



Misceláneo

Sistemas de detección de disparos: ¿son eficaces para controlar la violencia con armas de fuego en América Latina?

Gunshot detection systems: Are they effective in controlling firearms violence in Latin America?

Sistemas de detecção de tiros ¿São eficazes no controle da violência com armas de fogo na América Latina?

Juan R. Aguilar¹

*Fecha de envío: 9 de junio de 2018
Fecha de aceptación: 21 de octubre de 2018*

Resumen

La violencia con armas de fuego es uno de los problemas sociales más grandes de América Latina. Desde hace algunos años, los sistemas de detección de disparos están cobrando relevancia en la región como una herramienta tecnológica que puede reducirla. Este artículo presenta una revisión de la tecnología de detección de disparos, e intenta examinar su utilización en algunos países de América Latina. Se resumen los principales atributos de funcionamiento de estos sistemas y se revisan investigaciones para evaluar su eficacia en el apoyo a la labor policial, la reducción de la violencia y los crímenes con armas de fuego. Con base en sus principios de funcionamiento y las diferencias urbanísticas y demográficas de las ciudades donde se utilizan, se examina cualitativamente el desempeño de los sistemas de detección de disparos en la región.

Palabras clave: armas de fuego; detección de disparos; seguridad urbana; televigilancia; violencia

Abstract

Gun violence is one of the biggest social problems in Latin America. In recent years gunshot detection systems have been gaining relevance in the region as a technological tool that may reduce it. This article presents a review of gunshot detection technology, and attempt to examine its use in some Latin American countries. The main operating attributes of these systems are described, and researches conducted to evaluate their effectiveness in supporting police work and reducing gun violence and crimes are reviewed. Based upon the operating principles of these systems and considering the urban and demographic differences of the cities where they are used, the performance and effectiveness of the fire detection systems in the region are qualitatively examined.

¹ Laboratorio de Electro Acústica y Procesamiento de Señal, Chile, aguilar@leaps.cl

Key words: firearms; gun violence; gunshot detection; homeland security; surveillance

Resumo

Violência com armas de fogo é um dos maiores problemas sociais da América Latina. Há alguns anos, os sistemas de detecção de tiros vêm ganhando relevância em nossa região como uma ferramenta tecnológica que pode reduzir a violência com armas de fogo. Este artigo apresenta uma revisão da tecnologia de detecção de tiros e tenta examinar o uso desses sistemas em alguns países da América Latina. Ele resume os principais atributos operacionais desses sistemas e analisa as investigações conduzidas para avaliar sua eficácia no apoio ao trabalho policial e na redução da violência e crimes com armas de fogo. Com base nos princípios operacionais desses sistemas e considerando as diferenças urbanas e demográficas das cidades onde eles são usados, o desempenho e a eficácia dos sistemas de detecção de tiros em nossa região são examinados qualitativamente.

Palavra chave: Armas de fogo, violência com armas de fogo, televigilância, detecção de tiros, segurança urbana

Introducción

América Latina ostenta el infame récord de ser la región más violenta del mundo. Aunque su población representa el 8% de la población mundial, registra el 38% de los homicidios del planeta (Instituto Igarapé 2017). También posee las tasas de homicidio más altas debido a la violencia con armas de fuego; tasas que además han venido creciendo en los últimos años, mientras que en el resto del mundo descienden o se estabilizan (PNUD 2013). Esta violencia causa al año más de 100 000 homicidios, por lo que es considerada un problema de salud pública en

varios países del continente y tiene características de epidemia regional.

Al analizar las causas de la violencia con armas de fuego en América Latina, se observa que en la actualidad estas no solo son usadas como instrumento para cometer delitos. De hecho, cada vez más se las emplea como medio para resolver conflictos entre las personas, incluso dentro y fuera de canchas de fútbol y de escuelas (Otamendi 2011). En ese contexto, la urbanización rápida y a gran escala aparece entre los factores de riesgo que catalizan el fenómeno. La evidencia sugiere que la densidad demográfica y la desigualdad social se correlacionan positivamente con el número de homicidios por armas de fuego (Fernandes y de Sousa 2007).

La situación impacta negativamente en la economía, la seguridad, los sistemas de salud y la inversión. El costo económico de la violencia en América Latina representa entre el 3,5% y el 14,2% del PIB (Muggah y Szabó 2017; Londoño y Guerrero 1999). Se concentra en los sectores más vulnerables de la población, lo cual exacerba sus condiciones sociales (Olavarría y Guerrero 2015). Ello ha motivado que diferentes países diseñen e implementen medidas para controlar las armas o sacarlas de circulación. Los esfuerzos locales, nacionales, regionales e internacionales buscan, sobre todo, disuadir la demanda y limitar la oferta de armas de fuego mediante estrategias políticas, económicas y culturales (Otamendi 2011).

Una de las mayores dificultades al intentar controlar la violencia con armas de fuego es la falta de información. Algunos estudios afirman que solo entre el 12% y el 23% de estos actos ilícitos llegan a ser denunciados a la Policía (Carr y Doleac 2016; Mazerolle et al. 1998). Al carecer de denuncia, la Policía

ignora la ocurrencia del delito y no responde al incidente. La falta de respuesta tiende a producir desconfianza en la comunidad porque los encargados del orden y la seguridad pública parecen no estar haciendo su labor (Burke 2014). Aún más, la información que maneja la Policía para responder al incidente puede provenir de las denuncias de los vecinos y, al ser subjetiva, puede ser inexacta. En tales condiciones es esperable que la respuesta sea lenta, carente de inteligencia e, incluso, insegura. Por ende, la eficacia para controlar estos delitos es baja. Las investigaciones policiales en casos de víctimas o lesionados por armas de fuego, disparos no intencionales o balas perdidas también resultan onerosas en cuanto a recursos. A menudo, la evidencia criminalística es escasa o está ausente porque los delincuentes limpian el lugar recogiendo los casquillos de munición vacíos.

Por otra parte, la información con que cuentan las autoridades y Gobiernos también proviene de estadísticas de denuncias, casos policiales u homicidios, que no alcanzan a dar cuenta de la magnitud real del problema. En la actualidad, en algunos países como Chile se están aplicando encuestas para medir la percepción de la comunidad sobre la ocurrencia de disparos y balaceras en sus barrios (Instituto Nacional de Estadísticas 2017). Estudios de FLACSO Chile (Dammert et al. 2008) sobre los sistemas de información delictual en América Latina destacan que “la política pública requiere de información que permita tomar decisiones e implementar acciones para enfrentar aquellos problemas considerados prioritarios en un tiempo y espacio determinado. Política sin información se convierte en intuición y por ende bajos niveles de eficiencia, eficacia y justicia son esperables”. Además, el documento recomienda “invertir en la tec-

nificación de procesos y labores policiales incluyendo el monitoreo y georreferenciación” (Dammert et al. 2008). La georreferenciación delictual aporta antecedentes esenciales para las políticas públicas urbanas y territoriales sobre áreas determinadas (Valenzuela 2015).

A mediados de la década de 1990, la tecnología conocida como *Gunshot Detection System* (Sistema de Detección de Disparos) comienza a ser utilizada en Estados Unidos para controlar la violencia con armas de fuego en las calles. Estos sistemas se basan en las emisiones acústicas de los disparos y emplean una red de sensores acústicos (micrófonos) que son instalados en las calles con el propósito de capturar el sonido de los disparos y las balaceras. Mediante el análisis de dichas señales, el sistema es capaz de distinguir los disparos del ruido ambiental y de proporcionar, a los pocos segundos de ocurrido el hecho, una estimación de las coordenadas geográficas del tirador y una estimación del tipo de arma que produjo el disparo. También producen evidencia criminalística de los disparos, en forma de registros de audio y estadísticas geoespaciales y temporales de la violencia con armas de fuego.

Con el propósito de reducir y prevenir la violencia con armas de fuego en los espacios públicos, un número creciente de ciudades en Estados Unidos, Canadá, Reino Unido, Israel, México, Puerto Rico, Brasil, Panamá y Chile están adoptando la tecnología acústica para detectar disparos. En América Latina, los sistemas de detección de disparos no han estado exentos de críticas. Las principales son su elevado costo de mantenimiento, las tasas de activaciones falsas-positivas y su baja eficacia para reducir la violencia (O Timonero 2015; Rivera 2017; Metro Puerto Rico 2017).

Este artículo presenta una revisión de la tecnología de detección de disparos y su uso

en algunos países de América Latina. Primero realiza una breve reseña sobre los principios físicos en los cuales está basada, y los atributos operacionales de los sistemas de detección de disparos. Prosigue con una revisión de las investigaciones más relevantes que han sido conducidas en Estados Unidos para determinar los beneficios y la eficacia de estos sistemas en la reducción de la violencia con armas de fuego. Por último, a partir de los principios de funcionamiento de estos sistemas y tomando en cuenta las diferencias que existen entre las urbanizaciones y la demografía de las ciudades de Estados Unidos y las de América Latina, examina cualitativamente el desempeño y eficacia de los sistemas de detección de disparos en el contexto latinoamericano. La evaluación cuantitativa de la eficacia de estos sistemas para reducir la violencia con armas de fuego queda por fuera del alcance de este trabajo.

Sistemas de detección de disparos

Los sistemas de detección de disparos fueron introducidos en la seguridad pública como el resultado de la transferencia al ámbito civil de una tecnología militar denominada *Sniper Detection System* (sistema de detección de francotiradores). Esta fue desarrollada alrededor de 1994 en Inglaterra, para ser utilizada en operaciones contra francotiradores por las fuerzas británicas de la *United Nations Protection Force* (UNPROFOR) durante la guerra en Bosnia y el sitio de Sarajevo. La guerra en Bosnia es considerada el conflicto más cruento en Europa, después de la Segunda Guerra Mundial. Durante el sitio de Sarajevo, francotiradores serbios-bosnios mataron a 225 civiles (incluidos 60 niños) e hirieron a otros 1030. Los primeros sistemas de detección

de francotiradores fueron el *Hostile Artillery Locator* (HALO) y el PILAR. Estos sistemas trabajaban capturando y analizando las emisiones acústicas de los disparos. Con posterioridad, en Estados Unidos la tecnología acústica fue integrada con sistemas de detección de francotiradores basados en cámaras de visión infrarroja (Carapezza, Law y Csanadi 1997). Entre los sistemas desarrollados por esos años para el Ejército de Estados Unidos, uno concebido para escenarios de guerra urbana terminaría convirtiéndose en el primero de aplicación civil.

El *System for Effective Control of Urban Environment Security* (SECURES) desarrollado por *Alliant Technology Systems Inc.* y su contratista *Planning Systems Incorporated* es considerado el primer sistema de detección de disparos. Fue utilizado durante los Juegos Olímpicos de Atlanta, en 1996. Ese mismo año aparece el *ShotSpotter*, desarrollado por *Trilon Technologies* en Estados Unidos e instalado por primera vez en Redwood City, California. Años más tarde, *ShotSpotter* devendría líder del mercado. Hoy está instalado en más de 75 ciudades en América del Norte, América Latina y Europa. En el año 2004, la compañía norteamericana *Safety Dynamics Inc.* introduce el Sistema SENTRI (*Sensor Enabled Neural Threat Recognition and Identification*). Continúan apareciendo nuevos sistemas, principalmente orientados a la detección de disparos en recintos cerrados como escuelas.

Desde el punto de vista del comando y control, los sistemas de detección de disparos son instrumentos de alta tecnología capaces de desempeñar funciones de vigilancia y de adquisición de objetivos. La vigilancia corresponde al monitoreo del ruido ambiental en forma continua y sistemática, en busca de objetivos previamente especificados (i.e. los

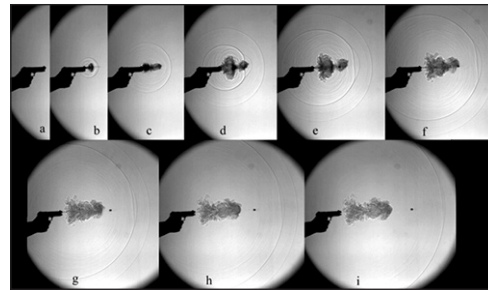
disparos). La adquisición de objetivos comprende las tareas de detección, geolocalización e identificación de los disparos.

Principios acústicos de la detección de disparos

El disparo de un arma pequeña produce emisiones acústicas que componen su sonido característico o *signatura acústica*. Estas son: 1) la onda de detonación o *bang*, que se produce por la combustión del propelente de la munición y la descarga súbita de los gases a alta temperatura y presión desde el cañón del arma; 2) la onda de choque balística que produce el proyectil en vuelo si su velocidad es supersónica y 3) el silbido o tono eólico producido por la traza de turbulencia que va dejando el proyectil a lo largo de su trayectoria. La *signatura acústica* depende, entonces, del tipo de arma, del largo del cañón y del calibre de la munición. En la figura 1 se muestra una secuencia de alta velocidad de fotogramas obtenidos con la técnica *Shadowgraphy* del disparo de una pistola Beretta 96D. Es posible apreciar la onda de detonación del disparo, que diverge esféricamente desde el cañón del arma y precede al proyectil que se desplaza con velocidad subsónica.

Los sistemas de detección de disparos actuales solo usan la onda de detonación. Ello obedece a que las armas de fuego más empleadas por los delincuentes son revólveres, pistolas y escopetas hechas. Este tipo de armas poseen velocidades de proyectil que no alcanzan a ser supersónicas y, por lo tanto, son incapaces de producir una onda de choque balística. La onda de detonación del disparo puede alcanzar intensidades entre 140 dB y 170 dB en las cercanías del arma. El uso

Figura 1. Disparo de una pistola Beretta 96D (velocidad del proyectil ≈ 300 m/s)



Fuente: Settles et al. 2005.

de silenciadores o supresores puede reducir la intensidad entre unos 10 dB y 40 dB; sin embargo, no todos los tipos de armas pequeñas permiten usar esos dispositivos. Por otra parte, la onda de detonación del disparo posee importantes atributos direccionales, que la diferencian de otros sonidos explosivos. Los componentes de baja frecuencia del sonido del disparo se emiten preferentemente en la dirección del disparo, mientras que los componentes de alta frecuencia se irradian en forma omnidireccional.

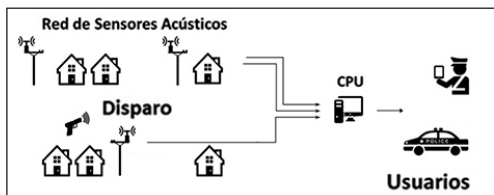
La propagación de la onda de detonación del disparo en escenarios urbanos está influenciada por diversos factores ambientales. Por una parte están los fenómenos atmosféricos de absorción sonora, gradientes de viento e inversiones térmicas. Por otra, la onda de detonación puede sufrir los efectos de apantallamiento originados por la presencia de obstáculos grandes en el camino de propagación, tales como casas, edificios, letreros o vegetación, los cuales la difractan y atenúan. El apantallamiento puede implicar que se pierda la condición de línea de visión entre el disparo y el sensor acústico, fundamental para su funcionamiento. Esa pérdida puede reducir la precisión de la localización de los disparos y

de la estimación del tipo de arma, así como aumentar la tasa de disparos no detectados del sistema (Aguilar 2015).

Arquitectura de un sistema de detección de disparos

La arquitectura de un sistema de detección de disparos comprende una red de sensores acústicos distribuidos en el sector urbano a vigilar. Los sensores son instalados en intersecciones de calles y en altura, usando postes de alumbrado o cornisas de edificios. Están sincronizados entre sí y se comunican ya sea alámbrica o inalámbricamente con la CPU. Esta recolecta los datos de audio e implementa los algoritmos computacionales que ejecutan la detección, geolocalización e identificación del disparo. Por último, los resultados son enviados a la interfaz de usuario, la cual produce una alerta automática a los pocos segundos de ocurrido el hecho, proporcionando la información geoespacial y balística del evento a los usuarios. Una revisión completa de los algoritmos utilizados para la detección, geolocalización e identificación del disparo puede ser encontrada en la literatura (Aguilar 2015). La figura 2 muestra el diagrama esquemático de un sistema de detección de disparos.

Figura 2. Diagrama esquemático de un sistema de detección de disparos



Fuente: elaboración propia.

El número de sensores por kilómetro cuadrado que componen la red del sistema está en función de la densidad de la urbanización donde se va a instalar y del nivel de ruido ambiental existente en el lugar. En las ciudades de Estados Unidos con baja densidad de la urbanización, los sistemas de detección de disparos tienen de seis a ocho sensores por kilómetro cuadrado. En ciudades más urbanizadas, como Chicago (con una densidad de 5000 habitantes por kilómetro cuadrado) se pueden requerir hasta unos 15 sensores por kilómetro cuadrado (McCullom 2017). Los sensores acústicos también han sido integrados con cámaras de video PTZ; la información del sistema es utilizada para enfocar la cámara al lugar del evento en forma automática y en tiempo real.

La instalación de un sistema de detección de disparos en determinado sector urbano suele requerir un proceso de calibración del sistema. Durante este, se realizan disparos de prueba con diversos tipos de armas y en diferentes puntos del sector. Los ensayos permiten ajustar la precisión de geolocalización de los disparos y obtener registros patrones para identificar los tipos de armas.

Evaluaciones de los sistemas de detección de disparos

Un número de investigaciones científicas independientes han sido llevadas a cabo con el propósito de evaluar los sistemas de detección de disparos en diferentes ciudades de Estados Unidos. Estas incluyen: Redwood City CA (Mazerolle *et al.* 1999a; Watkins *et al.* 2002), Dallas TX (Mazerolle *et al.* 1999b), Newport News y Hampton VA (Scharf, Geerken y Bradley 2008), St. Louis MO (Mares y Blackburn 2012), Brockton MA (Choi, Librett y

Collins 2014), Washington DC y Oakland CA (Carr y Doleac 2016). También existe un estudio de eficacia de esta tecnología realizado por una agencia especializada y financiado por el fabricante de uno de los sistemas. Este incluyó las ciudades de Brockton MA, East Palo Alto CA, Nassau County NY, Richmond, CA, Riviera Beach FL, Rochester NY y Saginaw MI (Selby, Henderson y Tayyabkhan 2011).

Dichos estudios han apuntado a tres objetivos principales. En primer lugar, medir los atributos operacionales del sistema, tales como tasas de disparos efectivamente detectados y geolocalizados, tasas de activaciones falsas-positivas y error de geolocalización. En segundo lugar, determinar los efectos que tiene esta tecnología en el desempeño policial, examinando la variación en los tiempos de respuesta de la Policía, el exceso de carga laboral y la confianza de los efectivos policiales en la información que entrega el sistema. También se han realizado investigaciones para determinar la eficacia de los sistemas de detección de disparos para reducir la violencia y los crímenes con armas de fuego. En las secciones siguientes se revisan estas investigaciones y se resumen sus principales hallazgos.

Evaluaciones de desempeño

De acuerdo con las evaluaciones de desempeño, los sistemas de detección de disparos son capaces de producir una alerta de disparo dentro de unos 5 a 90 segundos de ocurrido el evento. Además, el sistema geolocaliza la ubicación del tirador con un error de entre 3,3 y 12,5 metros. Las tasas de activaciones verdaderas-positivas, es decir, disparos que son efectivamente detectados y geolocalizados, son de alrededor del 84% al 97% (Watkins

et al. 2002; Scharf, Geerken y Bradley 2008). Los falsos-negativos, o disparos reales que no fueron detectados por el sistema, representan menos del 2%. Los disparos de armas de fuego de más pequeño calibre como el .22 exhiben las tasas más altas de no detecciones (Scharf, Geerken y Bradley 2008).

Las activaciones falsas-positivas, o activaciones del sistema por otros sonidos que no son disparos, es una de las críticas más frecuentes a esta tecnología, tanto en Estados Unidos como en América Latina. Los falsos-positivos son un problema operacional que, en mayor o menor medida, presentan todos sistemas de detección de disparos existentes. Las activaciones falsas-positivas representarían el 33% del total, pero pueden variar entre un 3% y un 54%. La fuente más frecuente de este tipo de activaciones son los fuegos artificiales (Selby, Henderson y Tayyabkhan 2011; Scharf, Geerken y Bradley 2008).

Con respecto a la identificación de los tipos de armas que, de acuerdo con los fabricantes, son capaces de realizar los sistemas de detección de disparos, no existen investigaciones independientes que midan este desempeño. Sin embargo, ya que cada tipo de arma de fuego posee una signatura acústica distintiva, parece ser factible que un algoritmo pueda diferenciar entre algunos tipos usando solo la onda de detonación del disparo. Este campo es sujeto de investigación en la actualidad.

Efectos en el desempeño y la investigación policial

Se ha encontrado evidencia de que los sistemas de detección de disparos pueden reducir el tiempo de respuesta y el tiempo de despacho de la Policía alrededor de un 7% (Mazerolle et al. 1998; Mazerolle et al. 1999b; Scharf, Geer-

ken y Bradley 2008; Choi Librett y Collins 2014). Además, dado que la información que proporciona el sistema blanquea la cifra de disparos no denunciados, se tiende a producir un aumento de las cifras de delitos relacionados con disparos. Esto implica un aumento de carga de trabajo de los despachadores de Policía entre un 5% y un 12% (Mazerolle *et al.* 1998; Scharf, Geerken y Bradley 2008). Por otra parte, el problema de las activaciones falsas-positivas podría representar problemas de pérdida de recursos policiales y de sobrecarga de trabajo, pero no representaría problemas de eficacia. Esto se debe a que el sistema es capaz de detectar la mayoría de los disparos, con bastante precisión geoespacial (Selby, Henderson y Tayyabkhan 2011).

Con respecto a la percepción de la Policía sobre los sistemas de detección de disparos, hay evidencia de que los efectivos policiales validan y confían en sus capacidades (Mazerolle *et al.* 1999a). De hecho, los policías prefieren contar con la información del sistema y las denuncias, antes que solo contar con las denuncias (Mazerolle *et al.* 1999a). Así, la información complementa las denuncias y proporciona mayor conciencia situacional sobre el incidente. Ello llevaría a una respuesta más táctica y a la vez más segura de los efectivos policiales ante estos ilícitos (Selby, Henderson y Tayyabkhan 2011).

El análisis criminal alude a un conjunto sistemático de procesos analíticos, dirigidos a proveer de información oportuna y pertinente relativa a patrones de delitos y sus tendencias. Desde este punto de vista, los sistemas de detección de disparos permiten identificar patrones geoespaciales y temporales de eventos o comportamientos delictuales; por lo tanto, se enmarcarían apropiadamente dentro del policiamiento orientado a la solución del problema (POP) (Watkins *et al.* 2002). Los estudios

muestran que un alto porcentaje de efectivos policiales piensa que esta tecnología ayudaría a la Policía a enfocarse en los sectores donde se producen más disparos o *hot-spots* (Mazerolle *et al.* 1999b). La vigilancia policial orientada al problema ha mostrado ser eficaz para reducir los asesinatos relacionados con bandas criminales y homicidios intencionales.

La estadística geoespacial o mapa de calor generado por un sistema de detección de disparos se observa en el mapa 1. Esta información es útil para identificar los *hot-spots* donde se tienden a producir con mayor frecuencia los disparos.

La capacidad del sistema para identificar *hot-spots* se alinea con el llamado *hot-spot policing*. También denominado *place-based policing* o policiamiento basado en lugar, abarca un rango de respuestas policiales que tienen en común enfocar los recursos en las ubicaciones donde se concentran los delitos y crímenes, sean calles, segmentos de calles o grupos de segmentos de calles. Las evaluaciones existentes parecen proporcionar evidencia bastante robusta de que el policiamiento basado en *hot-spots* es una estrategia efectiva para prevenir el crimen (Weisburd y Telep 2014).

Asimismo, las nuevas tendencias en análisis delictual y en el modelado de la actuación policial guiada por la inteligencia o *intelligence-led policing* (ILP) promueven la utilización de herramientas de alta tecnología (hardware, software e inteligencia computacional) capaces de proporcionar información de inteligencia y evidencia criminalística para administrar los recursos policiales (Ratcliffe 2003). Los sistemas de detección de disparos también se enmarcan dentro del ILP, donde destacan por su capacidad para proporcionar información no disponible con las actuales tecnologías, así como por sus potencialidades de integración con estas.

Mapa 1. Estadística geoespacial generada por un sistema de detección de disparos



Fuente: Aguilar 2018.

En lo concerniente a las investigaciones policiales, los sistemas de detección de disparos pueden mejorar la eficiencia de los detectives, al generar información *a priori* sobre dónde y qué investigar. Esto introduciría un cambio de paradigma, desde una investigación inquisitiva y reconstructiva, a una investigación corroborativa y de descarte (Selby, Henderson y Tayyabkhan 2011). La evidencia criminalística que generan los sistemas de detección de disparos en la forma de registros de audio aumenta la información disponible sobre la escena del delito, y puede mejorar la calidad y abaratar los costos de las investigaciones policiales y de la persecución penal de estos delitos. Por otra parte, la medición de los disparos y balaceras que efectúan los sistemas de detección de disparos puede ser utilizada como descriptor del desempeño y eficacia de la Policía y de los persecutores penales contra la violencia y crímenes con armas de fuego.

Esto tendría ventajas comparativas, al ser estadísticamente más potente que utilizar solo los homicidios como descriptor de su eficacia (Carr y Doleac 2016).

Eficacia para reducir la violencia y los crímenes con armas de fuego

Investigaciones llevadas a cabo en St. Louis, Estados Unidos, han mostrado que los sistemas de detección de disparos pueden reducir los reportes de balaceras al 911 entre un 26% y un 37% (Mares y Blackburn 2012). Los resultados se correlacionan cualitativamente con los obtenidos en investigaciones en otras ciudades de Estados Unidos, donde los policías han evidenciado reducciones de hasta un 50% de los reportes de disparos al 911 durante el período de prueba de campo del sistema (Mazerolle *et al.* 1999a; Scharf, Geerken y Bradley

2008; Selby, Henderson y Tayyabkhan 2011; Favero 2011). Por otra parte, hay escasa o nula evidencia en cuanto a que los sistemas puedan disminuir los crímenes con arma de fuego tales como asalto a mano armada, o que puedan aumentar las tasas de esclarecimiento de los delitos (Scharf, Geerken y Bradley 2008; Mares y Blackburn 2012).

Discusión

Los sistemas de detección de disparos son herramientas que ayudan a resolver el problema de falta de información sobre la violencia con armas de fuego en el espacio público. Destacan sus capacidades únicas para reportar en tiempo real los disparos, para desvelar la cifra negra de disparos y balaceras no denunciadas, para producir evidencia criminalística de estos delitos y para generar estadísticas geoespaciales y temporales sobre la violencia con armas de fuego. Esta información, por una parte, permitiría mejorar diversos aspectos del desempeño e investigación policial, lo que contribuye a restaurar la ley y el orden (Muggah y Szabó 2017). Por otra, permitiría sustentar las políticas públicas de seguridad y de desarrollo urbano y social que buscan enfrentar la violencia con armas de fuego en los barrios (Valenzuela 2015).

Es consistente la evidencia de la eficacia de los sistemas de detección de disparos para reducir la violencia con armas de fuego en el espacio público. Estos reducen las denuncias de disparos y de balaceras a la policía, en el mejor de los casos hasta cerca de un 50%. El mecanismo de acción por el cual son capaces de reducir la violencia con armas de fuego se explica dentro del contexto del enfoque racional. La teoría de la elección racional postula

que los delincuentes actúan para obtener beneficios de sus actos criminales, y lo hacen a través de un proceso de toma de decisiones y elecciones racionales (Cornish y Clarke 1986). Desde esta perspectiva, los sistemas de detección de disparos permiten aumentar las probabilidades de detención y condena de los delincuentes que disparan en la vía pública. Eso disminuye los retornos esperados por disparar en el espacio público, logra desincentivar a los pistoleros y prevenir esta violencia (Burke 2014).

Entre las críticas más frecuentes al uso de la mencionada tecnología en América Latina figuran reparos a sus problemas operacionales, dudas sobre su eficacia para reducir la violencia con armas de fuego y cuestionamientos a su elevado costo de instalación y mantenimiento. Desde el punto de vista operacional, la cantidad de sensores acústicos por kilómetro cuadrado que componen la red del sistema juega un rol importante en su precisión de geolocalización y en sus tasas de activaciones falsas-positivas. La tendencia es que, mientras más densa la urbanización del lugar, se utilizan más sensores por kilómetro cuadrado. La idea es garantizar la condición de línea de visión entre el disparo y los sensores acústicos, esencial para su óptimo funcionamiento. En Estados Unidos, una ciudad con alta densidad urbana puede tener entre 5000 y 10 000 habitantes por kilómetro cuadrado.

En América Latina, en cambio, es frecuente encontrar sectores urbanos con densidades demográficas de más de 30 000 habitantes por kilómetro cuadrado. En Estados Unidos, la elevada densidad poblacional se relaciona con zonas altamente urbanizadas con edificios y rascacielos, pero en América Latina los sectores de alta densidad poblacional corresponden a suburbios y sectores más vulnerables, con

altas tasas de hacinamiento. Esas diferencias sustanciales entre las urbanizaciones y la demografía de Estados Unidos y América Latina tendrían un efecto negativo en la relación de desempeño versus costo de los sistemas de detección de disparos en la región. En otras palabras, la alta densidad de urbanización de los suburbios de Latinoamérica impone la necesidad de mayor cantidad de sensores por kilómetro cuadrado, lo que a la larga puede encarecer el costo de implementar estos sistemas o reducir su desempeño.

Las críticas a la eficacia de esta tecnología para reducir la violencia y los crímenes con armas de fuego en América Latina podrían ser explicadas, en gran parte, por el rechazo inicial de la Policía a utilizar estos sistemas. La falta de interés de parte de algunas Policías por utilizar los sistemas de detección de disparos es un fenómeno que ha sido documentado en publicaciones científicas y en la prensa, tanto en Estados Unidos como en algunos países de América Latina (Rivera 2017; Chapman 2018). De acuerdo con dichas publicaciones, la actitud evasiva podría tener su origen en el aumento de carga de trabajo que implica la utilización de los sistemas, en la falta de conocimiento de la tecnología o en la desconfianza ante las activaciones falsas-positivas (Chapman 2018; Mazerolle *et al.* 1999b; Rivera 2017). A pesar de la natural suspicacia inicial por parte de los efectivos policiales, la literatura sugiere que la preferencia por contar con la información del sistema tiende a aumentar a medida que los policías se involucran con el uso de la nueva tecnología (Mazerolle *et al.* 1999b).

El costo de instalación y mantenimiento de la tecnología también es objeto de frecuentes cuestionamientos. Lamentablemente, no es abundante la información disponible sobre América Latina. De acuerdo con antecedentes

publicados en la prensa de Brasil, donde se usa el *ShotSpotter*, podría alcanzar entre 100 000 y 400 000 dólares por kilómetro cuadrado por año (Renner 2011; O Timonero 2015). En dicho escenario, uno de los principales argumentos en contra es que, con los recursos utilizados para instalar y mantener el sistema, se podría contratar una buena cantidad de nuevos efectivos policiales (O Timonero 2015). Aunque a primera vista la afirmación podría parecer verdadera, en la práctica, contratar más efectivos policiales no representa una mejor solución al problema. Esto se debe sobre todo a que localizar el origen de un disparo usando la visión y audición humana puede ser inexacto, estresante e incluso inseguro. En ambientes urbanos, la localización auditiva del disparo se dificulta por la presencia de viviendas y edificios que obstaculizan la propagación de la onda sonora, mientras que la exposición prolongada al ruido de disparos puede producir estrés y trastornos auditivos. Asimismo, localizar disparos de manera visual también puede ser inexacto, ya que es más probable que el destello súbito sea detectado por la visión periférica del observador (Callan y Goodman 2005).

Conclusiones y trabajo futuro

Los sistemas de detección de disparos son herramientas de alta tecnología que ayudan a resolver la falta de información sobre el problema de la violencia con armas de fuego en el espacio público. Su capacidad para detectar y geolocalizar en forma precisa los disparos ha sido validada por diversos estudios y por los departamentos de Policía de varias ciudades en Estados Unidos. Esta nueva información proporcionaría un mejor diagnóstico sobre

la magnitud y distribución geográfica del uso ilegal de armas de fuego en el espacio público. Además, contribuiría a mejorar diversos aspectos del desempeño y la investigación policial, del análisis criminal y del diseño de las políticas públicas de seguridad.

Existe evidencia de que los sistemas de detección de disparos pueden reducir de modo significativo la violencia con armas de fuego en el espacio público, expresada en la cantidad de denuncias de disparos y balaceras que hacen los ciudadanos a la Policía. Dependiendo de los estudios considerados, se han logrado reducciones de entre un 26% y un 50% en las denuncias. Estos resultados se correlacionan con el nivel de involucramiento de la Policía y el grado de apropiación de la nueva tecnología que los efectivos logren alcanzar. Aun cuando no se han realizado estudios que cuantifiquen su eficacia para reducir la violencia con armas de fuego en América Latina, la información disponible, junto al hecho de que la tecnología continúa expandiéndose a nuevas ciudades de la región, sugieren un resultado positivo.

No obstante, las críticas sobre su uso en la región se basan en el desempeño, la eficacia y el costo de los sistemas de detección de disparos. Estas pueden tener su origen tanto en el rechazo mostrado por algunas Policías a usar la tecnología como en algunos problemas operacionales que presentan estos sistemas. Además, las diferencias urbanísticas y de densidad demográfica que existen entre los suburbios de Estados Unidos y los de América Latina afectarían la relación de desempeño versus costo de los sistemas, encareciéndolos o perjudicando su desempeño.

A pesar de las críticas, la implementación de esta tecnología está ganando aceptación tanto por parte de las Policías como de los Gobiernos del continente. Dada la compleji-

dad del problema de la violencia con armas de fuego en América Latina, y considerando que ya existe un número importante de ciudades de la región que usan la tecnología, parece recomendable, entonces, que los investigadores sociales contribuyan a evaluar de forma cuantitativa su desempeño y eficacia para reducir la violencia y los crímenes con armas de fuego.

Bibliografía

- Aguilar, Juan. 2015. "Gunshot detection systems in civilian law enforcement". *Journal of the Audio Engineering Society* 63 (4): 280-291.
- Aguilar, Juan. 2018. "Sistema de detección de disparos para el control de la violencia con armas de fuego en el espacio público". En *Buenas prácticas en análisis criminal*. Fundación Paz Ciudadana (en prensa).
- Burke, Tod. 2014. "ShotSpotter Technology". En *Encyclopedia of Criminal Justice Ethics*, editado por Bruce Arrigo, 861-862. California: SAGE Publications.
- Callan, Curtis, y James Goodman. 2005. "Sensors to support the soldier - JASON Program Report", <https://fas.org/irp/agency/dod/jason/sensors.pdf>
- Carapezza, Edward, David Law y Christina Csanadi. 1997. "DARPA Counter-Sniper Program: Phase 1 Acoustic Systems Demonstration Results". *Proceedings of SPIE* 2938: 299-310.
- Carr, Jillian, y Jennifer Doleac. 2016. "The geography, incidence, and underreporting of gun violence: new evidence using ShotSpotter data". *SSRN Electronic Journal*. <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.2770506>
- Chapman, Bridget. 2018. "WREG looks into why MPD isn't using funded gunshot de-

- tection technology”. *WREG*, 5 de febrero. <https://wreg.com/2018/02/05/wreg-looks-into-why-mpd-isnt-using-paid-for-gunshot-detection-technology/>
- Choi, Kyung Shick, Mitch Librett y Taylor Collins. 2014. “An empirical evaluation: gunshot detection system and its effectiveness on police practices”. *Police Practice and Research* 15 (1): 48–61.
- Cornish, Derek, y Ronald Clarke. 1986. *The Reasoning Criminal*. Nueva York: Springer-Verlag.
- Dammert, Lucía, Felipe Ruz y Felipe Salazar. 2008. ¿Políticas de seguridad a ciegas? Desafíos para la construcción de sistemas de información en América Latina. Santiago de Chile: FLACSO-Chile.
- Instituto Nacional de Estadísticas. 2017. Encuesta Nacional Urbana de Seguridad Ciudadana (ENUSC). Santiago de Chile: Instituto Nacional de Estadísticas.
- Favero, Daniel. 2011. “Homicídios caem 41% após sistema de detecção de tiros no RS”. *Terra*, 30 de enero. <https://www.terra.com.br/noticias/brasil/policia/homicidios-caem-41-apos-sistema-de-deteccao-de-tiros-no-rs,06b84fc7b94fa310Vgn-CLD200000bbcecb0aRCRD.html>
- Fernandes, Rubem, y Marcelo De Sousa. 2007. “Mapping the Divide: Firearm Violence and Urbanization in Brazil”. En *Small Arms Survey 2007: Guns and the City*, editado por Small Arms Survey, 227- 255. Estados Unidos: Cambridge University Press.
- Instituto Igarapé. 2017. “Latinoamérica puede bajar el homicidio en un 50 por ciento en 10 años ¿Cómo hacerlo?”, <https://igarape.org.br/wp-content/uploads/2017/06/Campanha-Instinto-ES-13-06-web.pdf>
- Londoño, Juan Luis, y Rodrigo Guerrero. 1999. “Violencia en América Latina: epidemiología y costos”. Documento de Trabajo R-375. <https://www.utp.edu.co/~porlapaz/docs/violencia/pxp2.pdf>
- Mares, Dennis, y Emily Blackburn. 2012. “Evaluating the effectiveness of an acoustic gunshot location system in St. Louis, MO”. *Policing* 6 (1): 26-42. <https://doi.org/10.1093/police/par056>
- Mazerolle, Lorraine, Cory Watkins, Dennis Rogan y James Frank. 1998. “Using gunshot detection systems in police departments: The impact on police response times and officer workloads”. *Police Quarterly* 1 (2): 21-49. <https://doi.org/10.1177/109861119800100202>
- Mazerolle, Lorraine, Cory Watkins, Dennis Rogan y James Frank. 1999a. “A field evaluation of the ShotSpotter gunshot location system: Final report on the Redwood City field trial”, <https://www.ncjrs.gov/pdffiles1/nij/grants/180112.pdf>
- Mazerolle, Lorraine, James Frank, Dennis Rogan, Cory Watkins y Colleen Kadleck. 1999b. “A Field Evaluation of the System for the Effective Control of Urban Environment Security (SECURES): Final Report on the Dallas Field Trial”, <https://www.ncjrs.gov/pdffiles1/nij/grants/180113.pdf>
- McCullom, Rod. 2017. “Sensors and Software Listen for Gunfire in Chicago. Does it Make a Difference?”. *Undark*, 13 diciembre. <https://undark.org/article/gunfire-detection-chicago-gun-violence/>
- Metro Puerto Rico. 2017. “Investigan funcionamiento de sistema que detecta disparos”. 19 abril. <https://www.metro.pr/pr/noticias/2017/04/19/investigacion-sistema-detecta-disparos.html>
- Muggah, Robert, e Ilona Szabó. 2017. “Existe una cura para la epidemia de homicidios

- en América Latina, y no requiere más policías o cárceles”. *World Economic Forum*, 7 de abril. <https://www.weforum.org/es/agenda/2017/04/existe-una-cura-para-la-epidemia-de-homicidios-en-america-latina-y-no-requiere-mas-policias-o-carceles/>
- O Timonero. 2015. “Sistema de detecção de tiros não funciona no Guajuviras”. 8 de mayo. <http://otimoneiro.com.br/sistema-de-deteccao-de-tiros-nao-funciona-no-guajuviras/>
- Olavarría, Mauricio, y Roberto Guerrero. 2015. “Costos indirectos del delito: evidencia de América Latina”. En *Los costos del crimen y la violencia en el bienestar en América Latina y el Caribe*, editado por Laura Jaitman, 69-80. Nueva York: Banco Interamericano de Desarrollo.
- Otamendi, Alejandra. 2011. “Las armas de fuego en América Latina: tiempo de balance”. *Urvio, Revista Latinoamericana de Seguridad Ciudadana* 10: 7-13.
- PNUD (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo). 2013. “Seguridad ciudadana con rostro humano: diagnóstico y propuestas para América Latina”. Informe Regional de Desarrollo Humano 2013-2014.
- Ratcliffe, Jerry. 2003. “Intelligence-led Policing”. *Trends & Issues in Crime and Criminal Justice* 248: 1-6.
- Renner, Mauricio. 2011. “Shotspotter falha em Canoas”. *Baguette*, 6 de enero. <https://www.baguete.com.br/noticias/hardware/06/01/2011/shotspotter-falha-em-canoas>
- Rivera, Miguel. 2017. “No llega la señal del ‘ShotSpotter’ a Vista Hermosa”. *El Vocero*, 31 enero. https://www.elvocero.com/ley-y-orden/no-llega-la-se-al-del-shotspotter-a-vista-hermosa/article_4f1bc39a-83dd-5b99-8957-c3972d825b8d.html
- Scharf, Peter, Michael Geerken y George Bradley. 2008. “Implementing SECURES Gunshot Detection Technology in Newport News and Hampton, VA: an empirical assessment”. National Criminal Justice Reference Service. <https://www.ncjrs.gov/pdffiles1/nij/grants/233342.pdf>
- Selby, Nick, David Henderson y Tara Tayyabkhan. 2011. “ShotSpotter Gunshot Location System Efficacy Study”. CSG Analysis. <http://njdc.info/wp-content/uploads/2017/10/Shot-Spotter-Gunshot-Location-System-Efficacy-Study.pdf>
- Settles, Gary, T. Grumstrup, J. Miller, Michael Hargather, L. Dodson y J. Gatto. 2005. “Full-Scale High-Speed ‘Edgerton’ Retroreflective Shadowgraphy of Explosions and Gunshots”. *Proc. of 5th Pacific Symposium on Flow Visualisation and Image Processing PSFVIP-5*, Australia, 26-29 de septiembre.
- Valenzuela, Alfonso. 2015. “Observatorio de Seguridad Ciudadana y Cohesión Social”, <http://www.pazciudadana.cl/wp-content/uploads/2016/05/Observatorio-de-Seguridad-Ciudadana-y-Cohesión-Social.pdf>
- Watkins, Cory, Lorraine Mazerolle, Dennis Rogan y James Frank. 2002. “Technological approaches to controlling random gunfire: Results of a gunshot detection system field test”. *Policing* 25 (2): 345-370.
- Weisburd, David, y Cody Telep. 2014. “Hot Spots Policing”. *Journal of Contemporary Criminal Justice* 30 (2): 200-220.