

# 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 (dista 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:

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

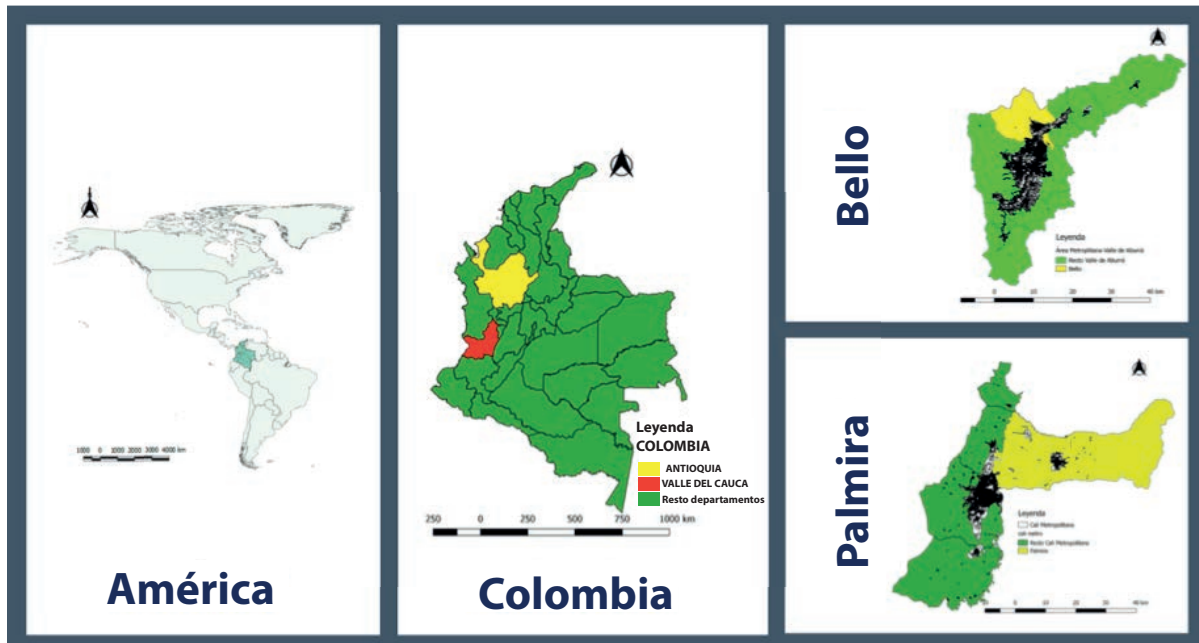
Esta fórmula garantiza la calificación del enlace en la coherencia de los valores  $W_{ij}$  y lleva a priorizar los barrios donde se registran más coincidencias en el espacio tiempo de los homicidios. De allí se establece la coherencia  $Q(g)$ , que permite estudiar el consenso de las variables en los 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.

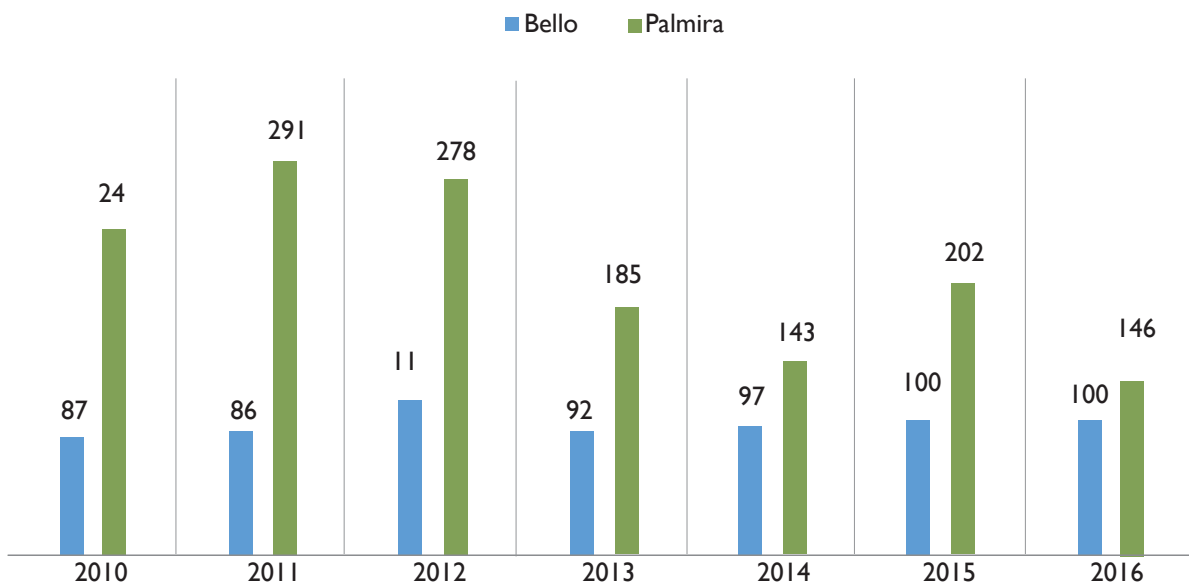


**Figura 1. Ubicación geográfica de los municipios de Bello y Palmira**

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.



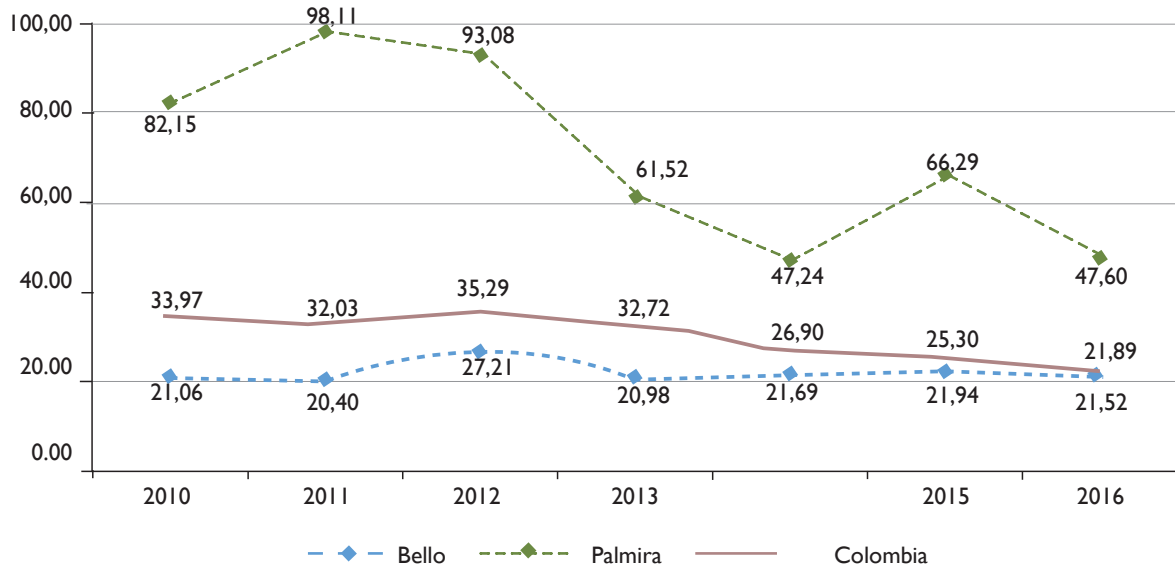
**Figura 2. Homicidios registrados en las ciudades de Bello y Palmira, años 2010-2016**

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).



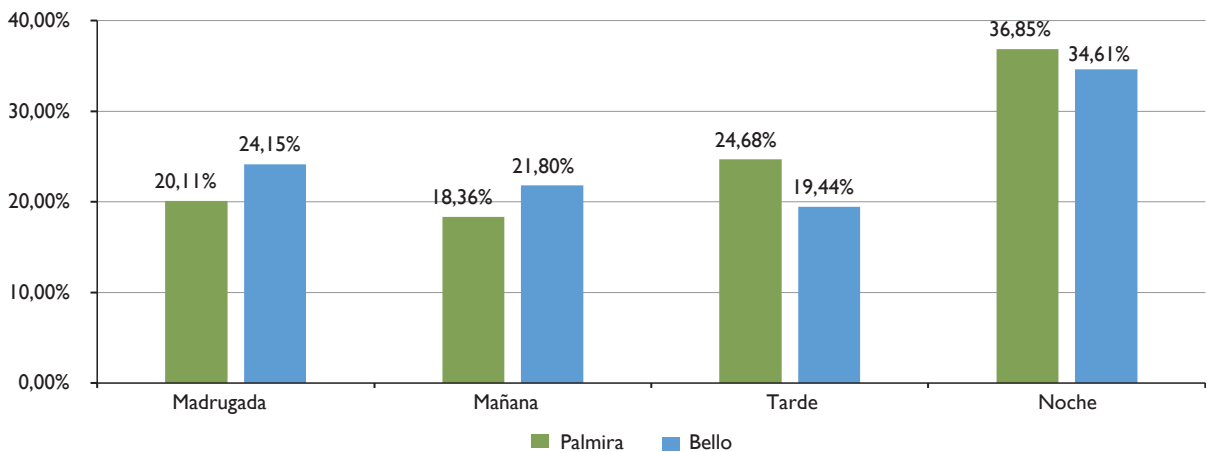
**Figura 3. Tasa de homicidios de las ciudades de Bello y Palmira, años 2010-2016**

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**

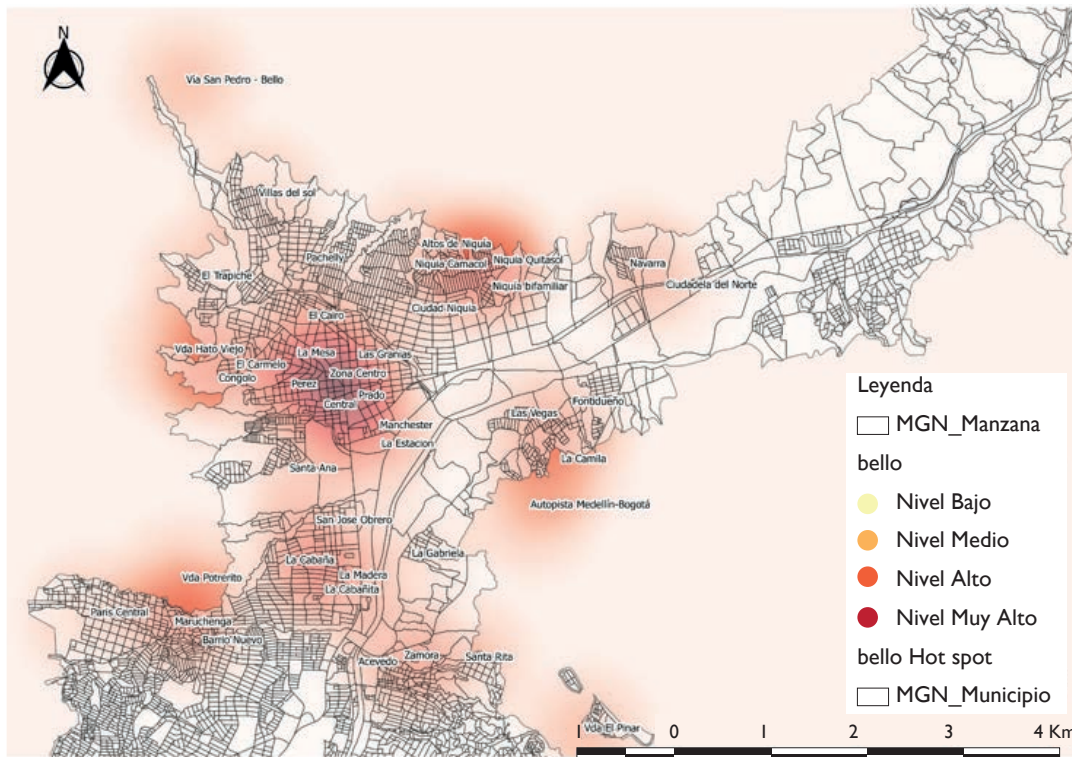
Fuente: Elaboración propia con datos de la Policía Nacional de Colombia (2017a).

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 Cónzolo (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, Cónzolo, 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),

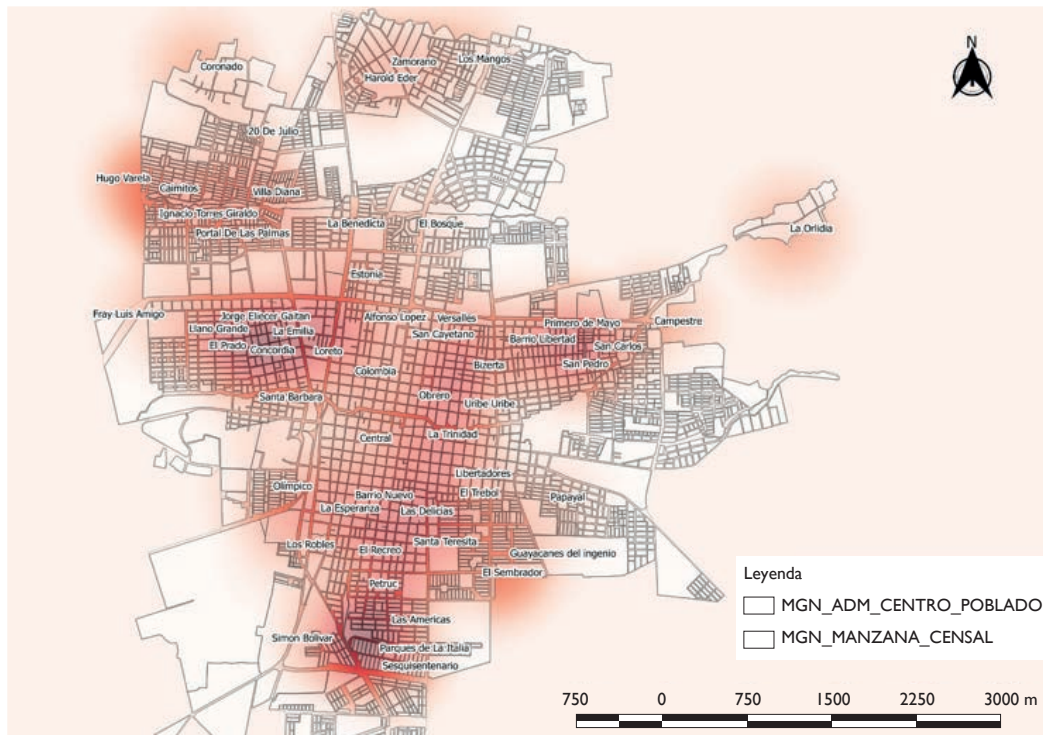
Barrio Nuevo (20), Hárold Éder (20), La Odilia (20), Simón Bolívar (19), Alfonso López (18), Campestre (17), El Prado (17), Ignacio Torres (17), San Cayetano (17) Corregimiento Los Dolores (16), Corregimiento Nueva Tienda (15), Danubio (14), Olímpico (14).

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,

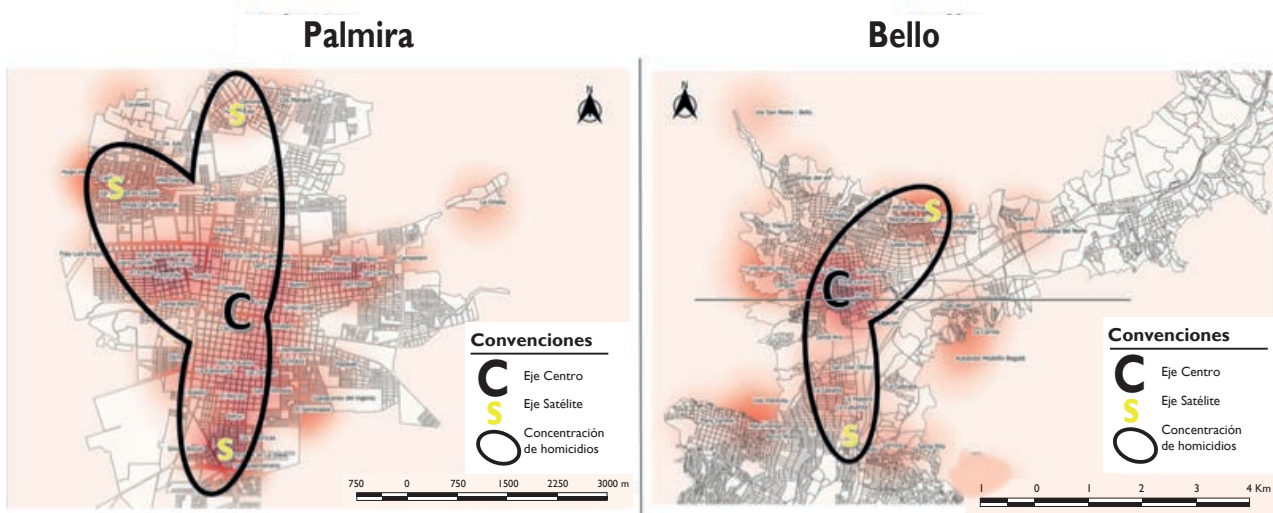
no obedece únicamente a la natural concentración de capitales y recursos que contiene una centralidad urbana (Manzano, 2014), sino que hay otros elementos, como el anonimato para el delincuente que permite el centro de la ciudad (Caldeira, 2000); la diversidad de capitales y personas que se movilizan 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

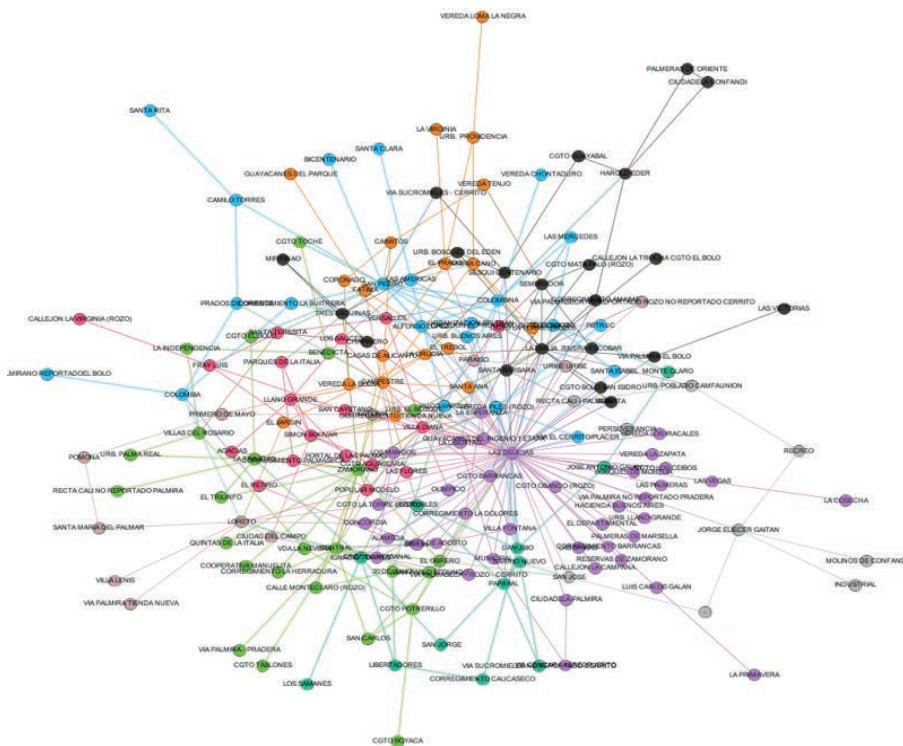
y uso de los espacios por parte de los actores criminales; y (3) conocer cuáles son los territorios dentro de la ciudad que necesitan especial atención, ya sea para promover nuevas estrategias de control policial o para garantizar la presencia del Estado local en forma de planes preventivos y asistencia 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).

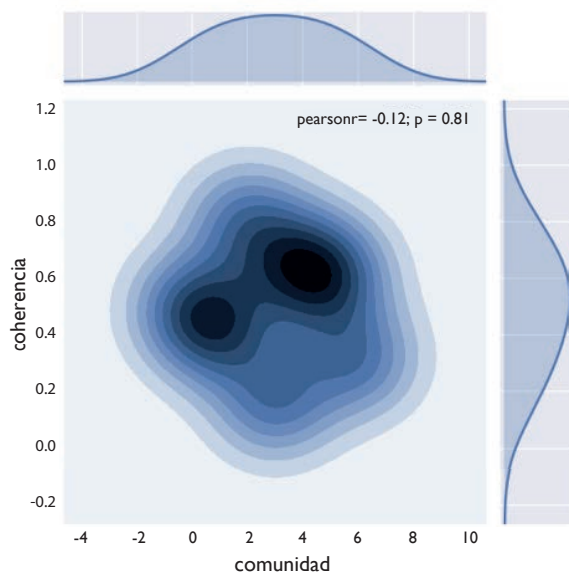
En Palmira fue posible evidenciar la existencia de múltiples comunidades, representadas en la figura 8 por distintos colores. Cuatro tienen un alto poder explicativo al hablar de la distribución de homicidios, son las de color morado como centroide en el barrio Las Delicias, negro con centroide en el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

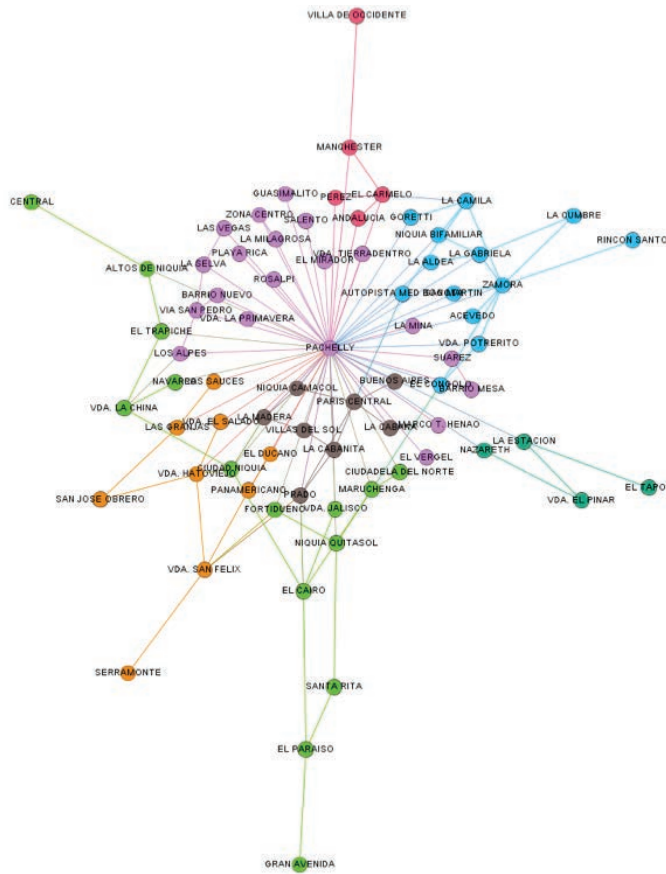
Por su parte, en el municipio de Bello se encontró una red menos densa que en Palmira, debido a que en aquel se registraron menos homicidios (figuras 2 y 3). Bello tiene un elemento muy característico y es que se ve con claridad que el barrio Pachely es el nodo central que conecta los homicidios con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

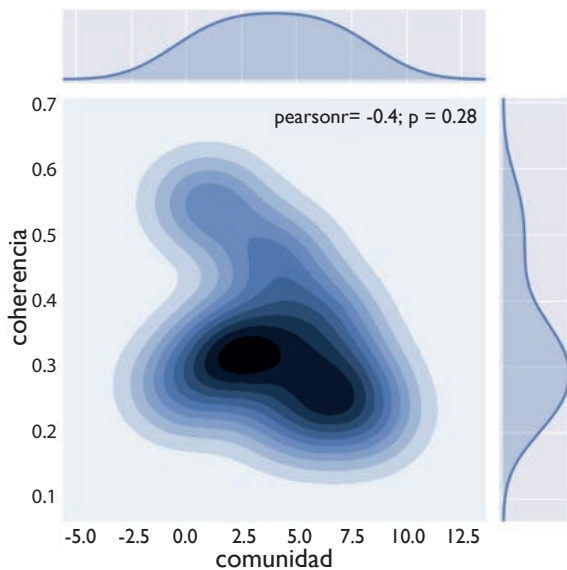
En Bello se registraron seis comunidades (figura 10), la más densa representada por los cliques morados, formando un eje en los barrios Pachely, Los Alpes, Zona Centro y Suárez. Le siguen la red azul, representada por Zamora-Niquiá- Rincón Santo; la verde, conformada por barrios como Maruchenga-Ciudadela 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.