

**CEDE****DOCUMENTO CEDE 2005-55
ISSN 1657-7191 (Edición Electrónica)
SEPTIEMBRE DE 2005**

IMPACTO DE TRANSMILENIO EN EL CRIMEN DE LA AVENIDA CARACAS Y SUS VECINDADES*

ÁLVARO JOSÉ MORENO GARCÍA

Resumen

En este estudio se toma la puesta en marcha del sistema de transporte masivo Transmilenio en la Avenida Caracas, una vía con altos índices de criminalidad en la ciudad de Bogotá, como un experimento natural para romper la simultaneidad entre crimen y políticas para combatirlo y para medir el impacto de la transformación urbana de la Avenida Caracas sobre el crimen de esta vía y de sus vecindades. Haciendo uso de modelos de econometría espacial y utilizando una metodología de diferencias en diferencias, se miden los cambios en el comportamiento de nueve diferentes tipos de crimen en 65 zonas geográficas de Bogotá aledañas a la Avenida Caracas. Se construyeron series de datos que contienen información de la ubicación geográfica exacta de los eventos de los nueve crímenes objeto de estudio para el período 1999-2002, en las 65 zonas mencionadas. Se encuentra que a lo largo de la Avenida Caracas la actividad criminal presentó caídas pronunciadas, aunque para el resto de la región objeto de estudio los resultados varían según el tipo de crimen y la proximidad a la Avenida. Se encuentra evidencia ya sea de disuasión o de desplazamiento para cada crimen específico y ausencia de efectos espaciales intertemporales en los homicidios.

Palabras clave: Crimen, disuasión, desplazamiento, experimento natural, análisis de datos espaciales, econometría espacial.

Clasificación JEL: K42, C31, C99, R12, R19

* Artículo realizado como tesis de Magister en Economía de la Universidad de los Andes bajo la asesoría de Fabio Sánchez Torres. Este trabajo forma parte de un conjunto de investigaciones sobre crimen en Bogotá realizadas por el CEDE. Se agradece la amable colaboración del coronel Jairo Ricaurte del Sistema Unificado de Información sobre Violencia y Delincuencia, de la Secretaría de Gobierno de Bogotá. Para comentarios dirigirse a: al-moren@uniandes.edu.co.

ESTIMATING TRANSMILENIO'S IMPACT ON CRIME ON THE AVENIDA CARACAS AND ITS NEIGHBORING AREAS

Abstract

In this paper, the implementation of the mass transport system Transmilenio on the Avenida Caracas, an avenue with high indexes of criminal activity in Bogotá, is taken as a natural experiment to overcome the simultaneity of crime and crime-fighting policies. The study gauges the impact of urban transformation on crime on the Avenida Caracas and its neighboring areas. Through the use of spatial econometrics models and differences in differences methodology, the study measures the changes in the crime-levels in 65 geographic zones of Bogotá on the fringes of the Avenida Caracas. Data series were gathered that contain information regarding the exact geographic locations of the occurrences of 9 crimes studied in this analysis. These 9 crimes occurred between 1999-2002 in the afore mentioned 65 zones. Among the findings, the study shows criminal activity decreased significantly along the Avenida Caracas after the implementation of Transmilenio, even though the results vary in the remaining zones according to the type of crime committed and its proximity to the avenue. For each crime one can see evidence of displacement and deterrence of the criminal activity formally existent on the Avenida Caracas. There is also an evident absence of intertemporal spatial effects on homicides.

Keywords: Crime, deterrence, displacement, natural experiment, spatial data analysis, spatial econometrics.

JEL classification: K42, C31, C99, R12, R19

I. Introducción

El estudio del crimen en economía tiene sus inicios hacia finales de los años sesenta.¹ Becker (1968) es quien desarrolla la primera teoría del crimen basado en el comportamiento racional de los individuos. El autor plantea que un individuo comete un crimen si su utilidad esperada al cometerlo excede la utilidad que puede obtener usando el mismo tiempo y recursos en otras actividades², y desarrolla un modelo de base en el que incorpora análisis de costo-beneficio dadas las deseconomías causadas por las actividades criminales.³ Ehrlich (1973) presenta una teoría de participación en actividades ilegales enfatizando en el efecto de las políticas disuasivas en el crimen tales como la presencia policial o el monto de las penas. Del mismo modo que Becker, el autor supone que un agente va a participar en una de dos actividades (una legal y una ilegal) comparando la utilidad esperada asociada con cada una de ellas. Partiendo de la teoría económica del crimen ha surgido en los últimos veinte años una enorme cantidad de literatura. Baste señalar los estudios de Witte (1980), McCormick y Tollison (1984), Ehrlich y Brower (1987), Freeman (1996), Glaeser *et al* (1996), Fajnzylber *et al* (1999), entre otros.

De acuerdo con la teoría el crimen debe bajar cuando la presencia policial se incrementa en la medida en que aumenta el costo esperado del crimen al aumentar la probabilidad de captura. Sin embargo, la relación inversa entre presencia policial y crimen ha tenido serios problemas para ser confirmada en los estudios empíricos. Cameron (1988) presenta un seguimiento de esta literatura empírica y encuentra en 18 de los 22 estudios, ya sea un efecto positivo de la policía en el crimen, o bien, que no existe relación alguna entre estas variables. Esto se puede explicar por dos motivos: el primero de ellos es que por lo general los datos de crimen solo están disponibles para una ciudad en su conjunto,

¹ Por crimen se entiende no solamente el crimen violento (homicidios y atracos), sino que su análisis es suficientemente general, de forma que incluye igualmente delitos como el robo.

² Para Becker esto puede ser tomado como un supuesto en el análisis de la elección.

³ Según este modelo, los delincuentes calculan los costos y beneficios de las actividades criminales, los beneficios resultan de los ingresos esperados de la actividad criminal y los costos medidos como el ingreso que se deja de recibir en actividades alternativas y la condena esperada. El modelo se puede especificar siguiendo la ecuación $BN = (1 - pr)Y - C - W - pr * pu$, donde los beneficios netos (BN) están en función del ingreso esperado del crimen (Y), del costo monetario de cometer el crimen (C), del costo de oportunidad de cometer el crimen (W), de la probabilidad de captura (pr) y de la condena (pu). El crimen se da si los beneficios netos son al menos iguales a una medida de los valores morales y no se comete en caso contrario.

haciendo imposible aislar efectos de desplazamiento del crimen de una acción de la policía enfocada a un sector específico de la ciudad; en segundo lugar, porque generalmente existe determinación simultánea de crimen y presencia policial ya que frente a un aumento en las tasas de crimen se implementan acciones de política para combatirlo. Es así como las ciudades con más altas tasas de crimen presentan un mayor número de policías per cápita que aquellas en las que el crimen es bajo.

Entre los estudios que corrigen estas dificultades está el de Levitt (1997), que supera los problemas de simultaneidad tomando como variación exógena de la presencia policial los incrementos de ésta durante los períodos electorales en Estados Unidos. El autor encuentra así un efecto negativo de la presencia policial, instrumentalizada con una variable completamente exógena, sobre las tasas de crimen de 59 ciudades estadounidenses. De otro lado, Di Tella y Schargrotsky (2004) llevan a cabo un análisis del efecto de la actividad de la policía de un hecho específico: un ataque terrorista en Buenos Aires en julio de 1994 contra el principal centro judío de esta ciudad, a raíz del cual se incrementa la presencia policial frente a todas las instituciones judías y musulmanas de la ciudad. En el estudio se presume que los aumentos de la presencia policial alrededor de las instituciones mencionadas puede ser tomada como exógena en una regresión de crimen, de forma que el evento se utiliza como un experimento natural para romper la simultaneidad existente entre crimen y presencia policial.⁴ Los autores encuentran que las cuerdas en las que se incrementó la presencia policial experimentaron menos robos de carros que el resto del vecindario. Adicionalmente en el estudio se indaga y se hacen algunas estimaciones para encontrar efectos de disuasión y desplazamiento del crimen.

Los desarrollos recientes del estudio del crimen se enmarcan en el examen de relaciones espaciales entre las variables objeto de análisis en la medida en que el entorno de una región afecta y es afectada por el comportamiento de regiones cercanas. Así, dinámicas espaciales como la expansión y la difusión son de gran utilidad y cobran vigencia en el estudio del crimen (Anselin *et al*, 2000). Un trabajo que contribuye al análisis espacial es el que realizan Cohen y Tita (1999) al hacer uso de herramientas de análisis espacial de datos para determinar los procesos de difusión que presentan los homicidios, la

⁴ Para la literatura en el tema de experimentos naturales y experimentos aleatorios, véanse LaLonde (1986), Angrist y Krueger (1991), Heckman y Smith (1995) y Angrist *et al* (2001).

información utilizada en el estudio contiene datos de 287 homicidios en la ciudad de Pittsburg en Estados Unidos durante el período 1991-1995. Sánchez *et al* (2002) hacen uso de estas mismas técnicas con el fin de analizar las relaciones entre conflicto y crimen violento en Colombia.

Adicionalmente, la introducción de la econometría espacial en los trabajos econométricos permite corregir la violación de algunos supuestos econométricos tradicionales y tener en cuenta los procesos de difusión y correlación espacial. En el ámbito nacional, entre los trabajos que utilizan técnicas de econometría espacial para medir este tipo de efectos y que presentan una gran relevancia para el objetivo de este estudio se pueden resaltar el de Núñez (2001) quién analiza los determinantes de hurtos de objetos, vehículos, residencias, atracos a personas y homicidios en Bogotá para 600 sectores censales de la ciudad en el año 1999, a partir de variables socioeconómicas y presencia de grupos delincuenciales. El autor encuentra que existen dinámicas espaciales en el hurto de residencias y comercio. Así, la influencia de los sectores vecinos explica la mitad de la diferencia entre los sectores censales más y menos peligrosas de la ciudad. Adicionalmente, no encuentra correlaciones espaciales para la tasa de homicidio. De otro lado, Formisano (2002) analiza los determinantes de los homicidios en Bogotá para el año 1999 y, utilizando técnicas de econometría espacial, establece cuáles son las políticas más adecuadas en pro de la disminución de este crimen.

En el presente estudio se lleva a cabo una aproximación al de Di Tella y Schargrotsky (2004), en la medida en que se estima el efecto de la puesta en marcha de Transmilenio como una variable exógena que afecta el crimen a partir de un experimento natural. La metodología utilizada consiste en estimar modelos de diferencias en diferencias a los que se les incorpora elementos de análisis espacial de datos y técnicas de econometría espacial⁵. El análisis busca medir el impacto del sistema de transporte Transmilenio en el crimen, tanto en la vía por la que éste sistema opera (Avenida Caracas), como en las regiones vecinas a esta avenida, con el fin de encontrar evidencia de disuasión, contagio y desplazamiento del crimen entre diferentes unidades geográficas.

⁵ Véanse Anselin (1988), Anselin (1999) y Moreno y Vayá (2000). En esta teoría es de vital importancia lo concerniente a la difusión; según Messner *et al* (1998), para entender el proceso de difusión y obtener una mejor aproximación al análisis del crimen violento, la aproximación espacial es particularmente relevante y provocativa, dado que el crimen violento puede presentar un proceso de difusión muy parecido al de una epidemia. Por este motivo, los procesos espaciales tienen que ser tenidos en cuenta y deben ser identificados los mecanismos de difusión y contagio, difusión que se presenta a través del tiempo.

Enrique Peñalosa, alcalde de Bogotá en el período 1998-2000, emprendió una administración enfocada a mejorar el entorno urbano de la ciudad. Esta tarea involucraba el mejoramiento de los sistemas de transporte urbano gobernado por el caos y mala asignación de los recursos, lo cual tenía (y tiene) un efecto grande en tiempo de transporte y calidad de vida de los ciudadanos. Uno de los programas más sobresalientes de su mandato fue la puesta en marcha del Transmilenio, un sistema de transporte masivo urbano que comprende buses articulados de alta capacidad monitoreados satelitalmente. Estos buses circulan por carriles exclusivos en corredores troncales. El 1° de diciembre de 2000, la alcaldía de Bogotá pone en marcha el sistema Transmilenio en una de estas troncales, la Avenida Caracas, vía que adicionalmente presentaba altos índices de actividad criminal. A lo largo de la Avenida fueron puestas en funcionamiento un total de 28 estaciones de servicio para los pasajeros (entre el portal de Usme y la estación Héroes). Para la seguridad de las estaciones y el correcto funcionamiento del sistema, se firmó un convenio con la Policía Metropolitana a fin de destinar 400 policías para hacer presencia en las estaciones. En las noches, éstas son vigiladas por una empresa de seguridad privada.⁶

Este hecho coincidente, que las estaciones del sistema de transporte y el recorrido del mismo ocurran en una vía altamente violenta, hace que se presente un experimento natural idóneo en un estudio de crimen. La decisión de tomar esta avenida como eje central del sistema de transporte, no incluía medidas de política que buscaran en alguna medida reducir el crimen de la Avenida Caracas. Así, la distribución de las estaciones y la ruta de los buses son variables exógenas en una regresión de crimen, con lo que se rompe la determinación simultánea entre crimen y medidas que lo contrarresten. El cambio que se experimenta en la Avenida Caracas a raíz de la puesta en marcha de Transmilenio es radical puesto que ésta era una de las vías más desordenadas e inseguras de Bogotá.

En la Avenida Caracas se llevó a cabo un enorme proyecto de urbanismo e infraestructura con miras a disminuir el caos del servicio público y mejorar la calidad de vida del viajero. Para ello el funcionamiento de Transmilenio se concibe y desarrolla en un nuevo espacio

⁶ Información acerca del sistema de transporte masivo Transmilenio puede ser consultada en www.transmilenio.gov.co.

de orden, limpieza, recuperación de espacios públicos, mayor presencia policial, organización en el tráfico, etc. Elementos que en el marco teórico de Becker (1968) se traducen en un incremento de los costos de la actividad criminal, a través de la percepción de seguridad para los usuarios y de riesgo para los delincuentes por la mayor probabilidad de ser atrapado bajo estas nuevas condiciones. Esta medida puede ser entendida también en el marco de la teoría de *Broken Windows*, que plantea cómo los espacios públicos desordenados y deteriorados conducen a mayores niveles de crimen (Wilson y Kelling, 1982). Evidencia empírica de la importancia de este planteamiento es presentada por Corman y Mocan (2002) para el caso de Nueva York, y para el caso de Bogotá, Sánchez *et al* (2003) muestran el impacto que medidas de este tipo han tenido en el crimen de esta ciudad para el período 1993-2002.

En el documento se estudian las posibles implicaciones que los cambios de la Avenida Caracas puedan ejercer sobre el crimen de esta vía y de regiones cercanas geográficamente. Las estimaciones buscan determinar cómo la operación de Transmilenio afecta la actividad criminal: una posibilidad es que los cambios de infraestructura de la Avenida Caracas disuadan el crimen en toda la región dado que estas actividades se tornan más costosas y riesgosas para los criminales, otra alternativa es que se genere desplazamiento del crimen en el área de estudio. La utilización de técnicas de econometría espacial, permite medir los efectos de desplazamiento o disuasión. Adicionalmente, la estrategia empírica permite determinar si cambios en los crímenes de una zona se ven reflejados en el aumento o disminución de los crímenes de las zonas vecinas, habiendo identificado previamente evidencia de dependencia espacial. Esto último nos daría una magnitud de las externalidades que Transmilenio produce en sus zonas vecinas.

El artículo consta de cinco secciones, siendo la primera de ellas esta introducción; en la segunda se presenta un análisis detallado de los datos; en la tercera se describe la metodología a implementar; la cuarta contiene los resultados de las estimaciones econométricas; y en la última sección se concluye.

II. Datos

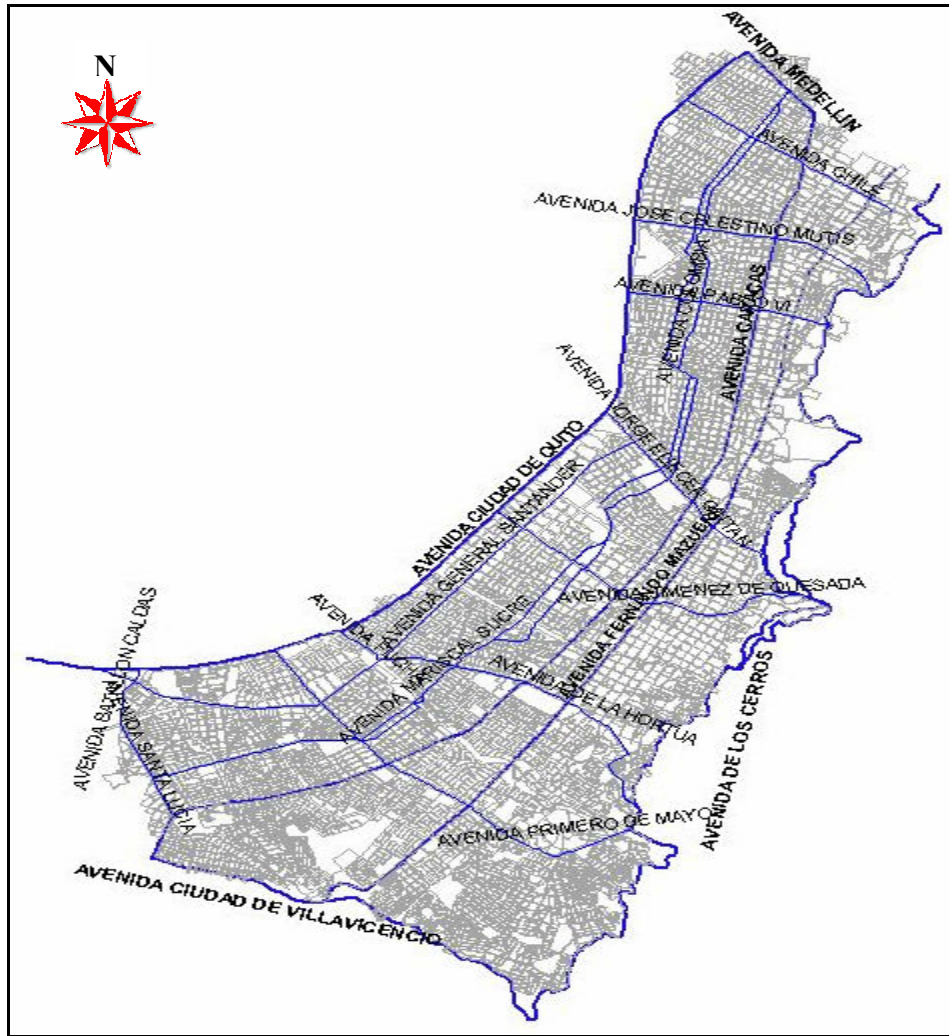
II.1 Los datos

Los datos utilizados en este estudio provienen del Centro de Investigaciones Criminológicas de la Policía Metropolitana de Bogotá. Esta base de datos contiene información de la ubicación geográfica exacta de diferentes delitos cometidos en la ciudad. De estos datos de actividad criminal, se extrajo información para nueve delitos: atraco a establecimientos comerciales; atraco a personas; atraco a residencias; homicidios; hurto de motos; hurto de vehículos; robo a establecimientos comerciales; robo a personas y robo a residencias. Los datos se organizaron de forma que se obtuvieran 65 zonas, buscando homogeneidad en el tamaño de las mismas, y de forma que se cubriera lo que intuitivamente se define como la zona de influencia de la Avenida Caracas. Adicionalmente, esta partición de la región por zonas permite hacer agrupaciones según grados de vecindad y de orientación para extraer estadísticas descriptivas generales para grupos de zonas, y específicas para ciertas zonas que presentan características especiales.

Se contó con información diaria para el período comprendido entre enero de 1999 a diciembre de 2002, para los nueve crímenes objeto de estudio, con la ubicación geográfica exacta en la que ocurrió el evento. Para cada uno de los crímenes, se comenzó por depurar la base de datos organizándola por localidades, con el fin de conservar sólo aquellas que tuvieran intercepto con la región de estudio, en el siguiente paso se eliminaron aquellas entradas que contuvieran ubicaciones por fuera de la región. Finalmente, se reorganizaron los datos restantes, aproximadamente 60.000, de forma que cada uno de los crímenes se ubicara en la zona exacta en la que había ocurrido utilizando la información geográfica incluida en la base de datos.

La región objeto de estudio, en adelante denominada Región Caracas, se presenta en el Mapa1. Se define como la zona de la ciudad comprendida entre la Avenida Medellín al norte, la Avenida Ciudad de Villavicencio al sur, la Avenida Colombia y la Avenida Mariscal Sucre al occidente, y la avenida de los cerros al oriente.

Mapa 1. Ubicación geográfica de la Avenida Caracas y sus vecindades



Fuente: Departamento Administrativo de Catastro - Alcaldía Mayor de Bogotá D.C.

Al interior de esta zona de la ciudad, se definieron 65 zonas de la siguiente forma: la región en su conjunto fue dividida verticalmente en 13 tramos, de tal forma que el ancho de cada zona fuera de 10 cuadras; se buscó aislar la Avenida Caracas con miras a medir el impacto de los cambios en sus características sobre las zonas aledañas, de aquí se obtienen las zonas 27 a 39 que tienen el ancho de todas las demás pero que a lo alto sólo cubren la distancia entre las aceras de cada lado de la avenida; las zonas 14 a 26 y 40 a 52, se construyen definiendo una distancia de cinco cuadras a partir de la Avenida Caracas como el alto de las mismas; por último, se definen aquellas zonas que delimitan su altura contando cinco cuadras a partir del límite externo de las zonas anteriores (zonas 1 a 13 y 53 a 65).

La Región Caracas está por lo tanto conformada por el conjunto de las 65 zonas definidas anteriormente. Esta es una zona de importante actividad comercial y económica, razón por la cual presenta interesantes dinámicas en los crímenes objeto de estudio que se han considerado en el presente documento. A pesar de que la Región Caracas es amplia y hay zonas que podrían no estar directamente relacionadas con el crimen presenta en la Avenida Caracas y afectado por la puesta en marcha de Transmilenio, a nivel agregado esta región de estudio muestra un cambio general en el peso relativo del crimen en la misma respecto al total de Bogotá, Cuadro 1.

Cuadro 1. Participación de la Región Caracas en el crimen de Bogotá por tipo de crimen, antes y después de Transmilenio

Crimen	Antes de Transmilenio	Después de Transmilenio
Atraco Establecimientos Comerciales	31%	25%
Atraco Personas	31%	30%
Atraco Residencias	18%	13%
Homicidio	35%	45%
Hurto Motos	49%	41%
Hurto Vehículos	21%	14%
Robo Establecimientos Comerciales	32%	28%
Robo Personas	23%	16%
Robo Residencias	15%	12%
Crimen Total	27%	22%

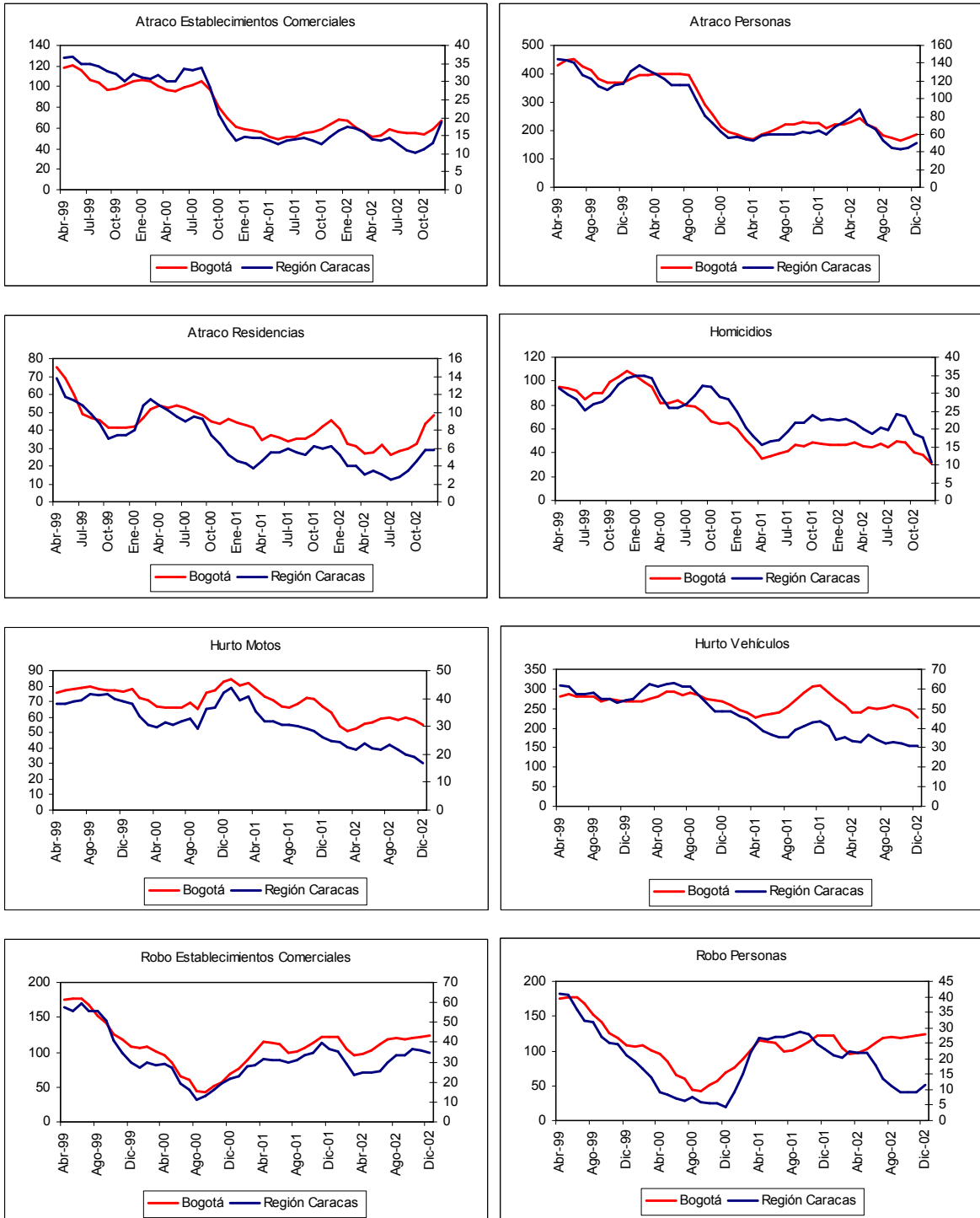
Fuente: Policía Metropolitana de Bogotá. Cálculos del autor.

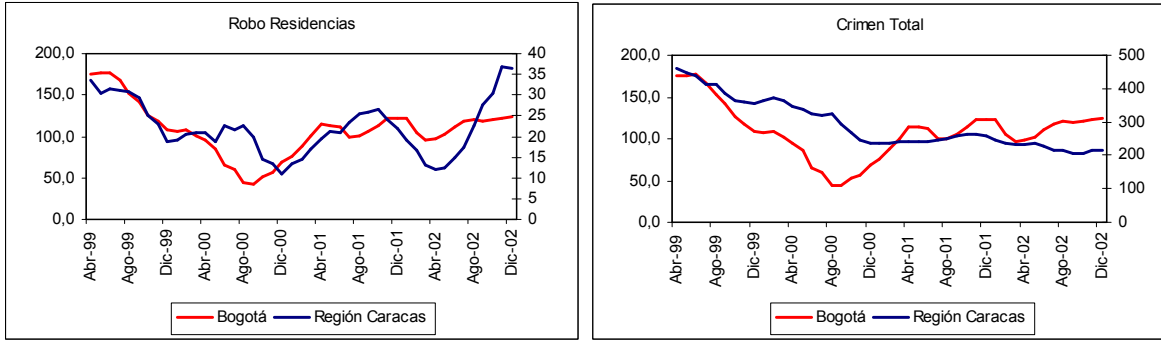
Como característica general, se resalta la caída en la participación del crimen de la Región Caracas en el total de la ciudad para todos los crímenes en consideración con excepción de homicidios, variable que presenta un comportamiento opuesto. Aunque en ningún caso la caída es extrema, sin embargo, la variable Crimen Total, que reúne la suma de todos los anteriores, muestra una caída de cinco puntos porcentuales en la participación de esta zona en el crimen total de Bogotá después de la puesta en marcha del sistema de transporte masivo.

En cuanto a las dinámicas de cada crimen en la Región Caracas respecto al crimen en el total de la ciudad, en el Gráfico 1 se presenta la evolución de los diferentes crímenes para el período enero de 1999 a diciembre de 2002, tanto en Bogotá en su conjunto, como en la Región Caracas. A las series se les realizó una transformación de media móvil de orden

cuatro con miras a suavizarlas, se presenta en el mismo gráfico lo relativo al total de la ciudad y lo correspondiente a la Región Caracas para poder hacer comparaciones más fácilmente.

Gráfico 1. Crimen en Bogotá vs. crimen en la Región Caracas 1999 – 2002





Fuente: Policía Metropolitana de Bogotá. Cálculos del autor.

Hay que resaltar que en 2000, se evidencia una caída de prácticamente todos los crímenes en cuestión, no obstante, el Gráfico 1 resalta que en la casi totalidad de los casos la caída es más acentuada en la Región Caracas que en el total de Bogotá. Esto confirma lo expuesto en el Cuadro 1 y resalta igualmente que los homicidios, aunque en el período en cuestión presentan un descenso, este es menos pronunciado en la Región Caracas que en el resto de la ciudad.

II.2 Análisis de datos espaciales

Para determinar las dinámicas de difusión, se debe analizar cómo las relaciones de una zona en cuestión versus sus zonas vecinas para un determinado crimen cambian a través del tiempo; en particular interesa mirar cómo son estos cambios a partir de enero de 2001. La diseminación (desplazamiento o contagio) puede darse entre regiones vecinas o entre zonas que no sean geográficamente contiguas.

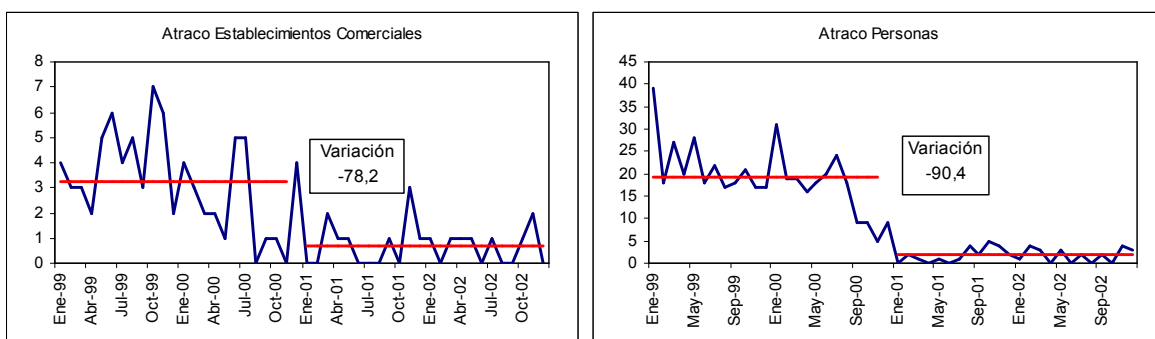
Como un primer acercamiento al comportamiento del crimen en la región objeto de estudio, con los datos específicos para cada una de las 65 zonas definidas, se llevan a cabo tres tipos de ejercicio. En el primero de ellos, se agrupan los datos en series mensuales, definiendo 5 corredores horizontales (subregiones) de modo que cada uno de ellos agrupe trece zonas con una característica en común; en el segundo de ellos, se miran estadísticas descriptivas más detalladas, tomando cada una de las regiones aisladamente y mirando generalidades de su comportamiento antes (1999-2000) y después (2001-2002) a la puesta en marcha de Transmilenio. En el tercer ejercicio, se lleva a cabo un análisis de relación entre los crímenes de cada zona con los de sus zonas vecinas antes y después de la puesta en funcionamiento de Transmilenio.

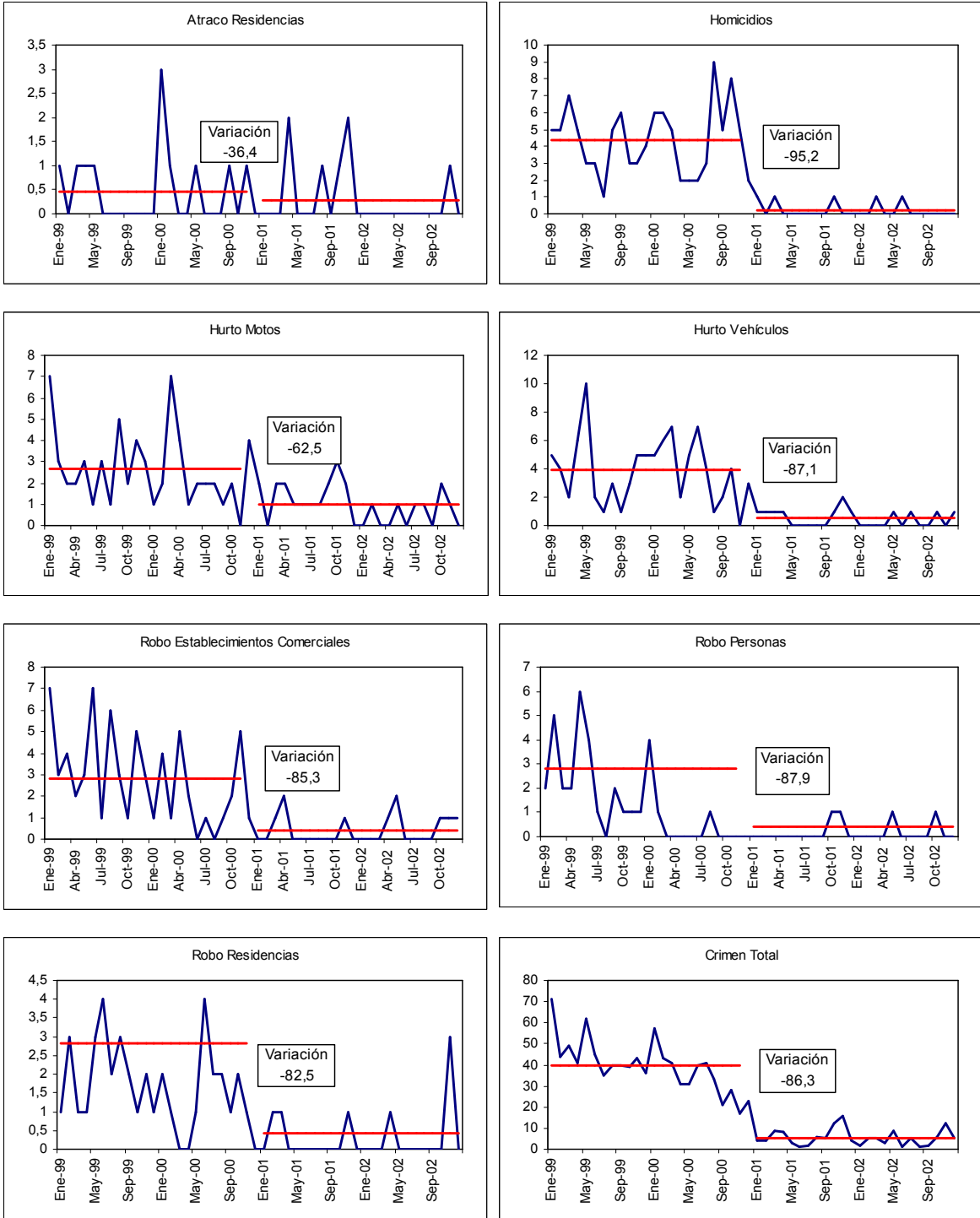
II.2.i Datos agregados por subregiones

Se definen cinco subregiones del espacio general que se tiene en consideración así: 1) Subregión Caracas, que agrupa las 13 zonas que se encuentran sobre la Avenida Caracas (zonas 27 a 39), con lo cual tenemos una delimitación de la actividad criminal en la zona de la Avenida Caracas entre calles 80 y 50S en el período 1999-2002; 2) Subregión Vecina Arriba, que encierra el corredor vecino a la Avenida Caracas hacia el oriente, entre esta última y cinco cuadras hacia el oriente de la misma (zonas 14 a 26); 3) Subregión Vecina Abajo, que agrupa las zonas 40 a 52 y que representa el corredor vecino a la Avenida Caracas hacia el occidente; 4) Subregión Alejada Arriba, que comprende las zonas que forman el corredor oriental de las zonas distantes de la Avenida Caracas (zonas 1 a 13); y 5) Subregión Alejada Abajo, aquella que reúne las zonas 53 a 65.

El haber aislado las zonas que se encuentran sobre la Avenida Caracas (zonas 27 a 39), nos permite mirar en forma detallada cuál fue exactamente el impacto de la medida (emplear esta vía como principal eje del sistema Transmilenio) sobre el comportamiento de los nueve crímenes en consideración. Adicionalmente, se tiene una agrupación de todos los crímenes con miras a tener una medida del efecto total. En el Gráfico 2 se presenta la evolución de los diferentes crímenes haciendo especial énfasis en el cambio porcentual que evidencia cada crimen antes y después de Transmilenio, medido como la variación en el promedio del crimen antes (1999-2000) y después del evento (2001-2002).

Gráfico 2. Crimen en la Subregión Caracas 1999 – 2002





Fuente: Policía Metropolitana de Bogotá. Cálculos del autor.

En esta subregión, como era de esperar, el efecto de la puesta en marcha de Transmilenio es fuertemente significativo (Cuadro 1). La caída del crimen antes y después de la medida, entendida como el cambio en los promedios de los dos periodos en

cuestión, es de 36,4% en el caso menos extremo, correspondiente al atraco a residencias, seguido del 62,5% que presenta el hurto de motos. En cuanto al hurto de vehículos, la caída es más dramática, presentando promedios de 87,1%. Por su parte, los delitos contra el patrimonio, medidos a partir de las variables atraco a establecimientos comerciales, robo a establecimientos comerciales y robo a residencias, presentan una acentuada disminución, del orden del 80%.

En la Subregión Caracas los delitos contra las personas, medidos a partir de las variables atraco a personas, homicidios y robo a personas, presentan las caídas más marcadas, con caídas de los promedios que oscilan entre 87,9% para el caso de robo a personas y 95,2% para la variable homicidios. Por último, cabe resaltar la sorprendente caída que captura el gráfico de Crimen Total al agrupar los diferentes crímenes de la muestra, presentando una caída de promedios de 86,3%.

Los resultados son consistentes dado el tipo de actividad criminal más común en la subregión, que antes de la llegada de Transmilenio era los delitos contra las personas, que son los que más se ven afectados por la medida en cuanto éstas actividades se beneficiaban del desorden de la vía. En alguna medida los delitos contra el patrimonio y el hurto de automotores son menos vulnerables al fenómeno pues en promedio estas actividades se desarrollan con más frecuencia en horas de la noche, donde la medida pierde componentes como la presencia de policías y flujo de personas. De hecho, para el atraco a residencias, la variación de promedios presenta una caída de 36,4%, cifra muy similar a la estimada por el programa Bogotá Como Vamos al comparar el primer semestre de los años 2001 y 2002, en donde encuentran que la caída de este crimen en la ciudad en conjunto es del 34,4% (Montoya, 2002).

En cuanto a las demás subregiones los efectos presentan diferentes magnitudes y las variaciones presentan diferentes signos según el tipo de crimen y la subregión en consideración. En el Cuadro 2 se presentan las variaciones por tipo de crimen para cada una de las cinco subregiones de la muestra, adicionalmente a las series se les hizo un test de cambio de media para ver si ésta era significativa comparando el período pre-Transmilenio con el período post-Transmilenio.

Cuadro 2. Prueba de cambio de media por tipo de crimen para cada subregión

Crimen	Subregión				
	Subregión Alejada Arriba	Subregión Vecina Arriba	Subregión Caracas	Subregión Vecina Abajo	Subregión Alejada Abajo
Atraco Establecimientos Comerciales	-61,1 *	-38,9	-78,2 ***	-34,8	-61,7 **
Atraco Personas	-44,9	-36,2	-90,4 ***	-36,1	-42,5 *
Atraco Residencias	-55,6 **	-74,6 ***	-36,4	-37,5	-31,0
Homicidio	-43,7	-13,9	-95,2 ***	-26,2	-56,1 *
Hurto Motos	-63,2	-21,1	-62,5	16,9	11,9
Hurto Vehículos	-35,7	-49,2 *	-87,1 ***	-24,8	-21,3
Robo Establecimientos Comerciales	0,0	10,8	-85,3 ***	-8,9	-5,1
Robo Personas	-5,7	25,3	-87,9 ***	2,4	35,8
Robo Residencias	-14,9	-23,8	-82,5 ***	84,2	13,3
Crimen Total	-38,1	-26,3	-86,3 ***	-17,1	-24,7

*** Significativo al 99%

** Significativo al 95%

* Significativo al 90%

Fuente: Policía Metropolitana de Bogotá. Cálculos del autor.

Se pueden resaltar algunos hechos relevantes: para el caso de atracos a establecimientos comerciales, atraco a personas y homicidios, la caída de la variable es mucho más pronunciada en las subregiones alejadas que en aquellas que son contiguas a la Avenida Caracas. Por el contrario, el atraco a residencias y el hurto de vehículos presentan una mayor caída en sus niveles de ocurrencia entre más próximos se encuentran de la avenida. La medida de crimen como un conjunto muestra caídas más acentuadas avanzando hacia el oriente.

Por otro lado, hay dos tipos de crimen que presentan una caída en las tasas de crimen en las subregiones que se encuentran al oriente (arriba) de la Avenida Caracas y un incremento de las mismas variables al occidente (abajo) de esta vía. Hacemos referencia aquí al hurto de motos y al robo de residencias; el primero de ellos adicionalmente presenta una caída en la Subregión Alejada Arriba incluso mayor a la que se da sobre la Subregión Caracas. Para el robo de residencias, a pesar de que en la Avenida Caracas este rubro evidenció una caída del 82% en su variación, en las zonas vecinas a esta vía al occidente este mismo crimen presentó el mayor aumento en términos de variación de los promedio de los años en cuestión, 84,2%.

Opuesto al comportamiento presentado previamente, se encuentra el robo a establecimientos comerciales que, aunque muy leves, presenta caídas en las zonas que

se encuentran al occidente (abajo) de la Avenida Caracas y crecimientos en el número de este crimen en la parte oriental de la Subregión Caracas.

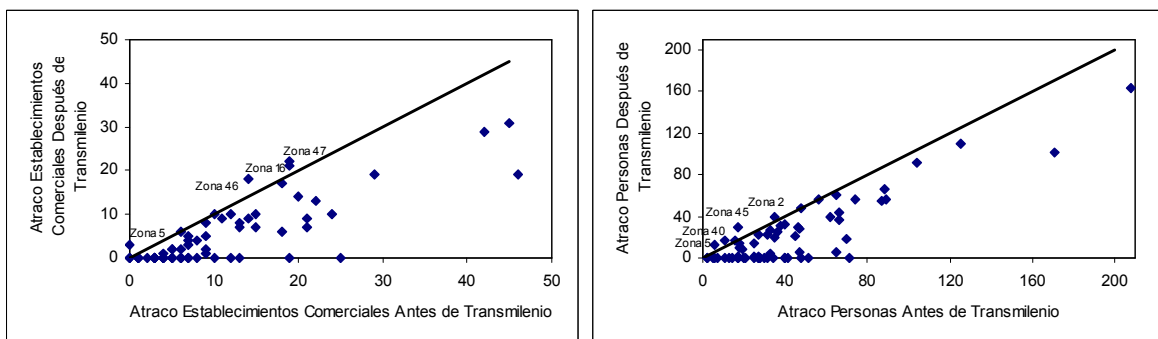
Por último, el robo a personas muestra un comportamiento muy heterogéneo, por un lado (hacia el occidente) presenta un incremento en su número, muy elevado en la Subregión Alejada Abajo, y por otro lado (hacia el oriente), el efecto es ambiguo, las zonas vecinas a la Avenida Caracas muestran un fuerte incremento en sus niveles de crimen mientras al alejarnos de esta vía lo que observamos es que éste también presenta una variación negativa, aunque muy pequeña. Cabe recordar que para este delito, la Subregión Caracas había experimentado un decrecimiento en su número de robos en los dos períodos analizados cercano al 88%.

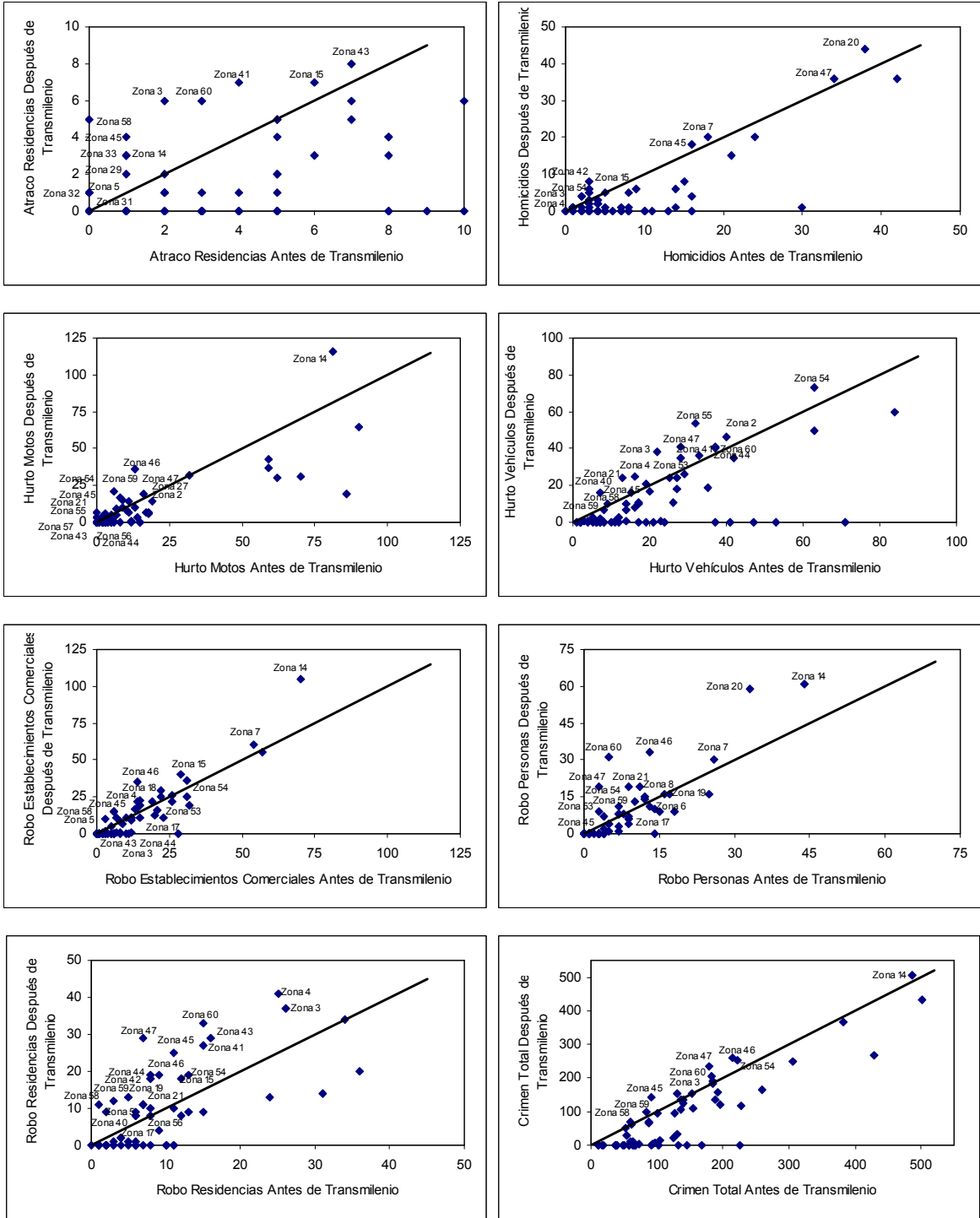
II.2.ii Datos por zonas

El análisis que se hace en esta sección parte de preguntarse qué puede haber ocasionado este comportamiento de las subregiones o cómo es el comportamiento de estos crímenes al interior de las mismas. Llevando a cabo un análisis del comportamiento de las variables, tomando el estado de cada crimen antes y después de la puesta en marcha de Transmilenio, para cada una de las 65 regiones definidas anteriormente, se puede buscar evidencia para indagar acerca de efectos de desplazamiento, disuasión o difusión que trajo consigo la entrada en funcionamiento de Transmilenio.

En el Gráfico 3 se presenta, por tipo de crimen, el estado en el que se encuentra éste después de estar operando Transmilenio (eje y), contra el estado en el que se encontraba antes de la operación del mismo (eje x).

Gráfico 3. Crimen por zona 1999-2000 vs. 2001-2002





Fuente: Policía Metropolitana de Bogotá. Cálculos del autor.

Estos gráficos presentan las zonas que tuvieron un incremento en el crimen en cuestión después de la puesta en marcha de Transmilenio, representado por las zonas que están por encima de la diagonal en las gráficas. Si una zona bajó su nivel de crimen en los

períodos en cuestión, el punto que la demarca estará por debajo de la diagonal. Sólo se marcan los nombres de las zonas que están por encima de la diagonal, aquellas que vieron sus niveles de crimen incrementados.

Hay algunos crímenes para los cuales muy pocas zonas presentan una subida en sus niveles, lo que es consistente con los resultados anteriores (Cuadro 2): atraco a establecimientos comerciales, que como se presenta en el cuadro 2, muestra grandes caídas en todas sus subregiones; atraco a personas, que presenta un comportamiento similar (ambos crímenes tienen tan solo 4% de las zonas en peor situación después de la entrada en funcionamiento de Transmilenio; homicidios tiene un 14% de sus zonas que vieron empeorar su situación con la medida; y atraco a residencias no muestra características tan definidas, 18% de las zonas están peor después de la entrada en vigencia del sistema de transporte. En cuanto a la agregación de diferentes tipos de crímenes, presentado en el último de los gráficos, éste presenta sólo el 12% de las zonas en una situación peor después de la medida.

De otro lado, hay cinco crímenes que presentan más del 20% de sus zonas en peor condición en el período posterior a Transmilenio, estos son: hurto de motos, hurto de vehículos y las tres clases de robos de la muestra. El peor de los casos lo presenta el robo a residencias, que como vimos presenta la variación positiva más extrema de la muestra en la Subregión Vecina Abajo, este crimen muestra un 31% de sus zonas en una peor situación a la del período 1999-2000.

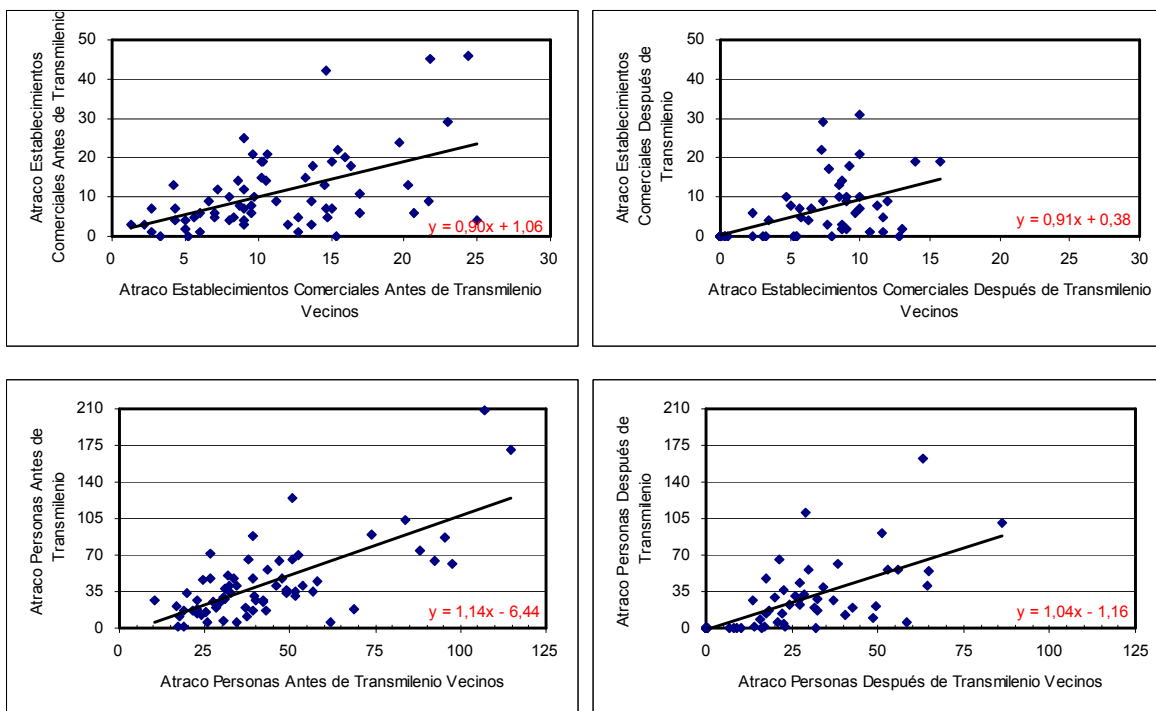
Como rasgos únicos al interior de cada crimen, podemos resaltar que para el caso de atracos a establecimientos comerciales, tres de las cuatro zonas que empeoraron su situación son vecinas a la Avenida Caracas, en atraco a residencias hay tres zonas de la Subregión Caracas que vieron afectada su situación con la medida, en hurto de motos 10 de las 13 zonas perjudicadas se ubican al occidente de la vía.⁷

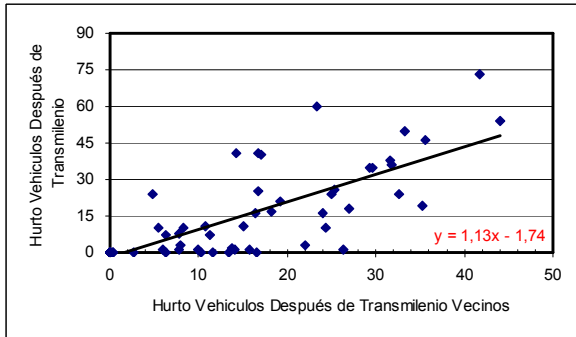
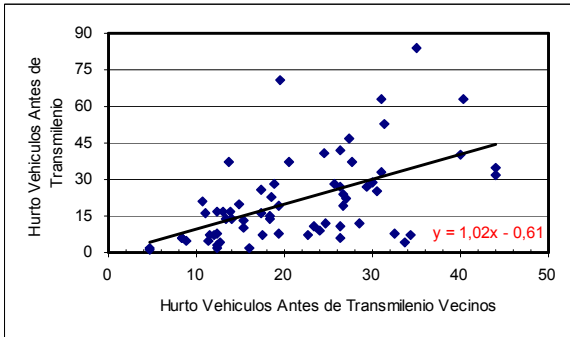
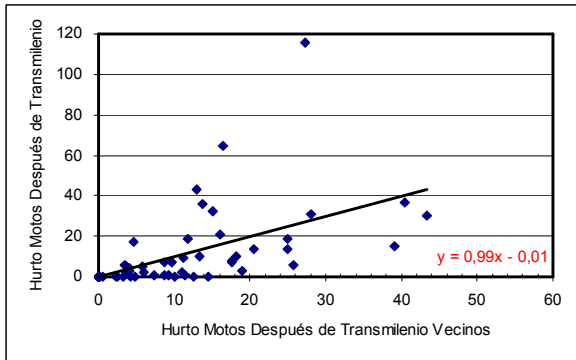
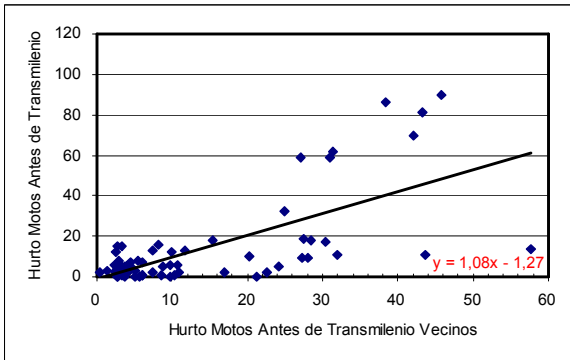
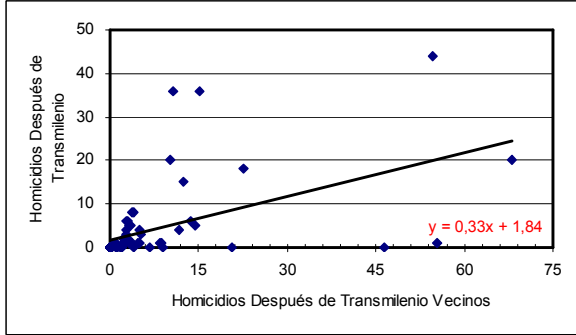
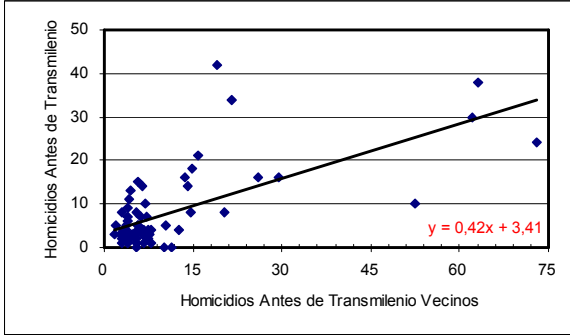
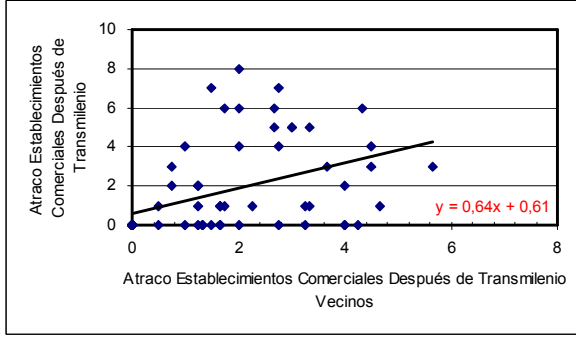
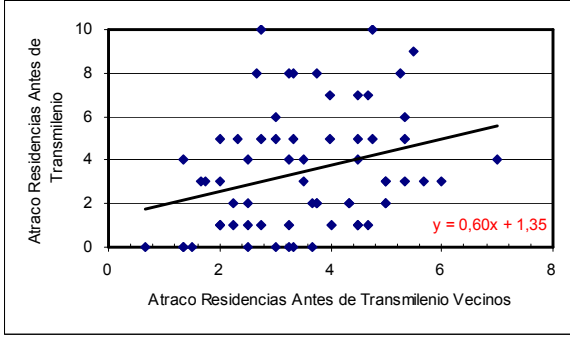
⁷ Adicionalmente, se presentan algunos puntos que son outliers en las muestras de crimen que se tiene. El caso más llamativo es uno que se omitió en la gráfica de homicidios, punto correspondiente a la zona 21, que comprende las calles 10 a 1 entre la Avenida Caracas y la carrera 9; esta zona contiene el sector denominado “El Cartucho”, y su inclusión en el Gráfico 4 distorsiona la escala del resto de la muestra pues presenta cerca de 200 homicidios en los dos períodos y aunque presenta una caída, esta no es muy significativa.

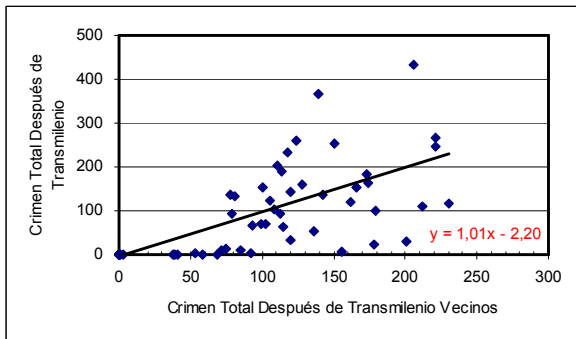
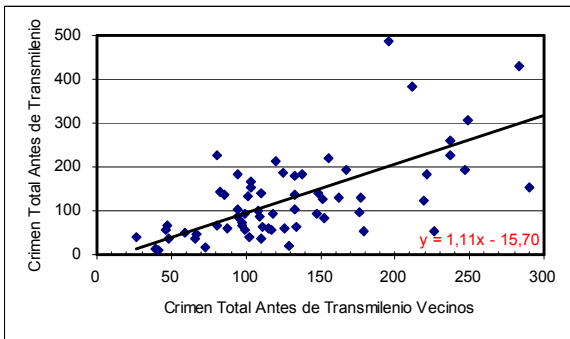
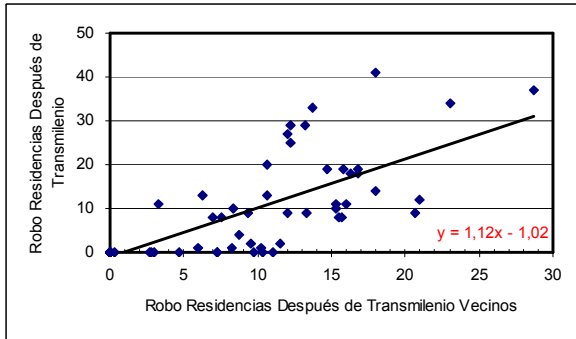
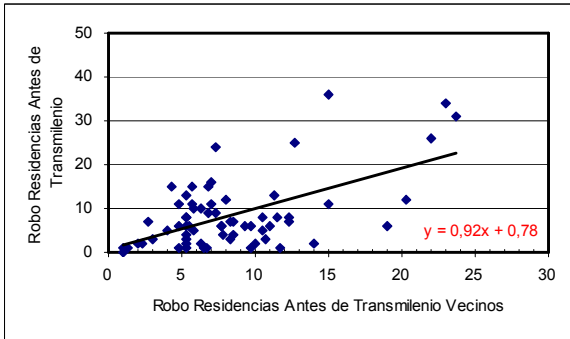
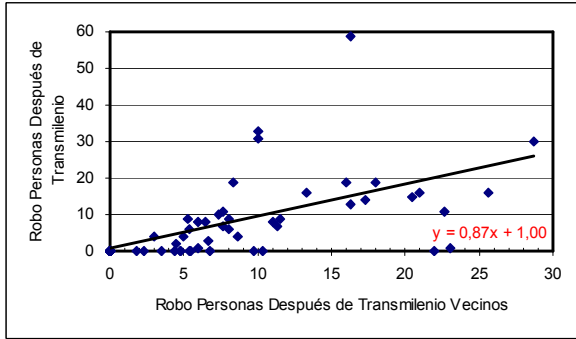
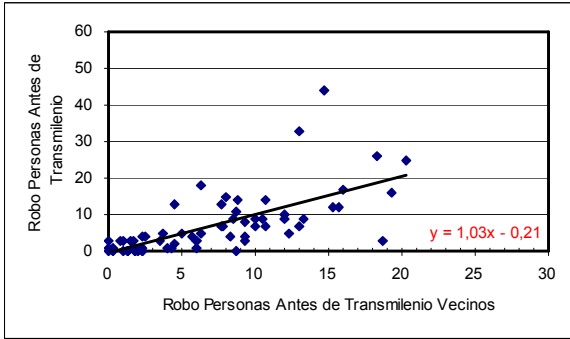
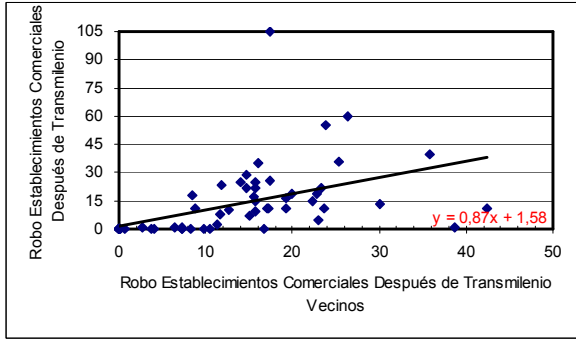
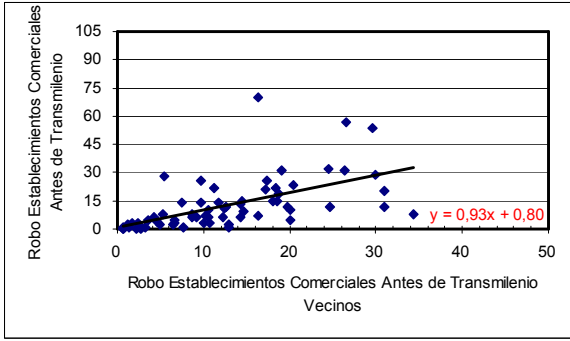
II.2.iii Análisis de zonas y la relación con sus vecindades

Cuando se trabaja con datos distribuidos en el espacio, es de enorme relevancia no perder de vista estas consideraciones e incluirlas en el análisis. Haciendo uso de la definición de contigüidad de primer orden expresada a partir de la matriz $W1$ que se expondrá en la sección de metodología, se construye una variable que se emplea como medida para capturar el efecto de las zonas vecinas en la que se tiene en cuenta la proximidad, y se lleva a cabo un primer acercamiento a las relaciones espaciales de las variables en el período 1999 – 2002, en el que se busca capturar el efecto de contagio espacial presente en la muestra. En el Gráfico 4 se reúne este fenómeno por medio del análisis del efecto que tienen las zonas vecinas sobre cada zona en particular y el cambio en el tiempo, cuando se da la medida objeto de estudio.

Gráfico 4. Contagio espacial e impacto de la puesta en marcha de Transmilenio







Fuente: Policía Metropolitana de Bogotá. Cálculos del autor.

En cuanto a cambios en las magnitudes, en casi todos los casos se da una contracción del crimen, pero las tendencias de comportamiento presentan cambios mínimos como

efecto de la medida. En cuanto a las magnitudes, éstas permiten deducir hechos relevantes.

El gráfico 4 muestra como en general las relaciones de las zonas con sus vecindades, antes y después de la puesta en marcha de Transmilenio es significativa para crímenes como atraco a establecimientos comerciales, atraco a personas, atraco a residencias, hurto de motos, hurto de vehículos y para el total de crímenes (Cuadro 3). Para esto se llevan a cabo pruebas de cambio de media para todas las zonas en el período de análisis.

Cuadro 3. Prueba de cambio de media para la zona y sus vecinos

	$Y_{AT} - WY_{AT}$	$Y_{DT} - WY_{DT}$	$(Y_{AT} - WY_{AT}) - (Y_{DT} - WY_{DT})$
Crimen			
Atraco Establecimientos Comerciales	-0,15	-0,20	5,65 ***
Atraco Personas	-0,53	-0,28	20,53 ***
Atraco Residencias	-0,15	-0,08	11,80 ***
Homicidio	-0,50	-0,45	3,99
Hurto Motos	-0,24	-0,02	4,28 **
Hurto Vehiculos	-0,20	0	7,93 ***
Robo Establecimientos Comerciales	-0,11	-0,03	0,85
Robo Personas	-0,06	-0,03	-0,43
Robo Residencias	0,05	-0,03	-0,07
Crimen Total	-1,48	-0,94	44,51 ***

*** Significativo al 99%

** Significativo al 95%

* Significativo al 90%

Fuente: Policía Metropolitana de Bogotá. Cálculos del autor.

Los patrones de comportamiento de una zona en relación a sus vecindades se presentan en casi todos los casos, invariantes a través del tiempo. Esto sugiere que el comportamiento de un determinado crimen en una zona no depende únicamente de sus características intrínsecas, sino que por el contrario, ésta obedece en enorme medida a la interacción geográfica de una zona específica con otras zonas con las que interactúa en ciertos comportamientos.

Las variables robo a establecimientos comerciales, robo a personas y robo a residencias, presentan una marcada tendencia a un aumento en estos delitos después de la entrada en operación de Transmilenio en la mayoría de las zonas, lo cual confirma los resultados presentados en el Cuadro 2, mientras que el resto de crímenes presentan como marca general el efecto contrario.

La aproximación lineal presenta cambios mínimos en sus pendientes, las relaciones zona-vecindades sugieren dos posibles efectos: o bien la medida afecta más que proporcionalmente el comportamiento del crimen en una zona, lo que sugiere que la caída en el crimen en las vecindades lleva a que el crimen de una zona determinada se reduzca más que lo que se redujo en sus vecinos (efecto disuasivo), presente en atraco a establecimientos comerciales, atraco a residencias, homicidios, hurto de vehículos y robo a residencias; o que por el contrario, una caída más acentuada en las vecindades de una zona lleven a esta última a presenciar un aumento en su crimen (efecto de desplazamiento), presente en atraco a personas, hurto de motos, robo a establecimientos comerciales y robo a personas.

El crimen agregado parece presentar más evidencia de desplazamiento que de cualquier otro fenómeno, de hecho es la medida que más variación presenta en su nivel con la entrada en funcionamiento de Transmilenio, pasando de un intercepto de -15,7 a -2,2.

III. Metodología

III.1 Análisis de dependencia espacial

Con el fin de poder llevar a cabo estimaciones partiendo de técnicas de econometría espacial es necesario, como primera medida, analizar los datos en un contexto de análisis espacial. Anselin (1988) y Moreno y Vayá (2000) presentan de forma exhaustiva el procedimiento que se le debe hacer a datos que se encuentran distribuidos espacialmente, teniendo en cuenta que para este tipo de datos suele aparecer lo que se conoce con el nombre de efectos espaciales: la heterogeneidad y la dependencia o autocorrelación espacial. Esto es de vital importancia ya que estos dos problemas se presentan a menudo al utilizar datos de unidades espaciales.

Cuando los datos provienen de unidades espaciales muy distintas para explicar un mismo fenómeno, tenemos lo que se conoce como heterogeneidad espacial pues aparecen problemas de heteroscedasticidad o de inestabilidad estructural. Sin embargo, estos problemas pueden ser tratados mediante las técnicas econométricas existentes para series temporales. Con la organización geográfica que se le hizo a los datos, es muy poco

probable que este fenómeno esté presente en este estudio. Para contrastar la presencia o ausencia de un esquema de dependencia espacial a nivel univariante, es decir, contrastar si se cumple la hipótesis de que una variable se encuentra distribuida de forma totalmente aleatoria en el espacio o si, por el contrario existe una asociación significativa de valores similares o disímiles entre regiones vecinas, ha sido propuesto un conjunto de estadísticos de dependencia espacial.

La dependencia espacial no puede ser tratada con las técnicas de la econometría estándar. La dependencia espacial es multidireccional (una región puede no sólo estar afectada por otra región contigua a ella sino por otras muchas que la rodean, al igual que ella puede influir sobre aquellas). La solución al problema de la multidireccionalidad en el contexto espacial pasa por la definición de la denominada matriz de pesos espaciales W :

$$W = \begin{bmatrix} 0 & w_{12} & \cdot & w_{1N} \\ w_{21} & 0 & \cdot & w_{2N} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ w_{N1} & w_{N2} & \cdot & 0 \end{bmatrix},$$

una matriz cuadrada no estocástica cuyos elementos w_{ij} reflejan la intensidad de la interdependencia existente entre cada par de regiones i y j . De forma habitual se recurre al concepto de contigüidad física de primer orden, donde w_{ij} es igual a 1 si las regiones i y j son físicamente adyacentes o a 0 en caso contrario.⁸ La matriz de pesos espaciales permite relacionar una variable en un punto del espacio con las observaciones para dicha variable en otras unidades espaciales del sistema. En la sección metodológica se exponen las diferentes definiciones que se emplearon en este estudio para llevar a cabo las estimaciones y los contrastes que se presentan en este apartado.

En el Cuadro 4 se presentan los resultados de diferentes pruebas de dependencia espacial para dos definiciones de la matriz de pesos espaciales. En la primera definición se llama a esta matriz W , y se define como una matriz de contigüidad física de orden k , en la que cada elemento adyacente tiene un peso mayor en la medida en que esté más

cerca de las demás zonas. Con la malla que forman las 65 zonas, una región está alejada de otra, máximo en 16 unidades. Por su parte, la matriz denominada $W1$, se construye a partir del criterio de contigüidad física de primer orden definido previamente.

Cuadro 4. Pruebas de dependencia espacial

Crimen	Matriz de Pesos Espaciales	Estadístico	Razón de	Wald	Multiplicador	Multiplicador de
		I de Moran	Verosimilitud		de Lagrange	Lagrange para
		[1,96]	H0: no existe		de Lagrange	Modelos SAR
			correlación espacial			
		6.635		6.635	6.635	6.635
Atraco Establecimientos Comerciales	W	4.75 ***	5.14 **	0.65	2.73 *	9.94 ***
	W1	0.22	26.40 ***	178.90 ***	0.04	38.90 ***
Atraco Personas	W	-0.68	3.39 *	1.18	0.66	2.51
	W1	-1.09	5.95 **	169.90 ***	1.26	25.90 ***
Atraco Residencias	W	0.87	2.12	1.15	0.06	1.23
	W1	-2.27 **	3.93 **	244.30 ***	5.19 **	45.10 ***
Homicidio	W	0.07	0.038	0.02	0.03	0.56
	W1	-1.38	0.57	111.20 ***	1.81	26.00 ***
Hurto Motos	W	-0.53	2.57 *	0.95	0.42	7.48 ***
	W1	-0.16	8.75 ***	124.60 ***	0.38	26.10 ***
Hurto Vehículos	W	0.06	0.93	5.02 **	0.35	2.17
	W1	0.78	23.20 ***	145.50 ***	0.56	32.60 ***
Robo Establecimientos Comerciales	W	-5,37 ***	8.26 ***	1.44	7.20 ***	3.81 **
	W1	-3,59 ***	30.90 ***	305.70 ***	12.70 ***	44.30 ***
Robo Personas	W	-4,42 ***	3.57 **	1.21	4.40 **	15.80 ***
	W1	-0.99	31.60 ***	227.70 ***	1.03	38.90 ***
Robo Residencias	W	0.86	6.04 **	1.27	0.06	17.11 ***
	W1	-0.99	4.55 **	126.50 ***	0.99	29.40 ***
Crimen Total	W	0.76	0.65	4.53 **	0.22 *	3.57 **
	W1	2.05 **	3.18 *	3.46 *	3.33 *	131.96 ***

*** Significativo al 99%

** Significativo al 95%

* Significativo al 90%

Aunque los resultados no son contundentes, en la mayoría de los casos se puede rechazar la hipótesis nula, lo que indica que hay evidencia de correlación espacial y que por tanto debe incluirse el componente espacial en las regresiones de crimen en la región de estudio. La matriz de pesos espaciales que arroja las mejores muestras de dependencia espacial es la denominada $W1$.

Con un experimento natural en el que la puesta en marcha de Transmilenio es exógena a la distribución del crimen y con los datos de crímenes por zona antes y después del evento, podremos hacer de lado variables inobservables que podrían afectar el número de crímenes. De este modo se pasa por encima de influencias que podrían sesgar el análisis.

⁸ Se asume por definición que $w_{ii}=0$.

La evidencia de la importancia de tener en cuenta el componente espacial en el análisis de crimen que se lleva a cabo en este estudio, presentada en el cuadro 4, recalca en la importancia de tener en cuenta el fenómeno de estudio, no solamente en una zona en particular que se quiera estudiar, sino también en las posibles zonas de influencia de la región de estudio. La marcada evidencia de la importancia del componente espacial en el estudio del comportamiento del crimen en este sector de Bogotá, hace que sea imperativo partir de considerar relaciones geoespaciales en la definición y desarrollo de los modelos econométricos que se estiman posteriormente. Igualmente, en cuanto a los efectos de disuasión y desplazamiento, los modelos econométricos esclarecerán con mayor veracidad su presencia.

III.2 El modelo

Para estimar el efecto de la puesta en marcha de Transmilenio en el crimen evitando tomar en consideración relaciones espurias con otras variables, por ejemplo la presencia policial, que podrían afectar igualmente las variables a estudiar, se utiliza una estrategia empírica de diferencias en diferencias que permite sobrepasar dichos problemas aislando el efecto de la puesta en marcha de Transmilenio sobre el crimen.⁹ Adicionalmente, como se ha venido reiterando, se incorporan las interacciones espaciales y la estructura espacial dentro del análisis de regresión. Con el fin de llevar a cabo estimaciones en un marco de econometría espacial, se debe especificar formalmente la estructura espacial del modelo, esto es lo que se denomina como cuantificación espacial. Para ello es necesario determinar las unidades que afectan espacialmente a otras mediante las matrices de contigüidad o vecindad definidas en la sección anterior.

Incluir la dependencia espacial en las regresiones parte de la definición de modelos de rezago espacial dado que tenemos en consideración que el efecto está en la variable dependiente.

Un modelo de rezago espacial se expresa como:

$$y = \rho W y + \beta x + \varepsilon, \quad \varepsilon \sim N(0, \sigma_\varepsilon^2 I) \quad (1)$$

⁹ La definición y estructuración metodológica de los modelos de diferencias en diferencias sigue a Borjas *et al* (1997), Cadena (2002) y Querubín (2003).

Como el efecto que queremos medir es cómo es afectada una variable espacialmente ubicada por ella misma rezagada espacialmente, el modelo presentado en la ecuación (1) toma la denominación de modelo espacial autorregresivo de primer orden, en el cual se incluyen como variables explicativas dummies que permiten medir efectos de contagio, disuasión o desplazamiento .

Como se quiere estimar cuál es el efecto de la presencia policial en el crimen a través de la puesta en marcha de Transmilenio para cada uno de los nueve crímenes que vamos a tener en consideración,¹⁰ se utiliza la evolución del crimen en el período anterior a enero de 2001, denominado pre-Transmilenio, como el período “pre-treatment” y se compara con la observada en el período post-Transmilenio, “treatment”. Se utiliza ese momento del tiempo como punto de corte pues la medida (la puesta en marcha del sistema de transporte masivo) inicia en diciembre de 2000 pero en las series se presenta que es justamente en enero de 2001 que se comienza a notar el efecto de la medida en el crimen (Gráfico 2).

Para mirar las tendencias pre y post Transmilenio, teniendo en cuenta que cada zona tendría tasas de crecimiento del crimen propios diferentes si no se hubiera puesto en funcionamiento el sistema de transporte, se utiliza una comparación de diferencias en diferencias sobre cómo creció el crimen de una zona dada, antes y después de la puesta en marcha de Transmilenio.

Para ver el efecto de los cambios en el crimen por la operación de Transmilenio sobre los cambios en el comportamiento del mismo crimen se define:

$$\Delta Cri(t, t') = \left(\frac{Cri_{jt'} - Cri_{jt}}{Cri_{jt}} \right) \quad (2)$$

Donde:

Cri : crimen de la zona.

$t = 2001$

¹⁰ De aquí en adelante, para la definición del modelo, se hará un planteamiento general con la palabra crimen, que es la variable que cambiará por los diez crímenes para los cuales se va a llevar a cabo las estimaciones.

$t' = 2002$

La ecuación (2) representa el crecimiento en el crimen como proporción del crimen inicial.

Una primera estimación de un modelo que relaciona los cambios de la variable en cuestión (primeras diferencias), teniendo en cuenta el componente espacial en el análisis, se representa por un modelo espacial autorregresivo de primer orden de primeras diferencias (FAR) de la siguiente manera:

$$\Delta Cri(t, t')_j = \rho W \Delta Cri(t, t')_j + \varepsilon_j \quad (3)$$

La ecuación (3) relaciona el crecimiento anual del crimen de una zona con el crecimiento anual del mismo crimen para la misma zona rezagada espacialmente; ambas relativas al crimen de la zona en el momento t . El coeficiente ρ mide el impacto de un cambio en el crimen entre t y t' sobre el cambio en el crimen de la zona durante ese periodo a raíz del cambio en el mismo en las zonas vecinas que interactúan con ella. Esta relación asume implícitamente que las zonas habrían tenido la misma tasa de crecimiento del crimen propia en ausencia de Transmilenio.

Otro tipo de estimaciones incluyen variables dummies para capturar relaciones espaciales más específicas que podrían tener en cuenta aspectos de orden económico, social, laboral, etc., caso en el cual tendríamos un modelo espacial autorregresivo de primer orden de primeras diferencias con inclusión de dummies (SAR), de la forma:

$$\Delta Cri(t, t')_j = \rho W \Delta Cri(t, t')_j + \beta x + \varepsilon_j \quad (4)$$

Sin embargo, no es suficiente hacer el análisis en términos de tasas de crecimiento. Si cada zona tenía su propia senda de crecimiento del crimen antes de Transmilenio y se hubiera mantenido igual de no haberse tomado la medida, la regresión utilizando la ecuación (4) llevaría a una inferencia errada sobre los efectos de Transmilenio. Para aislar el efecto de Transmilenio se necesita un modelo de diferencias en diferencias que compare la forma como creció el crimen de las zonas antes y después de Transmilenio

teniendo en cuenta las características de cada una de ellas. Para esto, el período de análisis incluye la evolución del crimen pre-Transmilenio (*pre-treatment*) y el ajuste post-Transmilenio (*treatment*).

Se contrastan tasas de crecimiento del crimen antes y después de Transmilenio pues esta comparación puede proveer una posible respuesta a la pregunta: ¿Qué le hubiera pasado al crimen de las zonas si éste hubiera permanecido en los niveles pre-Transmilenio? Es decir, ¿Cómo es la senda de crecimiento que se hubiera observado si no se hubiera dado la puesta en marcha del sistema de transporte? Para responder esta pregunta se definen (t_1, t_1') como el periodo *pre-treatment* (1999-2000) y (t_2, t_2') como el periodo *treatment* (2001-2002), si se incluye adicionalmente el componente espacial que se quiere tener en el modelo, tendríamos un modelo FAR de la forma:

$$\Delta Cri(t_2, t_2')_j - \Delta Cri(t_1, t_1')_j = \rho W [\Delta Cri(t_2, t_2')_j - \Delta Cri(t_1, t_1')_j] + v_j \quad (5)$$

Incluyendo variables dummies para poder tener en consideración otro tipo de efectos, tendríamos un modelo SAR definido como:

$$\Delta Cri(t_2, t_2')_j - \Delta Cri(t_1, t_1')_j = \rho W [\Delta Cri(t_2, t_2')_j - \Delta Cri(t_1, t_1')_j] + \beta x + v_j \quad (6)$$

El coeficiente ρ mide el impacto de un incremento en el crimen sobre el mismo crimen teniendo en cuenta las condiciones preexistentes en la zona y en sus vecinos. Se puede decir que el modelo, haciendo la analogía con un panel, establece una estructura particular al efecto fijo de cada zona: las tendencias de crecimiento que traía antes del *treatment* (Transmilenio).

En esta regresión se está comparando el crecimiento en cada zona antes y después de la puesta en marcha de Transmilenio, el coeficiente ρ mide el contagio entre zonas, β mide el impacto de la ubicación de la zona según características de otro tipo, teniendo en cuenta el impacto de un incremento en el crimen, con respecto a las condiciones que existían en cada zona antes de la operación de Transmilenio.

IV. Resultados econométricos

En esta sección se presentan los resultados obtenidos para los nueve crímenes considerados, además de aquellos para la variable crimen total, para las 65 zonas definidas. Las regresiones se llevan a cabo con las dos definiciones de la matriz de pesos espaciales (W y $W1$), esto dada la dificultad de determinar un único método o mecanismo general para llevar a cabo los ejercicios. Se estima para cada crimen las ecuaciones (3), (4), (5) y (6) con el fin de encontrar el efecto de incluir el período de *treatment* en el análisis (Cuadros 3, 4, 5 y 6).

El primer paso que se sigue es la realización de una prueba de cambio de media para las variables en primeras diferencias y en diferencias en diferencias. Esto nos permite, por un lado determinar si en promedio hubo reducción o aumento del crimen, y adicionalmente saber si el cambio es significativo o no (Cuadro 5).

Cuadro 5. Pruebas de cambio de media para variables en primeras diferencias y en diferencias en diferencias

Crimen	Primeras Diferencias $Y_{2000} - Y_{1999}$	Primeras Diferencias $Y_{2002} - Y_{2001}$	Diferencias en Diferencias
Atraco Establecimientos Comerciales	-1,57	-0,05	2,84 ***
Atraco Personas	-4,92	0,37	10,2 ***
Atraco Residencias	-0,34	-0,29	0,88 ***
Homicidio	-1,75 **	0,25	-0,02
Hurto Motos	-0,35	-0,32	1,98
Hurto Vehiculos	-0,88	-1,85	2,13
Robo Establecimientos Comerciales	-0,18	-1,49	3,92 ***
Robo Personas	-5,00 ***	-0,37	0,41
Robo Residencias	-4,49 ***	-2,05 *	-0,22
Crimen Total	-19,5 **	-5,80	22,12 ***

*** Significativo al 99%

** Significativo al 95%

* Significativo al 90%

Las pruebas de cambio de media muestran un aumento en el crimen en la mayoría de las variables en primeras diferencias, sin embargo, para el período post-Transmilenio, *treatment*, estos incrementos no son significativos en general. Por el contrario, al hacer la prueba para las variables en diferencias en diferencias, se observan indicios de caída en los niveles de crimen promedio entre los períodos factual y contrafactual, siendo

significativa para las variables atraco a establecimientos comerciales, atraco a personas, atraco a residencias, hurto de vehículos y para el crimen total.

El ejercicio parte de la estimación de las ecuaciones (3) y (5). En el Cuadro 6 se presenta el ρ estimado para cada uno de los crímenes en consideración y según la matriz de pesos espaciales utilizada.

Cuadro 6. Evidencia de presencia de dependencia espacial para primeras diferencias y diferencias en diferencias

Crimen (Y)	Primeras Diferencias		Diferencias en Diferencias	
	WY		WY	
	W	W1	W	W1
Atraco Establecimientos Comerciales	0,53	0,01	-0,63	-0,03
Atraco Personas	0,45	0,12	0,53	0,21
Atraco Residencias	-0,99	0,21	0,35	0,38 *
Homicidio	-0,99	0,27	-0,53	0,25
Hurto Motos	0,10	-0,21	0,25	0,10
Hurto Vehiculos	0,53	-0,06	0,63 *	-0,11
Robo Establecimientos Comerciales	0,61 *	0,39 **	0,80 ***	0,51 ***
Robo Personas	0,53	0,20	0,61 *	0,14
Robo Residencias	0,50	0,31	0,10	0,17
Crimen Total	0,54	0,49 **	0,71 **	0,42 **

*** Significativo al 99%

** Significativo al 95%

* Significativo al 90%

Los resultados indican que para el caso de las variables en primeras diferencias el coeficiente ρ sólo es significativo para los crímenes robo a establecimientos comerciales y para la medida de crimen total, lo cual significa que en estos dos casos se presenta evidencia de contagio de las zonas vecinas a las zonas propias. Por lo tanto, la caída del crimen en las vecindades de una zona, lleva a que el crimen propio a esa zona se reduzca igualmente (efecto disuasivo).

Para las variables en diferencias en diferencias, las estimaciones presentan evidencia de influencia de los vecinos sobre las zonas propias para los crímenes de atraco a residencias, hurto de vehículos, robo a establecimientos comerciales, robo a personas y para la variable crimen total. Esto sugiere un efecto de disuasión del crimen, en la medida en que la variable en las zonas vecinas se relaciona positivamente con la variable en las

zonas específicas, con lo cual a medida que baja el crimen en las vecindades, el efecto es recíproco en las zonas propias.

Para llegar a conclusiones más puntuales de desplazamiento o disuasión del crimen, se define la variable DUMSUR, que toma en consideración si la zona se ubica en el sur de la ciudad. La inclusión de esta variable permite captar el efecto de diferencias en términos de seguridad, actividad económica y características de tipo social existentes entre el norte y el sur de la ciudad. Esta aproximación se hace tomando en consideración que el sur de la ciudad es de un estrato socio-económico inferior al del norte.¹¹

De esta manera, el ejercicio continuó con la estimación de las ecuaciones (4) y (6) para cada una de las variables en consideración, Cuadro 7.

Las estimaciones indican contagio del crimen nuevamente en los casos de atraco a residencias, hurto de vehículos, robo a establecimientos comerciales, robo a personas y para la variable crimen total. Adicionalmente, en este modelo se presenta evidencia de contagio espacial para la variable atraco a establecimientos comerciales y hurto de motos. En estos dos últimos casos la evidencia indica que mientras el crimen en las zonas vecinas cae, en la zona propia éste aumenta, presentándose así efectos de desplazamiento del crimen.

Para las variables en primeras diferencias, los efectos de ubicación en el norte o en el sur son significativos solo en algunos casos. Un hecho a destacar es que la dummy de efecto sur en la regresión de atraco a establecimientos comerciales, muestra que en este sector de la ciudad este delito presenta niveles inferiores a aquellos del norte de Bogotá.

En cuanto a las variables en diferencias en diferencias, se encuentra un comportamiento muy similar para el caso de atraco a establecimientos comerciales al de primeras diferencias. El robo a personas presenta este mismo comportamiento, siendo el efecto en el norte y en el sur nuevamente de magnitudes diferentes. La medida de crimen total muestra evidencia de disuasión.

¹¹ La zona del centro de la ciudad se incluye entre las zonas del sur, dada la similitud en sus características, por lo tanto estas zonas son las comprendidas entre la calle 30 y la calle 50S, para un total de 40 zonas ubicadas en el sur y 25 zonas en el norte.

Cuadro 7. Primeras diferencias y diferencias en diferencias con efecto norte-sur

Crimen (Y)		Primeras Diferencias		Diferencias en Diferencias	
		W	W1	W	W1
Atraco Establecimientos Comerciales	WY	-1,00	-0,30 **	-1,00	-0,35 **
	Cons	0,95 **	0,85 ***	1,20 ***	1,19 ***
	DUMSUR	-0,84 ***	-0,92 ***	-1,33 ***	-1,50 ***
Atraco Personas	WY	-0,99	0,02	-1,00	0,07
	Cons	0,32 *	0,17	0,55 **	0,27 *
	DUMSUR	-0,13	-0,09	-1,18	-0,11
Atraco Residencias	WY	-1,00	0,18	-0,99	0,34 **
	Cons	0,16	0,17	-0,45	-0,05
	DUMSUR	-0,37	-0,32	-0,27	-0,23
Homicidio	WY	-1,00	0,23	-1,00	0,22
	Cons	0,27	0,18	0,26	0,18
	DUMSUR	-0,35	-0,24	-0,38	-0,26
Hurto Motos	WY	-0,99	-0,28 *	-0,99	-0,01
	Cons	0,21	-0,16	-0,67 *	-0,41 **
	DUMSUR	0,06	0,07	0,39	0,30
Hurto Vehículos	WY	-0,99	-0,21	-1,00	-0,34 **
	Cons	-0,22	-0,11	-0,57	-0,27
	DUMSUR	-0,04	-0,06	-0,41	-0,46
Robo Establecimientos Comerciales	WY	-1,00	0,18	-1,00	0,01
	Cons	0,69 ***	0,41 **	1,63 **	0,95 ***
	DUMSUR	-0,64 ***	-0,48	-0,66 ***	-0,56 ***
Robo Personas	WY	-0,99	0,06	-1,00	-0,35 **
	Cons	0,10	0,02	1,15 **	0,96 ***
	DUMSUR	-0,22 **	-0,21 *	-0,72 ***	-0,78 ***
Robo Residencias	WY	-1,00	0,12	-0,99	0,12
	Cons	0,82 **	0,52 ***	0,65	0,38
	DUMSUR	-0,76 ***	-0,59 **	-0,35	-0,27
Crimen Total	WY	-0,99	0,40 ***	-1,00	0,20 *
	Cons	-0,05	0,01	0,46 **	0,24 ***
	DUMSUR	-0,13 **	-0,07	-0,27 ***	-0,19 **

*** Significativo al 99%

** Significativo al 95%

* Significativo al 90%

V. Conclusiones

La puesta en marcha de Transmilenio sobre una de las vías con más crímenes de la ciudad de Bogotá, hace que se tenga un experimento natural con el cual se puede medir los efectos tanto de la policía en el crimen, como de políticas involuntarias para contrarrestar el crimen. Con la ayuda de un marco de teoría de Broken Windows, se puede determinar cómo afecta este tipo de medidas a la reducción del crimen en la Avenida Caracas y sus vecindades.

El contar con datos georeferenciados por tipo de crimen, permitió hacer las agrupaciones específicas utilizadas en este estudio. Esto facilitó desarrollar un análisis con las agrupaciones precisas para llevar a cabo estimaciones de crimen localizado y evitar así la pérdida de robustez de resultados de otros estudios por tomar datos agregados a nivel de ciudad.

El haber aislado el crimen presente en la Avenida Caracas para los cuatro años de estudio, por tipo de crimen, para mirar su evolución y el impacto que tuvo la puesta en marcha de Transmilenio, arrojó resultados contundentes. Cambios significativos en el comportamiento de crímenes como el atraco a establecimientos comerciales (-78,2%), atraco a personas (-90,4%), homicidios (-95,2%), hurto de vehículos (-87,1%), robo a establecimientos comerciales (-85,3%), robo a personas (-87,9%), robo a residencias (-82,5%), y en el crimen agregado (-86,3%).

La utilización de la metodología de diferencias en diferencias permitió establecer, una vez se controla por las tendencias propias de cada zona, la caída que presenta el crimen en la región de influencia de la Avenida Caracas. Es así como el atraco a establecimientos comerciales, atraco a personas, atraco a residencias, hurto de vehículos y el crimen total, dan muestra de significativas caídas en sus niveles.

En general, el análisis de dependencia espacial por medio de técnicas de econometría espacial, pone en evidencia la necesidad de emplear estas metodologías en los estudios de crimen. A través de las regresiones econométricas llevadas a cabo, se encontró evidencia de procesos de disuasión en crímenes como atraco a residencias, hurto de vehículos, robo a establecimientos comerciales, robo a personas y el crimen total.

En cuanto al control por diferencias socioeconómicas en la ciudad entre el norte y el sur de Bogotá, éste sugiere que en el sur se puede hablar de manera general de una caída más pronunciada en los niveles de crimen, en casos como atraco a establecimientos comerciales, hurto de vehículos, robo a personas y en el crimen agregado.

Referencias

Angrist, Joshua y Alan Krueger (1991). "Does Compulsory School Attendance Affect Schooling and Earnings?", *Quarterly Journal of Economics*, 113 (1), 43-77.

Angrist, Joshua, Eric Bettinger, Erik Bloom, y Michael Kremer (2001). "Vouchers for Private Schooling in Colombia: Evidence from a Randomized Natural Experiment", *American Economic Review*, 92 (5), 1535-1558.

Anselin, Luc (1988). *Spatial Econometrics: Methods and Models*, Kluwer Academic Publishers, The Netherlands.

_____(1999). "Spatial Econometrics", Bruton Center School of Social Sciences, University of Texas at Dallas, Richardson, TX.

Anselin, Luc, Jacqueline Cohen, David Cook, Wilpen Gorr y George Tita (2000). "Spatial Analyses of Crime", en Duffee, David (ed.), *Criminal Justice 2000: Volume 4. Measurement and Analysis of Crime and Justice*. Washington, DC: National Institute of Justice, 2000: 213–262.

Becker, Gary (1968). "Crime and Punishment: An Economic Approach", *Journal of Political Economy*, 76 (2), 169-217.

Borjas, George, Richard Freeman y Lawrence Katz (1997). "How Much do Immigration and Trade Affect Labor Market Outcomes?", *Brooking Papers on Economic Activity*, 1.

Cadena, Ximena (2002). "¿La Descentralización Empereza? Efecto de las Transferencias Sobre los Ingresos Tributarios Municipales en Colombia", Documento CEDE 2002-08, Universidad de los Andes, Bogotá.

Cameron, Samuel (1988). "The Economics of Crime Deterrence: A Survey of Theory and Evidence", *Kyklos*, 41 (2), 301-323.

Cohen, Jacqueline y George Tita (1999). "Diffusion in Homicide: Exploring a General Method for Detecting Spatial Diffusion Processes", *Journal of Quantitative Criminology*, 15 (4).

Corman, Hope y Naci Mocan (2002). "Carrots, Sticks and Broken Windows", *National Bureau of Economic Research*, working paper No. 9061.

Di Tella, Rafael y Ernesto Schargrotsky (2004). "Do Police Reduce Crime? Estimates Using the Allocation of Police Forces After a Terrorist Attack", *American Economic Review*, 94 (1), 115-133.

Ehrlich, Isaac (1973). "Participation in Illegitimate Activities: A Theoretical and Empirical Investigation", *Journal of Political Economy*, 81 (3), 521-565.

Ehrlich, Isaac y George Brower (1987). "On the Issue of Causality in the Economic Model of Crime and Law Enforcement: Some Theoretical Considerations and Experimental Evidence", *American Economic Review*, 77 (2), 99-106.

Fajnzylber, Pablo, Daniel Lederman, y Norman Loayza (1999). "Qué Causa el crimen Violento?", En Cárdenas, Mauricio y Roberto Steiner (ed.), *Corrupción Crimen y Justicia: Una Perspectiva Económica*, Tercer Mundo Editores, Fedesarrollo, LACEA, Colciencias, Bogotá.

Formisano, Michel (2002). "Econometría Espacial: Características de la Violencia Homicida en Bogotá", Documento CEDE 2002-10, Universidad de los Andes, Bogotá.

Freeman, Richard (1996). "Why Do So Many Young American Men Commit Crimes and What Might We Do About It?", *Journal of Economic Perspectives*, 10 (1), 25-42.

Glaeser, Edward, Bruce Sacerdote, y José Scheinkman (1996). "Crime and Social Interactions", *Quarterly Journal of Economics*, 111 (2), 507-548.

Heckman, James and Jeffrey Smith (1995). "Assessing the Case for Social Experiments", *Journal of Economic Perspectives*, 9 (2), 85-110.

LaLonde, Robert (1986). "Evaluating the Econometric Evaluations of Training Programs with Experimental Data", *American Economic Review*, 76 (4), 604-620.

Levitt, Steven (1997). "Using Electoral Cycles in Police Hiring to Estimate the Effect of Police on Crime", *American Economic Review*, 87 (3), 270-290.

Montoya, Soraya (2002). "Balance de la Gestión en Seguridad Ciudadana", en *Bogotá Cómo Vamos*, 153-160.

McCormick, Robert y Robert Tollison (1984). "Crime on the Court", *Journal of Political Economy*, 92 (2), 223-235.

Messner, Steven, Luc Anselin, Robert Baller, Darnell Hawkins, Glenn Deane y Stewart Tolnay (1998). "The Spatial Patterning of County Homicide Rates: An Application of Exploratory Spatial Data Analysis", *American Society of Criminology*, National Consortium on Violence Research (NCOVR), Washington.

Moreno, Rosina y Esther Vayá (2000). *Técnicas Económicas para el Tratamiento de Datos Espaciales: La Econometría Espacial*, Edicions de la Universitat de Barcelona.

Núñez, Jairo (2001). "Interrelaciones Espaciales en los Delitos Contra el Patrimonio en Bogotá", documento no publicado, Universidad de los Andes, Bogotá.

Querubín, Pablo (2003). "Crecimiento Departamental y Violencia Criminal En Colombia". Documento CEDE 2003-12, Universidad de los Andes, Bogotá.

Sánchez, Fabio, Andrés Solimano y Michel Formisano (2002). "Conflict, Violent Crime and Criminal Activity in Colombia", Research program of the Economics and Politics of Civil Wars, Yale University.

Sánchez, Fabio, Silvia Espinosa y Ángela Rivas (2003). "¿Garrote o Zanahoria? Factores Asociados a la Disminución de la Violencia Homicida y el Crimen en Bogotá, 1993-2002", Documento CEDE 2003-27, Universidad de los Andes, Bogotá.

Wilson, James y George Kelling (1982). "Broken Windows: the Police and Neighborhood safety", *Atlantic Monthly*, 249 (3), 29-38.

Witte, Ann (1980). "Estimating the Economic Model of Crime With Individual Data", *Quarterly Journal of Economics*, 94 (1), 57-84.