

## **MONOGRAFÍA**

### **EFECTO INGRESO Y DISPARIDADES EN EL MISMO SOBRE LOS DELITOS EN LAS COMUNAS DE MEDELLÍN<sup>1</sup>**

**Autor**

**JUAN DAVID VALDERRAMA**

**Monografía de grado presentada como requisito para optar al título de Magíster en  
Economía**

**Asesores:**

**PH.D HERMILSON VELÁSQUEZ CEBALLOS**

**MAGISTER CATALINA GÓMEZ TORO**

**UNIVERSIDAD EAFIT  
DEPARTAMENTO DE ECONOMÍA  
MAESTRÍA EN ECONOMÍA  
MEDELLIN, FEBRERO DE 2014**

---

<sup>1</sup> Agradecimientos para el estudiante de Economía Joaquín Andrés Urrego por sus aportes en algunos desarrollos de este trabajo.

# **Efecto ingreso y disparidades en el mismo sobre los delitos en las comunas de Medellín**

Juan David Valderrama

## **Resumen**

Este artículo es una aproximación al cálculo de la elasticidad ingreso en las variables de criminalidad, especialmente homicidios y hurtos. Se muestra entonces que las diferencias distributivas del ingreso a través de las 16 comunas y 5 corregimientos de Medellín en el periodo 2004-2012 influyen en gran medida el comportamiento criminal de las mismas. Adicionalmente, mediante análisis de econometría espacial, se evidencia que la heterogeneidad individual es significativa para explicar la distribución de las variables delictivas y socioeconómicas en la ciudad.

**Palabras clave:** Medellín, crimen, elasticidad ingreso, análisis espacial

## **Abstract**

This paper is an approximation of estimation of income elasticity respect to criminalistics variables, especially murders and robberies. We show that distributive income differences across 16 communes and 5 suburbs (corregimientos) of Medellin city in 2004-2012 explain the different behavior of crime rates. In addition, using spatial econometrics analysis, we exhibit that individual heterogeneity is so significant for explain the distribution of crime and socioeconomic variables in the city.

**Key words:** Medellin, crime, income elasticity, spatial econometric analysis.

## **1. Introducción**

Los modelos clásicos de la Teoría Económica del Crimen plantean que el acto criminal obedece a una decisión racional del individuo que resulta de una comparación entre la utilidad esperada de delinquir y el costo de hacerlo (Becker, 1968; Ehrlich, 1974; Lochner, 1999) y se constituyen en uno de los problemas más serios para las ciudades que deben enfrentar los gobernantes (Brooks, 2008).

Los estudios sobre la reducción del crimen han centrado el análisis de la disuasión en la disponibilidad de fuerza policial y en la eficiencia del sistema judicial, sin embargo pocos son los trabajos que estudian el efecto disuasivo que sobre una unidad espacial y sus vecinos puede tener el ingreso.

En las últimas cuatro décadas Medellín es una de las ciudades latinoamericanas que ha presentado altos niveles de criminalidad, causados principalmente por las estructuras de narcotráfico y crimen organizado (Gaviria & Pagés, 2002). Esta ciudad alcanzó la tasa más alta de homicidios en el año 1991, con 381 muertos por cada 100 mil habitantes, siendo catalogada como la más violenta del mundo en dicho año. Sin embargo esta situación ha cambiado progresivamente, permitiendo que en el año 2012 se presente una tasa de 40 homicidios por cada 100 mil habitantes.

Este artículo pretende evaluar el efecto del ingreso promedio por trabajo sobre los delitos, teniendo en cuenta que las comunas y corregimientos no son unidades territoriales aisladas y que las mismas están en continua interrelación. Para ello se proponen modelos de datos de panel espaciales que explican el número por total de delitos cometidos por medio del ingreso y de otras variables de control.

Los resultados obtenidos revelan que el ingreso resulta estadísticamente significativo en su explicación, tienen un efecto negativo y que los efectos espaciales son relevantes.

EL artículo está dividido en cinco secciones contando esta sección de introducción. En la segunda sección se presenta un marco teórico. Luego, se presenta la estrategia de estimación en un apartado metodológico. Para continuar, en la sección 4 se describen los datos, se muestran los principales hechos estilizados, los resultados de los modelos econométricos y las pruebas de robustez. Finalmente, se presenta una última sección de conclusiones.

## **2. Marco teórico**

Diversos estudios académicos se han preocupado por entender y encontrar la manera de disminuir y prevenir los niveles de violencia, con el fin de ayudar a los estados a garantizar las condiciones de bienestar según las cuales se espera que vivan los habitantes de un país o ciudad. El análisis económico del crimen se formaliza con Becker (1968), quien plantea que la inversión estatal en fuerza policial influye directamente en la disminución de la criminalidad. Su argumento muestra que mayor celeridad y severidad en las penas hacen dudar al individuo al momento de cometer un crimen.

Por su parte, Ehrlich (1973) también plantea que el individuo tiene la posibilidad de participar en dos actividades de mercado: la legal y la ilegal. Se basa en la distribución de tiempo que debe emplear una persona para generar ciertos rendimientos. En ese sentido, compara el tiempo y los rendimientos que invierte el individuo en las actividades legales e

ilegales, que muestra una desventaja clara para la segunda, dada la probabilidad de ser arrestado. Para que una persona actúe ilegalmente será suficiente que el beneficio marginal esperado del delito supere al valor marginal esperado del castigo en términos monetarios.

En la investigación sobre las causas de la actividad criminal Levitt (2001) & Spelman (2005), relacionan los asesinatos con arrestos, condenas, prisiones y condiciones socioeconómicas fundamentales para explicar algunos determinantes de la violencia. Para Bayley (1994) la seguridad de las personas no depende principalmente de la policía, es más, muchos factores propios de cada territorio (pobreza, desigualdad, hábitat urbanos, migración, entre otras) afectan en mayor medida los niveles de delincuencia.

Hipp (2007, 2011) considera una variable de segregación económica en presencia de segregación étnica. Concluye que la segregación económica y las desigualdades en el ingreso elevan las tasas de criminalidad en las ciudades con heterogeneidad étnica. Adicionalmente la pobreza pierde significancia cuando en la especificación se incluye los ingresos para explicar las variaciones en los robos y asesinatos. Esto sucede porque se puede considerar el ingreso como el principal factor de disuasión en el razonamiento criminal.

South (2005) y Choe (2008) establecen como punto de partida las desigualdades en el ingreso para explicar las diferencias delincuenciales en las unidades de análisis. Y encuentran diferencias entre los efectos de corto y largo plazo. Dahlberg & Gustavsson (2008) plantean que las investigaciones usando los ingresos totales como variable explicativa sesga los resultados de la relación entre ingresos y criminalidad. Los individuos criminales responden a incentivos donde uno de ellos es el ingreso en una actividad legal, es decir trabajo. Lo anterior implica que son los ingresos permanentes y no los ingresos transitorios los que deben considerarse como factor determinante para el crimen.

Dahlberg & Gustavsson (2008) consideran importante separar los dos efectos, debido a que aumentos en la desigualdad del ingreso permanente genera un efecto positivo y significativo sobre el total de delitos, tanto violentos como a la propiedad, mientras que un aumento de la desigualdad en el ingreso transitorio no tiene ninguna variación significativa en cualquier tipo de delito.

Engelhardt et al (2008) plantean que mediante ejercicios experimentales basados en teoría de juegos, se puede demostrar que las políticas aplicadas en el mercado de trabajo no tienen ningún efecto siempre y cuando los delincuentes tengan la posibilidad de obtener más recursos con actividades ilegales. Lo anterior muestra que en cierta medida hay una relevancia particular mayor en el nivel de ingresos de las actividades legales que en el hecho de estar o no ocupado.

Aunque en la mayoría de estudios antes analizados que referencian la importancia de las diferencias en ingresos de las unidades de análisis, el efecto principal de la desigualdad económica era positivo frente a los niveles de delincuencia. Al respecto, estudios como el de Chintrakarn & Herzer (2012) y Menezes et al (2013) encuentran evidencia de efectos inversos entre desigualdad y criminalidad. Los cuales justifican en el hecho que a mayores desigualdades en el ingreso, aumenta la demanda por protección al crimen llevando a reducciones en los niveles de delincuencia.

Por su parte Menezes et al (2013) en un estudio cuyas unidades de análisis son los barrios de la ciudad de Recife en Brasil, utiliza econometría espacial y encuentra señales de dependencia espacial y evidencia de efectos directos e indirectos. En la investigación se concluye que la desigualdad efectivamente aumenta los niveles de homicidios por un efecto

indirecto, pero que debido a la relación espacial entre los diferentes barrios este efecto es mitigado por el directo. Adicionalmente, los ingresos promedio tienen una relación negativa y significativa con los homicidios, pero un efecto indirecto positivo pero no significativo.

Estas relaciones muestran que la estructura económica de un país es un factor importante para la formación del crimen, al igual que lo deben ser variables como los niveles de educación, migración, urbanización, distribución del ingreso y el gasto, pobreza y nivel salarial; todos factores en los que la educación tiene un impacto particularmente significativo (Tekely & Günsoy, 2013).

Por su parte Fleisher (1966) relaciona las variables delitos, ingreso y educación, y encuentra que los bajos niveles de ingreso son una causa de la delincuencia juvenil y que en áreas de extrema delincuencia un incremento de un 1% en los ingresos puede causar una disminución de 2,5% en la tasa de delitos.

Freeman (1996) y Lochner (1999) encuentran que los actos criminales guardan una relación directa con fenómenos de delincuencia juvenil y bajos niveles de escolaridad. Sin embargo, el tema de la educación debe incluir todos los niveles de la misma. Alcan & Şhahin (2011) muestran que el analfabetismo es una causa que explica la criminalidad y que se puede combatir incrementando los niveles educativos de la población.

Medina et al (2011) han hecho algunas caracterizaciones generales de la violencia en la ciudad de Medellín y los principales costos que este fenómeno acarrea para la política pública. Por su parte Martin (2012) hace un análisis de la condición de violencia, mafia y criminalidad en la ciudad durante el periodo 1975-2012. En esta investigación se referencia un periodo que puede enmarcarse entre 2005-2008<sup>2</sup>, en el cual grupos armados ilegales bajo la dirección de Diego Fernando Murillo Bejarano, alias Don Berna, ejercían actividades que redundaban en una mejora en la seguridad que algunos atribuían a una gobernabilidad garantizada por dicho cabecilla.

Estas condiciones de la ciudad durante un tiempo específico hacen que las mismas deban tratarse como hipótesis secundarias planteadas en este artículo. Se buscará evaluar si existe un efecto significativo en la reducción criminal durante el periodo de tiempo en el que se referencia la situación vivida con alias Don Berna (2005-2008). Igualmente, esto incluiría los esfuerzos sociales de la alcaldía municipal. Tal como lo afirma Sánchez (2003) en un estudio para la ciudad de Bogotá, las políticas públicas denominadas como zanahorias (medidas a través de la tasa de desempleo y el gasto público destinado el sector social), generan un impacto negativo sobre los homicidios y los hurtos.

Para concluir, este trabajo identifica dos artículos principales, en los que se maneja modelos espaciales en busca de la relación ingresos-delitos. El primero es el de Menezes et al (2013), el cual se ha mencionado anteriormente. Este artículo aplica modelos de regresión espacial con rezago espacial en los delitos violentos (variable dependiente) y en el error. Además usa distinciones de efectos directos e indirectos, e incluye el ingreso promedio de cada barrio de Recife. El segundo artículo es de Scorzafave & Soares (2009), en el cual se realiza el cálculo de la elasticidad de la desigualdad por ingresos en delitos, principalmente a la propiedad. Este ejercicio permite evidenciar que se puede obtener una elasticidad en

---

<sup>2</sup> Incluso se puede incluir 2004. Sin embargo, aunque el comienzo se referencia a finales de 2003, es sino hasta 2005 donde el proceso alcanza su cumbre y se mantiene hasta finales de 2008.

una regresión espacial usando las variables en logaritmos y SARARando la media de los resultados ante una intervención en la variable de análisis.

### 3. Metodología

Este estudio considera la relación entre homicidios y hurtos con ingresos y otras variables socioeconómicas, para determinar los efectos del ingreso y la ubicación geográfica de la comuna sobre la variable objeto de estudio. Para realizar este análisis es necesario considerar como unidad de referencia las comunas; ya que esta información permite establecer relaciones generadas por intervenciones sobre las variables de interés.

El crimen es un fenómeno que evoluciona en el tiempo y que está asociado de manera directa con las unidades espaciales. Esto permite representar este fenómeno por medio de la ecuación:

$$D_{it} = f(i, t) \quad (1)$$

$D_{it}$ : Número de delitos por cada 10.000 habitantes (homicidios y hurtos) en la comuna  $i$  en el año  $t$ .

La teoría económica permite considerar la especificación:

$$D_{it} = f(i, t, \text{variables estructurales}, \text{variables de control}) \quad (2)$$

Para contrastar empíricamente las hipótesis de trabajo en la metodología propuesta se considera inicialmente los modelos de paneles de datos tradicionales. Los cuales capturan los efectos en el tiempo de la evolución de los delitos en las comunas y corregimientos de Medellín. La especificación que se estima es:

$$\ln D_{it} = \beta_0 + \beta_1 \ln(\text{Ingreso}_{it}) + \beta_2 \text{Dummy} + \beta_3 \text{Hombres}_{it} + \beta_4 \text{Pensiones}_{it} + \beta_5 \text{ICV}_{it} + \beta_6 \text{DummyPIB} + \beta_7 \text{Analfabetas}_{it} + \beta_8 \text{EducSuperior}_{it} + \alpha_i + u_{it} \quad (3)$$

Dónde:

$\ln D_{it}$ : es el logaritmo natural de los delitos cometidos por cada 10.000 habitantes en la comuna  $i$  en el año  $t$ .

$\ln(\text{Ingreso}_{it})$ : logaritmo natural del ingreso promedio mensual por trabajo en la comuna  $i$  en el año  $t$ .

*Dummy*: es una variable que toma el valor de 1 si el año está entre 2005 y 2008. Se fundamenta en el comportamiento particular de los delitos durante estos años, por lo conocido como “donbernabilidad”. Y cero en cualquier otro caso.

*Hombres<sub>it</sub>*: porcentaje de hombres en la comuna  $i$  en el año  $t$ .

*Pensiones<sub>it</sub>*: porcentaje de personas afiliadas a un sistema de pensiones en la comuna  $i$  en el año  $t$ .

*ICV<sub>it</sub>*: Índice de Calidad de Vida de la comuna  $i$  en el año  $t$ .

*DummyPIB*: variable que toma el valor de 1 si el ingreso promedio por trabajo mensual es menor que el PIB per-cápita mensual de la ciudad, cero en cualquier otro caso.

*Analfabetas<sub>it</sub>*: porcentaje de personas analfabetas en la comuna  $i$  en el año  $t$ .

$EducSuperior_{it}$ : número de personas que estudian un programa técnico, tecnológico, de pregrado o postgrado, ponderados por la participación de la comuna en el total de la población; para la comuna  $i$  en el año  $t$ .

La naturaleza del problema hace necesario considerar el espacio como elemento fundamental en el estudio y su información se recoge en una matriz  $W$ . Por tanto los modelos de panel espacial permiten establecer un efecto diferenciador y relevante en este estudio.

La denominada matriz  $W$ , se define como una matriz cuadrada de tamaño número de comunas (21); donde el criterio que se utiliza de relación espacial entre las unidades geográficas es el de frontera (conocida como matriz de contigüidad). La decisión de construir la matriz siguiendo la hipótesis que una comuna es vecina de otra si ambas comparten alguna frontera, es con el fin de representar en el modelo las externalidades propias de las variables de criminalidad. Los homicidios y hurtos de cada unidad geográfica pueden afectar las unidades vecinas siempre y cuando estas estén más cerca de la unidad inicial. A estas condiciones se le suma las características de las divisiones políticas al interior del municipio de Medellín, donde cuando una comuna es vecina de otra la frontera de la misma no es para nada despreciable en términos de longitud.

$$W = W_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{si comuna } i \text{ limita con la comuna } j \\ 0 & \text{en cualquier otro caso} \end{cases}$$

El análisis de criminalidad desde los paneles espaciales es un tema que poco se ha tratado en Colombia, sin embargo, hay evidencia internacional del tema. Un trabajo similar al planteado se puede encontrar para las municipalidades de Sao Pablo (Brasil) donde las especificaciones espaciales permiten aproximar la elasticidad entre desigualdad de ingresos y delitos, aunque solo para un periodo de tres años (Scorzafave & Soares, 2009).

Las especificaciones de panel espacial consideradas en este estudio se fundamentan en los análisis de Elhrosh (2014), donde los delitos son explicados por los ingresos y por la ubicación de cada una de las comunas. Es por eso que la especificación principal de este trabajo estaría planteada de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} \ln D_{it} = & \beta_0 + \rho W_i \ln D_{it} + \beta_1 \ln(\text{Ingreso}_{it}) + \delta_1 W_i \ln(\text{Ingreso}_{it}) + \beta_2 \text{Dummy} + \\ & \beta_3 \text{Hombres}_{it} + \delta_2 W_i \text{Hombres}_{it} + \beta_4 \text{Pensiones}_{it} + \beta_5 \text{ICV}_{it} + \beta_6 \text{DummyPIB} + \\ & \beta_7 \text{Analfabetas}_{it} + \delta_3 W_i \text{Analfabetas}_{it} + \beta_8 \text{EducSuperior}_{it} + u_{it} \quad (4) \\ & u_{it} = \lambda W_i u_{it} + \varepsilon_{it} \quad (5) \end{aligned}$$

Dónde:

$W_i \ln D_{it}$ : es el rezago espacial del logaritmo de los delitos, es decir el nivel de delitos de las comunas vecinas a  $i$  en el año  $t$ .

$W_i \ln(\text{Ingreso}_{it})$ : es el nivel de ingresos promedios laborales de los hogares en las comunas vecinas de  $i$  en el año  $t$ .

$W_i \text{Hombres}_{it}$ : porcentaje de hombres en las comunas vecinas de  $i$  en el año  $t$ .

$W_i \text{Analfabetas}_{it}$ : porcentaje de analfabetas de la comunas vecinas de  $i$  en el año  $t$ .

$W_i u_{it}$ : es el rezago espacial en el término del error, su existencia garantiza que los choques que ocurren en una comuna vecina de  $i$  inmediatamente se propagan a  $i$ .

$\varepsilon_{it}$ : está definido como el error estocástico.

En la estimación se considera las siguientes alternativas:

1. Modelo con rezago espacial en el variable dependiente (SAR)

Bajo este enfoque se asume que:

$$\delta_1 = \delta_2 = \delta_3 = \lambda = 0$$

Reescribiendo las ecuaciones principales se obtiene:

$$\ln D_{it} = \beta_0 + \rho W_i \ln D_{it} + \beta_1 \ln(\text{Ingreso}_{it}) + \beta_2 \text{Dummy} + \beta_3 \text{Hombres}_{it} + \beta_4 \text{Pensiones}_{it} + \beta_5 \text{ICV}_{it} + \beta_6 \text{DummyPIB} + \beta_7 \text{Analfabetas}_{it} + \beta_8 \text{EducSuperior}_{it} + \varepsilon_{it} \quad (6)$$

En este enfoque la base fundamental de la relación espacial se da directamente por sus niveles de delitos ya que los demás factores de las comunas vecinas, como características individuales y choques, no afectan de manera directa la delincuencia en la comuna i.

2. Modelo con rezago espacial en el término del error (SEM)

Considera los siguientes supuestos:

$$\rho = \delta_1 = \delta_2 = \delta_3 = 0$$

Esto da como resultado:

$$\ln D_{it} = \beta_0 + \beta_1 \ln(\text{Ingreso}_{it}) + \beta_2 \text{Dummy} + \beta_3 \text{Hombres}_{it} + \beta_4 \text{Pensiones}_{it} + \beta_5 \text{ICV}_{it} + \beta_6 \text{DummyPIB} + \beta_7 \text{Analfabetas}_{it} + \beta_8 \text{EducSuperior}_{it} + u_{it} \quad (7)$$

$$u_{it} = \lambda W_i u_{it} + \varepsilon_{it} \quad (8)$$

En este modelo la relación espacial se da por medio del denominado contagio, donde los choques exógenos se propagan rápidamente entre las comunas vecinas. De esta forma cambios inesperados en el nivel de delitos de una comuna inmediatamente generan cambios en los delitos de sus vecinas.

3. Modelo con rezago espacial en la variable dependiente y en el término del error (SARAR)

Para este enfoque se tiene que:

$$\delta_1 = \delta_2 = \delta_3 = 0$$

Reescribiendo:

$$\ln D_{it} = \beta_0 + \rho W_i \ln D_{it} + \beta_1 \ln(\text{Ingreso}_{it}) + \beta_2 \text{Dummy} + \beta_3 \text{Hombres}_{it} + \beta_4 \text{Pensiones}_{it} + \beta_5 \text{ICV}_{it} + \beta_6 \text{DummyPIB} + \beta_7 \text{EducSuperior}_{it} + u_{it}$$

$$u_{it} = \lambda W_i u_{it} + \varepsilon_{it}$$

En este enfoque se plantea la relación espacial por dos medios, el primero se da por medio de la relación directa entre el nivel de delitos de las comunas vecinas a i y los delitos de i. El segundo mecanismo se da por choques aleatorios en las comunas vecinas, los cuales tienen un efecto contagio sobre la comuna i. Este modelo garantiza que los choques espaciales son en su mayoría exógenos al modelo.

4. Modelo de Durbin. Rezago espacial en la variable dependiente y en las independientes.

Supone que:

$$\lambda = 0$$

Luego:

$$\ln D_{it} = \beta_0 + \rho W_i \ln D_{it} + \beta_1 \ln(\text{Ingreso}_{it}) + \delta_1 W_i \ln(\text{Ingreso}_{it}) + \beta_2 \text{Dummy} + \beta_3 \text{Hombres}_{it} + \delta_2 W_i \text{Hombres}_{it} + \beta_4 \text{Pensiones}_{it} + \beta_5 \text{ICV}_{it} + \beta_6 \text{DummyPIB} + \beta_7 \text{Analfabetas}_{it} + \delta_3 W_i \text{Analfabetas}_{it} + \beta_8 \text{EducSuperior}_{it} + \varepsilon_{it}$$



Este modelo, a diferencia del anterior, plantea que si existe una relación espacial con las características individuales de cada una de las comunas vecinas. Sin embargo, no plantea relación espacial en el término del error. Según este enfoque los choques espaciales son endógenos y se pueden dar bajo intervenciones sobre las variables de interés.

Las especificaciones anteriores permiten estimar Efectos Marginales Espaciales y se complementa la metodología de Drukker et al (2010) con la construcción de Efectos Marginales Espaciales Temporales.

## **4. Datos y resultados**

### **4.1. Datos**

La base de datos que se utiliza contiene información de las siguientes instituciones: Instituto Nacional de Medicina Legal (INML), Seccional de Investigación Judicial (Sijin), Policía Nacional, Encuesta de Calidad de Vida de Medellín, Plan de Desarrollo de Medellín 2012-2015: “Medellín un hogar para la vida” y de la sección de estadísticas territoriales de la Alcaldía.

Las variables consideradas en la investigación recogen información sobre: el nivel de homicidios, hurtos, ingresos, hombres, ICV, educación y afiliados a pensiones para las 16 comunas de Medellín y los 5 corregimientos de la ciudad para los años comprendidos entre 2004 y 2012.

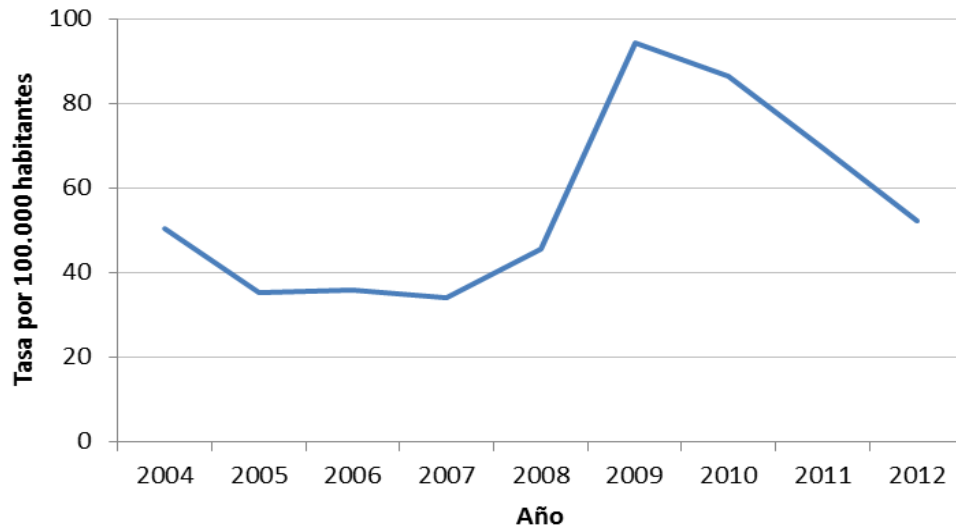
### **4.2. Resultados**

#### **4.2.1. Análisis exploratorio**

En los gráficos 1 y 2 se muestra la dinámica para el nivel de homicidios y hurtos en la periodo 2004-2012. En ellos se puede observar una caída de estos delitos durante el periodo 2005 – 2008. En términos numéricos el nivel de homicidios paso de los 50 por cada 100.000 habitantes en 2004 a una tasa aproximada de 40 homicidios por cada 100.000 habitantes en los siguientes 4 años. Así mismo la tasa de hurtos se mantuvo por debajo del dato observado en 2004 durante 6 años.

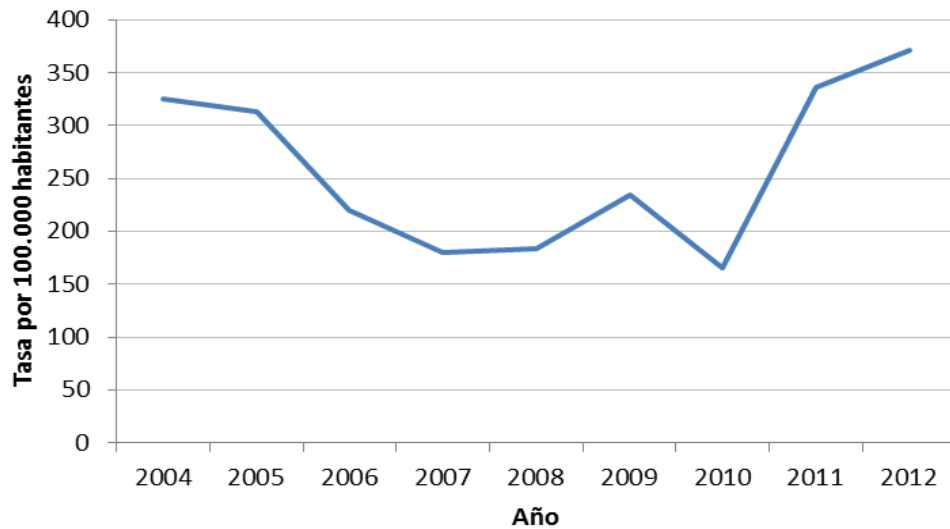
Para el año 2009 los homicidios se incrementaron en más de 20 homicidios por 100.000 habitantes, cifras que corresponden con el año justo después de la extradición de alias “Don Berna” y que se relaciona con los conflictos bélicos protagonizados por la banda criminal conocida como “la oficina de Envigado”. Sin embargo desde 2010 esta tasa ha disminuido, contrario o lo sucedido últimamente con el nivel de hurtos en la ciudad, que se ha incrementado desde dicho año. Y aunque tanto homicidios como hurtos no respondan de la misma manera a características económicas, ambas están asociadas a condiciones particulares de las comunas.

**Gráfico 1:** Tasa de homicidios en Medellín por 100.000/habs. 2003-2012



**Fuente:** SIJIN, Instituto Nacional de Medicina Legal y CTI

**Gráfico 2:** Tasa de hurtos en Medellín por 100.000/habs. 2004-2012

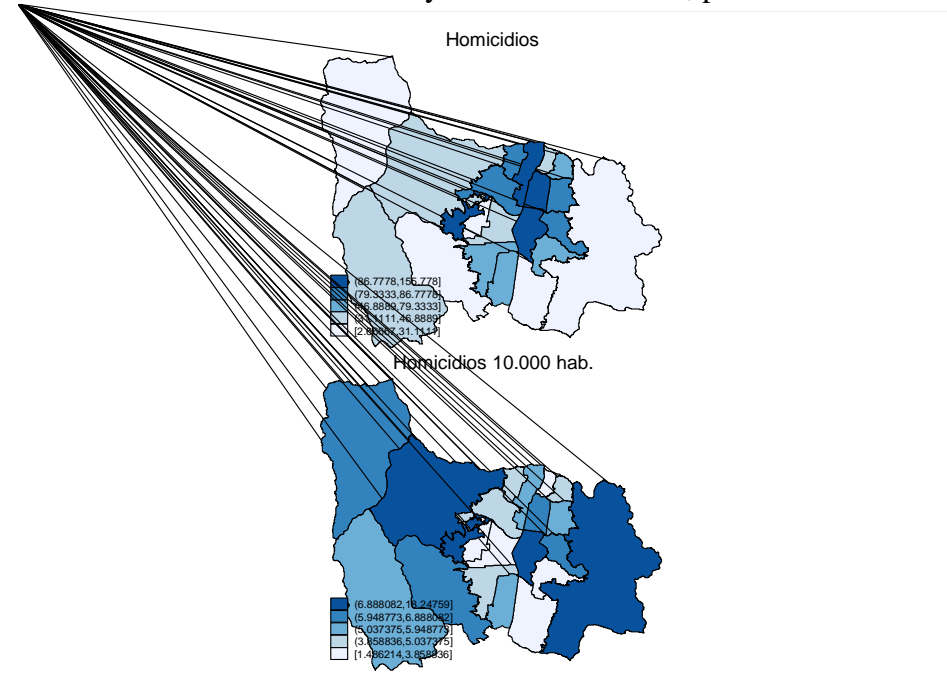


**Fuente:** SIJIN, Instituto Nacional de Medicina Legal y CTI

En los gráficos que recogen la información sobre las variables en las comunas y cuya representación aparece en los mapas se debe tener en cuenta que los tonos más oscuros corresponden a mayores valores de las variables de análisis. Dado esto, en el caso del número promedio de homicidios ocurridos durante 2004-2012, representado en el gráfico 3, las comunas que registraron mayores sucesos fueron San Javier, Castilla, Aranjuez y La Candelaria. Sin embargo, cuando indexamos esto a la población en cada comuna y corregimiento (gráfico 3) se puede observar que son los corregimientos quienes presentan en promedio un mayor número de homicidios por cada 10.000 habitantes junto con la

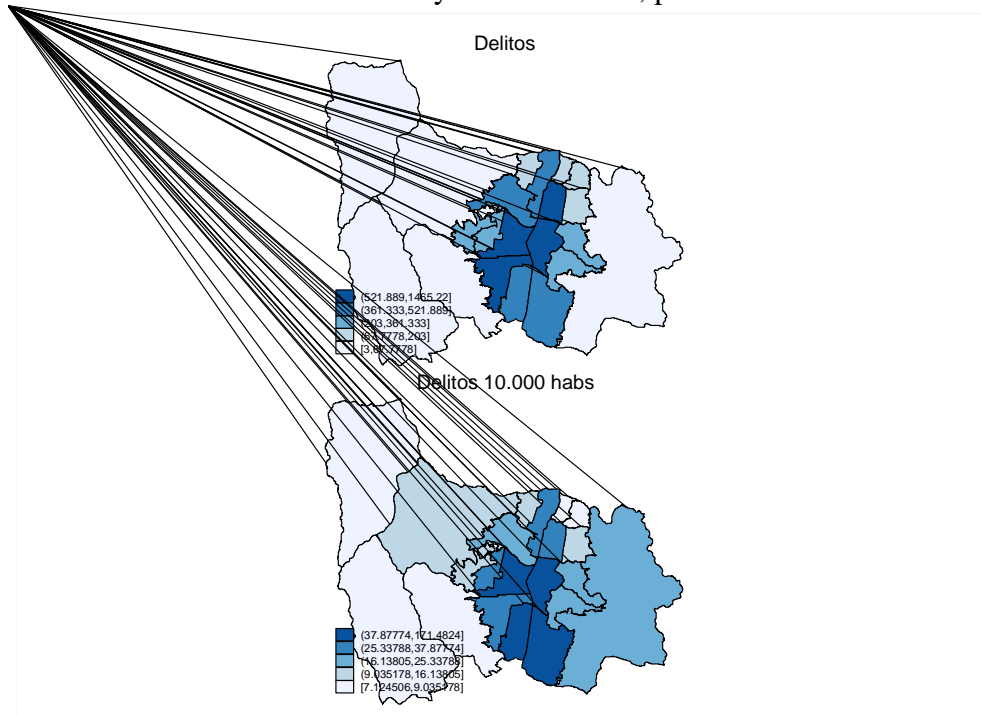
comuna de San Javier. De esta forma se observa una aglomeración de altos niveles de homicidios en el sector occidental de la ciudad.

**Gráfico 3:** Nivel de homicidios y tasa de homicidios, promedio 2004-2012



**Fuente:** INML, Sigyn y Policía Nacional. Elaboración de los autores.

**Gráfico 4:** Nivel de delitos y tasa de delitos, promedio 2004-2012.



**Fuente:** Fuente: INML, Sigyn y Policía Nacional. Elaboración de los autores.

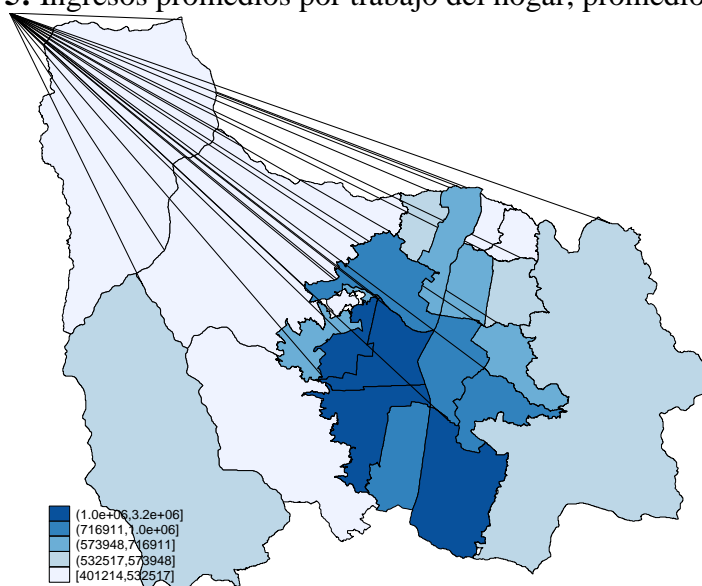
En contraste a lo anterior, en el gráfico 4 se muestra la distribución de los delitos dentro de la ciudad, es decir, como se distribuyen los homicidios junto con los hurtos en las distintas unidades de referencia para el análisis espacial. La mayoría de los delitos suceden en la zona centro de Medellín, debido principalmente a la relación que existe entre los hurtos y la actividad económica, la cual se da, en general, en las comunas centrales. Adicionalmente se observa en la distribución de la tasa de delitos un comportamiento geográfico que permite ubicar espacialmente las comunas de mayor actividad criminal. Esta agrupación de delitos representa una de las variables a investigar (Choe, 2008 y Hipp, 2011).

Para el caso de los ingresos promedios por trabajo, la distribución espacial muestra la concentración de la mayor cantidad de ingresos en la zona centro sur de la ciudad, especialmente El Poblado, Belén, Laureles y La América (gráfico 5); mientras que de los cinco corregimientos tres de ellos se encuentran en el grupo de ingresos promedios más bajos, acompañados por las comunas de Santa Cruz y Popular.

La distribución de los ingresos puede estar bastante relacionada con lo referente al Índice de Calidad de Vida (ICV) y al Índice de Desarrollo Humano (IDH). Para estos dos indicadores mayores valores se alcanzan en la zona sur y en las comunas El Poblado, Belén y Laureles. La similitud entre las distribuciones espaciales de estas dos variables evidencia las falencias en cuestión de calidad de vida en algunas comunas de la ciudad, y especialmente en los corregimientos.

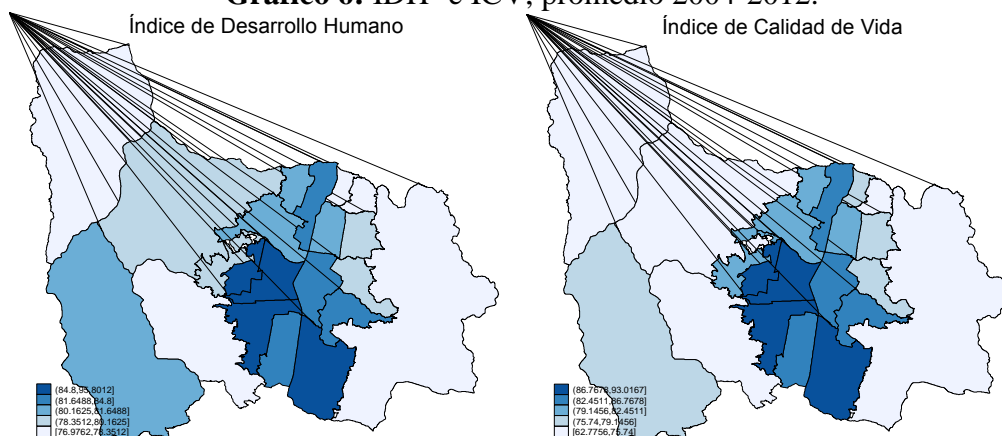
Se plantea el siguiente cálculo para mostrar la magnitud de las diferencias entre las comunas con mayores niveles de ingresos promedios y las que menores asignaciones de la misma variable poseen. En el caso de los ingresos de El Poblado, esta comuna recibe en promedio ocho veces más que la asignación correspondiente al corregimiento de San Sebastián de Palmitas y seis veces más que el ingreso promedio de la comuna Popular. Diferencias en las distribuciones espaciales como estas, pueden ser consideradas como una de las causas de la segmentación a la que se enfrenta la ciudad.

**Gráfico 5:** Ingresos promedios por trabajo del hogar, promedio 2004-2012.



**Fuente:** Encuesta de Calidad de Vida y Alcaldía de Medellín. Elaboración de los autores.

**Gráfico 6: IDH<sup>3</sup> e ICV, promedio 2004-2012.**



**Fuente:** Encuesta de Calidad de Vida y Alcaldía de Medellín. Elaboración de los autores.

Algunas de las variables que también presentan diferencias en su distribución son el número de personas analfabetas y la población que accede a educación superior, especialmente a una carrera profesional. Según su distribución en la gráfica 7 se puede observar un comportamiento contrario entre número de analfabetas por 10.000 habitantes y personas en universidad por cada 10.000 habitantes. Para el caso de la primera las mayores tasas se presentan en la zona norte de la ciudad, incluyendo los corregimientos aledaños; caso contrario sucede con las comunas norte en el número de estudiantes universitarios, para esta variable estos territorios se ubican en el percentil más bajo de la distribución, y como es de esperarse son las comunas de más altos ingresos las que ocupan el percentil más alto en el número de habitantes que están estudiando una carrera profesional.

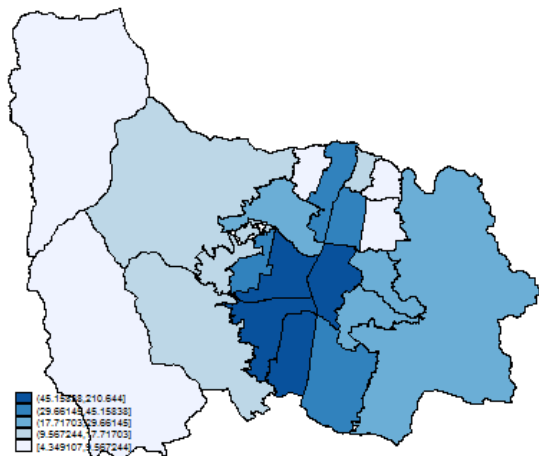
Las anteriores particularidades en las distribuciones del analfabetismo y las personas en universidades dentro de la ciudad de Medellín es un factor que debe tenerse en cuenta para lo que se denomina como trampa de la pobreza. Donde las comunas más pobres son en las que más actividad delictiva ocurre y a su vez las que menos población tiene estudiando en educación superior, lo que ocasiona que tanto las familias presentes como futuras mantengan un nivel de calidad de vida poco variable y considerablemente bajo.

Para encontrar una evidencia inicial al comportamiento variable en el tiempo de las características analizadas de cada comuna, el gráfico 7 muestra la distribución de las principales variable en el año inicial de análisis, 2004, así mismo como el último año referenciado, 2012. El resultado de este ejercicio es un comparativo de las principales variables entre su distribución en el 2004 y la del 2012; de forma tal que se pueda visualizar los cambios generales que han sufrido estas variables en su distribución espacial.

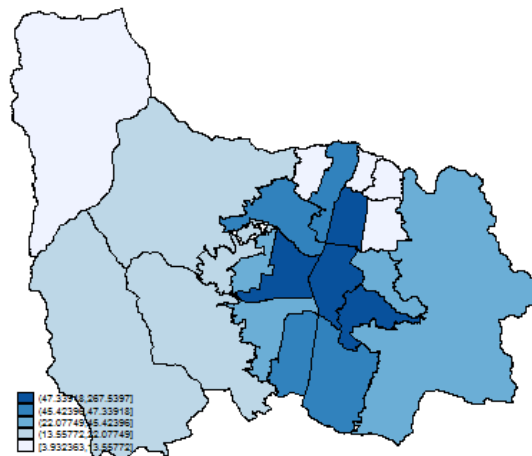
<sup>3</sup> Para el IDH el promedio es de 2004-2011

### Gráfico 7: Distribución espacial principales variables para 2004 y 2012

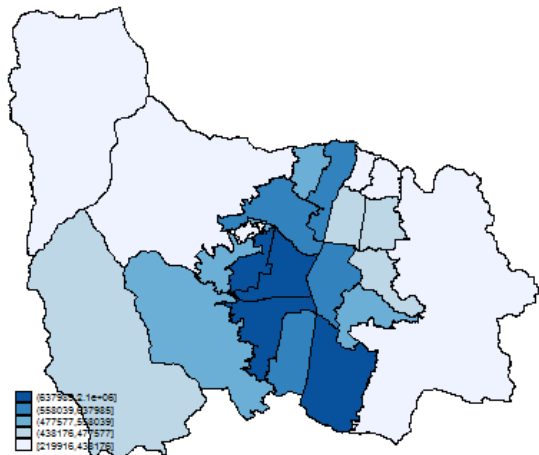
Delitos/10000hab 2004



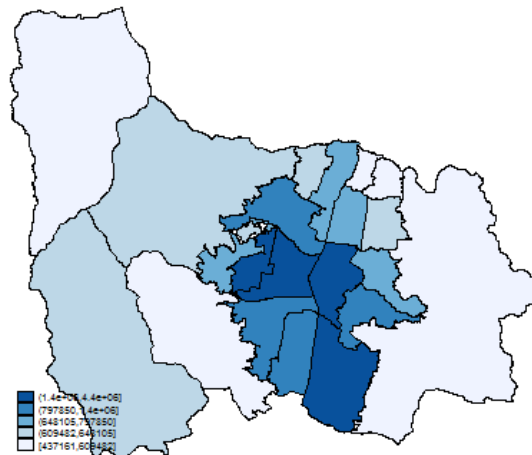
Delitos/10000hab 2012



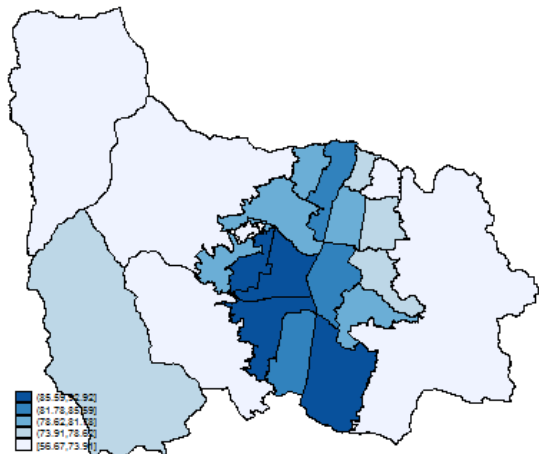
Ingresos promedios del hogar 2004



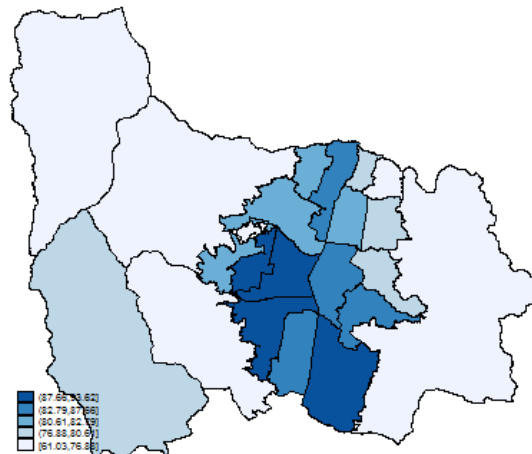
Ingresos promedios del hogar 2012

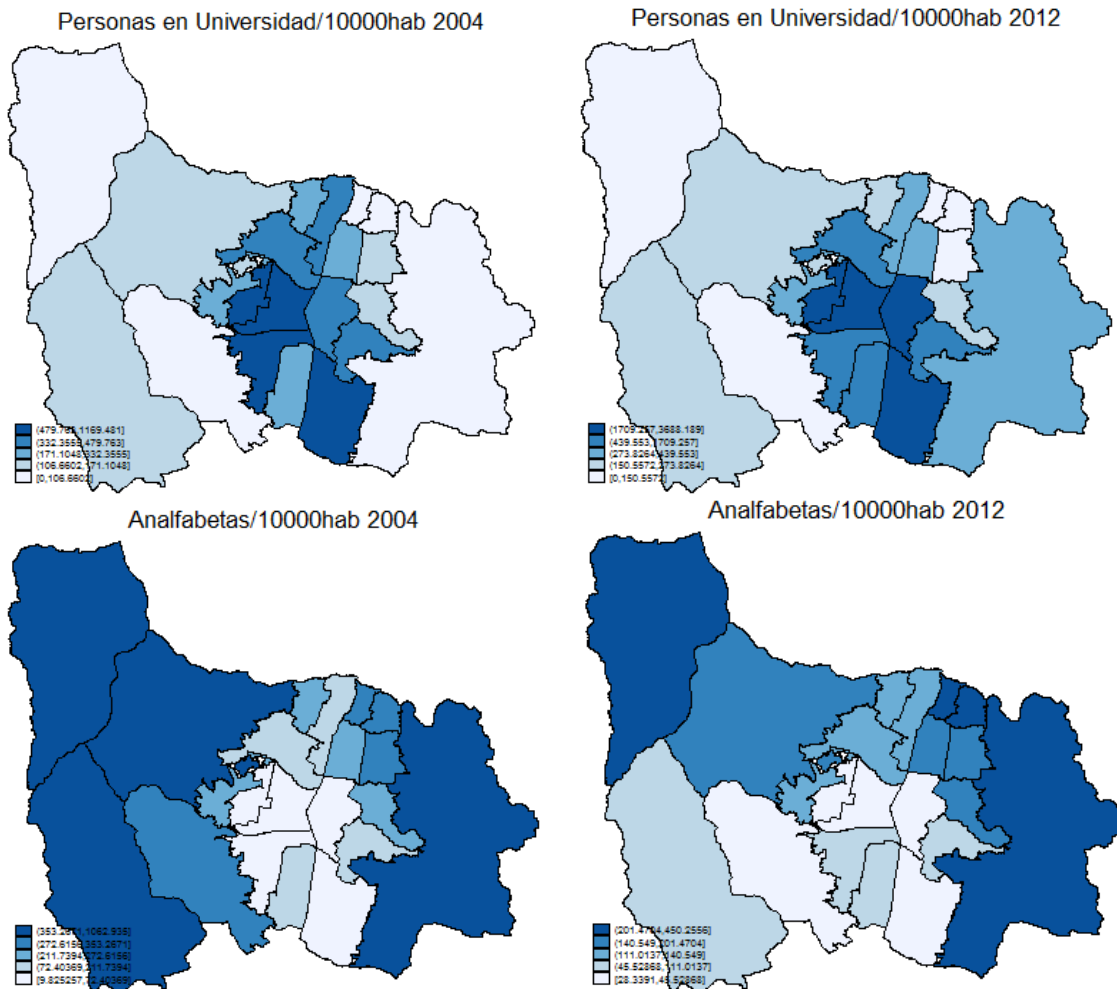


ICV 2004



ICV 2012





**Fuente:** INML, Sigin, Policía Nacional, Encuesta de Calidad de Vida y Alcaldía de Medellín. Elaboración de los autores.

De acuerdo a los gráficos anteriores las condiciones de las comunas de la ciudad poco o nada han cambiado. En lo referente al Índice de Calidad de Vida, este sigue manteniendo la misma distribución que hace casi 10 años, sin embargo, es de anotar que los valores son mayores, aunque esto no es suficiente cuando el objetivo es reducir la desigualdad. A esta variable se le suma las conclusiones referentes a la distribución de los ingresos promedio para 2004 y para 2012. La mayoría de ingresos sigue estando concentrados en las mismas comunas de la zona sur de la ciudad.

Para superar las condiciones de calidad de vida y diferencias en el nivel de ingresos debemos tener en cuenta que la distribución de las características socio-económicas se han mantenido constantes en un mediano plazo (analfabetas, educación), por lo que es complejo tratar de cambiarlas de un año para otro; inclusive para el caso de los delitos que aunque el valor de las comunas y corregimientos ha variado poco, especialmente para las comunas del extremo norte, su distribución sigue obedeciendo a condiciones económicas. Las cuales que de ser superadas pueden mejorar las condiciones de la ciudadanía en general. Es por esto que se presenta una caracterización econométrica de los comportamientos delictivos de forma tal que se pueda contribuir al análisis y entendimiento de la distribución de las variables anteriormente presentadas.

#### 4.2.2. Modelos Pool, Efectos Fijos y Efectos Aleatorios

En la tabla 1 se presentan los resultados de las estimaciones de modelos Pool, efectos fijos y efectos aleatorios. Podemos observar que las variables resultan estadísticamente significativas y los signos acordes a la teoría. Las estimaciones presentadas cumplen con los supuestos estadísticos sobre los cuales se construyen los modelos teóricos.

En primera instancia la dummy introducida para recoger el comportamiento de los delitos entre 2005-2008 es significativa y negativa en todas las especificaciones, evidenciando el comportamiento de la actividad delictiva que respondió a factores exógenos al modelo. Para nuestro caso el denominado “donbernabilidad” y demás acontecimientos de carácter municipal ocurridos durante este periodo gestaron una reducción significativa en el crimen. En cuanto a la proporción de hombres en las comunas los resultados muestran que se constituye en un factor explicativo del comportamiento criminal. Esto responde a que las pequeñas diferencias entre la proporción de hombres y mujeres dentro de las comunas son importantes explican parte de las variaciones en el nivel de homicidios y hurtos de las mismas, obedeciendo al estereotipo que los hombres tienden a ser menos sensibles socialmente frente al hecho de cometer un crimen que las mujeres.

**Tabla 1:** Estimaciones paneles tradicionales

	<b>Pool MCO</b>	<b>Efectos fijos</b>	<b>Efectos aleatorios</b>
ln(Ingresos)	0.09419 (0.25325)	-0.505994** (0.2246)	-0.148458 (0.22)
Dummy	-0.61042*** (0.10268)	-0.65781*** (0.07115)	-0.57327*** (0.07316)
% Hombres	25.156648*** (5.60489)	28.725462*** (6.64201)	15.105031** (5.90593)
% Afiliados pensión	-1.579375** (0.79553)	-1.312019** (0.53247)	-1.461010** (0.56807)
ICV	0.135165*** (0.01651)	0.035656* (0.02125)	0.090486*** (0.01841)
Dummy PIB	-0.351306 (0.2779)	-0.130381 (0.19366)	-0.199319 (0.20532)
% Analfabetas	3.098308** (1.20978)	1.745101* (0.95084)	1.346035 (0.98902)
Constante	-20.30415*** (3.87698)	-6.04476* (3.54988)	-8.79392** (3.63978)

\* p<0.10, \*\* p<0.05, \*\*\* p<0.01

**Fuente:** Elaboración de los autores.

Respecto a la variable del ICV se muestra que para todos los casos su signo es contrario al esperado, un aumento de la calidad de vida aumenta el crimen. Esta relación positiva se evidencia en el análisis descriptivo, debido a que la distribución del ICV es muy poco lo



que ha cambiado en este tiempo. Esta inmovilidad en la distribución de este índice refleja inequidad al interior de la ciudad y representa un punto ciego en el sistema económico. Es un punto, donde posiblemente a todos les han mejorado las condiciones, pero la mejoría no ha obedecido a las condiciones iniciales de cada una de las comunas, originando problemas estructurales como la delincuencia.

En relación al porcentaje de personas analfabetas en cada comuna se puede afirmar que a si aumenta este porcentaje se incrementa la delincuencia, o visto de otra forma, al reducir el analfabetismo se reduciría el nivel de homicidios y hurtos en las comunas de la ciudad.

Un análisis más en detalle de los modelos anteriormente presentados y considerando pruebas estadísticas relacionadas con cada uno de ellos, se tiene en cuenta las siguientes consideraciones. En el caso del modelo Pool, la hipótesis básica radica en que el componente  $\alpha_i$  es igual a cero, es decir, que no existe heterogeneidad individual entre las comunas. Ese supuesto lo podemos corroborar usando la estimación por efectos aleatorios y aplicándole la prueba de Breusch-Pagan. En esta prueba la hipótesis nula es ausencia de heterogeneidad individual. Se presenta a continuación el estadístico y su valor p de significancia:

**Tabla 2:** Test de Breusch – Pagan para Efectos Aleatorios

<b>Componentes</b>	<b>Varianza</b>	<b>Desviación Estándar</b>
Ln(Delitos)	0.9359282	0.967434
e	0.1549021	0.393576
u	0.2363291	0.486137
<b>Prueba</b>	<b>Estadístico</b>	<b>Probabilidad</b>
Var(u)=0	168.61	0.000

**Fuente:** Elaboración de los autores.

De acuerdo con el test anterior y bajo un nivel de significancia del 5% no se encontró evidencia estadística de ausencia de heterogeneidad individual. Por lo que ante presencia de efectos invariantes en el tiempo en las comunas los estimadores obtenidos por el modelo Pool no son los apropiados.

Después de realizado el test de Breusch-Pagan podemos considerar modelos de panel de efectos fijos o aleatorios. La diferencia estructural entre los dos es que el modelo de efectos fijos considera que dada la existencia de heterogeneidad individual, y como esta es característica propia de cada comuna, esta heterogeneidad está relacionada con las variables socio-económicas que se pueden observar. Es decir, esa característica invariante en el tiempo propia de cada comuna no solo explica parte del comportamiento de los delitos, sino que también determina las variables independientes como el porcentaje de hombres, los ingresos, el ICV, entre otras. En contraposición a esto, el modelo de efectos aleatorios ante la presencia de heterogeneidad individual, asume que dicha característica es una diferencia entre comunas que explica el nivel de delitos pero que nada tiene que ver con las variables independientes, las cuales son estrictamente exógenas al modelo.

Planteada la relación anterior, el estadístico diseñado para evaluar estos dos modelos es la prueba de Hausman. Esta prueba asume que si la diferencia en coeficientes entre los dos modelos no es significativa, el modelo de efectos aleatorios al ser más eficiente es el

indicado; sin embargo, si la diferencia es estadísticamente significativa el modelo de efectos fijos es el estimador propicio para este ejercicio. Se presentan los resultados:

**Tabla 3:** Test de Hausman Efectos Fijos vs. Efectos Aleatorios.

Variables	Coeficientes		Diferencia	Desviación Estándar
	Efectos Fijos	Efectos Aleatorios		
In(Ingresos)	-0.505995	-0.148458	-0.357536	0.101095
Dummy	-0.657807	-0.573265	-0.084542	0.023019
% Hombres	28.725460	15.105030	13.620430	4.048018
% Afiliados pensión	-1.312019	-1.461010	0.148991	0.082326
ICV	0.035656	0.090486	-0.054830	0.013632
Dummy PIB	-0.130381	-0.199319	0.068938	0.037758
% Analfabetas	1.745101	1.346035	0.399067	0.269213
<b>Prueba</b>	<b>Coeficiente</b>		<b>Probabilidad</b>	
(EF-EA)=0	31.000		0.000	

**Fuente:** Elaboración de los autores.

A un nivel de significancia del 5%, no existe evidencia en favor de la hipótesis nula. Por lo que se puede afirmar que existe una relación entre la heterogeneidad individual y las variables independientes, decidiendo que el estimador de efectos fijos es el indicado para un análisis de panel de datos en este ejercicio.

Retomando entonces la tabla 1, y fijándonos exclusivamente en los coeficientes del modelo de efectos fijos, podemos afirmar en pro de nuestra hipótesis que a un nivel de significancia del 5% el logaritmo del ingreso es significativo para explicar el comportamiento de los delitos; además que la relación confirma lo esperado, un signo negativo indicando que el incremento en el ingreso promedio mensual por trabajo en las comunas conlleva a reducciones en el nivel de delitos. Finalmente el cálculo más importante para el caso es el impacto que tiene un aumento del 1% en los ingresos permanentes sobre el nivel de delitos. Como era de esperarse ese aumento en los ingresos reduce los delitos por cada 10.000 habitantes en un 0,506%. Es decir, un efecto negativo e inelástico.

#### 4.2.3. Modelos de Panel Espacial

Después de analizar todo el comportamiento de las series usando la metodología de paneles tradicionales se avanza hacia lo que habíamos referenciado en la literatura como los paneles espaciales. Sabemos que las variables de crimen, en su mayoría, obedecen a factores espaciales. Esto se debe a que dicho fenómeno no se caracteriza por ser propio de un lugar sino más bien de unos individuos o unas culturas, es por eso que este suceso puede migrar fácilmente a otras unidades geográficas.

Se estiman entonces los cuatro enfoques mencionados para los paneles espaciales en la metodología. Los resultados se muestran en la tabla 4. Es de señalar que se incluye para las estimaciones un rezago temporal de la variable dependiente como sugiere Scorzafave & Soares (2009) con el fin de evitar endogeneidad. Sin embargo, al tratarse de paneles

espaciales el rezago espacial cumple con dicha función por lo que al incluir los rezagos espaciales los márgenes de decisión no se alteran. Adicionalmente debemos tener en cuenta que como estos modelos tienen un componente de rezago espacial, independiente de donde este esté, eso hace que los coeficientes deban analizarse según efectos directos, indirectos y totales. Sin embargo, estos coeficientes nos dan la primera aproximación a la significancia estadística y la dirección de los efectos marginales directos del modelo.

**Tabla 4:** Resultados Paneles Espaciales

	<b>SAR</b>	<b>SEM</b>	<b>SARAR</b>	<b>Durbin</b>
Ln(Ingresos)	-0.52061* (0.255)	-0.45308* (0.222)	-0.47264* (0.225)	-0.68269** (0.268)
Dummy	0.03559 (0.079)	-0.62393*** (0.073)	-0.70616*** (0.112)	0.30148** (0.097)
% Hombres	25.48603*** (7.275)	27.64968*** (6.386)	27.84321*** (6.587)	25.95887*** (7.87)
% Afiliados pensión	-0.08 (0.654)	-0.548 (0.574)	-0.464 (0.623)	0.182 (0.624)
ICV	0.026 (0.025)	0.02 (0.021)	0.018 (0.021)	0.014 (0.024)
Dummy PIB	0.103 (0.22)	-0.131 (0.188)	-0.105 (0.194)	0.099 (0.208)
% Analfabetas	3.12428*** (1.031)	2.75977*** (0.911)	3.06146*** (0.913)	3.10074** (1.012)
Participación Superior	-0.00014 (0.00009)	-0.00021** (0.00008)	-0.00021** (0.00008)	-0.00017* (0.00009)
rho	0.26806*** (0.009)		-0.05224 (0.061)	0.26688*** (0.008)
lambda		0.02884 (0.022)	0.07225 (0.048)	
W*Ln(Ingresos)				0.21714*** (0.068)
W*Hombres				-6.49483** (2.254)
W*Analfabetas				-1.63374*** (0.491)

\* p<0.10, \*\* p<0.05, \*\*\* p<0.01

**Fuente:** Elaboración de los autores.

Las primeras apreciaciones que se pueden hacer sobre las estimaciones anteriores son: en primer lugar la no significancia estadística del rezago espacial en el término del error (representado por lambda), segundo la significancia del término del rezago espacial en la variable dependiente, tercero lo importante que es para el modelo la variable de la

proporción de hombres en las comunas, y por último unos coeficientes significativos y positivos para el porcentaje de población analfabeta en las mismas.

Respecto a las anotaciones anteriores es importante resaltar que en ninguna de las dos estimaciones (SEM y SARAR) donde se tuvo en cuenta el rezago espacial en el error, este mostrara relevancia. Sin embargo, esto no quiere decir que la tasa de delitos no se vea afectada por choques aleatorios, sino que su relación no es directa. Es decir, los choques afectan los delitos de la comuna  $i$  siempre y cuando estos choques tengan efecto significativo en los delitos de las comunas vecinas de  $i$ , o en sus características individuales.

Adicionalmente, se debe observar que el Índice de Calidad de Vida no es significativo en ninguna de las especificaciones espaciales, la razón principal se fundamenta en que en dichas especificaciones las diferencias en la distribución de la variable entre las comunas a través de los años es fundamental y esta característica no se presenta en las variables ICV, porcentaje de personas adscritas a un sistema de pensión y la dummy que muestra si la comuna se encuentra por encima o por debajo del PIB per cápita de la ciudad de Medellín.

Cada uno de los modelos anteriores se fundamenta en diferentes supuestos, los cuales fueron planteados en la metodología. Con el fin de escoger el modelo que mejor represente el proceso generador de los datos se llevan a cabo procesos estadísticos basados en pruebas de hipótesis construidas para modelos espaciales. Inicialmente mediante test de Wald se busca demostrar que el modelo de Durbin no se puede transformar en un modelo SAR o SEM. Luego se realiza un test estadístico basado en el logaritmo de la función de verosimilitud en el que la hipótesis a evaluar es que el modelo SARAR es una especificación del modelo Durbin.

**Tabla 5:** Algunas pruebas de robustez

Prueba	Método	Estadístico	Probabilidad	Conclusión
SAR	Wald lineal	6.99	0.0081	SAR no representa Durbin
SEM	Wald no lineal	1,01	0.4297	SEM no representa Durbin
SAC	LRT	-89.59	1	SARAR está incluido en Durbin

**Fuente:** Elaboración de los autores.

En la tabla 5 se presentan los resultados de los test estadísticos realizados. Se puede concluir que el modelo Durbin, el cual incluye rezagos espaciales en la variable dependiente al igual que en algunas de las variables independientes, es el que recopila la mayor información de los datos. De este modelo se puede obtener la especificación SARAR (rezago espacial en la variable dependiente y en el error) y adicionalmente las estimaciones con rezago espacial únicamente en la variable dependiente o en el error no representan las conclusiones generales del modelo de Durbin. Por lo que después de realizadas las pruebas apropiadas, se muestra que el modelo anterior será el modelo principal de análisis de este trabajo, continuando entonces con el cálculo de los efectos directos, indirectos y totales y posteriormente un análisis de efectos marginales siguiendo la metodología de Drukker et al (2010).

En la tabla 6 se muestra los efectos estimados por el modelo escogido. En este caso las variables que representan el logaritmo del ingreso promedio por trabajo y el porcentaje de hombres en cada comuna tienen un efecto directo significativo, sin embargo sus efectos indirectos no los son, y el efecto conjunto de ambos tampoco. Este comportamiento está mostrando que la relación entre estas dos variables y el nivel de delitos se da de forma directa.

Dicha relación se gesta desde el hecho de incluirlas como las variables independientes rezagadas, cuando se hace esto se plantea que estas variables afectan directamente el modelo sin necesidad primero de intervenir en los delitos de sus respectivas comunas; para luego este influir en el delito de la comuna *i*. Ejemplificando, para el modelo Durbin un cambio en el logaritmo de los ingresos por trabajo de la comuna *j* (siendo *j* vecina de *i*) afecta directamente el nivel de delitos de la comuna *i*, mientras que para los demás modelos este cambio afecta primero el nivel de delitos de *j* y luego este nuevo nivel de delitos afecta el correspondiente en *i*.

**Tabla 6:** Efectos estimados por modelo Durbin

	<b>Directas</b>	<b>Indirectas</b>	<b>Total</b>
Ln(Ingresos)	-0.74688*** (0.232)	-0.26384 (0.62)	-1.01072 (0.676)
Dummy	0.19128* (0.104)	-0.65734** (0.228)	-0.46606** (0.165)
% Hombres	26.20012*** (6.955)	-2.47885 (20.16)	23.72127 (19.709)
% Analfabetas	4.58115** (1.79)	6.56002 (4.222)	11.14118* (5.044)
Participación Superior	-0.00009 (0.00006)	0.00032 (0.00019)	0.00023 (0.00014)

\*  $p < 0.10$ , \*\*  $p < 0.05$ , \*\*\*  $p < 0.01$

**Fuente:** Elaboración de los autores.

Para el caso de la variable dummy, que representa los años de 2005 a 2008 se presenta un comportamiento que apoya aún más la importancia de usar modelos espaciales en el análisis del crimen. Inicialmente en la tabla 4, donde se planteaban los 4 modelos espaciales esta variable tenía coeficiente positivo en el modelo de Durbin. Los cuales si se observaran directamente como resultados de un panel tradicional llevarían a conclusiones no muy verídicas. Su coeficiente positivo llevaría a pensar que entre 2005-2008 el crimen aumento significativamente. Sin embargo, en los efectos se muestra que existe para dicha variable un efecto indirecto de tal magnitud y significancia que el efecto total termina siendo representativo por la inclusión del efecto indirecto.

Al final para el caso de esta variable el efecto indirecto prima sobre el efecto directo y da como resultado, que efectivamente entre 2005-2008 hubo una reducción de los delitos que no fue propia de cada una de las comunas sino que fue fruto de un efecto contagio, donde la disminución de los delitos en las comunas vecinas de *i* termino disminuyendo el valor de *i*. Esta relación tiene mucho que ver con el tema de la movilidad intercomunal, que es uno de los principales mecanismos de propagación del crimen en cualquier ciudad.

Respecto al porcentaje de analfabetas sucede algo similar a los ingresos y el porcentaje de hombres. La relación de significancia se da más por el lado de los efectos directos que de los indirectos, esto debido a que el porcentaje de analfabetas afecta directamente los delitos de las comunas vecinas a i, por lo que la relación analfabetas, delitos de las comunas vecinas a i y delitos de i; pierde significancia. En definitiva, esta variable confirma lo que se había encontrado en los paneles tradicionales, mayores proporciones de población analfabeta incrementa el nivel de homicidios y hurtos en las comunas. Por lo que la educación básica es de primordial importancia.

Sin embargo, si nos fijamos en la variable de educación superior, aunque es significativa en el modelo principal (tabla 4) sus efectos no son significativos. Esto se puede dar principalmente porque la variable es importante para explicar las generalidades del modelo pero su variación a través de los años es poca, por lo que no genera un impacto importante en las variaciones de los niveles de delitos en cada comuna.

Se complementa el análisis del modelo principal estimando el impacto promedio de cambios en los ingresos permanentes usando la tabla 7. En esta tabla se hace una simulación de un aumento en los ingresos promedios del hogar por trabajo del 1% en el año 2004. Esta tabla muestra como responde cada una de las comunas ante esta intervención en el mismo año. Como se observa en la tabla, no todas las comunas responden igual y la diferencia se plantea en sus componentes.

**Tabla 7:** Resultados simulación aumento ingreso en 1%

<b>Comuna</b>	<b>Efecto individual</b>	<b>Efecto medio vecinos</b>	<b>Efecto total</b>
Robledo	-0.7075114	-0.0943106	-0.8018221
Belén	-0.729615	-0.092013	-0.821628
Altavista	-0.7493355	-0.0762796	-0.8256151
Buenos Aires	-0.7008727	-0.0704732	-0.7713459
Guayabal	-0.6989007	-0.0689955	-0.7678962
San Antonio de Prado	-0.7345511	-0.0683657	-0.8029168
La Candelaria	-0.6849504	-0.0487843	-0.7337347
Santa Helena	-0.6642652	-0.0430397	-0.7073048
Villa Hermosa	-0.7009277	-0.0352574	-0.7361851
Palmitas	-0.6331606	-0.0328831	-0.6660437
Manrique	-0.6611278	-0.0290631	-0.6901909
Popular	-0.6360269	-0.0273474	-0.6633742
San Javier	-0.6332837	-0.0247777	-0.6580614
San Cristóbal	-0.6079954	-0.0021775	-0.6101729
Laureles Estadio	-0.6105671	-0.0019987	-0.6125658
Doce de Octubre	-0.589242	0.0219712	-0.5672708
La América	-0.5729556	0.0253879	-0.5475677
El Poblado	-0.5718534	0.026214	-0.5456394
Santa Cruz	-0.5697147	0.0278166	-0.5418981
Aranjuez	-0.5812836	0.0319116	-0.549372
Castilla	-0.5645351	0.0396228	-0.5249124

**Fuente:** Elaboración de los autores.

En la tabla 7 la columna de efecto individual hace referencia al efecto marginal en la comuna *i* de un aumento en el ingreso promedio de los hogares de la misma comuna en 1%. La columna siguiente (Efecto medio vecinos) es el efecto marginal promedio que tiene el aumento en los ingresos del 1% en la comuna *i* sobre sus vecinas. Es un efecto promedio porque cada una de las vecinas de esa comuna no responde igual ante la misma intervención. La última columna es el agregado de los dos efectos. Las comunas están organizadas por mayor impacto sobre las comunas vecinas, lo que permite visualizar cuales reducen más el nivel de homicidios ante la misma intervención.

El orden anteriormente especificado se hace con el fin de evidenciar que las políticas públicas usualmente se fundamentan en lo beneficioso que es para la comuna y no se tiene en cuenta lo beneficioso que puede ser para sus vecinas. Este modelo plantea que aunque los efectos sobre las vecinas tienden a ser relativamente bajos, es mejor que las políticas de superación de largo plazo no lleven la inversión a comunas que no le aportan significativamente a sus vecinas o en el peor de los casos agravan la situación.

**Figura 7:** Evolución de una intervención en los ingresos promedios por trabajo del hogar para cada una de las comunas



**Fuente:** Elaboración de los autores.

Es de resaltar que se presentan varios casos en los que los efectos medios sobre las vecinas es positivo, esto básicamente obedece a que en estas comunas el incremento de los ingresos no se convierte en un mayor costo de oportunidad de delinquir ante trabajar para las comunas vecinas, sino más bien una motivación al movimiento de los delincuentes en las zonas aledañas a la comuna intervenida.

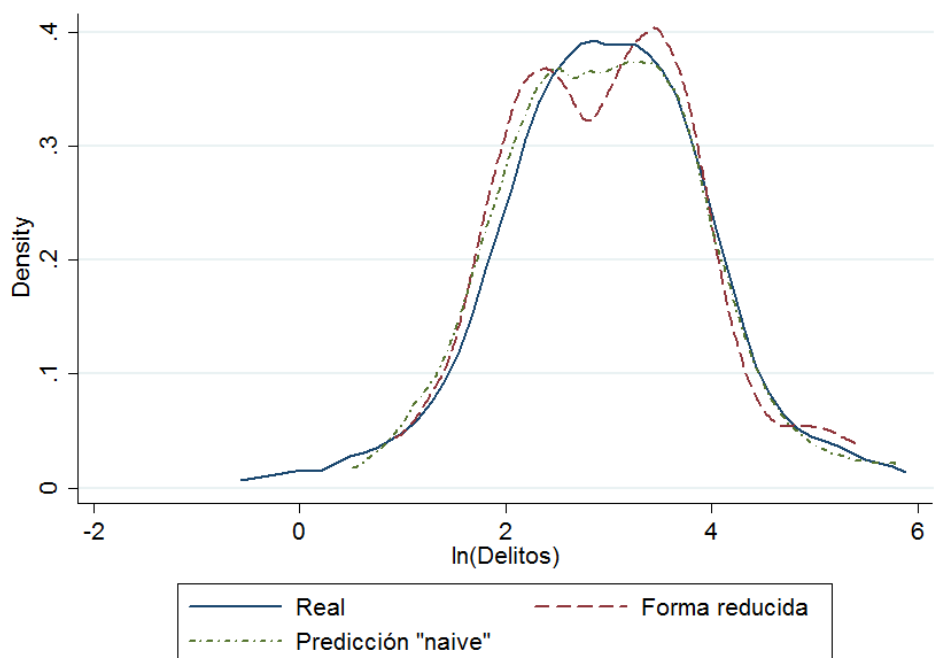
Para concluir este análisis en la figura 7 se muestra la evolución de esta intervención en el tiempo. En términos generales la intervención cambia entre 2004 y 2005 y a partir de este último año su efecto se estabiliza sobre el efecto individual que tiene. Con esto se puede decir que políticas públicas sobre las comunas de Robledo, Belén y Altavista, serian una muy buena opción para combatir el crimen mediante variables socioeconómicas, las cuales a su vez ayudan a ir superando el círculo vicioso donde los más pobres son los menos educados y más propensos a cometer delitos, y al no tener oportunidades de educación para sus hijos, estos repiten una y otra vez la historia de la delincuencia.

Usando un promedio simple se puede decir que la elasticidad ingreso de los delitos en promedio en las comunas de Medellín es igual  $-0.674$ , inelástica y negativa. Es decir, un aumento en los ingresos permanentes de las comunas en un 1% resulta en promedio en una reducción del nivel de delincuencia de  $0.674\%$ . Sin embargo, en la tabla 7 podemos observar que las comunas con mayor efecto marginal son Altavista y Belén, mientras las de menor efecto son Castilla y Santa Cruz. Estas diferencias se deben a las variaciones en las diferencias de los ingresos y a su relación espacial con las vecinas.

### 4.3. Robustez

Una aproximación teórica a la evaluación de la robustez del modelo escogido se plantea desde dos alternativas básicas. La primera es la comparación entre la función de densidad del logaritmo de los delitos (variable dependiente) y la predicha desde el modelo espacial. La segunda hace referencia a si las conclusiones principales planteadas anteriormente se modifican cuando se altera la especificación del modelo Durbin.

**Figura 8:** Comparación función de densidad estimada, delitos observados y predichos.



**Fuente:** Elaboración de los autores.



Para el primer caso en la figura 8 se muestra la relación entre la función de densidad estimada del logaritmo de los delitos observados y las de dos predicciones diferentes usando el mismo modelo de estimación. La predicción denominada por forma reducida hace alusión a una estimación mediante el uso del factor de información del modelo, es decir, utiliza la especificación matricial para obtener los valores estimados del logaritmo de los delitos<sup>4</sup>. Para el caso de la predicción “naive”, manteniendo su nombre en inglés, se utiliza la ecuación básica del modelo espacial. Su especificación parte de las predicciones lineales y le agrega el componente espacial propio del modelo estimado<sup>5</sup>. Se puede contrastar que las funciones de densidad estimadas según el modelo Durbin no presentan diferencias significativas con la función de densidad observada de los delitos, y por tanto el modelo propuesto resulta robusto.

El segundo ejercicio planteado para mostrar la robustez del modelo se presenta en el anexo 1. En la tabla correspondiente se muestran los resultados de cinco estimaciones diferentes, bajo distintos controles y estructuras dentro del mismo modelo Durbin. En este anexo se puede observar variaciones como la adición de otros controles, así como la inclusión de los mismos dentro de las variables independientes con rezago espacial. Los resultados evidencian que la hipótesis de la relación inversa e inelástica entre ingreso permanente y delitos se mantiene.

## 5. Conclusiones

Este trabajo presenta un enfoque poco utilizado en economías emergentes y que hasta el momento muy pocos investigadores la utilizan a nivel mundial. El análisis del crimen mediante modelos espaciales permiten identificar elementos que los modelos tradicionales no tienen en cuenta como es la unidad espacial y las relaciones con sus vecinos. Los delitos en este caso se pueden explicar mediante unas características individuales propias de cada comuna de la ciudad, al igual que de las características y nivel de delitos de los vecinos de la misma.

Uno de los objetivos de este trabajo era cuantificar la elasticidad del ingreso permanente frente al crimen. Los modelos de paneles tradicionales encuentran que la elasticidad es igual a -0,506, resultado acorde con la teoría económica sobre la relación inversa e inelástica. Sin embargo, en estos paneles solo se tiene en cuenta la información individual de cada una de las comunas, en términos simples, este modelo omite una variable relevante asociada con la relación espacial de contigüidad entre los vecinos.

Los paneles espaciales encuentran que la elasticidad es -0.674 y la diferencia con el impacto estimado desde los paneles tradicionales es explicada por la información que tienen los primeros sobre la contigüidad espacial recogida en la matriz W. Cabe resaltar que esta última elasticidad es una media entre las respuestas de las diferentes comunas ante un

---

<sup>4</sup> La ecuación de la forma reducida está dada por:  $\ln Delitos_{it} = (I - \rho W_i)^{-1}(X_{it}B + \alpha_i)$ ,  $\alpha_i$  representa el componente fijo de heterogeneidad individual propio del modelo Durbin con efectos fijos.

<sup>5</sup> La ecuación fundamental de este caso es  $\ln Delitos_{it} = \rho W_i \ln Delitos_{it} + X_{it}B + \alpha_i$ .

incremento del 1% en el nivel de ingresos. De esta forma mientras en Castilla la elasticidad es de -0.525 en Robledo es de -0.802.

Es gracias a estas especificaciones que se puede reescribir el comportamiento de la inversión pública. La intervención gubernamental no debe basarse únicamente en lo que espera que mejore la comuna si se interviene, sino también en cuanto contribuye esta comuna con la evolución de sus vecinas. Se deben formular políticas públicas con focos de inversión que obedezcan a mejores respuestas individuales y espaciales, antes que buscar simplemente la mitigación de un problema que pueda ser coyuntural.

En este sentido deben actuar los “policy makers” sobre cuál debe ser la prioridad de desarrollo social en la ciudad, mejorar las condiciones de vida o disminuir las disparidades de las mismas entre las comunas. Es claro entonces, que para los “policy makers” es mucho más práctico estructurar políticas de desarrollo que buscan el aumento de las condiciones generales de la población, que las que buscan disminuir disparidades. Esto se debe a que las políticas fundamentadas en análisis espaciales, las cuales tienen en cuenta las diferencias en las distribuciones de las variables, implican no solo actuar sobre los sectores vulnerables sino hacerlo de forma controlada y en múltiples dimensiones. Por lo que hay que tener en cuenta no solo las condiciones delictivas sino la relación existente entre esta variable y las características socio-económicas individuales de cada comuna.

Referente a estas variables de características individuales, esta investigación encuentra que la educación es primordial en la superación de la delincuencia, como se ha referenciado en la literatura sobre el caso, personas más educadas tienden a valorar más los ingresos legales que los ilegales. Aunque se muestra, que el nivel máximo de educación no es muy significativo, se debe tener en cuenta que debemos primero pensar en tener la educación básica tanto en niños como en adultos, y luego si fortalecer la educación especializada.

Otro de los aportes que brinda este trabajo, es la demostración formalizada del efecto “donbernabilidad” referenciado por Martin (2012). Hechos ocurridos entre los años 2005-2008 en los cuales los grupos ilegales estructuraron estrategias de gobernabilidad al margen de las instituciones legales a la par que la Alcaldía realizaba algunos esfuerzos institucionales, se convierten en el ejemplo más claro de una intervención que funcionó como un choque exógeno para reducir el nivel de homicidios y hurtos durante estos años.

Por último y no menos importante es el hecho relacionado con la omisión de variables relevantes en los modelos tradicionales que hacen que estos presenten un error de especificación en este tipo de estudios. Análisis relacionados con la economía del crimen y que se pueden referenciar en un espacio y tiempo específico necesitan de especificaciones que garanticen la inclusión de esta información.

Este trabajo finaliza reconociendo la necesidad de tener información precisa, confiable y disponible por parte de las instituciones encargadas. Si se retoma las teorías sobre economía del crimen la disuasión no solo depende de intervenciones en variables socio-económicas, sino también de lo relacionado con la fuerza policial e inversión en seguridad. Es por esto que este trabajo quiere dejar sobre la agenda investigativa la necesidad de realizar un ejercicio adicional donde se incluya variables de fuerza institucional (policía y justicia) cuando se tenga la certeza que dicha información existe y es confiable.

## Referencias

- Alcan, S. & Şahin, H. (2011). Factors causing crime and evidence from prison inmates. Anadolu International Conference in Economics II, Eskisehir, Turkey.

- Bayley, D. (1994). *Police for the future*. Oxford University Press, Nueva York, Estados Unidos.
- Becker, G. (1968). Crime and Punishment: An economic approach. *The National Bureau of Economic Research*.
- Brooks, L. (2008). Volunteering to be taxed: Business improvement districts and the extra-governmental provision of public safety. *Journal of Public Economics*, vol.: 92, num. 1-2, pag. 388-406.
- Castro, M. & Salazar, M. (1998). La respuesta a la criminalidad y la violencia en Colombia. Acciones del Estado para Promover la Convivencia y la Seguridad en las Ciudades. Harvard University. Disponible en [www.fuac.edu.co/download/AREAS/7vc.pdf](http://www.fuac.edu.co/download/AREAS/7vc.pdf).
- Chintrakarn, P. & Herzer, D. (2012). More inequality, more crime? A panel cointegration analysis for the United States. *Economics Letters*, vol.: 116, núm.: 3, pág. 389-391.
- Choe, J. (2008). Income inequality and crime in the United States. *Economics Letters*, vol.: 101, núm.: 1, pág. 31-33.
- Dahlberg, M. & Gustavsson, M. (2008). Inequality and crime: separating the effects of permanent and transitory income. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, vol.: 70, núm.: 2, pág. 129-153.
- Drukker, D.; Prucha, I. & Raciborski, R. (2010). Maximum-likelihood and generalized spatial two-stage least-squares estimators for a spatial-autoregressive model with spatial-autoregressive disturbances. *Document StataCorp*.
- Duncan, G. (2011). *Economía criminal en Antioquia: narcotráfico*. Fondo editorial Universidad EAFIT, Medellín, Colombia.
- Ehrlich, I. (1973). Participation in Illegitimate Activities: A Theoretical and Empirical Investigation. *The Journal of Political Economy*, vol.: 81, núm.: 3, pág. 521-526.
- Engelhardt, B.; Rocheteau, G. & Rupert, P. (2008). Crime and the labor market: a search model with optimal contracts. *Journal of Public Economics*, vol.: 92, núm.: 10-11, pág. 1876-1891.
- Fleisher, B. (1966). The effect of income on delinquency. *American Economic Review*, vol.: 56, núm.: 1-2, pág.: 118-137.
- Freeman, R. (1996). Why do so many young american men commit crimes and what might we do about it?. *The Journal of Economic Perspectives*, vol.: 10, núm.: 1, pág.: 25-42.
- Garay, L.; Salcedo, E.; León, I. & Guerrero, B. (2008). La captura y reconfiguración cooptada del Estado en Colombia. Fundación Método, Fundación Avina y Transparencia por Colombia, Bogotá, Colombia.
- Gaviria, A. & Pagés, C. (2002). Patterns of crime victimization in Latin American cities. *Journal of Development Economics*, vol.: 67, núm.: 1, pág.: 181-203.
- Hipp, J. (2007). Income inequality, race, and place: does the distribution of race and class within neighborhoods affect crime rates?. *Criminology*, vol.: 45, núm.: 3, pág.: 665-697.
- Hipp, J. (2011). Spreading the wealth: the effect of the distribution of income and race/ethnicity across households and neighborhoods on city crime. *Criminology*, vol.: 49, núm.: 3, pág.: 631-665.

- Kovandzic, T. & Sloan, J. (2010). Police levels and crime rates revisited: A county-level analysis from Florida (1980–1998). *Journal of Criminal Justice*, vol.: 30, núm.: 1, pág.: 65-76.
- Levitt, S. (2001). The Impact of Race on Policing and Arrests. *Journal of Law and Economics*, vol.: 44, núm.: 2, pág.: 367-394.
- Lochner, L. (1999). Education, Work, and Crime: Theory and Evidence. Centro de Estudios Económicos de la Universidad de Rochester, núm.: 465, Estados Unidos.
- López, L. (2011). Efectos de la política de seguridad sobre el crecimiento económico en Colombia 1990-2006. *Coyuntura Económica*, vol.: 41, núm.: 2, pág.: 25-85.
- Llorente, M. (2013). ¿Un ministerio de seguridad ciudadana? La Policía debe ser reubicada. Razón Pública. Colombia.
- Martin, G. (2012). Medellín tragedia y resurrección: Mafia, ciudad y estado 1975-2012. Editorial Planeta, Bogotá, Colombia.
- Medellín cómo vamos. Medellín, 2013.
- Medina, C.; Posso, C. & Tamayo, J. (2011). Costos de la violencia urbana y políticas públicas: algunas lecciones de Medellín, *Borradores de Economía*, núm.: 674, pág.: 1-42.
- Menezes, T.; Silveira-Neto, R. & Ratton, J. (2013). Spatial correlation between homicide rates and inequality: evidence from urban neighborhoods. *Economics Letters*, vol.: 120, núm.: 1, pág.: 97-99.
- Ming-Jen, L. (2009). More police, less crime: Evidence from US state data. *International Review of Law and Economics*, vol.: 29, núm.: 2, pág.: 73-80.
- Policía Nacional de Colombia. (2010). Políticas Públicas de convivencia y seguridad ciudadana. La prevención de la violencia, delincuencia e inseguridad. Programa Departamentos y Municipios seguros, Colombia.
- Rivas, Á. (2005). Una década de políticas de seguridad ciudadana en Colombia. Fundación Seguridad & Democracia, Colombia.
- Rosenfeld, R. & Fornango, R. (2007). The impact of economic conditions on robbery and property crime: the role of consumer sentiment. *Criminology*, vol.: 45, núm.: 4, pág.: 735-769.
- Sánchez, F. (2003). Garrote o zanahoria. Documento CEDE, Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia.
- Scorzafave, L. & Soares, M. (2009). Income inequality and pecuniary crimes. *Economics Letters*, vol.: 194, núm.: 1, pág.: 40-42.
- South, N. (2005). Inequalities, crime and citizenship. En M. Romero y E. Margolis (Ed.), *The Blackwell Companion to Social Inequalities* (pág.: 350-371). Oxford, Reino Unido.
- Spelman, W. (2005). Jobs or jails? The crime drop in Texas. *Journal of Policy Analysis and Management*, vol.: 24, núm.: 1, pág.: 133-165.
- Takeli, S. & Günsoy, G. (2013). The Relation between Education and Economic Crime: An Assessment for Turkey. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, vol.: 106, pag.: 3012–3025.

**Anexo 1:**

	<b>Opción 1</b>	<b>Opción 2</b>	<b>Opción 3</b>	<b>Opción 4</b>	<b>Opción 5</b>
Ln(Ingresos)	-0.59210** (0.25992)	-0.62264** (0.27607)	-0.70849** (0.27524)	-0.74034** (0.24429)	-0.68269** (0.26781)
Dummy	0.26216** (0.09189)	0.27791** (0.09361)	0.25818** (0.09584)	0.32179*** (0.09765)	0.30148** (0.09698)
% Hombres	33.367*** (8.0467)	32.132*** (8.16284)	35.094*** (8.15121)	24.464*** (7.94832)	25.959*** (7.87044)
Participación secundaria	0.00002 (0.00006)				
Participación superior	-0.00025** (0.0001)	-0.00019* (0.0001)			-0.00017* (0.00009)
% Pensiones		0.49782 (0.58801)	-0.09369 (0.64448)		
Dummy PIB		0.08834 (0.21739)			
ICV			0.0157 (0.02435)		0.01789 (0.02196)
Participación técnica y tecnología			-0.00052* (0.00026)		
% Analfabeta				3.10568** (1.02309)	3.10074** (1.01159)
rho	0.26959*** (0.00876)	0.26883*** (0.00867)	0.26910*** (0.0087)	0.26754*** (0.00847)	0.26688*** (0.00838)
W*Ln(Ingresos)	0.09623 (0.08512)	0.20919** (0.06981)	0.12662 (0.08521)	0.20492** (0.06779)	0.21714*** (0.06815)
W*Hombres	-7.7638*** (2.27447)	-7.6496*** (2.29118)	-7.7704*** (2.30277)	-6.7740** (2.27224)	-6.4948** (2.25381)
W*Participación superior	0.00008** (0.00003)				
W*Participación técnica y tecnología			0.00015 (0.00008)		
W*Analfabetas				-1.58560*** (0.4976)	-1.63374*** (0.4914)

\* p<0.10, \*\* p<0.05, \*\*\* p<0.01

**Fuente:** Elaboración de los autores.