

Escuela de Economía y Finanzas

# Documentos de trabajo

## Economía y Finanzas

Centro de Investigación  
Económicas y Financieras

No. 14-04  
2014

### Efecto de los Ingresos Permanentes sobre el Delito: Un Enfoque Espacial y un Caso de Aplicación

*Gómez, Catalina; Velásquez, Hermilson; Urrego, Joaquín A.;  
Valderrama, Juan D.*



## **Efecto de los Ingresos Permanentes sobre el Delito: Un Enfoque Espacial y un Caso de Aplicación<sup>+</sup>**

### **Effect of Permanent Income on Crime: A Spatial Approach and Case Application**

Catalina Gómez Toro <sup>\*</sup>  
Hermilson Velásquez <sup>Δ</sup>  
Joaquín Andrés Urrego <sup>Δ</sup>  
Juan David Valderrama <sup>Δ</sup>

Febrero 20, 2014

#### **Resumen**

En este artículo se analiza el impacto que sobre los delitos en una unidad espacial y en sus vecinos ejerce un incremento en los ingresos permanentes. Diferentes especificaciones de modelos de panel espacial permiten recoger los efectos de la distribución espacial y del ingreso sobre la variable de interés. Un caso de aplicación para Medellín permite afirmar que un aumento del 1% en los ingresos permanentes en las comunas reduce en promedio el 0,67% los delitos y el efecto sobre sus vecinos es significativo y variable. Pruebas de robustez evidencian la bondad de los resultados y la adecuación del modelo al proceso generador de los datos.

#### **Abstract**

This paper analyzes the impact of increment in the permanent income on crime in each spatial unit and their neighbors. Different specifications of spatial panel data are estimated to capture the effects of spatial distribution and income on crime. In the

---

<sup>+</sup> Los conceptos expresados en este documento de trabajo son responsabilidad exclusiva de los autores y en nada comprometen a la Universidad EAFIT ni al Centro de Investigaciones Económicas y Financieras (Cief). Se autoriza la reproducción total o parcial del contenido citando siempre la fuente. Agradecimientos (si procede).

<sup>\*</sup> Jefe de Carrera de Economía, Departamento de Economía, Centro de Investigaciones Económicas y Financieras (Cief), Universidad EAFIT, Carrera 49 Número 7 Sur 50, Medellín, Colombia, [cgomez1@eafit.edu.co](mailto:cgomez1@eafit.edu.co).

<sup>Δ</sup> Docente, Departamento de Economía, Centro de Investigaciones Económicas y Financieras (Cief), Universidad EAFIT, Carrera 49 Número 7 Sur 50, Medellín, Colombia, [evelas@eafit.edu.co](mailto:evelas@eafit.edu.co).

<sup>Δ</sup> Asistente de Investigación Economía, Departamento de Economía, Centro de Investigaciones Económicas y Financieras (Cief), Universidad EAFIT, Carrera 49 Número 7 Sur 50, Medellín, Colombia, [jurrego3@eafit.edu.co](mailto:jurrego3@eafit.edu.co).

<sup>Δ</sup> Director Ejecutivo, Agencia de Cooperación e Inversión de Medellín y el Área Metropolitana (ACI), [jvalderrama@acimedellin.org](mailto:jvalderrama@acimedellin.org).

particular case of Medellin, the estimated impact of increase 1% in permanent income in specific commune is a decrease in crime near to 0,67%, and the effects of each neighbor are variable and significant. Tests statistics can show the robustness of the conclusions and the adequate specification of the model.

#### **Palabras clave / Keywords**

Panel espacial, delito, ingreso, Medellín / Spatial panel, crime, income, Medellín

#### **JEL classification:**

K4, C23, R12, R23.

## **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, al cual se 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 se ha caracterizado como 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 entre las mismas es necesario considerar relaciones espaciales. Para ello se proponen modelos de datos de panel espacial que expliquen el número total de delitos cometidos en términos del ingreso, variables de control y el espacio como elemento importante de análisis.

La base que articula este análisis de las comunas responde a la relación existente entre los niveles de homicidios y hurtos de las mismas. Los actos delictivos que ocurren

dentro de una entidad territorial pueden ser explicados por las características de la misma, sin embargo existe un componente desde la teoría económica que obedece a la relación que tiene con las zonas aledañas. La condición de criminalidad de una comuna puede ser así mismo una externalidad para las comunas vecinas (externalidad que puede ser positiva o negativa). Es decir, estar cerca de una comuna con un nivel de actividad criminal mayor puede tener un efecto en la criminalidad propia, independiente de las condiciones económicas. Este tipo de sucesos pueden ser capturados por una especificación espacial dentro del modelo, que recoja la información correspondiente a los efectos de frontera.

Los resultados obtenidos revelan que el ingreso resulta estadísticamente significativo para explicar el comportamiento de los delitos en las comunas de Medellín, adicionalmente funciona como un mecanismo disuasivo para reducir el crimen. Particularmente se encuentra que las especificaciones de paneles espaciales logran capturar un mayor efecto marginal de una intervención en los ingresos permanentes que los paneles tradicionales. Para estos últimos la elasticidad estimada es aproximadamente 0,5, mientras que para los modelos espaciales supera el 0,67.

Este trabajo también hace aportes relevantes en la relación educación-delitos y formaliza el impacto que tuvo sobre la ciudad de Medellín sucesos relacionados con el cese al fuego pactado entre grupos ilegales y la administración municipal entre 2005-2008.

El artículo está dividido en cinco secciones contando esta primera parte introductoria. En la segunda sección se presenta el marco teórico. Luego en la tercera la Metodología para el proceso de estimación. 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 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 inicia el proceso de formalización 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) 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) en su estudio separan 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.

En la mayoría de los 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. Chintrakarn & Herzer (2012) 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 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).

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) muestran 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.

Sánchez (2003) en un estudio para la ciudad de Bogotá, establece que las políticas públicas denominadas como zanahorias (medidas a través de la tasa de desempleo y el gasto público destinado al sector social) generan un impacto negativo sobre los homicidios y los hurtos.

Medina et al (2011) identifican algunas características generales de la violencia en la ciudad de Medellín y los principales costos que este fenómeno representa 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, 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 atribuyen a una gobernabilidad garantizada por dicho cabecilla (“donbernabilidad”)<sup>1</sup>. Estas condiciones tan especiales de la ciudad en este intervalo de tiempo, hacen que en el trabajo empírico se incluya una hipótesis secundaria sobre el

---

<sup>1</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.

impacto negativo que tuvo en los delitos la denominada “donbernabilidad”. Es de resaltar que dicho periodo también incluiría factores no observables como los esfuerzos sociales de la alcaldía municipal para atender durante este tiempo a los desmovilizados.

Para concluir, este trabajo identifica dos artículos principales, en los que se maneja modelos espaciales para explicar la relación entre ingresos y nivel de delitos. El primero es el de Menezes et al (2013), el cual se ha mencionado anteriormente. Estos autores aplican modelos de regresión con rezago espacial en los delitos violentos (variable dependiente) y en el error, usando distinciones de efectos directos e indirectos e incluyendo 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 estudio presenta como uno de sus aportes la estimación de la elasticidad en una regresión espacial usando las variables en logaritmos y sacando la media de los resultados ante una intervención en la variable de análisis.

### 3. Metodología

Este estudio considera la relación entre delitos e ingresos, controlando con variables socioeconómicas, para determinar los efectos del ingreso y la ubicación geográfica de la unidad espacial sobre la variable objeto de estudio. Inicialmente la variable de interés  $y_{it}$ , se puede considerar dependiente de la unidad espacial  $i$  y del tiempo  $t$ , es decir

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

La teoría económica permite proponer la forma funcional:

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

Que puede ser estimada utilizando la metodología tradicional de datos de panel, en la cual:

$$y_{it} = \beta X_{it} + u_{it} \quad (3)$$

$$u_{it} = \alpha_i + v_{it}, \quad v_{it}: \text{ruido blanco} \quad (4)$$

Sin embargo, para este trabajo se considera el espacio como un elemento fundamental para la explicación de muchos fenómenos y por tanto su información puede ser recogida en una matriz cuadrada denominada de contigüidad espacial y que tradicionalmente se representa por  $W$ .

Los modelos que utilizan en su especificación  $W$  se pueden asociar a los llamados modelos de datos de panel espacial y cuya especificación general (Elhorst, 2014) es:

$$y_{it} = \rho W y_{it} + \beta X_{it} + \delta W X_{it} + u_{it} \quad (5)$$

$$u_{it} = \lambda W u_{it} + \varepsilon_{it}, \quad \varepsilon_{it}: \text{ruido blanco} \quad (6)$$

Si se imponen restricciones sobre algunos de los parámetros se obtienen:

1. Modelo con rezago espacial en la variable dependiente (SAR). En este se considera:

$$\delta = \lambda = 0 \quad (7)$$

Reemplazando en las ecuaciones 5 y 6 se obtiene:

$$y_{it} = \rho W y_{it} + \beta X_{it} + \varepsilon_{it} \quad (8)$$

Bajo estos supuestos la relación espacial se da directamente por la presencia de la variable endógena rezagada, mientras que no se considera la relación directa entre las características propias de las vecinas con la variable endógena ( $\delta=0$ ).

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

$$\rho = \delta = 0 \quad (9)$$

Esto da como resultado:

$$y_{it} = \beta X_{it} + u_{it} \quad (10)$$

$$u_{it} = \lambda W u_{it} + \varepsilon_{it} \quad (11)$$

En este modelo la relación espacial se da por medio del denominado contagio, donde los choques exógenos se propagan entre las unidades vecinas.

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

$$\delta = 0 \quad (12)$$

Sustituyendo:

$$y_{it} = \rho W y_{it} + \beta X_{it} + u_{it} \quad (13)$$

$$u_{it} = \lambda W u_{it} + \varepsilon_{it} \quad (14)$$

El supuesto de la ecuación 12 establece que la relación espacial se presenta por dos mecanismos, el primero se da por medio de la relación directa entre la variable endógena y su rezago espacial. El segundo por choques aleatorios en las unidades vecinas, los cuales tienen un efecto contagio sobre la unidad  $i$ .

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

$$\lambda = 0 \quad (15)$$

Luego:

$$y_{it} = \rho W y_{it} + \beta X_{it} + \delta W X_{it} + \varepsilon_{it} \quad (16)$$

Este modelo, a diferencia del anterior, plantea que si existe una relación espacial con las características individuales de cada una de las unidades 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.

La decisión estadística sobre cual modelo elegir entre las diferentes alternativas requiere de contrastes de hipótesis que evalúen la relación existente entre las opciones anteriormente mostradas y como desde cualquiera de ellas es posible recoger adecuadamente el proceso generador de los datos. Específicamente se consideran 3 pruebas estadísticas fundamentales para la selección del modelo:

1. Prueba de contraste modelo SAR y Durbin

Hipótesis nula:  $\delta = 0$ .

Hipótesis alternativa:  $\delta \neq 0$ .

Estadístico de prueba: Test lineal de Wald (distribución F).



Región de rechazo:  $Prob(estadístico\ de\ prueba) < \alpha$ .

Conclusión: Bajo hipótesis nula cierta el modelo adecuado es SAR, y bajo la hipótesis alternativa cierta el modelo adecuado es Durbin.

2. Prueba de contraste modelo SEM y Durbin

Hipótesis nula:  $\delta = -\rho\beta$ .

Hipótesis alternativa:  $\delta \neq -\rho\beta$ .

Estadístico de prueba: Test no lineal de Wald (distribución F).

Región de rechazo:  $Prob(estadístico\ de\ prueba) < \alpha$ .

Conclusión: Bajo hipótesis nula cierta el modelo adecuado es Durbin, bajo hipótesis alternativa cierta el modelo es SEM (Belotti et al, 2013).

3. Prueba de contraste modelo SARAR y Durbin

Hipótesis nula: SARAR se puede representar mediante el modelo Durbin.

Hipótesis alternativa: SARAR no se puede representar mediante el modelo Durbin.

Estadístico de prueba: Test de razón de verosimilitud (distribución chi cuadrado).

Región de rechazo:  $Prob(estadístico\ de\ prueba) < \alpha$ .

Conclusión: bajo hipótesis nula cierta el modelo adecuado es Durbin, bajo hipótesis alternativa cierta el modelo es SARAR (Ming & Kuan-Pin, 2013).

#### 4. Caso de aplicación: Medellín

Medellín (Colombia) es una ciudad que a finales del siglo XX se había caracterizado por presentar fenómenos de violencia, que la ubicaban entre las ciudades con mayores índices de criminalidad del mundo. Este fenómeno ha sido generado por la presencia de diferentes actores entre los cuales se tienen: delincuencia común, delincuencia organizada, guerrilla, paramilitares, quienes entre sus estrategias para obtener poder han enfrentado a los diferentes estamentos del Estado, ya sea por medio de la violencia o la coacción a través de prebendas.

El gobierno nacional a través de sus representantes en el departamento y en la ciudad, ha diseñado políticas orientadas a contrarrestar los fenómenos delincuenciales generados por los diferentes actores. En su caso desde los gobiernos locales se han elaborado planes de desarrollo centrados en objetivos específicos críticos para la ciudad, los cuales han sido un factor importante para lograr los avances en ciencia y tecnología, educación y emprendimiento.

Medellín está dividida en 16 comunas y 5 corregimientos (gráfico 1), donde las comunas son en términos generales las asociadas a la zona urbana de la ciudad, mientras los corregimientos a la zona rural. Sin embargo, su división política hace que las condiciones al interior de las comunas presenten particularidades que difieren de las condiciones generales de la ciudad y que se necesario incluir en los modelos que pretendan explicar los delitos.

**Gráfico 1:** División política del municipio de Medellín.



**Fuente:** Elaboración de los autores.

El análisis de la criminalidad en Medellín debe considerar las características socioeconómicas propias de cada comuna, que son fundamentales para explicar no solo el comportamiento de los homicidios y hurtos en la ciudad, sino, también de las tendencias delincuenciales. Estas características específicas de la violencia al interior de la ciudad hacen necesario que la investigación relacionada con los delitos, sus determinantes y el impacto que tiene este fenómeno en las condiciones políticas y económicas de Medellín requieran de un análisis espacial. Análisis que puede recopilar la información relevante acerca de cómo están distribuidas las características socioeconómicas y como se interrelacionan las diferentes unidades geográficas.

#### **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, Índice de Calidad de Vida (ICV), Índice de Desarrollo Humano (IDH), 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. Definición de variables

$\ln D_{it}$ : es el logaritmo natural de los delitos cometidos por cada 10.000 habitantes en la comuna  $i$  en el año  $t$ . Los delitos son el agregado de los homicidios y los hurtos reportados.

$\ln(Ingreso_{it})$ : logaritmo natural del ingreso promedio mensual del hogar 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.

$Hombres_{it}$ : porcentaje de hombres en la comuna  $i$  en el año  $t$ .

$Pensiones_{it}$ : porcentaje de personas afiliadas a un sistema de pensiones en la comuna  $i$  en el año  $t$ .

$ICV_{it}$ : 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.

$Analfabetas_{it}$ : 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  $t$ .

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

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

$W_i Hombres_{it}$ : porcentaje de hombres en las comunas vecinas de  $i$  en el año  $t$ .

$W_i Analfabetas_{it}$ : 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.

$W$ : 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, se hace 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.

$$W = W_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{si comuna } i \text{ limita con la comuna } j \\ 0 & \text{en cualquier otro caso} \end{cases} \quad (17)$$

#### 4.3. Forma funcional de los modelos a estimar

El crimen es un fenómeno que evoluciona en el tiempo y que está asociado de manera directa con las unidades espaciales. 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:

$$\ln D_{it} = \beta_0 + \beta_1 \ln(\text{Ingreso}_{it}) + \beta_2 \text{Dummy} + \beta_3 \text{Hombres}_{it} + \beta_4 \text{Pensiones}_{it} + \beta_5 \text{ICV}_{it} + \beta_6 \text{DummyPIB} + \beta_7 \text{Analfabetas}_{it} + \beta_8 \text{EducSuperior}_{it} + \alpha_i + u_{it} \quad (18)$$

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.

Las especificaciones de panel espacial consideradas en este estudio se fundamentan en Elhrosh (2014) y en este caso la información espacial se recoge en la matriz  $W$ .

La especificación propuesta para la estimación es:

$$\ln D_{it} = \beta_0 + \rho W_i \ln D_{it} + \beta_1 \ln(\text{Ingreso}_{it}) + \delta_1 W_i \ln(\text{Ingreso}_{it}) + \beta_2 \text{Dummy} + \beta_3 \text{Hombres}_{it} + \delta_2 W_i \text{Hombres}_{it} + \beta_4 \text{Pensiones}_{it} + \beta_5 \text{ICV}_{it} + \beta_6 \text{DummyPIB} + \beta_7 \text{Analfabetas}_{it} + \delta_3 W_i \text{Analfabetas}_{it} + \beta_8 \text{EducSuperior}_{it} + u_{it} \quad (19)$$

$$u_{it} = \lambda W_i u_{it} + \varepsilon_{it} \quad (20)$$

Usando los modelos referenciados en la metodología se especifica las siguientes particularidades:

1. Para el modelo SAR:

$$\delta_1 = \delta_2 = \delta_3 = \lambda = 0 \quad (21)$$

Reescribiendo las ecuaciones principales se obtiene:

$$\ln D_{it} = \beta_0 + \rho W_i \ln D_{it} + \beta_1 \ln(\text{Ingreso}_{it}) + \beta_2 \text{Dummy} + \beta_3 \text{Hombres}_{it} + \beta_4 \text{Pensiones}_{it} + \beta_5 \text{ICV}_{it} + \beta_6 \text{DummyPIB} + \beta_7 \text{Analfabetas}_{it} + \beta_8 \text{EducSuperior}_{it} + \varepsilon_{it} \quad (22)$$

2. SEM.

$$\rho = \delta_1 = \delta_2 = \delta_3 = 0 \quad (23)$$

Esto da como resultado:

$$\ln D_{it} = \beta_0 + \beta_1 \ln(\text{Ingreso}_{it}) + \beta_2 \text{Dummy} + \beta_3 \text{Hombres}_{it} + \beta_4 \text{Pensiones}_{it} + \beta_5 \text{ICV}_{it} + \beta_6 \text{DummyPIB} + \beta_7 \text{Analfabetas}_{it} + \beta_8 \text{EducSuperior}_{it} + u_{it} \quad (24)$$

$$u_{it} = \lambda W_i u_{it} + \varepsilon_{it} \quad (25)$$

3. SARAR.

$$\delta_1 = \delta_2 = \delta_3 = 0 \quad (26)$$

Reescribiendo:

$$\ln D_{it} = \beta_0 + \rho W_i \ln D_{it} + \beta_1 \ln(\text{Ingreso}_{it}) + \beta_2 \text{Dummy} + \beta_3 \text{Hombres}_{it} + \beta_4 \text{Pensiones}_{it} + \beta_5 \text{ICV}_{it} + \beta_6 \text{DummyPIB} + \beta_7 \text{EducSuperior}_{it} + u_{it} \quad (27)$$

$$u_{it} = \lambda W_i u_{it} + \varepsilon_{it} \quad (28)$$

4. Durbin.

$$\lambda = 0 \quad (29)$$

Luego:

$$\ln D_{it} = \beta_0 + \rho W_i \ln D_{it} + \beta_1 \ln(\text{Ingreso}_{it}) + \delta_1 W_i \ln(\text{Ingreso}_{it}) + \beta_2 \text{Dummy} + \beta_3 \text{Hombres}_{it} + \delta_2 W_i \text{Hombres}_{it} + \beta_4 \text{Pensiones}_{it} + \beta_5 \text{ICV}_{it} + \beta_6 \text{DummyPIB} + \beta_7 \text{Analfabetas}_{it} + \delta_3 W_i \text{Analfabetas}_{it} + \beta_8 \text{EducSuperior}_{it} + \varepsilon_{it} \quad (30)$$

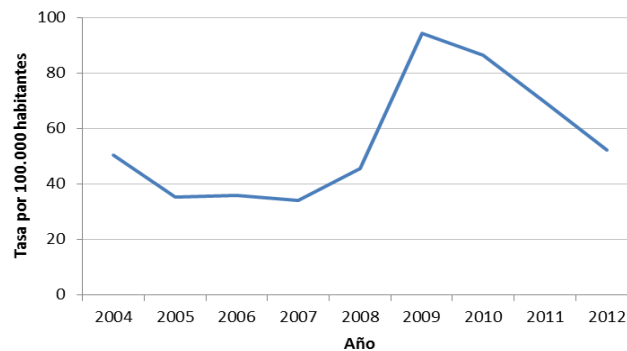
Las especificaciones anteriores permiten estimar Efectos Marginales Espaciales y se complementa la metodología de Drukker et al (2010) con la construcción de Efectos Marginales Espaciales Temporales.

## 5. Resultados

### 5.1.1. Análisis exploratorio

En los gráficos 2 y 3 se muestra la dinámica para el nivel de homicidios y hurtos en el 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.

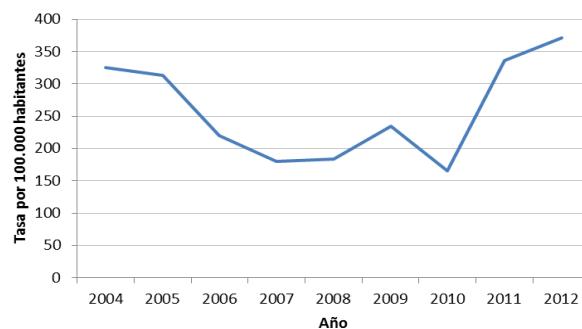
**Gráfico 2:** Tasa de homicidios en Medellín por 100.000/habs. 2003-2012



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

Para el año 2009 los homicidios se incrementaron en más de 20 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”. 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 3:** Tasa de hurtos en Medellín por 100.000/habs. 2004-2012



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

En el grafico 4<sup>2</sup> 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

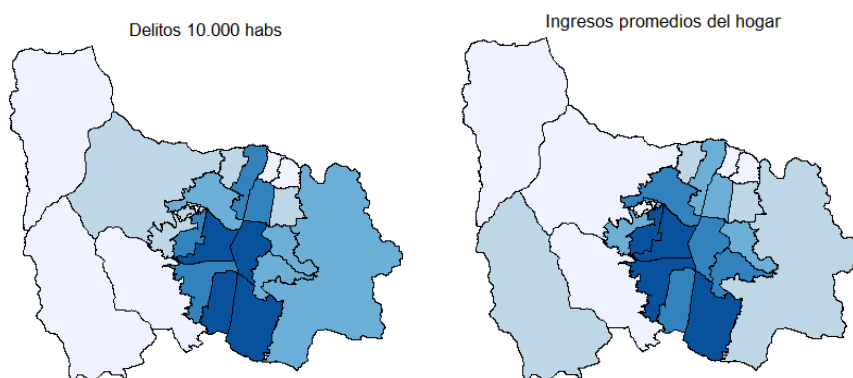
---

<sup>2</sup> Se debe tener en cuenta que los tonos más oscuros corresponden a mayores valores de las variables de análisis. Condiciones también aplicables a los mapas que se presentan en el anexo 1.

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 4); 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.

**Gráfico 4:** delitos por 10.000 habitantes e ingresos promedios del hogar por trabajo, promedio 2004-2012.



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

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.

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 (anexo 1).

También presentan diferencias en su distribución el número de personas analfabetas y la población que accede a educación superior, especialmente a una carrera profesional.

Según su distribución (anexo 1) se puede observar un comportamiento contrario entre número de analfabetas por 10.000 habitantes y personas estudiando 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 en las que es mayor 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 las que presentan mayor actividad delictiva 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 bajo y aproximadamente constante.

En el anexo 1 se referencian algunos mapas de las características analizadas de cada comuna en el año inicial de análisis (2004), así como también el último año referenciado (2012). El resultado de este ejercicio es visualizar los cambios generales que han sufrido estas variables en su distribución espacial. De acuerdo a estos gráficos 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 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 el mediano plazo (analfabetas, educación). Para el caso de los delitos el número de casos en las comunas y corregimientos ha variado poco, especialmente para las comunas del extremo norte. Sin embargo, 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.

### **5.1.2. Modelos Pool, Efectos Fijos y Efectos Aleatorios**



En la tabla 1 se presentan las estimaciones de los modelos Pool, efectos fijos y efectos aleatorios. En este se puede evidenciar para los tres modelos la significancia que tiene la dummy de los años 2005-2008 y la proporción de hombres de cada comuna. Sin embargo, el Índice de Calidad de Vida aunque significativo es positivo. Esto puede deberse a la relativa inmovilidad en la variación del índice durante los 9 años de estudio, hechos referenciados en los mapas del anexo 1.

En la tabla 2 aparecen los reportes de la prueba para elegir entre el modelo Pool y efectos aleatorios. Los resultados permiten afirmar con un nivel de confianza del 95% que el modelo Pool no resulta apropiado. Adicionalmente se presenta en la tabla 3 la información del test de Hausman para contrastar entre efectos fijos y aleatorios. Según la probabilidad estimada del estadístico de prueba, se puede afirmar con un nivel de confianza del 95% que los efectos fijos son los más adecuados para modelar este tipo de proceso.

Después de realizadas las pruebas y seleccionado el modelo de acuerdo a las mismas, se analizan los coeficientes relacionados con la estimación de efectos fijos en la tabla 1. Se puede afirmar a un nivel de significancia del 5% que 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.

**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***	0.035656*	0.090486***

	(0.01651)	(0.02125)	(0.01841)
Dummy PIB	-0.351306	-0.130381	-0.199319
	(0.2779)	(0.19366)	(0.20532)
% Analfabetas	3.098308**	1.745101*	1.346035
	(1.20978)	(0.95084)	(0.98902)
Constante	-20.30415***	-6.04476*	-8.79392**
	(3.87698)	(3.54988)	(3.63978)
* p<0.10, ** p<0.05, *** p<0.01			

**Fuente:** Elaboración de los autores.

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

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

**Fuente:** Elaboración de los autores.

Respecto a la dummy introducida para recoger el comportamiento de los delitos entre 2005-2008 es negativa, 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 período, gestaron una reducción significativa en el crimen.

A esta afirmación, se suma el tema de la proporción de hombres en las comunas, siendo esto 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 al momento de determinar el comportamiento criminal de las mismas,

obedeciendo al estereotipo de que los hombres tienden a ser menos sensibles socialmente frente al hecho de cometer un crimen que las mujeres.

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

Variables	Coeficientes		Diferencia	Desviación
	Efectos Fijos	Efectos Aleatorios		
ln(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
<hr/>				
Prueba	Coeficiente		Probabilidad	
(EF-EA)=0	31.000		0.000	

**Fuente:** Elaboración de los autores.

En relación al porcentaje de personas analfabetas en cada comuna, su coeficiente es significativo y positivo. Esto indica que a mayor porcentaje de personas analfabetas se incrementa la delincuencia, o en sentido contrario al reducir el analfabetismo se reduciría el nivel de homicidios y hurtos en las comunas de la ciudad. Contrario a esto, lo relacionado con el porcentaje de la población afiliada a un sistema de pensiones, en su mayoría todos empleados en el sector formal, es significativo pero negativo. Lo que implica, acorde con la teoría, que mayor proporción de población en el sector formal menor será los actos delictivos ocurridos.

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. Estos resultados cumplen con los supuestos de la

teoría económica y de los modelos econométricos utilizados. Es de anotar que estos modelos no hacen uso de información espacial.

### **5.1.3. Modelos de Panel Espacial**

Este ejercicio se plantea con el objeto de utilizar información espacial a través de la matriz de contigüidad  $W$ , realizar la estimación de los paneles espaciales: SAR, SEM, SARAR, Durbin y elegir entre ellos el más adecuado. Los resultados se analizan considerando el modelo seleccionado.

En la tabla 4 se presentan los resultados de la estimación de los paneles espaciales. Adicionalmente se debe tener en cuenta que estos modelos tienen un componente de rezago espacial, lo que hace que los coeficientes deban analizarse según efectos directos, indirectos y totales. Sin embargo, estos coeficientes dan la primera aproximación a la significancia estadística y la dirección de los efectos marginales directos del modelo.

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.

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 recoge de manera más adecuada el proceso generador de los datos. Las estimaciones del modelo de Durbin se utilizan para el análisis de resultados el cual se complementa con el cálculo de los efectos directos, indirectos, totales y posteriormente un análisis de efectos marginales siguiendo la metodología de Drukker et al (2010).

Para el modelo seleccionado, en este caso el Durbin, en la tabla 4 se presentan las estimaciones de los parámetros y en la tabla 6 la descomposición en efectos directos, indirectos y totales. 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.

**Tabla 4:** Resultados Paneles Espaciales

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

**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
SARAR	LRT	-89.59	1	SARAR está incluido en Durbin

**Fuente:** Elaboración de los autores.

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

	Directas	Indirectas	Total
Ln(Ingresos)	-0.74688***	-0.26384	-1.01072
	(0.232)	(0.62)	(0.676)
Dummy	0.19128*	-0.65734**	-0.46606**
	(0.104)	(0.228)	(0.165)
% Hombres	26.20012***	-2.47885	23.72127

	(6.955)	(20.16)	(19.709)
% Analfabetas	4.58115**	6.56002	11.14118*
	(1.79)	(4.222)	(5.044)
Participación Superior	-0.00009	0.00032	0.00023
	(0.00006)	(0.00019)	(0.00014)
* p<0.10, ** p<0.05, *** p<0.01			

**Fuente:** Elaboración de los autores.

La relación entre ingresos, porcentaje de hombres y delitos se fundamenta debido al hecho de incluirlas como variables independientes rezagadas espacialmente. Cuando se realiza este procedimiento, se plantea que estas variables afectan directamente los delitos de las comunas vecinas sin necesidad de intervenir primero en sus propios niveles de delincuencia. 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.

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 esta variable tenía coeficiente positivo. El cual si se observara directamente como resultados de un panel tradicional llevaría 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.

Finalmente, el efecto indirecto de la dummy 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 terminó 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 al resultado obetivo por las variables 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.

Este análisis se complementa realizando un proceso de simulación que refleja los resultados de un aumento en los ingresos promedios del hogar por trabajo del 1% en el año 2004. La tabla 7 muestra la respuesta de 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.

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 unidades vecinas, lo que permite visualizar en cuales es mayor la reducción de los delitos ante dicha intervención.

**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.

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 establece 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.

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, serían 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.

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



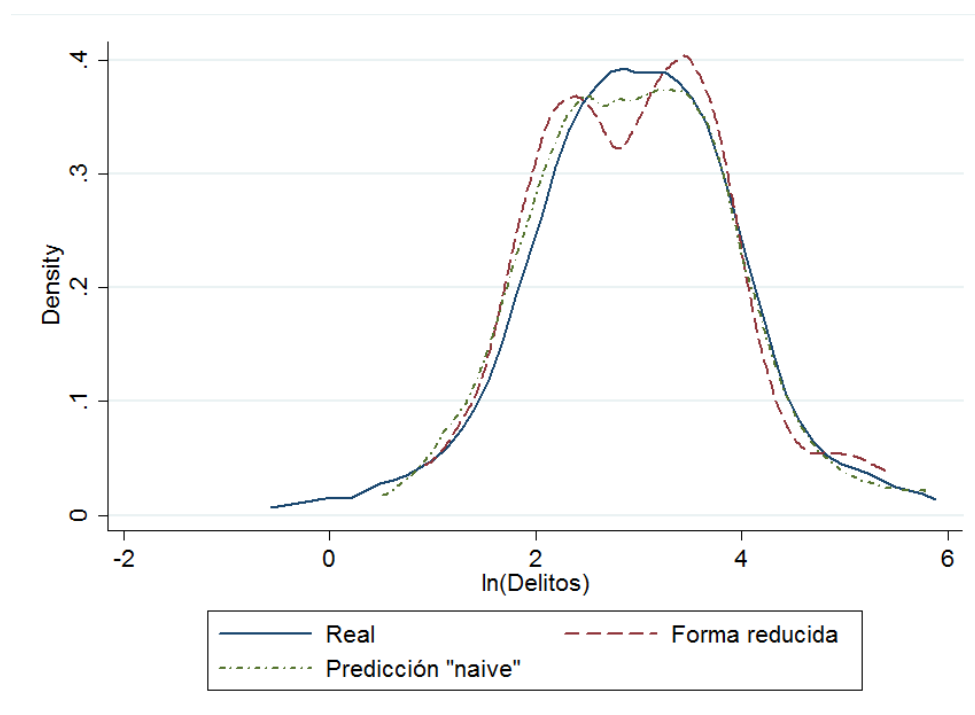
**Fuente:** Elaboración de los autores.

Usando un promedio simple de los efectos totales de cada una de las comunas ante el incremento del ingreso promedio del hogar por trabajo (tabla 7), 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, se puede observar que las comunas con mayor efecto marginal son Altavista y Belén, mientras las de menor efecto son Castilla y Santa Cruz. Estas disparidades se deben a las variaciones en las diferencias de los ingresos y a su relación espacial con las vecinas.

## 5.2. 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>3</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>4</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 2. 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.

<sup>3</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>4</sup> La ecuación fundamental de este caso es  $\ln Delitos_{it} = \rho W_i \ln Delitos_{it} + X_{it}B + \alpha_i$ .

## 6. Conclusiones

Este trabajo presenta un enfoque poco utilizado en economías emergentes. El análisis del crimen mediante modelos espaciales permite 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 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*.

- Belotti, F.; Hughes, G. & Piano, A. (2013). XSMLE - A Command to Estimate Spatial Panel Models in Stata. German Stata Users Group Meeting, Potsdam, Alemania.
- 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.
- Elhorst, J. (2014). Spatial Econometrics: From Cross-sectional Data to Spatial Panels. Springer: Berlin New York Dordrecht London.
- 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.

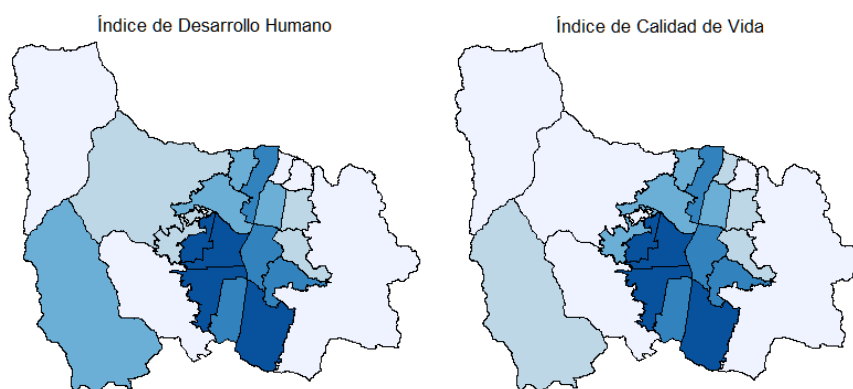
- Freeman, R. (1996). Why do so many young american men commit crimes and what might we do about it?. *The Journal of Economic Perspectives*, vol.: 10, núm.: 1, pág.: 25-42.
- Garay, L.; Salcedo, E.; León, I. & Guerrero, B. (2008). La captura y reconfiguración cooptada del Estado en Colombia. Fundación 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, H. & Kuan-Pin, L. (2013). Testing for spatial dependence in a two-way fixed effects panel data model. Documento de trabajo Regional Research Institute, West Virginia University.
- 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.

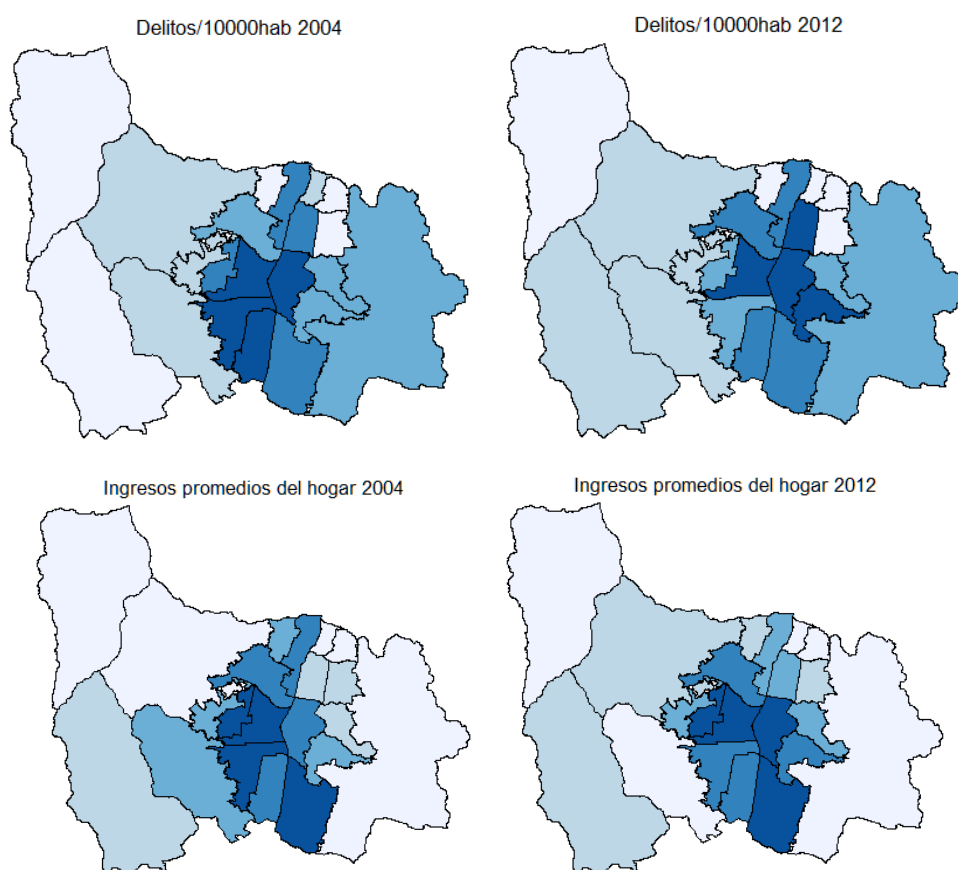
## **Anexo 1:**



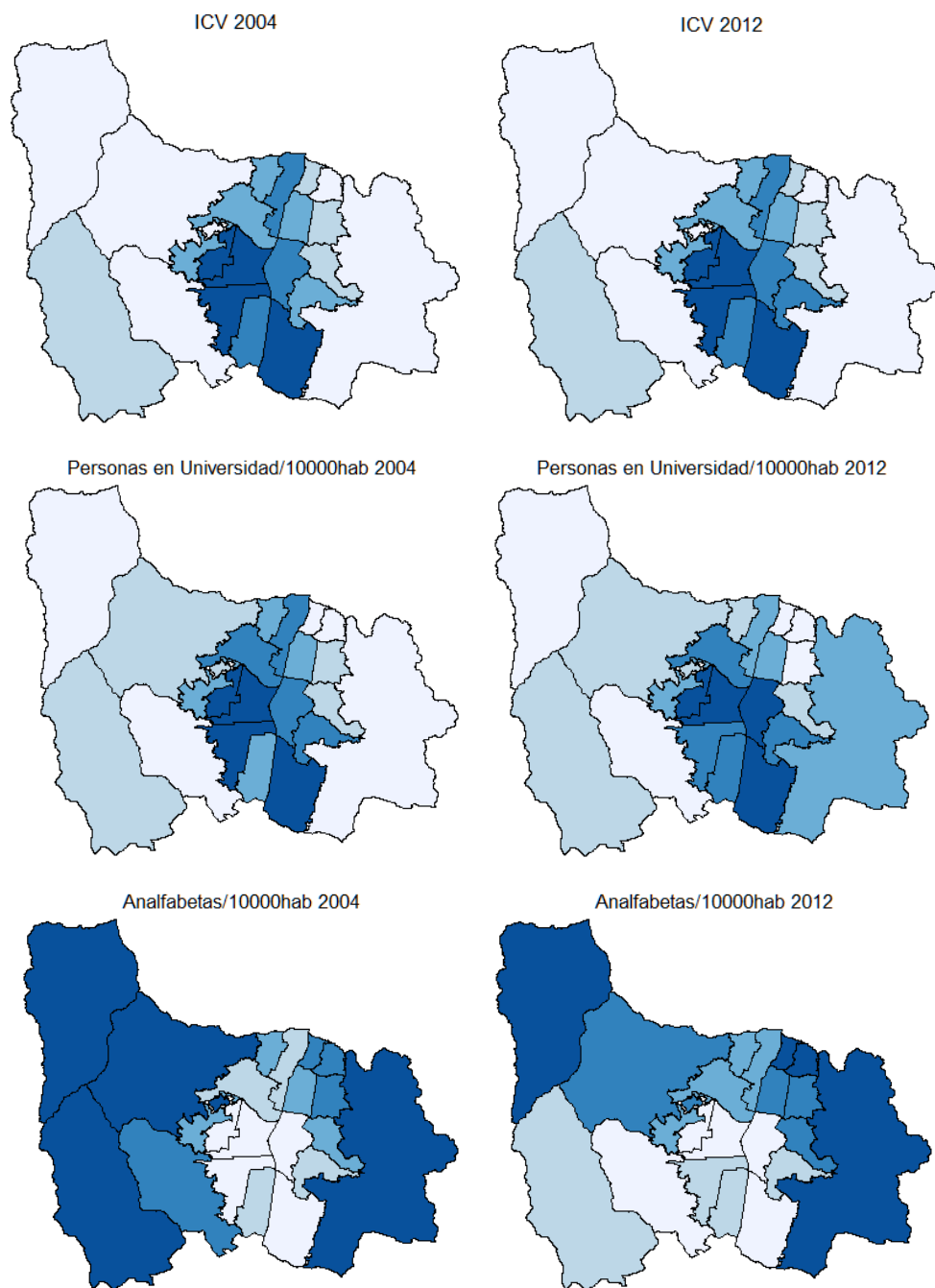
IDH<sup>5</sup> e ICV, promedio 2004-2012.



Distribución espacial principales variables para 2004 y 2012.



<sup>5</sup> Para el IDH el promedio es de 2004-2011



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

**Anexo 2:**

	<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	0.20919**	0.12662	0.20492**	0.21714***

	(0.08512)	(0.06981)	(0.08521)	(0.06779)	(0.06815)
W*Hombres	-7.7638***	-7.6496***	-7.7704***	-6.7740**	-6.4948**
	(2.27447)	(2.29118)	(2.30277)	(2.27224)	(2.25381)
W*Participación superior	0.00008**				
	(0.00003)				
W*Participación técnica y tecnología			0.00015		
			(0.00008)		
W*Analfabetas				- 1.58560***	- 1.63374***
				(0.4976)	(0.4914)
* p<0.10, ** p<0.05, *** p<0.01					

**Fuente:** Elaboración de los autores.