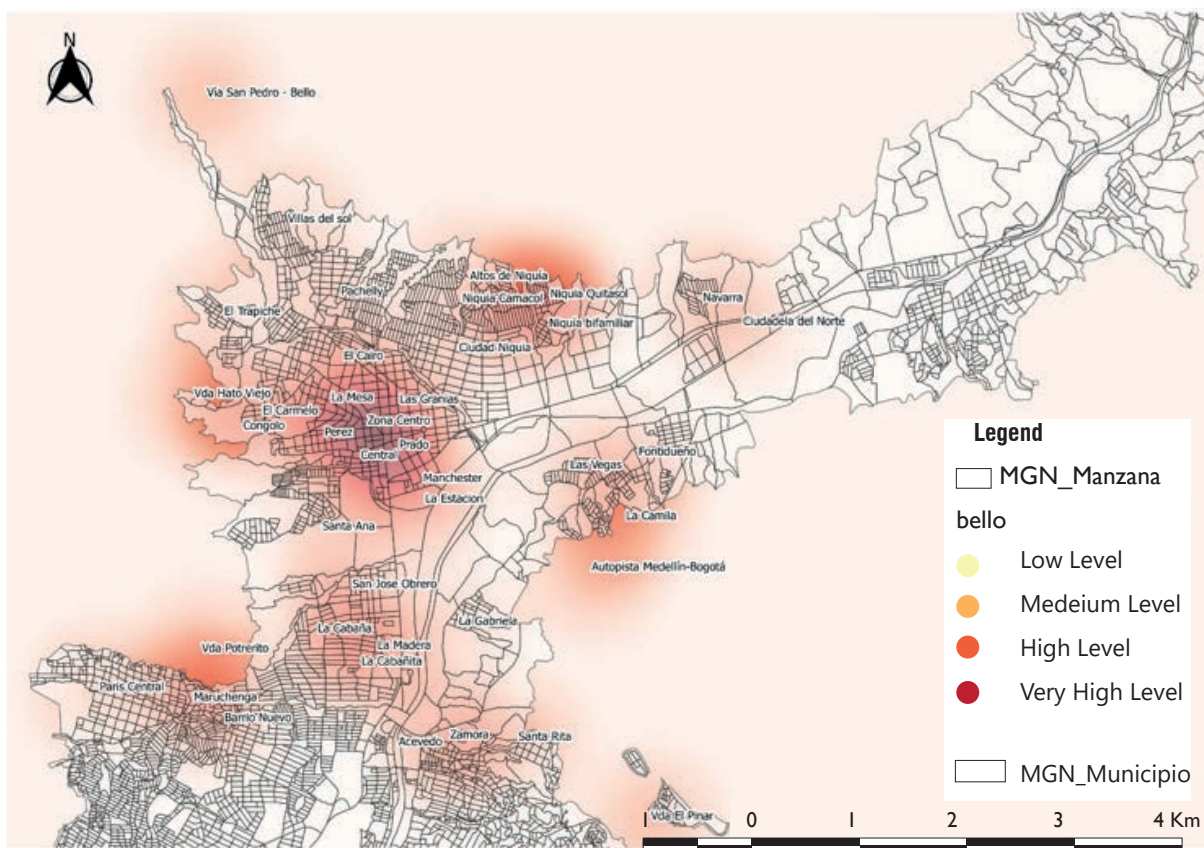


Figure 5. Homicide Hotspots in Bello

Source: Own elaboration with data from the National Police of Colombia (2017a).

In the case of Palmira, there were four neighborhoods with more than one monthly homicide (something that is actually alarming). In Zamorano (79), San Pedro (76) and La Emilia (72) two monthly and in Las Delicias (60) two quarterly. Other neighborhoods that have a high number are: Loreto (44), Central (36), La Trinidad (34), Corregimiento de

Rozo (31), Coronado (31), Colombia (29), Sembrador (26), Villa Diana (24), Caimitos (21), Colombina (21), Sesquicentenario (21), Barrio Nuevo (20), Harold Eder (20), La Odilia (20), Simón Bolívar (19), Alfonso López (18), Campestre (17), El Prado (17), Ignacio Torres (17), San Cayetano (17) Los Dolores (16) Corregimiento NuevaTienda (15), Danubio (14), Olímpico (14).

As for the concentration, in Palmira a particular fact was found: most of them were perpetrated in the center south area of the city, which runs from the neighborhoods of Llano Grande (center west) to Campestre (center east) (figure 6). In this axis almost 70% of the murders concentrate. Additional to this, there are other three: the first, in the northwest (figure 6), in which neighborhoods Hugo Varela,

Caimitos, Ignacio Torres, Portal de las Palmas and Villa Diana are located; the second, in the north (figure 6), with the neighborhoods Harold Eder, Los Mangos and Zamorano (in which the majority of homicides concentrated in the study period); and the third, in the south, comprising the neighbourhoods of Petruc, Las Americas, Sesquicentenario, Parque La Italia and Simón Bolívar (figure 6).



Figure 6. Homicide Hotspots in Palmira

Source: Own elaboration with data from the National Police of Colombia (2017a).

If maps 2 and 3 of homicide hotspots are observed you can see a graphic-space similarity: In each of the two cities there was a centrality that agglutinated the majority of the deaths and some satellite axes located at the ends of this core (figure 7), indicating, at least morphologically speaking, (1) that there is a distribution in the concentration of murder that can be simile within each of the cities; and (2) that these crimes are gathered in a centrality that communicates with each of the satellites. In other words, this centrality can influence the criminal dynamics of each satellite.

These findings coincide with the results of other investigations, for example, the analyzes by Vozmediano and Sanjuán (2010) in their study of the distribution of crime in the Basque Country. They found that homicides and crimes against life tend to group up in the cities' centralities. This concentration is multi-causal, that is, it does not only obey the natural concentration of capital and resources that an urban centrality contains (Manzano, 2014), but there are other elements, such as the anonymity for the offender that offers the city center (Caldeira, 2000); the diversity of capitals and people who mobilize in

the centralities, which increase the opportunities of the criminal (Kessler, 2004); the urban distribution and equipment of the center, which allow both the success of the offender and the constant presence of victims and consumers of the products and services provided by some criminal actors (Bergman, Kessler, & Kessler, 2008).

In addition, a kind of satellites that are connected to these centralities are generated, mainly due to two situations: (1) that in the peripheries of cities (meaning, of the centralities) pacts generated by criminal organizations to control their income in their territories, both with other organizations and with the legitimate control institutions, are highly effective and do not require a volume of homicides (they do of

violence) as high (Briceño-León, 2002); and (2) to the extent that homicide increases in these sectors, the attention of the public opinion is called and alarms are generated, that control institutions, despite the pacts woven with criminal organizations, are required to act, producing the increase or of clashes and therefore homicides (Jiménez García, 2018). In both cases, the numbers of homicides do not tend to be higher than the ones occurred in the centrality.

These two facts could justify other investigations in other intermediate cities, so that it is checked whether in the intermediate cities there is a pattern in the distribution of homicides such as the one that could be evidenced in the present investigation in each city.

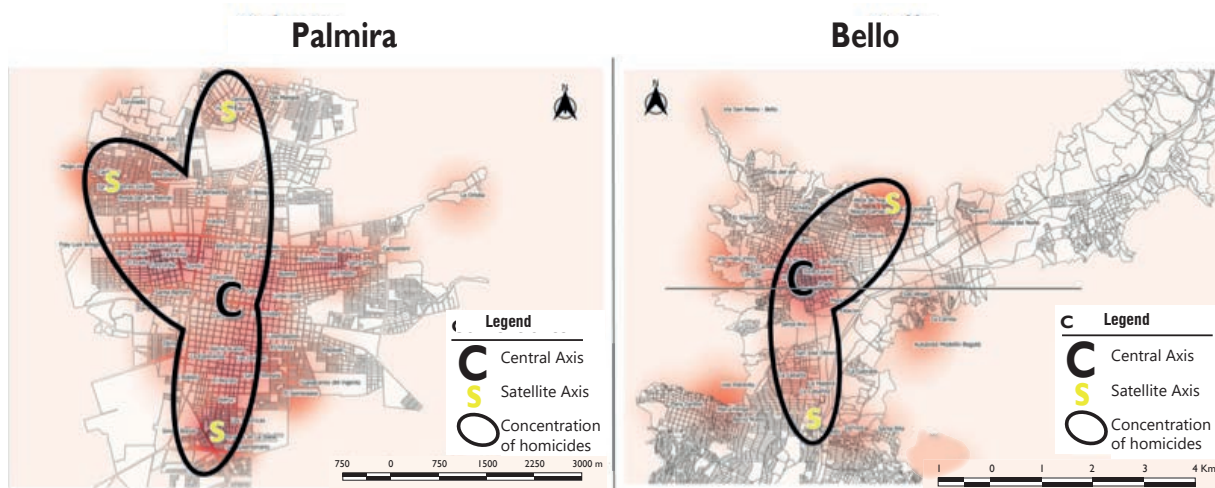


Figure 7. Pattern of concentration of homicides in the cities of Bello and Palmira

Source: Own elaboration.

Discussion of results

Space-time approaches for systemic understanding of homicides

When applying an analysis of topological metrics, we try to analyze the spatial-temporal distribution of homicides in order to understand elements such as simultaneity and spatiality in order to find patterns of organization. This allows us to affirm that murder is not distributed randomly in the territories where it is committed; in fact, it recognizes that this crime is premeditated violent social practices mediated by a series of circumstances that range from the capture of criminal income produced by a territory, including as a mechanism for controlling income production

habits in a territory, to a mechanism of production, maintenance and accumulation of power in a territory.

In this sense, the following topological network of homicides in each of the two cities studied allows (1) to define the behavior of homicide in it; (2) understand the logic of occupation and use of spaces by criminal actors; and (3) know which are the territories within the city that need special attention, either to promote new police control strategies or to guarantee the presence of the local State in the form of preventive plans and psychosocial assistance to the population that serves as potential victim as well as also for those who are often the perpetrators.

In the municipality of Palmira a dense network of homicides showed the connection existing between each of them in every neighborhood. In figure 8 it is shown graphically the way each homicide was distributed or geo-chronologically. To interpret this figure it is necessary to understand that each point represents a homicide in a neighborhood and that this point connects with other points, basically showing (1) the connectivity that occurs between the homicides of each neighborhood, where the number of connections will show a pattern of homicides, which will be represented by the greatest number of connections that a neighborhood presents, information that will allow to understand the role or transcendence that this neighborhood has for the accumulation of homicides; (2) that the connection between homicides in neighborhoods generates circuits, that is, networks within the network, which for visual effects are represented by different colors. These circuits are known as communities and they indicate the strength of the connections.

For purposes of the intensity of the homicide it was found in Palmira that neighborhoods like La

Emilia, Delicias, Zamorano have it at higher numbers (figure 8). Intensity is a measure of the statistical significance that these neighborhoods have at the time of understanding the spatiality of the homicide. In other words, the intensity measures how strong is the crime of murder within the community, it is a measure of the impact of the existence of the murder and its simultaneity and is calculated using the geometric mean that results from a multiplier. This data allows us to understand the importance of these neighborhoods in understanding the behavior of homicides. This information is useful if you want to plan operational controls by the police, because at least you would have to plan effective and simultaneous police surveillance in these priority sites. In turn, the number of homicides in these neighborhoods and the related ones that occur due to the simultaneity of these homicides geographically speaking allows to know the intensity and this in turn is a measure of probability that allows to understand, even infer, the behavior of the homicide, as well as the logic of criminal organizations that commit this crime.

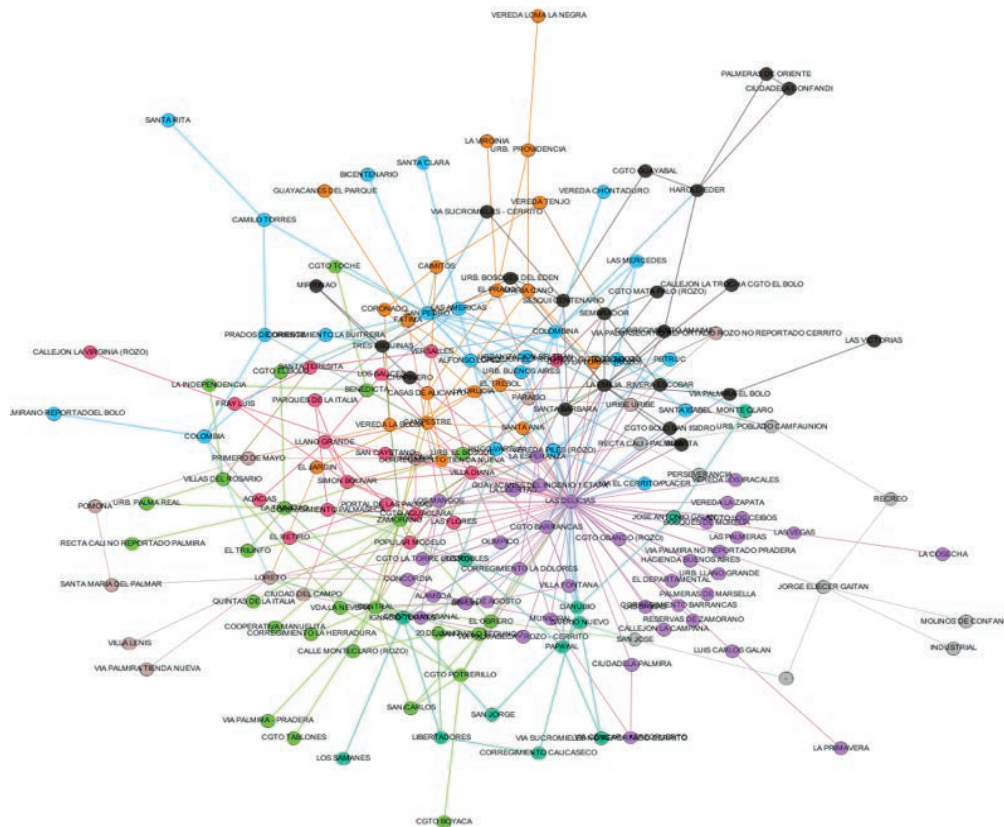


Figure 8. Homicide network of the municipality of Palmira, Valle del Cauca

Source: Own elaboration with data from the National Police of Colombia (2017a).

In Palmira, it was possible to demonstrate the existence of multiple communities represented in figure 8 by different colors. Four have a high explanatory power when talking about the distribution of homicides; they are those of purple as centroid in the neighborhood Las Delicias, black with centroid in La Emilia, blue with centroid in Central neighborhood, and green with centroid in Zamorano neighborhood.

Although the intensity determines the force of the homicide within a geographical space, it is not enough to understand the organizational pattern that the homicide has in a territory, since the intensity is calculated by multiplying two values of homicide existence, what offers a value which may indicate relationships between the homicides of two neighborhoods that are not necessarily connected either spatially or temporarily and therefore do not have an obvious relationship. To solve this situation a calculation is made, known as coherence, which through a statistical yield (the arithmetic means), which

makes a relationship between the geometric mean and the arithmetic mean, seeks to understand the state of the flows that are generated in the connections of the nodes. In other words, seeks to determine whether the intensity and strength of the nodes corresponds to events that are logical with reality. In this sense, values close to 1 determine that there is a high coherence in the network and close to 0 that the values have no coherence and therefore are not connected, meaning, they are outside the pattern of the spatial-temporal distribution of homicides.

In the case of Palmira, it was found that there is a coherence of 0,8 (very high), for the communities of Central-Los Mangos 0.60, for those of Las Delicias-La Emilia 0.61, and, 0.64 for the Emilia-Maria Cano, which are the outer rings in figure 9. This result indicates that these neighborhoods concentrate the greatest intensity of crimes and that disconnecting these neighborhoods from the production of homicides would allow the network of homicides to be strategically and systemically attacked.

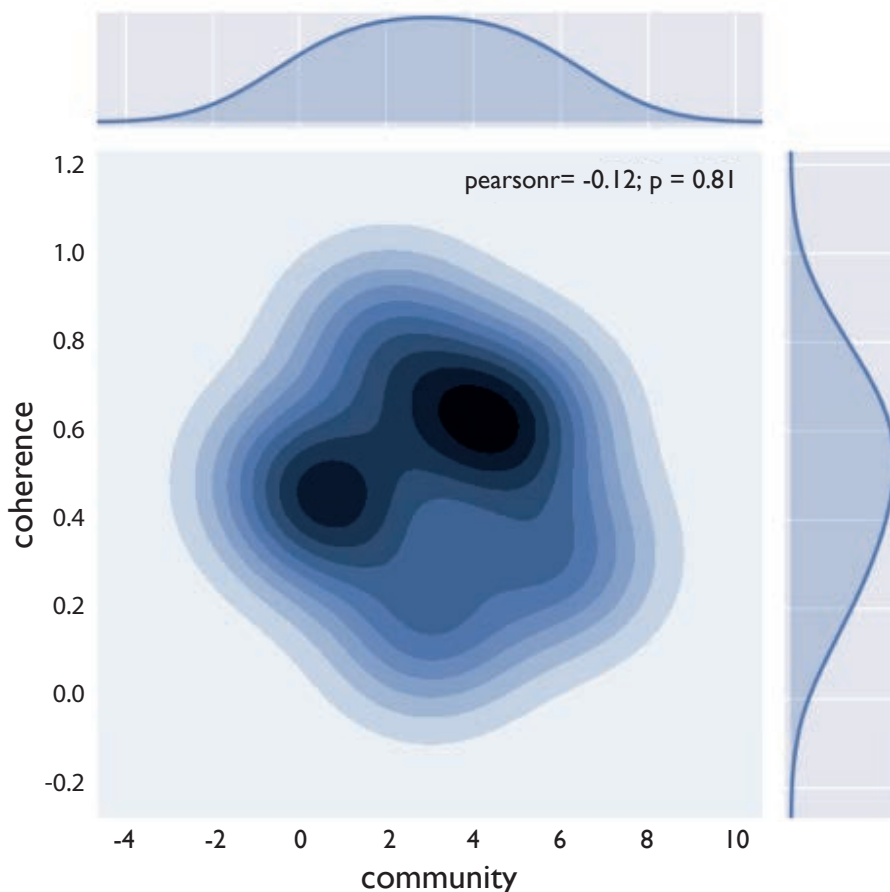


Figure 9. Coherence by cliques and homicide communities in the municipality of Palmira, Valle del Cauca

Source: Own elaboration.

Meanwhile, in the town of Bello a less dense network than in Palmira was found, because there, fewer homicides were registered (figures 2 and 3). Bello has a very characteristic element and it is clear that the Pachely neighborhood is the central node that connects homicides with all other neighborhoods. In this sense, it could be affirmed that if effective state control is generated in this neighborhood, an integral reduction of homicides could be guaranteed, since it is attacking the structure that can manage, administer or perhaps control the criminal dynamics of this territory

Another particular element that Bello has and that differentiates it from Palmira is there are no neighborhoods where homicides are disconnected from others. That is, all presented simultaneity and therefore connection, there are no isolated cases. This fact is an indicator of the effective territorial control

exercised by criminal organizations in Bello, which after consolidating power and managing all the capitals of a territory are responsible for rationalizing the use of violence, particularly homicide. In this sense there is a characteristic, the selectivity of the homicides, there are few, but they generate high impact (it is sought to leave a clear message of territory control). This can also be verified by the decrease in homicides Bello has.

In Bello, six communities were recorded (figure 10); the densest represented by the purple cliques, forming an axis in neighborhoods Pachely, Los Alpes, Zona Centro and Suarez. They are followed by the blue network, represented by Zamora- Niquia – Rincón Santo; the green one, made up of neighborhoods like Maruchenga -Ciudadela del Norte- El Paraiso, and in the rural area, the orange one, with places like Vereda de San Félix - Hato Viejo - El Salado.

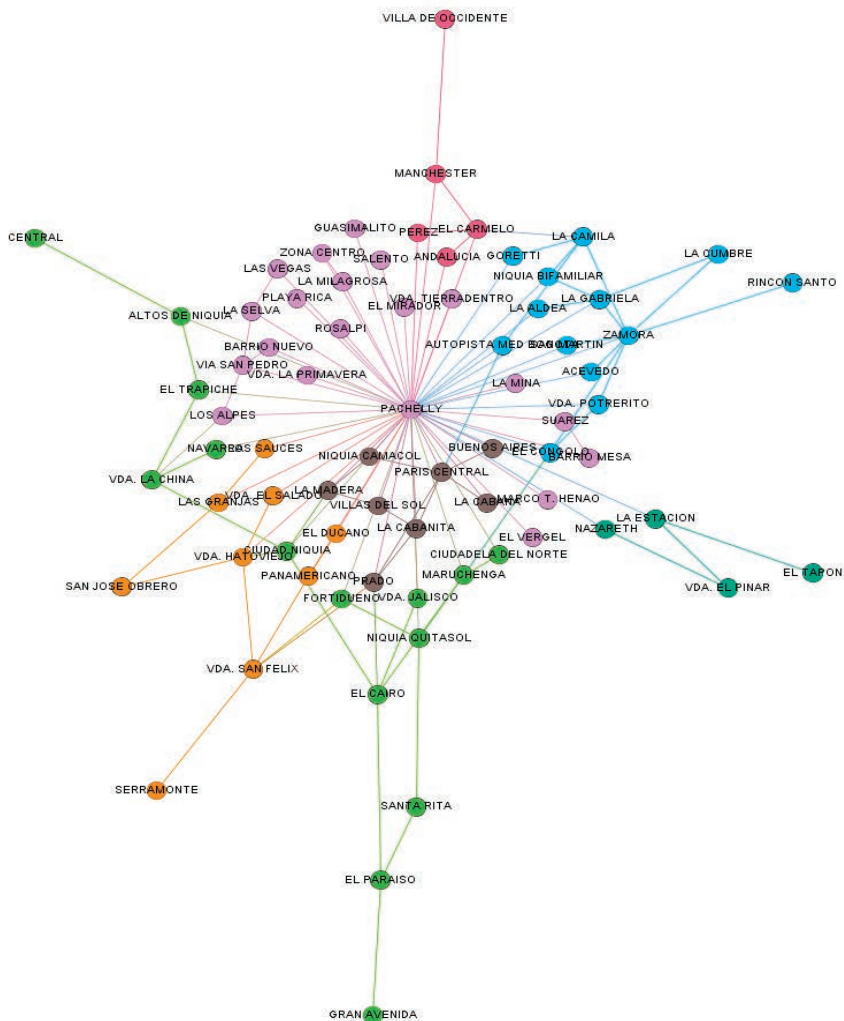


Figure 10. Homicide network of the municipality of Bello, Antioquia

Source: The self-report with data from the National Police of Colombia (2017a).

Meanwhile, when studying coherence regarding communities and cliques, it was found that its levels are high (0,20 to 0,50) (figure 11).The presence of very high values stands out (0.54) (figure 11) corresponding

to cliques represented by neighborhoods as Zamora, Maruchenga and Pachely and the community represented by purple (figure 7).

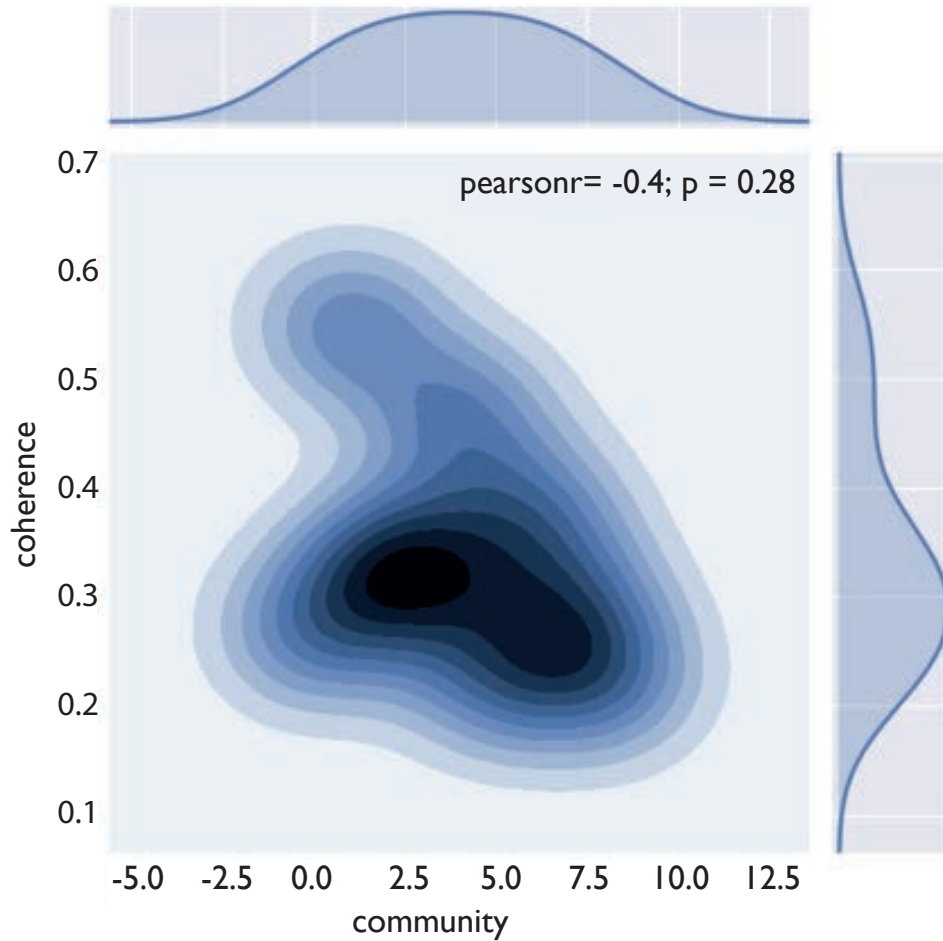


Figure 11. Coherence by cliques and homicide communities in the municipality of Bello, Antioquia

Source: Own elaboration.

Conclusions

According to the literature reviewed, it is possible to evidence and conclude that studies of complex networks have been little used to understand the spatial-temporal dynamics of crimes and in particular of homicides. The present study is just a preamble both to understand this complex reality and to improve the application of methodological techniques for the systemic analysis of crimes.

Combining two analysis techniques such as *hotspots* and the metrics of complex topological networks, the

pattern followed by homicides in two intermediate Colombian cities, in particular with a scale of neighborhood analysis, could be visualized. In this study it was possible to show that there is a pattern of spatial distribution, found through the interpretation of homicide hotspots, similar for the three cities, a fact that is graphically evident in map 5. This pattern shows that the hottest zones are distributed in a central node and in two satellite axis that are interconnected by means of a “bridge”.

This information was coincident with the elements found in the topological networks, which, in addition to measuring the spatial distribution of crime (as a complement to the technique of *hotspots*), allowed to calculate the intensity homicides have within most critical neighborhoods through connections that are generated when these crimes are presented simultaneously. In this regard, we could find that there is a small network with high levels of interconnection and high coherence in Bello (figures 7 and 8), very characteristic of the exercise of criminal organizations that control the territories. In Palmira this network is very dense and has very large communities with high intensity levels, high coherence level protrudes (very close to 1,0) (figures 5 and 6), fact that allows to assert that the explanatory model achieved with this topological method is a very reliable sample, that has a high explanatory factor regarding the behavior of homicides in this city.

It is necessary to conclude that this type of systemic analysis allows us to understand the homicidal patterns and indirectly know the territorial control capacity that organized crime organizations have in Colombian cities, fact that makes the current methodology an innovation in criminological analysis of these crimes.

The knowledge of this pattern is useful for coercive control authorities, since based on this information, surveillance and safety schemes can be planned, ludic and pedagogical strategies can be planned for respect for life and socio-cultural values, among other state actions that allow legitimizing the administration of violence by legal civil authorities. So, these validated methodological inputs allow not only building information, but also to enhance and complement the quality of the analysis of complex phenomena had, such as crime and violence.

Expressions of gratitude

We thank the National Police of Colombia, particularly the Observatory of Crime of this institution, which collects statistical information of homicide, which is made available to the public for consultation and processing.

Declaration of conflicts of interests

We declare that neither author has conflicts of interest with the production of the current research.

References

Anckar, C. (2008). On the Applicability of the Most Similar Systems Design and the Most

Different Systems Design in Comparative Research. *International Journal of Social Research Methodology*, 11(5), 389-401.

- Beato, C., Peixoto, B. & Andrade, M. (2004). Crime, oportunidade e victimacao [Crime, opportunity and victimization]. *Revista Brasileira de Ciências Sociais*, 19(55), 73-90.
- Bergman, M., Kessler, Y. G. & Kessler, G. (2008). Vulnerabilidad al delito y sentimiento de inseguridad en Buenos Aires: determinantes y consecuencias [Vulnerability to crime and a feeling of insecurity in Buenos Aires: determinants and consequences. *Economic Development*]. *Desarrollo Económico*, 48(189-190), 209-234.
- Bordsorf, A. (2003). La segregación socioespacial en ciudades latinoamericanas: el fenómeno, los motivos y las consecuencias para un modelo de desarrollo urbano en América Latina. En *Transformaciones regionales y urbanas en Europa y América Latina*. [Socio - spatial segregation in Latin American cities: the phenomenon, the reasons and the consequences for urban development model in Latin America. In *regional and urban transformations in Europe and Latin America*] Barcelona: Publicaciones de la Universidad de Barcelona.
- Briceño-León, R. (2002). La nueva violencia urbana de América Latina [The new urban violence in Latin America. *Sociologies*]. *Sociologías* (8), 34-51. <https://doi.org/10.1590/S1517-45222002000200003>.
- Briceño-León, R. (2007). *Sociología de la violencia en América Latina*. [Sociology of violence in Latin America] (FLACSO, Ed.) (Primera). Quito.
- Caldeira, T.P.do R. (2000). *City of walls: crime, segregation, and citizenship in São Paulo*. University of California Press.
- Caldeira, T. P. do R. (2011). *Ciudad de muros*. (GEDISA, Ed.). Barcelona.
- Carrión, F. (1993). De la violencia urbana a la convivencia ciudadana. [From urban violence to citizen coexistence] *PGU. Serie gestión urbana*, 5-22.
- Carrión, F. (2008). Violencia urbana: Un asunto de ciudad. [Urban violence: A city issue.] *Eure*, 34(103), 111-130. <https://doi.org/10.4067/S0250-71612008000300006>.
- Chardon, A.-C. (2008). Amenaza, vulnerabilidad y sociedades urbanas [Threat, vulnerability and urban societies]. *Gestión y ambiente*, 11(2), 123-136.
- Churruca, C. (2014). El reto de la seguridad humana en América Latina: El problema de la violencia

- endémica. [The challenge of human security in Latin America: The problem of endemic violence] *Araucaria. Revista Iberoamericana de Filosofía, Política y Humanidades*, 16(32), 315-337. <https://doi.org/10.12795/araucaria.2014.i32.16>.
- Cocco, M. & Lopes, M. (2010). Violência entre jovens: dinâmicas sociais e situações de vulnerabilidade. [Violence among young people: social dynamics and situations of vulnerability] *Revista Gaúcha de Enfermagem (Online)*, 31(1), 151-159. <https://doi.org/10.1590/S1983-14472010000100021>.
- Cortés, Y., Gómez, C. & García, L. E. (2015). Lineamientos de política para la gestión pública contra la comercialización de estupefacientes [Policy guidelines for public management against the marketing of narcotic drugs]. *Gestión territorial de la seguridad ciudadana*, (3), 3-12.
- D'Orsogna, M. & Perc, M. (2015). Statistical physics of crime: A review. *Physics of Life Reviews*, (12), 1-21. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.plrev.2014.11.001>.
- Dammert, L. & Lunecke, A. (2004). *La prevención del delito en Chile. Una visión desde la comunidad*. [The prevention of crime in Chile. A vision from the community] Santiago de Chile: CESC; Universidad de Chile.
- DANE. (2016). *Estimaciones 1985-2005 y proyecciones 2005-2020 de hogares nacional y departamental por área*. [1985-2005 estimates and 2005-2020 projections of national and departmental households by area] (DANE, Ed.). Bogotá.
- Davies, T., Marchione, E. (2015) Event Networks and the Identification of Crime Pattern Motifs. *PLOS ONE* 10(11): e0143638. doi:10.1371/journal.pone.0143638.
- De la Fuente Mella, H., Mejías, C. & Castro O'Kuinghtons, P. (2011). Análisis econométrico de los determinantes de la criminalidad en Chile [Econometric analysis of the determinants of crime in Chile]. *Política criminal*, 6(11), 192-208. <https://doi.org/10.4067/S0718-33992011000100007>.
- De Oliveira Muniz, J. & Proença Júnior, D. (2005). *Bases conceptuales de métricas y padrones de medida del desempeño policial* [Conceptual basis of metrics and standards of measurement of police performance] (SENASP/MJ). Brasilia.
- Del Olmo, R. (2000). Ciudades duras y violencia urbana [Hard cities and urban violence]. *Nueva Sociedad*, (167), 1-15.
- Delmas, E., Besson, M., Brice, M.-H., Burkle, L., Dalla Riva, G., Fortin, M.-J., ... Poisot, T. (2017). Analyzing ecological networks of species interactions. *bioRxiv*, 112540, 1-20.
- Departamento Nacional de Planeación. (2012). *Algunos aspectos del análisis del sistema de ciudades colombiano*. [Some aspects of the analysis of the Colombian city system] Bogotá, D. C.: Imprenta Nacional de Colombia.
- Dorogovtsev, S. & Mendes, J. F. (2003). *Evolution of Networks: From Biological Networks to the Internet and WWW* Oxford. Oxford: Oxford University Press.
- Duncan, G. (2005). Del campo a la ciudad en Colombia. La infiltración urbana de los señores de la guerra [From the countryside to the city in Colombia. The urban infiltration of the warlords]. *Cede*, 2, 1-74. Recovered from http://economia.uniandes.edu.co/investigaciones_y_publicaciones/CEDE/Publicaciones/documentos_cede/2005/del_campo_a_la_ciudad_en_colombia_la_infiltracion_urbana_de_los_senores_de_la_guerra.
- Edmonds, B. & Meyer, R. (2013). *Simulating Social Complexity*. New York: Springer. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-3-540-93813-2>.
- Escobar, G. (2012). El uso de la teoría de la desorganización social para comprender la distribución de homicidios en Bogotá, Colombia. [The use of social disorganization theory to understand the distribution of homicides in Bogotá, Colombia] *Revista INVI*, 27(74), 21-85.
- Estrada, E. & Rodríguez-Velázquez, J. (2005). Subgraph centrality in complex networks. *Physical Review E*, 71(5), 1-9.
- Fortunato, S. (2010). Community detection in graphs. *Physics reports*, 486(3-5), 75-174.
- Franco, S. (1999). *El quinto no matar: contextos explicativos de la violencia en Colombia*. [The fifth not to kill: explanatory contexts of violence in Colombia] Bogotá, D. C.: IEPRI-Universidad Nacional de Colombia.
- Gaviria, A. & Pagés, C. (1999). Patterns of crime victimization in Latin American cities. *Journal of Development Economics*, 67(1), 181-203. [https://doi.org/10.1016/S0304-3878\(01\)00183-3](https://doi.org/10.1016/S0304-3878(01)00183-3).
- González, G., Cabrera, C. E., Vega, M. G., Vega, A. & Muñoz de la Torre, A. (2012). Mortalidad por homicidios en México: tendencias, variaciones socio-geográficas y factores asociados. [Mortality from homicides in Mexico: trends, socio-geographical variations and associated factors] *Ciencia & Saude Coletiva*, 17(12), 3195-3208.

- Guzmán Barney, Á. (2007). Acción colectiva y región: Valle y Cauca (1995-2007). [Collective action and region: Valle and Cauca (1995-2007)] *Revista Sociedad y Economía*, (13), 7-26.
- Guzmán Barney, Á. (2007). Sociología y violencia urbana en Colombia. En *X Congreso Nacional de Sociología* [Sociology and urban violence in Colombia. In *X National Congress of Sociology*] (p. 17). Cali.
- Jiménez García, W. G. (2013). Hábitat y vulnerabilidad, reflexiones desde lo conceptual. [Habitat and vulnerability, reflections from the conceptual] *Luna Azul*, [(37), 196-218.
- Jiménez García, W. G. (2014). Hacia una tipología de lugares peligrosos . Caso de estudio de la comuna 11 de Dosquebradas, Colombia [Towards a typology of dangerous places. Case study of commune 11 of Dosquebradas, Colombia]. *Revista Criminalidad*, 56(1), 133-156.
- Jiménez García, W. G. (2016). La violencia y cohesión social, una aproximación a la construcción de un índice de cohesión social. Estudio de caso comuna 11 de Dosquebradas, año 2013. [Violence and social cohesion, an approach to the construction of an index of social cohesion. Case study commune 11 of Dosquebradas, year 2013] *Revista de Direito da Cidade*, 8(2), 483-512. <https://doi.org/10.12957/rdc.2016.21195>.
- Jiménez García, W. G. (2018). *Vulnerabilidad y Violencia. El escenario del tráfico de drogas. Caso de estudio: Área Metropolitana de Centro Occidente, años 2003-2015*. [Vulnerability and Violence. The scenario of drug trafficking. Case study: Metropolitan Area of Central West, years 2003-2015] Universidad Nacional de Colombia.
- Kessler, G. (2004). *Sociología del delito amateur*. [Sociology of amateur crime] (Paidós, Ed.). Buenos Aires.
- Kumpula, J. M., Kivelä, M., Kaski, K. & Saramäki, J. (2008). Sequential algorithm for fast clique percolation. *Physical Review E*, 78(2), 026109.
- Manzano, L. (2009). *Violencia en barrios críticos* [Violence in critical neighborhoods]. (Primera). Santiago de Chile: RIL editores-CESC.
- Manzano, L. (2014). Neighbourhoods Influence on Victimisation and Perception of Crime: An empirical test of new ecological approaches in Santiago Neighbourhoods. En J. Shapland, J. Maillard, S. Farral & A. Groenemeyer (Eds.), *Desistance, Social Order and Responses to Crime: Today's Security Issues*. GERN Research Paper Series.
- Martin, G. (2012). *Medellín, tragedia y resurrección: mafia, ciudad y Estado*. [Medellín, tragedy and resurrection: mafia, city and state] Bogotá: Editorial Planeta.
- Martos, A. (2015). *La educación cuántica. Un nuevo paradigma de conocimiento*. [Quantum education A new knowledge paradigm] Málaga: Ediciones Corona Borealis.
- Morín, E. (1997). Introducción al pensamiento complejo. [Introduction to complex thinking.] *Valladolid*, 84. Recovered from http://www.pensamientocomplejo.com.ar/docs/files/MorínEdgar_Introduccion-al-pensamiento-complejo_Partel.pdf.
- Morín, E. (1999). *La cabeza bien puesta: repensar la reforma, repensar el pensamiento*. [The head well placed: rethink the reform, rethink the thought] Buenos Aires: Ediciones Nueva Edición.
- Newman, M. (2010). *Networks: an introduction*. Oxford: Oxford University Press.
- Onnela, J.-P., Saramäki, J., Kertész, J. & Kaski, K. (2005). Intensity and coherence of motifs in weighted complex networks. *Physical Review E*, 71(6), 1-5.
- Papachristos, A. V. (2006). Social network analysis and gang research: Theory and methods. *Studying youth gangs*, 99-116.
- Papachristos, A. V. (2009). Murder by structure: Dominance relations and the social structure of gang homicide. *American Journal of Sociology*, 115(1), 74-128.
- Papachristos, A. V. (2014). The network structure of crime. *Sociology Compass*, 8(4), 347-357.
- Papachristos, A. V., Hureau, D. M. & Braga, A. A. (2013). The corner and the crew: the influence of geography and social networks on gang violence. *American Sociological Review*, 78(3), 417-44.
- Pastor-Satorras, R. & Vespignani, A. (2002). Immunization of complex networks. *Physical Review E*, 65(3), 12-24.
- Paternain, R. (2006). Teoría de los cuatro escalones. Apuntes sobre violencia y criminalidad [Theory of the four steps. Notes on violence and crime]. *Violencia y criminalidad*, 4, 277-291.
- Perea, C. M. (2016). *Vislumbrar la paz: Conflictos en la ciudad latinoamericana*. [Glimpse peace: Conflicts in the Latin American city] (S.A. Penguin Random House Grupo Editorial, Ed.). Bogotá. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>.
- Petrella, L. & Vanderschueren, F. (2003). Ciudad y violencia: Seguridad y ciudad. En Cepal & Naciones Unidas (Eds.) [City and violence: Security and city. In Cepal & United Nations (Eds.)]. *La ciudad inclusiva*, (pp. 215-236). Santiago de Chile.

- Policía Nacional de Colombia. (2017a). *Delitos en Colombia, 2003-2016*. [Crimes in Colombia, 2003-2016] Bogotá, D. C.
- Policía Nacional de Colombia. (2017b). Observatorio del delito de la Policía Nacional [Observatory of crime of the National Police]. Recovered on november 11th 2017, from www.policia.gov.co/observatoriodeldelito.
- Relanzón, J. (2009). *Diseño y planificación de una red inteligente de videovigilancia*. [Design and planning of an intelligent video surveillance network] Escuela Politécnica Superior. Universidad Carlos III de Madrid.
- Rentería-Ramos, R. & Soto, J. (2016). Diseño de un modelo basado en agentes para estudiar el impacto de la cohesión social y la victimización el comportamiento de un criminal. [Design of an agent-based model to study the impact of social cohesion and victimization on the behavior of a criminal]. *Ingeniería y Ciencia*, 12(24), 105-127. <https://doi.org/10.17230/ingciencia.12.24.5>.
- Rodríguez-Rodríguez, M., Jordano, P. & Valido, A. (2017). Functional consequences of plant-animal interactions along the mutualism-antagonism gradient. *Ecology*, 98(5), 1266-1276.
- Rotker, S. (2000). Ciudades escritas por la violencia. [Cities written by violence.] *Nueva sociedad*, 7-22.
- Sarmiento, T., Cantillo, J., Realpe, J. & Montoya, J. (2016). Desmantelamiento óptimo de redes delincuenciales. Una perspectiva desde el modelado matemático y computacional. [Optimal dismantling of criminal networks. A perspective from mathematical and computational modeling] *Ingeniería y Ciencia*, 12(24), 83-103. <https://doi.org/10.17230/ingciencia.12.24.4>.
- Strogatz, S. H. (2001). Exploring complex networks. *Nature*, 410(6825), 268-289.
- Vargas, A. & García, V. (2007). Violencia urbana, seguridad ciudadana y políticas públicas: la reducción de la violencia en las ciudades de Bogotá y Medellín (Colombia) 1991-2007. [Urban violence, public security and public policy: the reduction of violence in the cities of Bogotá and Medellín (Colombia) 1991-2007.] *Pensamiento Iberoamericano*, (2), 249-270.
- Villarreal, A. & Silva, B. (2006). Social cohesion, criminal victimization and perceived risk of crime in Brazilian neighborhoods. *Social forces*, 84(3), 1725-1753. <https://doi.org/10.1353/sof.2006.0073>.
- Vozmediano, L. & Sanjuán, C. (2010). *Criminología ambiental. Ecología del delito y de la seguridad*. [Environmental Criminology. Ecology of crime and security] Barcelona: UOC.